



**Aalto-yliopisto**  
Teknillinen korkeakoulu

Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta

Reeta Saukkonen

**Tulevaisuudentutkimus materiaalitieteen ja -  
tekniikan roolista suomalaisen  
terveysteknologian alalla**

Lisensiaatintutkimus, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
tekniikan lisensiaatin tutkintoa varten Espoossa 17.8.2010

Työn valvoja: Prof. Mervi Paulasto-Kröckel  
Työn toinen tarkastaja: Dos. Osmo Kuusi

**AALTO-YLIOPISTON TEKNILLINEN LISENSIAATINTUTKIMUKSEN  
KORKEAKOULU TIIVISTELMÄ**

**Tekijä:** Reeta Saukkonen

**Työn nimi:** Tulevaisuudentutkimus materiaalitieteen ja -tekniikan roolista suomalaisen terveysteknologian alalla

**Päivämäärä:** 17.8.2010

**Sivumäärä:** 120 + (32)

**Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta**

**Professori:** S036Z Elektroniikan tuotantotekniikka

**Työn valvoja:** professori Mervi Paulasto-Kröckel

**Työn toinen tarkastaja:** dosentti Osmo Kuusi

Materiaalitutkimuksen merkitys terveysteknologialle on helppo perustella pelkästään kiinnittämällä huomiota materiaalien läsnäoloon kaikkialla – niin ympäristössämme kuin itsessämme. Erityisen tärkeää materiaaliosaaminen on, kun usean aineen muodostama kokonaisuus tai vaikkapa kemialliselta koostumukseltaan uudenlainen materiaali sijoitetaan kontaktiin kudosten tai elimistön nesteiden kanssa. Alan ymmärtämiselle on kuitenkin tarvetta monella muullakin terveysteknologian osa-alueella. Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, millaisiin terveysteknologian sovelluksiin suomalaisten materiaalitutkimusryhmien olisi kannattavaa keskittyä, sillä pienessä maassa on elintärkeää sijoittaa voimavarat tuottaville tutkimusaloille, jotta se kykenee kilpailemaan globaaleilla markkinoilla.

Suomalaisen materiaalitutkimuksen kannalta tärkeiden toiminta-alueiden on ratkaistava ongelmia, jotka ovat merkittäviä globaalilla tasolla eli sovellus voidaan todeta tarpeelliseksi. Toiseksi Suomessa on jo lähtökohtaisesti oltava riittävästi tarvittavaa osaamista ja väylät verkostoitua osaajien kanssa, jotta ratkaisu voidaan kehittää. Tässä tutkimuksessa käytettiin argumentoivaa Delfoi-tekniikkaa selvitettäessä tärkeimpiä tutkimuskysymyksiä, jotka olivat, 1) mitkä terveysteknologian sovelluskohteet ovat materiaalitutkimuksen kannalta olennaisia ja 2) mitä osaamista nämä sovelluskohteet vaativat. Tutkimuksen loppuun saakka osallistui 13 asiantuntijaa, jotka edustivat terveysteknologian ja materiaalitieteen eri osa-alueita. Kaikkiaan kolmen iteratiivisen kyselykierroksen avulla tärkeät näkemykset tuotiin esiin, arvioitiin ja niiden perusteluja syvennettiin entisestään.

Keskusteluissa mielenkiintoisiksi toiminta-alueiksi painottuivat kudosteknologiset sovellukset ja aktiiviset implantit. Lisäksi työssä ehdotettiin kolmanneksi keskittymiskohteeksi bioelektroniikan sovelluksia. Lähes kaikissa terveysteknologian sovelluksissa tarvittavaksi materiaalitekniiseksi osaamiseksi mainittiin erityisesti uusien polymeerien kehittäminen ja biologisten sekä elottomien aineiden rajapintailmiöiden tuntemus, joista ensimmäistä pidettiin Suomessa valmiiksi kohtuullisen vahvana osaamisalueena laadukkaasti tutkimuksen jatkamiseen, mutta jälkimmäiseen kaivataan selvästi lisää panostusta. Näiden lisäksi tutkimuksen tuloksena nousi esiin terveysteknologiaturkimuksen ohjaamiseen liittyviä, ristiriitaisiakin ilmiöitä. Olisi löydettävä tasapaino perustutkimuksen pitkäjänteisen tukemisen ja soveltavan tutkimuksen nopeamman kaupallistamisen välillä. Kaupallistamisen haasteet on huomioitava Suomen tutkimusrahoittajaorganisaatioiden tulevissa strategioissa.

**Avainsanat:** Materiaalitutkimus, Strategiset keskittymiskohteet, Terveysteknologia, Kehoon implantoitavat laitteet, Argumentoiva Delfoi-tekniikka

**AALTO UNIVERSITY SCHOOL OF ABSTRACT OF THE LICENTIATE'S  
SCIENCE AND TECHNOLOGY THESIS**

**Author:** Reeta Saukkonen  
**Thesis title:** Futures research about the role of materials science and engineering in Finnish health technology  
**Date:** 17.08.2010 **Number of pages:** 120 + (32)

**Faculty of Electronics, Communications and Automation**

**Professorship:** S036Z Electronics Production Technology

**Supervisor:** professor Mervi Paulasto-Kröckel

**Reviewer:** docent Osmo Kuusi

Materials are all around us and even within us. Just by acknowledging this, it is easy to understand that materials science and technology is an important aspect of health technology. The knowledge and insight of materials science is especially central, when biological and artificial materials come to contact with each other. However, there are also other major applications for the discipline in the field of health technology. The object of this thesis is, therefore, to explore these applications and to determine which research topics are relevant to Finnish materials research groups. After all, in a small country it is essential to focus on productive areas of research in order to maintain the ability to compete in a global economy.

The health technology research areas, that are well fitted for Finnish materials researchers, need to be globally important challenges and, additionally, there has to exist relevant knowhow and co-operation networks in Finnish research groups. To solve the research problems the argument Delphi method was chosen. The research questions were 1) what health technology applications are relevant to materials science and engineering, and 2) what kind of knowhow is vital in order to provide solutions to these applications. 13 experts participated in the Delphi-panel from various sectors of materials science and engineering and health technology. During the three-round interview process, essential points of views were uncovered and evaluated, and the arguments and contradictions behind them were opened.

Based on the discussions with the panellists, interesting research topics for materials scientists are in the fields of tissue engineering and active implants. Also, the field of bioelectronics was suggested in the thesis as a third focus area. The panel concluded that these, and nearly all health technology applications, require development of new polymers and knowledge of interfacial reactions on biological and artificial surfaces. It was determined that in Finland there is already strong knowhow in the first area to sustain high-quality research, but the latter needs more attention. During the research process, a few other issues became apparent additional to these results. Firstly, a balance between basic and applied research should be achieved and, secondly, the diffusion of technology innovations into health care should be made easier. It is crucial that the organisations which finance health technology research consider these challenges in their future strategies.

**Keywords:** Materials research, Strategic focus areas, Health technology, Implantable devices, Argument Delphi

*Omistettu isoäidilleni Maikille.*

## Alkusanat

Tämä työ sai alkunsa, kun nuoren tutkijan pääkopan hallitsevaksi ihmetyksen aiheeksi muotoutui, minkälaisia asioita tässä maailmassa on syytä tutkia. Tällaisenaan maailmoja syleilevä pohdintani ei olisi päässyt kovinkaan pitkälle ja siksi olen erityisen kiitollinen ohjaajalleni ja valvojalleni professori Mervi Paulasto-Kröckelille, jonka tuella tutkimuksen aiheeni ensin muotoutui päämäärätietoisemmaksi ja eteni vielä maaliviivallekin. Yksikkömme henkilökuntaa kiitän seurasta ja mitä arvokkaimmista tutkimukseen liittyvistä keskusteluhetkistä, joiden aikana ajatukseni ohjautuivat useaan otteeseen uusille urille.

Työni tarkastajaa dosentti Osmo Kuusta haluan kiittää ohjauksesta perehtyessäni tulevaisuudentutkimuksen tieteenalaan. Suuret kiitokset ansaitsevat myös tutkimuksen asiantuntijapaneeliin osallistuneet henkilöt. Ilman heidän uhraamaansa aikaa koko työtä ei olisi syntynyt ja ilman heidän aihetta kohtaan osoittamaansa mielenkiintoa työn tekeminen olisi ollut useaan kertaan turhauttavaa.

Viimeiset kiitoksen sanat saa mieheni Mika, joka toki auttoi myös monissa Office-ongelmatilanteissa ja ajatusten reflektomisessa, mutta joka ennen kaikkea auttoi pelkällä läsnäolollaan. Kiitos tuesta!

# Sisällysluettelo

LISENSIAATINTUTKIMUKSEN TIIVISTELMÄ.....	i
ABSTRACT OF THE LICENTIATE'S THESIS .....	ii
Alkusanat .....	iv
Sisällysluettelo.....	v
1 Johdanto.....	1
2 Terveysteknologian kehitystä ajavat voimat .....	4
2.1 Teknologiastrategiat .....	4
2.2 Muuttuva ympäristö.....	5
2.2.1 Globalisoituva maailma.....	6
2.2.2 Väestörakenteen kehitys.....	7
2.2.3 Teknologia lähtöiset muutokset.....	8
2.2.4 Kestävän kehityksen vaatimus.....	9
2.2.5 Osaamistarpeiden muutokset.....	9
2.2.6 Kulttuuriympäristön muutokset.....	10
2.2.7 Ristikkäisvaikutukset.....	10
2.3 Tulevia tuulia terveysteknologian ja biomateriaalitieteen alalla.....	11
2.3.1 Yritysnäkökulmia tulevaisuuden terveysteknologiaan.....	12
2.3.2 Terveysteknologian ja biomateriaalitieteen alalla.....	14
2.3.3 Biomateriaalitutkimuksen tulevaisuusnäkymiä.....	16
3 Terveysteknologian globaalit markkinat .....	19
3.1 Terveysteknologiamarkkinoiden tunnuslukuja.....	19
3.1.1 Suomen terveydenhuollon markkinat.....	20
3.1.2 Globaalit terveydenhuollon markkinat.....	20
3.2 Terveysteknologiamarkkinoiden muutokset.....	22
3.2.1 Suomen terveysteknologia-alan muutosvoimat ja vaikuttimet.....	22
3.2.2 Terveysteknologia-alan globaalien markkinoiden muutosvoimat.....	24
3.3 Muutamien päätuoteryhmien markkinanäkymiä.....	30
3.3.1 Sydämen hoitolaitteet .....	31
3.3.2 Ortopedian laitteet .....	33
3.3.3 Hermomodulaatio .....	34
3.3.4 Lääkeaineannostelu .....	35
3.3.5 Muut kirurgiset laitteet .....	37
3.3.6 Muita sovelluksia.....	38
4 Tulevaisuudentutkimus.....	39
4.1 Tulevaisuudentutkimuksen taustaa.....	39
4.2 Tulevaisuudentutkimusmenetelmät ja niiden haasteet .....	42
4.2.1 Ekstrapolointi menneestä tulevaan .....	45
4.2.2 Kuvaus tulevasta muokkaamassa nykyisyyttä.....	46
4.2.3 Heikot signaalit.....	48
4.2.4 Asiantuntijat ja maallikot tulevaisuudenkuvailijoina .....	50
4.3 Tulevaisuudentutkimuksesta tulevaisuuden tekemiseen .....	54
5 Tutkimusmenetelmät .....	56
5.1 Menetelmän rajoitteet ja niiden huomioiminen.....	57
5.2 Tutkimuksen vaiheet.....	60

5.2.1 Nollakierros .....	60
5.2.2 Varsinaiset Delfoi-kierrokset.....	61
6 Tulokset .....	62
6.1 Terveysteknologian sovellusten tärkeysjärjestys.....	62
6.1.1 Perustutkimuksen painotus sovelluksittain.....	64
6.2 Tarvittava osaaminen.....	65
6.2.1 Tarvittava materiaaliosaaminen.....	66
6.2.2 Tarvittava osaaminen terveysteknologia-alan tutkimusryhmissä.....	67
6.3 Tutkimuksen ohjaus.....	70
6.4 Terveysteknologian käyttöönoton haasteet .....	73
6.5 Tulevat muutokset .....	75
7 Pohdinnat .....	80
7.1 Keskeisimmät terveysteknologian tutkimuskohteet .....	81
7.1.1 Suomen materiaalitutkijoille mielenkiintoiset sovellukset.....	81
7.1.2 Perustutkimuksen asema.....	84
7.1.3 Päätelmät tutkimuskohteista .....	85
7.2 Keskeiset osaamistarpeet.....	88
7.2.1 Materiaaliosaaminen terveysteknologiassa .....	88
7.2.2 Terveysteknologian parissa toimivien tutkimusryhmien osaaminen.....	89
7.2.3 Päätelmät osaamistarpeista .....	91
7.3 Muut esiin nousseet asiat.....	91
7.3.1 Yhteistyö ja negatiiviset tulokset.....	92
7.3.2 Terveysteknologian tutkimuksen haasteet.....	94
7.3.3 Tulevat muutokset .....	96
8 Yhteenveto.....	98
9 Lähteet .....	100
9.1 Kuvalähteet.....	112
Liitteet.....	114

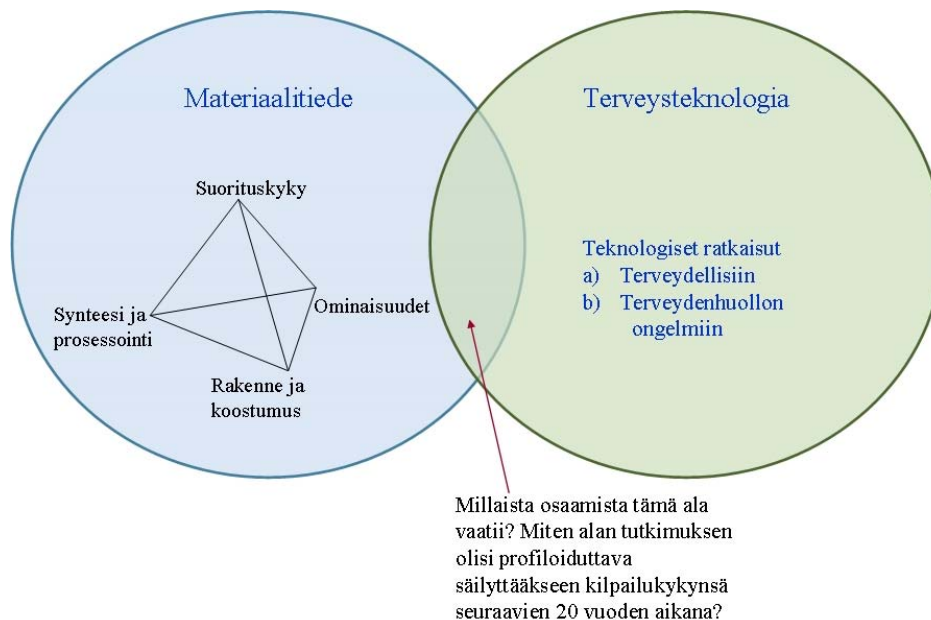
# 1 Johdanto

Valtioiden talousrakenteet ovat muuttumassa. Perinteisten teollisuusalojen tuotekehitys siirtyy kehittyviin maihin ja kehittyneissä maissa kilpailukyky perustuu yhä enenevässä määrin tietoon ja tutkimukseen. Siksi kehittyneissä maissa on tähystettävä uusille tieteen ja teknologian aloille, joista on mahdollista kasvattaa tulevan talouden perustuksia. Yhdistettynä ikääntyvän väestön aiheuttamaan terveydenhuollon tarpeen kasvuun osaamista korostavan yhteisön nouseminen asettaa terveysteknologia-alalla toimivat tutkimusryhmät ennennäkemättömän keskeiseen rooliin valtion elintason ja kilpailukyvyn ylläpitämisessä. Menestyminen vaatii erityispanostusta tutkimukseen, mutta etenkin pienten valtioiden resurssit on jaettava harkiten. Tämä puolestaan vaatii keskittymiskohteiden priorisointia aina valtion tarjoamista palveluista tutkimusorganisaatioiden tutkimusprojekteihin saakka. Tässä työssä pyritään vastaamaan priorisointikysymykseen terveysteknologiaalalla toimivien suomalaisten biomateriaalitutkijoiden näkökulmasta.

Ennen tarkempaa syventymistä työn tutkimuskysymyksiin, on syytä määrittää tutkimuksen pääkäsitteitä ja pohjustaa niiden liittyminen toisiinsa. *Materiaalitiede ja -tekniikka*, joka käsittää laajan kirjon erilaista osaamista materiaalien synteestistä niiden luotettavaan yhdistämiseen, voidaan määritellä kattavasti neljän kategorian avulla, jotka ovat 1) aineiden rakenteen ja koostumuksen tutkimus, 2) materiaalien suorituskyvyn ja luotettavuuden tutkimus, 3) aineen atomirakenteeseen perustuvien ominaisuuksien tutkimus ja 4) materiaalien valmistuksen tutkimus synteessin ja prosessoinnin keinoin. (Committee on Materials Science and Engineering, Solid State Sciences Committee et al. 1989) Koska materiaaleja on käytännössä kaikkialla ympärillämme, on vedettävissä johtopäätös, että tieteenala kaikkine osa-alueineen on keskeinen tukipilari lähes missä tahansa teknologian tai luonnontieteen tutkimuksessa. Tämä on taannut, että materiaaliosaamiselle sen eri muodoissa on ollut tarvetta eikä tarpeelle näy loppua lähitulevaisuudessakaan. Bio- ja terveysteknologian tutkimus puolestaan on lisääntynyt viime aikoina voimakkaasti vastauksena paineisiin, joita globalisoitua maailma ja ikääntyvä väestö asettavat niin länsimaiselle terveydenhuollolle ja kuin sosiaaliselle yhteisvastuulle. *Bioteknologia* määrittellään tieteenalaksi, jossa mikro-organismien, kasvien tai eläinten geenistöä muokataan rekombinantti-DNA:n avulla, jotta eliön tai sen tuottaman lopputuotteen ominaisuuksia saadaan muunnettua. (FDA, U.S. Food and Drug Administration 2010) *Terveysteknologia* puolestaan sisältää suomalaisessa kielikäytössä lääketieteellisten laitteiden lisäksi terveystieteen tietojärjestelmät ja ohjelmistot sekä mm. urheiluun ja vapaa-ajan terveyden ylläpitoon liittyvät, ei-lääkinnälliset laitteet. (Ahjopalo 2007) Myöhemmin tässä työssä saatetaan erityisesti tuloksista puhuttaessa käyttää sanaa terveysteknologia, kun tarkoitetaan materiaalitekniikan kannalta oleellisia tutkimusalueita. Käyttötavan tunnistaa kuitenkin asiayhteydestä ja muutoin terveysteknologia sisältää edellä mainitun mukaisesti laajemmin eri sovelluksia. Työssä käytetään myös ilmaisua *biotieteet*, joka tässä yhteydessä määrittellään sisältämään ihmisten, eläinten, kasvien ja mikroeliöstön biologiseen ja lääketieteelliseen tutkimukseen erikoistuneet tieteenalat.



Terveysteknologiassa materiaalien merkitys korostuu, sillä aina kun kudokset tai elimistö nesteytävät joutuvat kontaktiin elottoman aineen kanssa, tuon materiaalin ominaisuudet ratkaisevat seurauksena muodostuvat reaktiot. Terveysteknologiassa käytettävistä materiaaleista puhutaan usein nimityksellä *biomateriaalit*. Ne määritellään materiaaleiksi, jotka ovat tavalla tai toisella kontaktissa elävien järjestelmien, solujen, kudosten tai elimistön nesteiden kanssa. Määritelmän mukaisesti biomateriaaleja käytetään korvaamaan ja korjaamaan vaurioituneita kehon osia, avustamaan paranemista, korjaamaan heikentyneitä kehon toimintoja ja diagnostiikan ja hoidon tukena. Materiaalitutkijoiden kannalta mielekäs tapa luokitella biomateriaalit on jakaa ne rakenteensa mukaisesti metalleihin, polymeereihin, keraameihin ja komposiitteihin sekä biologisiin eli biologista alkuperää oleviin materiaaleihin. Tällainen jaottelu kiinnittää huomion heti eri materiaaleille tyypillisiin ominaisuuksiin ja reaktioihin, joita elimistön ja materiaalin välillä tapahtuu. (Park, Bronzino 2003) Muitakin luokituksia on, mutta ne ovat usein sovelluslähtöisiä ja esittävät mm. elektroniikan materiaalit ja suprajohteet omissa ryhmissään, jolloin luokat ovat siten osittain päällekkäisiä. (Committee on Materials Science and Engineering, Solid State Sciences Committee et al. 1989, Flemings 1999) Aina terveydenhuoltoon sovellettavien materiaalien ei tarvitse olla ensisijaisesti yllä olevan määritelmän mukaisia biomateriaaleja. Älymateriaaleihin perustuvat sovellukset ovat tästä hyvä esimerkki, sillä niitä voi hyödyntää vaikkapa implanteissa aktuaattoreina tai muina voimanlähteinä, joiden ei ole tarkoituskaan olla vakituisesti kudokset kontaktissa. Tällaisenkin materiaalin on tosin oltava siinä määrin bioyhteensopiva, ettei se aiheuta esimerkiksi onnettomuustilanteessa vaaraa käyttäjälleen. Terveysteknologia-ala tarjoaa materiaalitieteen ja -tekniikan osaajille siten monipuolisia mahdollisuuksia. Siksi tässä tutkimuksessa ei ole rajoitettu pohdintoja lähtökohtaisesti vain biomateriaaleihin, vaikka ne pääroolissa ovatkin, vaan tutkimukseen on sisällytetty enemmän terveysteknologialle ja materiaalitekniikalle yhteisiä alueita. Kuvassa 1 rajausta on visuaalisesti esitetty.



**Kuva 1. Työn rajaus.**

Materiaalitutkimuksen ja terveysteknologian liitosta on jo syntynyt runsaasti uutta tietoa. Esimerkiksi biopolymeerien yleistymisen lääketieteen käytössä ja ruostumattoman teräksen korvautuminen titaani-implanteilla ovat osa tätä muutosta. (Park, Bronzino 2003) Vaikka muutokset ovat olleet merkittäviä hoidon laadun kannalta, vielä huomattavasti olisi tehtävissä. On esitetty, että materiaalitutkimus on bio- ja terveysteknologian tutkimuksen lisääntymisen myötä siirtynyt osittain esimerkiksi biologien tai muiden tutkijoiden käsiin, joita ei perinteisesti ole pidetty materiaalitieteilijöinä. (Flemings 1999) Niinpä materiaalitutkijoilla on mahdollisuus syventää terveysteknologian ja biomateriaalien tutkimusta, nostaa siten tutkimuksen laatua entisestään ja saavuttaa alalla ennennäkemättömiä edistyspauksia. Suomen kannalta tutkimuksen laatu on myös keskeinen kilpailukyvyyn tekijä, sillä se vaikuttaa suoraan suomalaisen tutkimuksen arvostukseen. Globalisoitumisen myötä on entistä useammin toimittava myös globaaleissa verkostoissa, joissa osaaminen kehittyy ja joissa myös ideat jalostuvat ja kaupallistamisen kanavat ovat paremmin saavutettavissa. Huippuverkostoihin pääseminen edellyttää, että on mahdollisuus tarjota omaa ainutlaatuista osaamista vaihdossa muiden kanssa. (Suomen Työ- ja elinkeinoministeriö 2008) Tämä osaaminen puolestaan muodostuu pitkäjänteisenä työnä tutkimusryhmien sisällä. Useiden sovellusten ja keskittymisvaihtoehtojen suuren määrän vuoksi eri ryhmillä on kuitenkin mahdollisuus erikoistua hyvinkin erilaisten tutkimuskysymysten ratkomiseen. Jos tutkimussuuntausten välillä ei ole lainkaan koheesiota, sekä tutkivien ryhmien että niille jaettavan rahoituksen pieni koko voi estää tutkimustulosten viemistä tehokkaasti eteenpäin. (Väyrynen, Saarnivaara 2006b) Tutkimuksen laadun ja monipuolisuuden ylläpitämisen ja sen yleislinjauksien suunnittelun tulisikin olla alan toimijoille yhteinen tavoite. Tällaisesta lähtökohdasta on mahdollista luoda tutkimusyhteisölle yhteistyötä tukeva ja sitä kautta tulosten eteenpäin viemistä ja Suomen kilpailukykyä parantava toimintaympäristö.

Kun halutaan selvittää rajatun tieteenalan tutkimusryhmille yhteisiä päämääriä, on selvitettävä tuon tiedeyhteisön sisäinen näkemys aiheesta. Tässä työssä tutkimussuuntauksia linjataan asiantuntijalausuntoihin perustuen. Monivaiheisen haastattelu- ja kyselyprosessin aikana tavoitteena on ollut vastata kysymyksiin:

- 1) Mitkä terveysteknologian sovellukset ovat suomalaisten materiaalitutkimusryhmien kannalta mielekkäitä tutkia tulevaisuudessa?
- 2) Mitä osaamista näiden alueiden tutkimuksessa menestyminen vaatii?

Asiantuntijoiden mielipiteitä on täydennetty kirjallisuuskatsauksella, joista pääosa esitellään luvuissa 2 ja 3, mutta joihin palataan myös myöhemmin pohdintojen yhteydessä. Tässä vaiheessa käsittely ei rajaudu pelkästään biomateriaaleihin, sillä myös asiantuntijoita pyydettiin pohtimaan kysymyksiä laajemmassa kontekstissa. Luvussa 2 perehdytään yleisesti terveysteknologian tarvetta ja kehitystä ajaviin voimiin ja osiossa 3 esitellään alan nykyisiä ja lähitulevaisuuden maailmanmarkkinoita. Koska tavoitteena on tulevaisuuden tarpeiden kartoittaminen, tarjoaa tulevaisuudentutkimus tälle työlle käyttökelpoisia menetelmiä. Näitä ja tulevaisuudentutkimuksen teoriaa valotetaan 4-luvussa. Luvussa 5 käydään läpi tutkimuksen käytännön järjestelyt, jotka noudattivat tutkimusmenetelmäksi valikoitunutta Delfoi-tekniikkaa. Työn tuloksia esitellään luvussa 6 ja niitä analysoidaan tarkemmin osiossa 7.

## 2 Terveysteknologian kehitystä ajavat voimat

Terveysteknologian kehitystä ohjaavat ensisijaisesti terveydenhuollosta kumpuavat tarpeet, ja koska ala on hyvin poikkitieteellinen, tutkimuksen suuntauksiin vaikuttavat myös rinnakkaisten tieteenalojen edistysaskeleet. Lisäksi oma osuutensa kehityksessä on tekijöillä, jotka vaikuttavat teknologiakehitykseen ja -tutkimukseen ylipäättään. Näihin kuuluvat maailmanlaajuiset megatrendit, erilaiset yhteiskunnalliset säädökset ja paikallisemmat resurssit ja strategiset ratkaisut. Tässä luvussa käydään läpi terveysteknologiakehityksen vaikuttimia ja osion lopussa esitellään myös syitä, miksi juuri biomateriaalien ja biomateriaalitutkijoiden rooli on tulevaisuudessa merkittävä ja mihin alan edistyminen voisi kauaskantoisesti johtaa.

### 2.1 Teknologiastrategiat

Yritys tarvitsee menestyäkseen sekä tehokkaat toimintaprosessit, joilla se organisoisi esimerkiksi luotettavuuden ja resurssienhallintaa, että strategian, jonka ydin on erottaa se kilpailijoista. Nykyään yhdeltäkään yritykseltä ei odoteta menestystä ilman toimivaa strategiaa, eikä ole syytä uskoa, että mikään muukaan organisaatio toimisi ilman suunnitelmaa yhtään sen paremmin. (Porter 1996) Tutkimusryhmästä katsottuna korkeimmalla tasolla ja samalla etäisimpiä ovat valtioiden yhteistyöverkostojen, kuten EU:n tai OECD:n, strategiset päätökset ja näistä hieman lähempänä ovat strategiset ratkaisut valtiossa, jossa ryhmä toimii. Näissä ”kattostrategioissa” on perimmiltään kyse siitä, että menestyäkseen ja kehittyäkseen myös maiden on muunnettava tietotaidolliset etunsa voittoa tuottaviksi kilpailueduiksi. Siinä missä yrityksissä valtioissakin tämä on saavutettavissa tunnistamalla ydinosaamisalueet ja kokoamalla niihin liittyvät yhteisöt toimimaan asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Kilpailutilanne elää murroskautta ja tuleva maailma vaatiikin toimintatapojen muutosta. Suomalainen perustutkimus ja asiantuntemus ovat nykyiselläänkin kilpailukykyisellä tasolla ja suorastaan ylivoimaisia esimerkiksi Intian kaltaisten maiden rinnalla, joiden työvoima on ammattitaitoista ja edullista, mutta joiden talouteen maataloussektorilla on edelleen voimakas vaikutus ja väestöstä n. 35 % on lukutaidottomia. (Touré 2009) Toisaalta myös Intia on nopeasti erikoistumassa huipputekniikan aloille, joilla kehittyneet maat ovat tähän mennessä johtaneet markkinoita. Entiset teollisuusmaat ovatkin siirtämässä teollisuuttaan Intian kaltaisille alueille, ja samanaikaisesti niiden kilpailuedut tulevat yhä enenevässä määrin nojautumaan huippututkimukseen, palveluihin ja osaamiseen. (Väyrynen, Saarnivaara 2006b) Tässä joukossa Suomi kilpailee ja siinä sen on säilytettävä ja jopa parannettava asemaansa, mikä vaatii selkeitä tavoitteita ja päämäärätietoisuutta.

Millaiset korkeamman asteen strategiat sitten ohjaavat suomalaista teknologian ja terveydenhuollon kehitystä? Tekesin määrittelemät strategiset sisältölinjaukset sisältävät terveysteknologian alalla toimivien materiaalitutkijoiden kannalta mielenkiintoiset Hyvinvointi- ja terveys -teeman ja Älykkäät järjestelmät ja ympäristöt -teeman. Yhdessä nämä määrittävät mm. seuraavia tavoitteita: Ensinnäkin terveyden edistämisen tulee olla ajasta ja paikasta riippumatonta ja kokonaisvaltainen hoito on toteutettava inhimillisesti ja yhteiskunnan kannalta kestävästi. Toiseksi tietotekniikkaa

on hyödynnettävä oppivien järjestelmien luomiseen, jotta ihmisen ja hänen ympäristönsä vuorovaikutus olisi mahdollisimman luonnollista. Molemmissa sisältöteemoissa voidaan nähdä tarvetta terveysteknologian materiaalitutkimuksen lisäksi vaikkapa käyttäytymistutkimukselle, joten strategiaan sisältyy monenlaista toimintaa. Teemoja tukeviksi materiaalitieteen osaamisalueiksi sisältölinjaukset määrittivät materiaalien läpimurto- sekä nanoteknologiasovellukset, mukaan luettuna puun, metallin, erilaisten polymeerien ja yhdistelmäateriaalien hyödyntäminen. (Tekes 2008a) Suomen Akatemia puolestaan määrittelee strategiseksi painopisteekseen laadukkaan perustutkimuksen tukemisen, ja sen tukemat tutkimusaiheet noudattavatkin ensisijaisesti tätä periaatetta minkään ennalta päätetyn tutkimussuunnan sijaan. (Suomen Akatemia 2006) Edelleen Suomen kansalliset strategiat esittävät suomalaisiksi kilpailukykyä lisääviksi pääkeinoiksi mm. koulutukseen ja tutkimukseen panostamisen. Tutkimusyhteisönkin kannalta ohjaavan valinnan sisältää innovaatiostrategia, jonka mukaan innovaatioiden lähtökohtana tulisi olla kuluttajien ja asiakkaiden tarpeet ja tämän toteuttamisen keinona tiivis yhteistyö asiakkaiden ja kehittäjien välillä. (Suomen Työ- ja elinkeinoministeriö 2008) Nämä eri tahojen linjaukset eivät kuitenkaan luo yksittäiselle tutkimusryhmälle ohjeistoa tiettyihin tutkimusaiheisiin panostamisesta ja sisältölinjausten onkin oltava riittävän vapaarajaisia, jotta lupaavia tutkimushankkeita ei suljettaisi strategian ulkopuolelle. Korkeimpien asteiden strategiat sijoittavatkin tutkimuksen sisällöllisen ohjauksen vastuun tutkimusyhteisölle, ja lähinnä asettavat vain tiettyjä ehtoja ja edellytyksiä, joita tutkimusstrategioiden odotetaan täyttävän.

Suomalaista tutkimusta ohjaavien tahojen strategioissa on nähtävissä sekä perustutkimuksen että soveltavan tutkimuksen korostamista. Tilanne antaa esimerkiksi terveysteknologian alalla toimiville materiaalitutkimusryhmille mahdollisuuden asemoitua molempiin, mikä onkin tarpeen, mikäli halutaan edistää sekä Suomen huippututkimusosaamista että lyhentää tuoteaihioiden markkinoille viemisaikaa (*engl. time to market*). Biomateriaalitieteilijöiden kannalta tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että tutkimusyhteisön on itsenäisesti löydettävä sovellusalueet, joihin on syytä panostaa kansainvälisen kilpailukykyyn parantamiseksi. On määritettävä osaamisalueet, joiden on oltava näitä tutkimuskohteita ajatellen vahvoja ja niille on luotava edellytykset vahvistua entisestään. Suomessa haasteena on, että biomateriaalitutkimusta tehdään ainakin Oulussa, Kuopiossa, Tampereella, Turussa ja pääkaupunkiseudulla. Alan tekijät ovat myös hajautuneet eri yliopistoihin, korkeakouluihin ja muihin tutkimuslaitoksiin, joten yhteisön mielipiteen kokoaminen yhteen on haastavaa, vaikka ryhmät tekisivätkin yhteistyötä yksittäisissä projekteissa. Tällöin myös yhteisymmärrys tutkimuslinjauksista ei voi muotoutua luonnostaan. Tämän työn tarkoitus on osaltaan koota hajallaan toimivasta tutkimusyhteisöstä yhteisiä tavoitteita tutkimukselle.

## 2.2 Muuttuva ympäristö

Strategioita suunniteltaessa on järkeenkäypää huomioida asiakkaat, omat vahvuudet ja mahdolliset kilpailijat, mutta heikoimmin tiedostettavat ja kilpailukykyyn kuitenkin vaikuttavat tekijät piilevät organisaation välittömän ympäristön ulkopuolella. Näihin kuuluvat esimerkiksi maantieteellisesti laajempiin alueisiin vaikuttavat tekijät, sosiaaliset arvomaailman muutokset ja eettiset tekijät. Siksi on hyvä tiedostaa myös

laajempi viitekehys, jossa tutkijoidenkin on tulevaisuudessa toimittava. Tässä kappaleessa esitettävät aihealueet ovat tulleet esiin Tekesin ja Suomen Akatemian järjestämässä yhteistyöhankkeessa FinnSight 2015, jossa on haettu yleisesti teknologiakehitykseen vaikuttavia muutostrendejä. (Väyrynen, Saarnivaara 2006a) Tässä työssä näkökulma on kuitenkin siinä, miten muutostoimet vaikuttavat erityisesti terveysteknologia-alan toimijoihin, ja näitä teemoja pyritään tuomaan enemmän esiin.

### **2.2.1 Globalisoituva maailma**

Globalisaatio voidaan mieltää jo olemassa olevaksi todellisuudeksi. Vaikka taloudellisten riippuvuuksien ja keskinäisen yhteistyön seurauksena innovaatiot, muoti, talousahdinko ja epidemiat leviävät maailmankolkasta toiseen jo nykyään, siirtymässä on kuitenkin toistaiseksi viivettä. Globalisaatio on siten edelleen kehittyvä tila, jonka myötä myös kansainvälinen työnjako muuttuu, kun perinteisten teollisuusmaiden taloudellinen tuotanto ja työllisyys perustuvat yhä enemmän kansallisiin palveluihin ja kansainväliseen sijoitustoimintaan. Samalla monikansalliset yritykset nousevat tässä entistä määräävämpään asemaan. Koska muutospäätöksiä tekevät monikansalliset yritykset, valtiot joutuvat sopeutumaan tilanteeseen, jossa tietyn tyyppinen toiminta yhtäkkiä poistuu maasta. (Talousneuvoston sihteeristö 2006) Suomalaisen tutkimuksen ja koulutuksen tason toivotaankin houkuttelevan monikansallisia yhtiöitä sijoittamaan tutkimus- ja kehityskeskusiansa juuri Suomeen. Lääketieteen alueelta erityisesti vaikuttavuus- ja genomitutkimukselle maamme väestörakenne ja hoitorekisterijärjestelmät luovat lupaavan alustan. (Kere 2001, Mäkelä, Lappalainen et al. 1997) Lisäksi globalisaatio johtaa tarjonnan monipuolisuuteen ja siten kuluttajien vaatimustason nousuun, mikä näkyy myös terveydenhuollossa. Vaikka terveydenhuollon hankintapäätökset tehdään sairaanhoidon laitoksissa, myös suomalaiset potilaat haluavat nykyään osallistua itseään koskeviin terveydenhoitopäätöksiin entistä enemmän. (Kvist 2004) Siksi teknologisten innovaatioiden kehittäminen ei riitä markkinoilla menestymiseen, vaan tarvitaan entistä parempaa asiakasryhmien tuntemusta ja kykyä erottua kilpailijoista. Tämä tiukentaa maiden välistä kilpailua, kun kellään ei enää ole oikeutta ”kotimaansa” markkinoihin. (Väyrynen, Saarnivaara 2006a)

Valtioneuvoston kanslian vuonna 2004 käynnistämän Suomi maailmantaloudessa -selvityksen mukaan globalisaatio nähtiin voittopuolisesti Suomelle myönteisenä mahdollisuutena. Haasteita todettiin joka tapauksessa olevan vastassa. Merkittävä rajoite on pieni väestömäärä ja sitä kautta pieni markkinapotentiaali ja useisiin muihin maihin nähden pienemmät mahdollisuudet tarttua samanaikaisesti useisiin suuren riskin hankkeisiin. Myös syrjäistä sijaintia pidettiin heikkoutena ja siksi on entistä tärkeämpää hyödyntää kansainvälisiä yhteistyömahdollisuuksia. Lisäksi raportissa huomautettiin, että Suomi on erikoistunut aloille, joilla globaali kilpailu on kovaa ja joilla tuotteiden hinnat pyrkivät laskemaan. Uusia teknologisia aluevaltauksia tarvitaankin vanhojen tueksi ja niiden tilalle. Terveysteknologia ja biomateriaalitutkimus ovatkin tässä haasteessa avainasemassa. Edellisessä kappaleessa kuvailut kansalliset strategiat ovat toisaalta osoittaneet paikoitellen jo toimivuutensa, sillä merkittävimäksi vahvuudeksi raportissa nostettiin esiin toimiva innovaatiojärjestelmä, jonka alkulähteenä on nuoren väestön hyvä peruskoulutus ja jatkovahvistuksena keskivertoa suuremmat tutkimus- ja

tuotekehityspanostukset. Todettakoon kuitenkin, että panostaminen vasta luo edellytykset menestykselle, eikä se ole varsinaisen tulevan menestyksen mittari. Tutkimuksen ja tuotekehityksen menojen 3,5 prosentin osuus bruttokansantuotteesta on OECD-maiden reilun 2 prosentin osuuteen nähden maailman kärjessä, mutta sijoittaminen ei vielä riitä innovaation tulosten mittavaan hyödyntämiseen. Lisäksi Suomi ei ole vahva niin sanotussa asiakaslähtöisessä innovoinnissa. Tuotteiden luominen perustuu enemmän teknologisiin uutuuksiin kuin asiakkaiden mieltymysten ja toiveiden ennakointiin ja huomioimiseen. Globalisaation myötä Suomen on kehityttävä tässä, mikäli mieli haastaa kilpailijansa. (Talousneuvoston sihteeristö 2006)

### **2.2.2 Väestörakenteen kehitys**

Sosiaali- ja terveyspalvelujen kannalta suurin ja merkittävin muutostekijä on väestön ikäjakauma. Kehittyneissä valtioissa työikäisten vastuu lapsista, vanhuksista ja muista työelämän ulkopuolella olevista on kasvanut, mutta Suomessa tämä huoltosuhte nousee muita Euroopan maita jyrkemmin. Syynä tälle lienee se, että Suomessa suuret ikäluokat ovat syntyneet poikkeuksellisen suurissa määrin sodan jälkeen. Muut Euroopan valtiot tulevat kuitenkin Suomen perässä. Väestörakenteen korjausliike vaatii toimivaa maahanmuuttopolitiikkaa ja syntyvyyden kasvattamista, joista kumpikaan ei ole ongelmaton tehtävä. Kaikeksi onneksi väestöllisellä huoltosuhteella ei vaikuttaisi olevan ”kipurajaa”. Taloudellinen menestyminen onkin mahdollista vinoutuneesta väestörakenteesta huolimatta. (Rapo 2009) Tämä puolestaan vaatii uusia teknologioita ja tuottavuuden parantamista. Erityisesti palvelusektorin tuottavuudessa Suomi on vain keskinkertaisella tasolla. Kuitenkin valtaosa työvoimasta on keskittynyt juuri palveluiden tuottamiseen ja sektori kasvaa edelleen. Sosiaali- ja terveydenhuollon resurssien ja potilasmäärän kasvun kohtaamisen kannalta olisikin erityisen tärkeää ratkaista Suomen yleiset heikkoudet palveluiden tuottavuudessa. (Talousneuvoston sihteeristö 2006)

Palvelujen uudelleenorganisoinnin lisäksi väestörakenteen muutos vaikuttaa myös syihin, miksi terveydenhoitolaitoksiin hakeudutaan. Vuonna 2003 yli 70-vuotiaiden yleisimmät kuolinsyyt olivat sydäntaudit, dementia ja Alzheimerin tauti sekä aivoverenkierron sairaudet. Väestön ikääntyessä voitaisiin siten päätellä, että noiden sairauksien osuudet terveydenhuollon kuormittamisessa tulevat kasvamaan. Tämä puolestaan vaikuttaa nykyisiin terveyteen liittyvän tutkimuksen painopisteisiin, joilla tuleviin haasteisiin varaudutaan. Tarpeiden ennakointi ei kuitenkaan ole näin suoraviivaista. Työikäisen väestön yleisimmät kuolinsyyt vuonna 2003 olivat sukupuolesta riippuen sepelvaltimotauti, rintasyöpä, alkoholisyys, tapaturmat ja itsemurhat. (Tilastokeskus 2003) Tästä päätellen esimerkiksi syöpätutkimukseen panostaminen vaikuttaisi ennen kaikkea työssä käyvien naisten määrään ja parantaisi siten huoltosuhdetta. Lisäksi vaikka syövästä ei enää nykyään ole merkittävimmäksi ”massatappajaksi”, sen onnistuneesta hoidosta aiheutuneet kustannukset eivät näy kuolinsyytilastoissa. Ennakointia monimutkaistaa myös, että myöhemmän iän sairaudet riippuvat nuoruusajan terveydestä. Mikäli esimerkiksi nuorten ylipainon ennaltaehkäisyssä onnistutaan tulevaisuudessa paremmin, vähenevät siihen liittyvät terveysongelmat vanhemmillakin heidän ikääntyessään. Tämä kansallisen

terveydentilan dynaamisuus muodostaa merkittävän lisähaasteen tulevaa terveysteknologian tarvetta ennakoitaessa ja aihepiiriin palataankin myöhemmin tässä työssä.

### **2.2.3 Teknologia- ja yhteiskunnalliset muutokset**

Tiede ja teknologia heijastavat vaikutuksensa yhteiskunnan toimintatapoihin, liiketoiminnan käytäntöihin, sosiaaliseen käyttäytymiseen ja yhteiskunnallisten järjestelmien rakenteisiin. Erityisen monipuolisesti näiden eri osa-alueiden kehitystä ohjaavat tieto- ja viestintäteknologioiden muutokset. Yhteiskunnalliset toiminnot ovat yhä enenevässä määrin siirtymässä internet-pohjaisiin verkostoihin, jotka ovat jatkuvasti kaikkien ulottuvilla. Palveluprosessien uudistamisessa ja toimintojen tehostamisessa tällä on suuri merkitys. Tehokkaat verkostot ja monipuoliset viestintäkeinot ovat elinehto globaaleilla markkinoilla toimiville ja kansainvälisille yrityksille, sillä viestintäteknologian kehitys on myös lisännyt etätyöskentelyn mahdollisuuksia. Tuottavuuden kannalta tämä on yleensä nähty positiiviseksi, sillä työntekijöiden on siten mahdollista ajoittaa työskentelynsä perheen, henkilökohtaisten asiointien ja vireystilansa kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. (Väyrynen, Saarnivaara 2006a) Samalla kun teknologia hyödyttää yhteiskuntaa, se on kuitenkin luonut tilanteen, jossa ihmiset ovat teknologian ansiosta ympärivuorokautisesti tavoitettavissa. Ilmiönä ovat nousseet ”riippuvuus” työsähköpostien tarkastamisesta ja henkilökohtaisesta ajasta tilan nipistäminen työpuheluiden ym. viestityksen päivystämiseen. Jatkuvan tavoitettavuuden on todettu vastoin alkuperäisiä tavoitteita heikentävän luovuutta ja sitä kautta tuottavuutta, kun työntekijät eivät pääse irtautumaan työstä ja lataamaan voimavarojaan levossa. Ongelma vaatii selkeiden pelisääntöjen luomista joustavan työn ja henkilökohtaisen elämän välille. Useat yritykset ovat jo alkaneet profiloitua ja kilpailla työntekijöistä nostamalla esiin eitaloudellisia arvoja, kuten työn ja elämän rajojen ylläpitämisen. Mikäli muutokseen sopeutumisessa epäonnistutaan, tulee sillä olemaan vaikeasti ennakoitavia seurauksia työikäisen väestön terveydelle. (Choate, Brown 2006)

Maailmassa, jossa yritykset kiristävät tuotekehitysnopeutta saadakseen tuotteensa markkinoille kilpailijoitaan nopeammin, uusia teknologioita tulee markkinoille tihentyvään tahtiin. Siten teknologiateknologian kehitys tulee vaatimaan tulevilta sukupolvilta sopeutumista huomattavasti useampiin teknologisiin uutuuksiin, kuin nykyään. Teknologian kehittäjien onkin varauduttava käyttäjien vastustukseen. Siihen, miten hyvin uusi teknologia otetaan vastaan markkinoilla, vaikuttaa innovaation, käyttäjien ja ympäristön ominaisuudet. Esimerkiksi korkeasti koulutetut ja nuoret ottavat uudistuksia yleensä mieluummin vastaan kuin vähemmän koulutetut tai iäkkäämmät kollegansa. Erityisen ongelmallisena käyttäjien vastustusta pidetään informaatioteknologian alalla, sillä pieni käyttöaste johtaa siihen, ettei teknologialla saavuteta odotettua tehokkuuden parannusta. (Agarwall, Prasad 1999) Ilmiö on tuttu myös sairaala-IT:n maailmassa. Esimerkiksi eri sairaanhoitopiirit Suomessa ovat ottaneet yhteensopivuuden takaamiseksi käyttöön samoja tietokantoja, kuten Prowellness-diabetestietokannan, mutta ohjelman käyttöaste on tästä huolimatta jäänyt eri paikoissa eri asteelle eikä kaikkia mahdollisia hyötyjä ole saavutettu. (Miettinen, Hyysalo et al. 2003)

## 2.2.4 Kestävän kehityksen vaatimus

Kestävän kehityksen ratkaisulla tarkoitetaan ekologisesti kestävä toiminnan lisäksi yhteiskunnallisesti oikeudenmukaisia, kulttuurisesti arvokkaita ja taloudellisesti pitkällä tähtäimellä kannattavia valintoja. (Väyrynen, Saarnivaara 2006a) Ilmastonmuutos, vesistöjen ongelmat ja luonnon monimuotoisuuden vähentyminen lisäävät terveysongelmia globaalisti, ja vaikuttavat siten myös terveysteknologian tuleviin tarpeisiin. Kestävän kehityksen ajattelulla on kuitenkin myös suurempia yhteyksiä terveysteknologian kehitykseen. Näistä keskeisimmässä asemassa on selvittää, millaisia pitkäaikaisvaikutuksia uusilla hoitomuodoilla on. Hyviä esimerkkejä ovat menetelmät, jotka hyödyntävät mm. nano- tai geeniteknologiaa. Nanokokoluokan partikkelit tarjoavat merkittäviä mahdollisuuksia niin syövän hoitoon ja lääkekuljetukseen kuin geeniterapiaan ja kuvantamiseenkin. Samat ominaisuudet, jotka antavat nanohiukkasille niiden lupaavimmat sovellukset, tuottavat myös niiden suurimmat riskit. Nanopartikkelit mm. läpäisevät ihmisen tyypilliset suojamekanismit, kuten ihon ja veri-aivoesteet. Hiukkasten tiedetään myös kertyneen mm. maksaan niiden päästyä ensin hengitysteihin. (Gwinn, Vallyathan 2005) Geeniterapian puolestaan tiedetään johtaneen muutamien potilaiden sairastumiseen leukemiaan, minkä aiheuttaja on todennäköisesti ollut geenin kantajana käytetty retrovirus. (Gore 2003) Mikäli hoitomuotoa halutaan tulevaisuudessa hyödyntää laajassa mittakaavassa, on selvitettävä, millaisia muita pitkän ajan kuluttua esiin tulevia ongelmia menetelmä voi aiheuttaa. Sama pätee monelle muulle terveysteknologian menetelmälle, jossa ihminen joutuu pitkäksi aikaa kontaktiin vieraan materiaalin kanssa.

## 2.2.5 Osaamistarpeiden muutokset

Suomen kilpailukyyn ylläpitäminen vaatii tuottavuuden kasvua ja kasvun perustan laajennusta. Tuottavuus on 2000-lukuun mennessä kasvanut nopeimmin teollisuudessa, mutta palvelualoilla, terveydenhuolto mukaan luettuna, se on ollut ajoittain negatiivistakin. Hyvinvointipalvelujen tuottavuuden kasvu puolestaan vaatii alan yritystoiminnan lisäämistä. (Lipponen, Viitamo 2003) Siten alalla tarvitaan tulevaisuudessa erityisesti liiketoiminta- ja markkinointiosaamista ja toisaalta yrittäjäyhenkisyttä. Käynnistysvaiheen jälkeen tarvitaan jälleen uudenlaisia taitoja. Health-Net-projektin suunnitteluvaiheessa selvisi, että terveysteknologia-alan kansainvälistyminen on Suomelle uhka, mikäli pienet ja keskisuuret yritykset menettävät työtilaisuuksia suuryritysten kanssa kilpaillessaan. Projektissa yrityksiltä kerätyt, tähän ongelmaan parhaiten vastaavat osaamistarpeet olivat markkinoinnin, vientitoiminnan ja rahoituksen osaaminen, eri maiden kaupankäyntikulttuurien sekä tietoverkkojen tuntemus ja viestintä- ja videoneuvottelutaidot. (Aula-Matila 2000) Yleisten markkinoilla toimimistaitojen lisäksi Suomen kilpailukykyä edistäviin tekijöihin kuuluu innovaatiojärjestelmän toimivuus, mikä puolestaan perustuu erikoistuneeseen asiantuntemukseen. Suomen väestökanta ei kuitenkaan välttämättä riitä kattamaan kasvavaa asiantuntijoiden tarvetta. Senkin vuoksi on tärkeää kyetä houkuttelemaan ulkomaisia osaajia Suomeen. Tähän tähtää mm. Tekesin ja Akatemian FiDiPro-hanke. Hankkeen myötä Suomeen on tullut useita huippuosaajia ympäri maailmaa, mikä luo runsaasti mahdollisuuksia uudelleen yhteistyöhön. Tavoitteena on, että FiDiPro poikii verkostoja myös ulkomaisiin yrityksiin ja globaaleille markkinoille. (Talousneuvoston sihteeristö 2006, Suomen Akademia, Tekes 2009)



### **2.2.6 Kulttuuriympäristön muutokset**

Suomen itsenäisyyden juhlarahaston Sitran organisoima työryhmä pohti muuttuvaa kulttuuriympäristöä Muutoksen Suomi -työryhmässä. (Hautamäki 2008) Sen johtopäätösten mukaan globalisoituminen lisää toki Suomen kansalaisten kulttuurikirjoa, mutta se vaikuttaa myös sisäisiin rakenteisiin ja arvomaailmoihin. Kun teollisuustuotanto siirtyy ulkomaille, Suomen syrjäseuduilla olleet työllistäjät katoavat. Tämä lisää väestön siirtymistä kasvukeskuksiin parempien työmahdollisuuksien ja palveluiden perässä. Kasvukeskukset puolestaan ovat usein kaupunkeja, joissa on vahva osaamispohja ja mahdollisuus korkeamman tason koulutukseen. Suomen huippuosaamista korostava kansainvälinen kilpailupolitiikka edelleen takaa sen, että noille alueille myös ohjataan tukea ja niiden menestymistä vahvistetaan. Terveystuonon alalla kaupunkiasumisen ja maalaiselämän erojen kärjistyminen johtaa tarpeeseen erilaistaa myös terveystuonon tarjontaa. Esimerkiksi julkisen ja yksityisen terveystuonon suhde on eri seuduilla erilainen. (Kuusi, Ryyänen et al. 2006)

Kulttuuriympäristön muutos vaikuttaa myös henkiseen hyvinvointiin ja terveystuonon kysyntään. Suomalaiset arvostavat työtä nimenomaan itsensä kehittämisen väylänä ja erityisesti nuoret ovat avoimia työelämän muutoksille ja ovat toiveikkaita tulevaisuuden suhteen. Siksi työltä vaaditaan henkilökohtaisiin tavoitteisiin sopimista. Samalla perheen asema arvomaailmassa on kasvanut. Kun aikaa on vähän, sitä halutaan antaa tärkeimmille lähimmäisille ja siihen halutaan myös panostaa. Vapaa-ajan viettotavoissa kodin ulkopuolella syöminen, matkustaminen, harrastaminen ja liikkuminen korostuvat, mikä luo myös uusia markkina-alueita teknologioille ja palveluille. (Hautamäki 2008) Aktiivinen elämäntapa edelleen vaatii hyvää perusterveyttä ja tulevat keski- ja eläkeikäiset ovat valmiita myös kuluttamaan terveystuonon palveluihin. (Kuusi, Ryyänen et al. 2006) Kokonaisuudessaan kulttuuriympäristö ja arvomaailma muuttuvat usealla taholla samanaikaisesti. Muutosten terveystuonon vaikutusten arviointi on kuitenkin vaikeaa. On mahdollista, että työn stressaavuus lisää tiettyjen kansantautien esiintyvyyttä, mutta työ on myös keskiössä väestön tyytyväisyyden ja siten mielenterveyden ylläpitämisessä.

### **2.2.7 Ristikkäisvaikutukset**

Kuten on osittain käynyt ilmi jo edellisten kappaleiden aikana, muutostoimat eivät suinkaan ole kukin omilla raiteillaan eteneviä ilmiöitä, vaan ne vaikuttavat myös toinen toisiinsa. Niiden kokonaisvaikutuksia esimerkiksi yksittäisen tutkimusryhmän tulevaan rooliin yhteiskunnassa on vaikea arvioida, mutta eri suuntaukset on hyvä tunnistaa, jotta kyetään tekemään valistuneita ratkaisuja tutkimuksen ja koulutuksen painopisteistä. Useat muutoksista vaikuttavat mm. mielenterveyteen. Jos esimerkiksi globalisaation seurauksena teollisuus ja tuotanto vähenevät nykyisestä huomattavasti, on näiden alojen työntekijöille entistä vähemmän tarvetta. Seurauksena ihmisten ammatillinen valinnanvara vähenee. Palvelualojen työvoimapula ei välttämättä ratkaise tätä, mikäli henkilökohtaiset ominaisuudet eivät tue palveluammattiin hakeutumista. Terveystuonon ja mielenterveydentuonon vaikutuksia on myös sillä, että suuria työntekijämassoja irtisanotaan teollisuudesta eivätkä he saa kotimaastaan koulutustaan vastaavaa työtä. Samanaikaisesti huippuosaajien kiireet lisääntyvät ja työelämän rajat ja

säännöt muuttuvat. Suomessa vahvoja johtajia ihannoiva, hierarkkinen ja tunnollinen mentaliteetti voi johtaa siihen, ettei työntekijöiden päivystysvelvollisuudesta johtuvaan huonovointisuuteen puututa riittävän pontevasti. (Ropo, Eriksson et al. 2005) Siten on mahdollista, että tulevaisuudessa tarve ja markkinat uudelleenmielenterveysongelmien hoitokeinoille kasvavat. Biomateriaalitutkimuksenkin kentässä voi olla lupaavia keinoja ja mahdollisuuksista osallistua ratkaisun kehittämiseen. Esimerkiksi lääkehoidolla parantumattoman masennuksen hoidossa on testattu aivojen sähköistä stimulointia implantoitavan laitteen avulla. Alustavat tulokset ovat olleet lupaavia ja positiiviset vaikutukset potilaiden mielialaan ovat pysyneet vuoden seurannan ajan. (Lozano, Mayberg et al. 2008)

Teknologiakehityksen kiihtyminen näkyy myös terveysteknologian kehityksen nopeutumisenä. Tulevaisuudessa käytettävissä on yhä enemmän ja entistä parempia teknologisia ratkaisuja terveydenhuollon ongelmiin. Koska uusien teknologioiden vastustus lisääntyy iän myötä, tuleva väestörakenne takaa sen, että tuotteilla on yhä enemmän käyttäjiä, jotka eivät halua hyödyntää viimeisintä teknologiaa totuttuaan lähtökohtaisesti yhteen. Suhtautuminen voi toisaalta muuttua, sillä nykyiset nuoret altistuvat nopeasti uudistuvalla teknologialle koko elämänsä ajan. Vastaavasti kestävä kehityksen juurtuminen ihanteisiin ja arvomaailmaan voi muuttaa suhtautumista myös terveysteknologiaan. Terveysteknologia-alalla ympäristövaikutuksia voidaan nykyään antaa anteeksi etenkin, jos tuote pelastaa ihmishenkiä. Tulevaisuudessa tiedostava kuluttaja saattaa kuitenkin vaatia terveystuotteiltaankin ekologisuutta ja silloin hoitoon valitaan tuote, jonka valmistaja on huomionut ympäristönäkökulman paremmin. Lisäksi säädökset ja esimerkiksi rahoituksen toimintamallit ovat enenevässä määrin menossa siihen suuntaan, ettei uutta teknologiaa kannata kehittää pohtimatta sen ympäristövaikutuksia. Trendi näkyy jo suurten yritysten ratkaisuisissa, ja esimerkiksi GE Healthcare on julkaissut strategisen vision, jossa se painotti kestävä kehityksen olevan ajava voima myös terveysteknologia-alalla. (Dineen, Ishrak et al. 2009) Siksi kauaskatseisen tutkimusryhmän on syytä valmistautua tähänkin mahdollisuuteen ajoissa.

### **2.3 Tulevia tuulia terveysteknologian ja biomateriaalitieteen alalla**

Edellisissä kappaleissa esiteltiin yleisesti teknologian kehittämiseen vaikuttavia voimia. Tässä kappaleessa siirrytään tulevaisuuden terveysteknologiatarpeiden kartoittamiseen edeten vaiheittain yritysten näkökulmien muutoksesta ja siten lähitulevaisuuden kehityksestä kaukaisempiin tulevaisuuskuviin. Lopussa tarkastelu lähestyy myös enemmän biomateriaalitutkimuksen näkökulmaa, joka työn tulosten käsittelyssä on pääroolissa. Esiteltävät yritysten lähestymistavat aiheeseen pohjautuvat viiden suurimman yhdysvaltalaisen (Johnson & Johnson, GE Healthcare, Cardinal Health ja Medtronic ja Baxter International) ja kolmen suurimman eurooppalaisen (Siemens Healthcare, Philips Healthcare ja Covidien) terveysteknologiayhtiön tiedotuksiin ja julkaisuihin. Yhtiöt ovat kahdeksan suurinta terveysteknologia-alan toimijaa, ja ne kattavat yli 40 % terveysteknologian markkinoista. Ne edustavat toisaalta konserneja, joissa terveysteknologia on vain yksi toiminnan osa-alue, ja toisaalta muutamien koko liiketoiminta perustuu pelkästään lääkinnällisiin laitteisiin. Lisäksi yhtiöt edustavat vaihtelevasti kaikkia terveysteknologian tuotekategorioita, jotka on määritetty

tarkemmin kappaleessa 3.3. Hammastuotteet tosin ovat pienessä roolissa, sillä vain yksi yrityksistä valmistaa niitä. (Covidien 2010)

### **2.3.1 Yritysnäkökulmia tulevaisuuden terveysteknologiaan**

Yritysten ja yliopistojen yhteistyöllä on useita etuja. Se edistää tiedon siirtymistä ja jakamista, tarjoaa mahdollisuuksia saada taloudellista hyötyä teknologisista edistysaskeleista, mahdollistaa pitkäaikaisia kumppanuuksia toimivien tutkimuskokoonpanojen välillä ja edistää opiskelijoiden työllistymismahdollisuuksia ja työelämävalmiuksia. (European Commission 2010) Samaan aikaan sekä yrityksillä että yliopistoilla on omia itsenäisiä tutkimus- ja kehitystavoitteita, joiden välillä yhteistyö ei ole kiinteää. Vaikka tutkimuslaitosten hankkeet eivät aina siten suoraan liity yritystoimintaan, tutkimusyhteisössäkkin on hyvä tiedostaa, millaisiin uudistuksiin yritykset ovat valmiita panostamaan. Tiedolla voi olla merkitystä, kun myöhemmässä vaiheessa idean kaupallistamiseen tarvitaan kumppania, keksintö halutaan myydä eteenpäin, tai perustetaan uusi kilpaileva spin-off-yritys. Yritysten tietoja voi hyödyntää harkitusti myös tulevia alan tarpeita ja muutoksenäkymiä ennakoitaessa.

Suuryritysten toiminnassa voidaan osoittaa yhtenäisiä linjauksia. Ensinnäkin tuotteiden myymisen sijaan markkinoidaan enemmän palveluja tai niitä sisältäviä tuotepaketteja. Pyrkimys näyttäisi olevan myös siihen, että terveysteknologia-yrityksen tuottama hyöty nostaisi vastaavasti terveydenhuoltotahon palvelun laatua. Siten esimerkiksi diagnosoinnin apuna käytettävät ohjelmistot ovat yhtiöiden kiinnostuksen kohteina. (Dineen, Ishrak et al. 2009, Rusckowski 2009) Kun markkinoiden ratkaisut muuttuvat yhä kokonaisvaltaisemmiksi, pienten, tutkimuspainotteisten valmistajien on entistä vaikeampi tunkeutua alalle. Toinen teema, joka korostuu yritysten toiminnassa, on hoidon tehokkuuden osoittaminen kliinisissä kokeissa. Kliinistä testausta on toki aina vaadittu, mutta terveydenhuollon tehokkuusvaatimusten kasvaessa myös terveysteknologian tehokkuusvaatimukset lisääntyvät. Niinpä yritykset pyrkivät kilvan osoittamaan, että heidän laitteensa on kilpailijoita toimivampi, ja toisaalta kokonaan uuden hoitomenetelmän kliinistä testausta joudutetaan, jotta vanhoista hoidosta luovuttaisiin nopeammin. (Warren, Resman 2010) Kolmas muutos on kestävä kehityksen ja ympäristönäkökulmien huomioiminen. Tämä näkyy mm. toimistojen ekologisuuden ja työntekijöiden vihreiden päätösten kannusteiden lisääntymisenä. Lisäksi tuotannon ympäristökuormittavuuteen kiinnitetään yhä enemmän huomiota. (Immelt 2009, Parkinson 2009)

Kehittyneissä maissa, joissa lääketieteen ja terveysteknologian viimeisimmät edistysaskeleet ovat nopeasti kaikkien hyödynnettävissä, teknologiaa ei enää pyritä uudistamaan vain mahdollisimman suurta potilasmassaa palvelevaksi. Sen sijaan tavoitteet ovat siirtymässä yhä yksilöllisemmän hoidon tuottamiseen. Nopeimmin tämä on tullut näkyviin potilaan henkisen hyvinvoinnin varmistamisessa ja hoitokokemusten parantamisessa. Hyvä esimerkki on hiljattain markkinoille tullut mammografialaite, johon on integroitu potilaan ahdistusta vähentävä, tunnelmallinen LED-valaistus. (Medical News Today 2010) Teknologisesti kehitys ei ole vaatinut suurta panostusta, mutta tämänkaltaisten tuotteiden kysynnän lisääntyminen on osoitus hitaasta asennemuutoksesta ja potilaan ottamisesta mukaan hoitoprosessin päätöstentekijäksi.

Runsaasti ratkaisemattomia kysymyksiä sisältävät ennakoiva diagnostiikka, seulonta ja fysikaalisesti yksilöllisen hoidon kehittäminen ovat puolestaan yritysten näkökulmasta pääasiallisesti pitemmän tähtäimen tutkimuspanostuksia, mutta yhtä kaikki merkittäviä tulevaisuuden mahdollisuuksia nimenomaan huipputeknologiaa muutoinkin hyödyntävien kehittyneiden maiden markkinoilla. Tutkimushankkeita toteutetaan yritysten sisäisesti, mutta myös yhteistyössä erillisten tutkimuslaitosten kanssa. Useilla yrityksillä on yhteistyötä mm. kuvantamiseen erikoistuneiden tutkimusryhmien kanssa, jotta eri sairaudet, kuten Alzheimer, Parkinsonin tauti, erilaiset syövät ja sydänsairaudet, sekä niiden vaiheet kyettäisiin tunnistamaan paremmin. (Immelt 2009, PRNewswire 2010, Vanac 2010)

*In vitro* -diagnostiikassa tavoitteena on myös sairauksien varhaisempi tunnistaminen, mutta samalla hoitopäätöksen tukeminen. Informaatiotekniikan keinoin tuloksia voitaisiin verrata tietokannoissa oleviin ja automaatiolla pyritään tuottamaan klinikolle yksilöidyt ehdotukset hoidosta potilaan terveydentilan perusteella. Toisaalta myös molekyylibiologiaan ja genomiikkaan perustuvia diagnostiikan menetelmien kehittämiseen panostetaan. Kehitteillä on menetelmiä, joilla sydänsairauksia voisi diagnosoida genomiikkaan tukeutuen tai joilla esimerkiksi syövän ennuste ja sen eri tyypit voitaisiin tunnistaa immuuni- tai verenkierron kulkevista yksittäisistä soluista. Ylipäätään diagnostiikkaa korostetaan terveydenhuollon laatua parantavana, turhia hoitoja vähentävänä, yksilöidämpää hoitoa edistävänä ja kaikkiaan kustannuksia säästävänä alana. Sitä ollaan myös integroimassa tiiviimmin osaksi koko hoitoketjua sairauden tunnistamisesta ja paikallistamisesta, hoitokeinojen valinnan kautta taudin edistymisen tai uusiutumisen seurantaan. (Palaran 2010, Valeriani 2010, Curley, Barret et al. 2009) Diagnostiikka-alalta odotetaan vielä runsaasti kasvua, mikäli edellä esitellyt kehitystarpeet saadaan ratkaistua.

Terveysteknologiaan keskittyneessä tutkimusyhteisössä ehkäpä vähemmän keskustelua herättänyt teema ovat olleet sairaalaperäiset infektiot. Erityisesti kehittyvissä maissa ongelma on 19-kertainen kehittyneiden maiden tilanteeseen nähden, mutta esimerkiksi USA:ssa terveydenhoidon laitoksista lähtöisin olevat infektiot vaikuttavat vuosittain jopa 99 000 potilaan kuolemaan. Bakteerikantojen tullessa resistenteiksi antibiooteille, niiden leviämisen estämiseen on oltava muita keinoja, ja useat terveysteknologiayritykset kehittävätkin entistä tehokkaampia, pienempiä ja helppokäyttöisempiä sterilointijärjestelmiä. Yhdessä endoskopiamenetelmien kehityksen kanssa steriilityöskentelyn edistysaskeleet mahdollistavat myös kirurgisten hoitojen siirtymisen leikkaussaleista vastaanottohuoneisiin. Trendin uskotaan voimistuvan tulevaisuudessa, sillä se säästää leikkauskustannuksissa ja on sekä potilaalle että klinikolle helpompaa. (Curley, Barret et al. 2009, Licitra 2010, Mahoney 2010) Lisäksi yritysten joukossa on tunnistettu kaukokatseisia kehitystarpeita mm. väestön ikääntymiseen liittyvien ilmiöiden, kuten ikänäön ja harmaakaihien hoidossa. (Sneed 2010) Diabeteksen pitkän tähtäimen tavoitteena nähdään keinohaima ja kantasoluteknologiaa pidetään varteenotettavana menetelmänä tulevaisuuden terveydenhuollossa. (Paul 2010) Myös kivunhoidon alalle ennakoitaan rakenteellista muutosta, ja esimerkiksi selkäkipuja odotetaan tulevaisuudessa hoidettavan ensisijaisesti selkäytimen hermojen stimuloinnilla tai suoraan kohteeseen sijoitettavalla

kipulääkityksellä nykyisen ”leikkauksesta suun kautta otettavaan kipulääkitykseen” -prosessin sijaan. (Dineen, Ishrak et al. 2009, Kunz 2010)

### **2.3.2 Terveydenhuolto ja terveysteknologia tulevaisuudessa**

Maailmasta muutaman kymmenen vuoden kuluttua ja erityisesti terveydenhuollon ja biotieteiden tilanteesta tuolloin on esitetty useita arvioita. (Wanless 2002, Sharpe, Pary et al. 2007) Noin neljän vuoden takainen katsaus esittelee neljä vaihtoehtoista mahdollisuutta terveydenhuollon kehitykselle toisaalta teknologian edistymisen ja toisaalta julkisen hyväksynnän näkökulmasta. On todennäköistä, ettei maailmoista mikään toteudu sellaisenaan, tai että toteutumisen aikataulu on jotain muuta kuin nyt jäljellä olevat kymmenen vuotta. Skenaarioiden tarkoitus onkin lähinnä kiinnittää huomio haasteisiin ja mahdollisuuksiin, joita teknologiakehitys voi kohdata. Ensimmäisessä vuoden 2020 maailmassa tarve teknologisille edistysaskeleille on huutava ikääntyneen väestön sairauksien kasautuessa resurssittoman terveydenhuollon harteille. Edistys on kuitenkin ollut odotettua hitaampaa, eikä luotettavia ratkaisuja ole syntynyt. Tästä huolimatta tutkimustyöhön panostetaan ja uusia kunnianhimoisia hankkeita aloitetaan, jotta työssä päästäisiin eteenpäin. Toisessa vaihtoehdossa teknologiset innovaatiot ovat jääneet vähäisiksi, mutta myös julkinen kiinnostus asiaan on hiipunut ja ratkaisuja terveydenhuollon kuormittumiseen haetaan muualta. Terveysteknologian kehitys ei etene jatkossakaan, sillä kiinnostuksen puute on lisännyt myös lainsäädännön ja alan muun säätelyn muutosvastarintaa. Kolmas skenaario puolestaan on tutkimuksen kannalta kenties turhauttavain. Siinä edistystä on tapahtunut odotusten mukaan, ja suuri osa teknologisista haasteista on ratkaistu. Käyttöönoton esteenä on kuitenkin yleisön vastustus, joka johtuu toisaalta perusteettomasti valistuksen ja tiedon puutteesta mutta toisaalta aiheellisesti eettisistä ja moraalisisista kysymyksistä, joita ei ole käsitelty riittävästi. Vanhentunut lainsäädäntö ja tiukka säätely estävät hyvien tulosten hyödyntämisen. Viimeisenä mahdollisuutena vuonna 2020 vallitsee tilanne, jossa teknologian yleinen hyväksyntä, käyttöönotto ja lainsäädännön tuki ovat korkealla tasolla. Teknologia on saavuttanut tavoitteensa ja useat sairaudet, joille ei aiemmin ollut lainkaan hoitoa, ovat terveydenhuollon hallittavissa ja parannettavissa. (Schoemaker, Tomczyk 2006)

Näistä vaihtoehtoista viimeinen on epäilemättä toivotuin. Toteutuminen vaatii kuitenkin vahvaa panostusta tutkimukseen sekä terveysteknologian että materiaalitieteen alalla. Euroopan yhteisessä ennakointihankkeessa EU-maiden avainteknologioiksi määritettiin informaatioteknologia, nanoteknologia, materiaalitiede ja -tekniikka, genetiikka ja bioteknologia sekä energiateknologia. Näiden tieteenalojen kehityshyppäysten odotetaan vievän myös terveydenhuollon keskeisimpiä sovelluksia eniten eteenpäin. Farmakogenetiikan alalla genetiikkaosaamisen kehittymisen uskotaan tuottavan uutta tietoa yksilöllisistä eroista lääkkeiden metaboliassa. Samoin genetiikan tuntemuksen parantuessa yhä useammat yksittäisestä geenistä johtuvat sairaudet voidaan hoitaa geeniterapialla ja yhä useammat monesta tekijästä johtuvat sairaudet voidaan tunnistaa ja diagnosoida nopeammin. Molekyylibiologian kehittyessä tavoitteena on kyetä suunnittelemaan lääkkeitä tutkimalla biologisessa ympäristössä olevia vastinkappaleita, entsyymejä tai reseptoreja, jotka kyetään tuon lääkkeen avulla kytkemään päälle tai pois. Informaatioteknologian odotetaan puolestaan tuottavan

yhtäältä lääkäreille uusia keinoja olla yhteydessä tietoon ja toisiinsa, kuten edellisessä kappaleessa kuvailtuissa yritysten hankkeissa on tavoitteena, ja toisaalta terveydenhuoltopalvelut voitaisiin tuolloin järjestää siten, että hoito ja diagnosointi onnistuvat potilaan kotona etäpalveluna. Lisäksi informatiikka on merkittävässä asemassa, kun kehitetään malleja ja simulaatioita proteomiikan, genetiikan ja molekyylibiologian perustutkimukseen, lääkekehitykseen ja metaboliatutkimuksiin. Myös minimaalisen invasiivisen kirurgian kehityksessä IT:n rooli on merkittävä, kun leikkausvälineistöä käytetään yhä enemmän kauko-ohjauksen ja robotiikan avulla. Kantasoluteknologian alalta edistystä kaivataan erityisesti aikuisten kantasolututkimuksessa, sillä se voisi ratkaista monia eettisiä ongelmia, joita alkion kantasolututkimukseen tällä hetkellä liittyy. (Braun 2005)

### **Terveysteknologiatarpeiden ennakointia Euroopassa**

Suosituksia terveysteknologian toivottaville kehityssuunnille on kartoitettu Euroopassa jo viime vuosituohannella. Kolme laajaa selvitystä Saksassa Iso-Britanniassa ja Itävallassa hyödynsivät lääketieteen asiantuntijoiden ja julkishallinnon, teollisuuden sekä potilaiden edustajien mielipiteitä määrittääkseen, mitkä teknologiat olisivat merkittäviä toteutuessaan (kaksi ensimmäistä) ja mitkä teknologiat olisivat lisäksi toivottavia ja mahdollistaisivat kansainvälisen markkinajohtajuuden (Itävallan tutkimus). (Wild, Torgersen 2000) Raportoidut aikatauluarvot ovat jo suurelta osin vanhentuneet, mutta tärkeiksi tuolloin arvioituja kehityskohteita voidaan pitää edelleen ajankohtaisina, sillä niiden merkittävät perusteet, kuten vanheneva väestö, eivät ole muuttuneet. Lisäksi useat tarpeet odottavat edelleen ratkaisuja, minkä vuoksi tutkimustyöhön on jatkossakin panostettava.

Tutkimuksissa painotettiin eniten aivo- ja syöpätutkimusta ja elinten sekä kudosten tutkimusta, joihin saatiin siten täsmällisimmin vastauksia. Sydän- ja verisuonitautien hoidon teknologisista ratkaisuista kysyttiin syystä tai toisesta vähemmän. Vanhenevan väestön ja sitä kautta lisääntyvän aivosairauksien määrän vuoksi erityisesti dementian ja Alzheimerin taudin syntymekanismien ymmärtämistä, ehkäisyä ja hoitoa pidettiin hyvin tärkeänä. Vioittuneiden hermojen toimivuuden palauttaminen nostettiin myös esiin. Toisaalta kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta pidettiin tärkeänä selvittää aivotoimintojen, kuten ajatusprosessien, tahdon ja päätöksenteon, perusteet, mutta asian ratkeamista pidettiin tuolloinkin kaukaisena. Syöpätutkimuksen suhteen odotuksia asetettiin erityisesti immunologiaan ja geeniterapiaan perustuvien uusien hoitomenetelmien varaan, mutta näiden ei arvioitu toteutuvan ennen vuotta 2015. Vielä kauempana tulevaisuudessa geneettisestä diagnostiikasta pohdittiin muotoutuvan keino syövän ehkäisyyn, varhaiseen diagnostiikkaan ja yksilöllisen riskin arvioimiseen. Kudosteknologiaa puolestaan pidettiin tulevaisuuden hoitomuotona erityisesti kroonisten hengityssairauksien ja munuaistautien parantamiseen. Muita tutkimuksessa kartoitettuja teknologioita olivat ”älykodit” ja etähoitoa tukevat teknologiat sekä anturit. Diagnostiikan ja seurannan tueksi arvioitiin tulevaisuudessa tarvittavan laitteita ja menetelmiä, jotka mahdollistavat potilaiden mahdollisimman itsenäisen ja osin jopa automatisoidun pitkäaikaishoidon. Samanaikaisesti korostettiin, etteivät teknokraattiset ratkaisut tule yleistymään, vaikka ne vähentäisivät lääkärin vastaanotolla käytettävää aikaa, sillä niissä potilaat on huomioitu rajallisesti. (Wild, Torgersen 2000)

Asiantuntijat eurooppalaistutkimuksissa olivat pääsääntöisesti muilta kuin tekniikan alalta. Tämä tuo selvityksiin terveysteknologian kehittäjän kannalta mielenkiintoisen näkökulman. Asiantuntijoiden painotuksista raportoitiin muutama huomionarvoinen tulos. Ensinnäkin lääketieteen asiantuntijat pitivät tärkeinä hyvin innovatiivisten ratkaisujen lisäksi vähemmän kehittyneitä teknologioita. Esimerkiksi iäkkäiden itsenäistä elämää helpottaisivat heidän mukaansa yksinkertaisetkin välineet tai vaikkapa uudistukset asumisjärjestelyissä, mikä ei kuitenkaan vaatisi kunnianhimoisia tuotekehityshankkeita. Toiseksi painotettiin, että useimmat teknologiset uudistukset vaativat myös organisatorisia ja sosiaalisen ympäristön muutoksia. Esimerkiksi potilaiden hoidon siirtyminen kotiin vaatii potilailta kypsyyttä ja vastuuntuntoa ja lääkäreiltä aktiivista kommunikointia ja tiedotusta potilaiden suuntaan. Tästäkin syystä tutkimuksissa asiantuntijat kannattivat organisoidumpaa lähestymistapaa olemassa olevien hoitomenetelmien toimivuuden ja kustannustehokkuuden arviointiin, jotta virheinvestoinneilta ja -kokeiluilta vältyttäisiin. (Wild, Torgersen 2000) Tämän toiveen toteuttaminen onkin nykyisin jo aloitettu. Terveysteknologian arviointihankkeita (*engl. health technology assessment, HTA*) toteutetaan Euroopassa jo laajassa mittakaavassa. Lisäksi selvityksiä ollaan hiljalleen siirtämässä yhä ennakoivampaan suuntaan, jotta hyviä uusia teknologioita saataisiin käyttöön entistä nopeammin, tehottomien tai jopa vaarallisten leviäminen estettäisiin ja jotta vähät resurssit panostettaisiin vain toimivimpien menetelmien hankkimiseen. HTA-järjestelmän on tarkoitus tukea kansainvälistä yhteistyötä ja hyvien käytäntöjen sekä tiedon leviämistä. Siksi se tulee tulevaisuudessa vaikuttamaan myös terveysteknologian kehittäjien toimintaan. (Wild, Langer 2008)

### **2.3.3 Biomateriaalitutkimuksen tulevaisuusnäkyviä**

Materiaalitieteen ja -tekniikan kannalta merkittävä sovellusala on regeneratiivinen lääketiede, mikä mainittiin myös edellisessä kappaleessa esitellyssä terveysteknologiaturkimuksessa. (Wild, Torgersen 2000) Vuodesta 2003 alkaen toteutettujen ennakoitihankkeiden yhteenvedossa arvioitiin regeneratiivisen lääketieteen rooli tulevan olemaan merkittävä erityisesti neurologisten sairauksien hoidossa. (Braun 2005) Alan hoitomenetelmiin kuuluvaa soluterapiaa raportoitiin voitavan hyödyntää Parkinsonin, Alzheimerin, MS-taudin ja hermoston vaurioiden hoidon lisäksi mm. sydämen lihaskudoksen korjaamiseen. Tosin toiveikkaimmat pitivät tätä mahdollisena jo tämän vuosikymmenen alussa. Analyysin mukaan materiaalitutkimusta vaadittaisiin, jotta päästään keinoraajoihin liittyvien hermoimplanttien kehittämistavoitteisiin. Aivojen ja verkkokalvo-, kuulo- sekä raajaproteesien rajapinnan olisi toimittava mahdollisimman luonnollisesti. Kaukaisena tavoitteena tulisi olemaan keinoelinten kytkeminen osaksi aivojen hallitsemaa järjestelmää, mutta kuitenkin siten, että keinoelinten hallinta on mahdollista aivojen käskyt ohittavalla tietotekniikalla. Selvityksen perusteella keinoelimiä tullaan kehittämään kudosteknologian lisäksi materiaalitieteen keinoin. Mieluummin synteettisiä kuin kudosteknologialla muodostettuja kehonosia tulisivat arvioiden mukaan olemaan ainakin kuuloproteesi, keinotekoinen verkkokalvo ja alaraajat. Lisäksi mahdollisuuksina nähtiin keinokeuhkot ja -istukka, keinotekoiset lihakset ja veri sekä jopa yksittäiset synteettiset solut. Nämä lienevät kuitenkin vielä nykyäänkin melko kaukaista tulevaisuutta. (Braun 2005)

Toisesta materiaalitieteeseen läheisesti liittyvästä tutkimusalueesta, nanoteknologiasta, odotetaan keinoja mm. heikosti veteen liukenevien lääkkeiden liukoisuuden lisäämiseen, lääkkeiden kohdentamiseen sekä yksittäin että useamman yhdistelmänä, tiiviiden kudosteiden läpäisyyn, suurten molekyylien kuljettamiseen solun sisään ja hoidon vaikuttavuuden seuraamiseen mm. yhdistämällä kuljettimeen varjoaine. (Farokhzad, Langer 2009) Lääkkeenkuljetuksen ja lääkeaineannostelun lisäksi nanoteknologiset ratkaisut voivat tulevaisuudessa parantaa implanttien bioyhteensopivuutta nanopinnoitteiden avulla ja toimia diagnostiikan apuna implantoitujen miniatyrisoitujen antureiden muodossa. (Braun 2005) Toisaalta edellisen kappaleen eurooppalaiskartoituksissa anturisovellukset nähtiin olennaisiksi vain vakavasti ja pitkäaikaisesti sairaiden seurannassa. Sen sijaan lievästi heikentyneestä terveydestä kärsivien, kuten allergikkojen, hoidossa etenkin invasiivisia antureita ei pidetty lupaavana mahdollisuutena. (Wild, Torgersen 2000) Mikäli lääketieteellisten antureiden siis odotetaan tulevaisuudessa yleistyvän kliinisessä käytössä, on tehtävä pitkäjänteistä markkinointityötä asennoitumisen muuttamiseksi, jotta kappaleen 2.3.2 alussa esitetyiltä negatiivisilta skenaarioilta vältyttäisiin, mutta ennen kaikkea on panostettava entistä parempien bioyhteensopivien materiaalien kehitykseen.

### **Kehon toiminnan mysteeri**

Materiaalien bioyhteensopivuuden kehityksessä on yksi merkittävä haaste. Vaikka ihminen tuntee fyysisen ympäristönsä toimintamekanismit jo hyvin, kehon sisäiset lainalaisuudet ovat edelleen eräänlainen musta laatikko. Elimistön toiminta ymmärretään lähinnä niiden reaktioiden kautta, joita lääkäri tai tutkija interventiolla aiheuttaa. Esimerkiksi syövän kehittymismekanismista tiedetään yhä hyvin vähän. Jo 1800-luvulla arveltiin, että krooninen tulehdustila voi käynnistää syövän kehittymisen ja myöhemmin on osoitettu mm. erään transkriptiotekijän merkittävä rooli tulehduksen ja syövän synnyn välillä. Tästä mullistavasta tiedosta johdetut hoidot vaikuttavat kuitenkin koko kehon immuunijärjestelmän toimintaan, ja siten niillä on pitkäaikaisessa käytössä vakavia sivuvaikutuksia. (Karin 2006) Toisena esimerkkinä samat makrofagit, jotka osallistuvat vierasesinereaktioon implantin pinnalla, reagoivat myös virusten, bakteerien aiheuttamiin, solunsisäisiin ongelmiin ja toisaalta loisten tunkeutuessa elimistöön. Vierasesine- ja loisreaktiossa makrofagit usein yhtyvät jättiloluiksi, mutta tapahtuman käynnistäviä aktivointimekanismeja ei tunneta. (Martinez, Helming et al. 2009) Edelleen vaikka sähköstimulaatio nähdään mielenkiintoisena vaihtoehtona masennuksen hoidossa, itse taudin synnystä tiedetään vain, että siihen vaikuttavat sekä geneettiset että ympäristötekijät. Edes sairastumisen riskiä kasvattavien geenien sijaintia ei tällä hetkellä tunneta. (Lau, Eley 2010)

Insinöörityeillä voi kuitenkin olla runsaasti annettavaa myös itse elimistön ilmiöiden tutkimuksessa. Esimerkiksi tietokonestimulaation maailmasta nousutta kaaosteoriaa on hyödynnetty selittämään sairauksia, joiden oireet vaihtelevat runsaasti ja joita on vaikea diagnosoida sulkemalla pois vääriä vaihtoehtoja. Perinteisesti sairauden ajatellaan syntyvän poikkeamasta kehon normaalissa tasapainoisessa toiminnassa,



mutta kaaosteoreettinen lähestymistapa kääntää ajatuksen ylösalaisin. Idea on, ettei elimistö joka on täydellisessä tasapainossa kykene ylläpitämään elämän vaatimia dynaamisia reaktioita ja että kaotinen dynamiikka myös tekee elimistöstä kestäväen ulkoisia stressitekijöitä vastaan. Tämä näkyy mm. siinä, että terveen ihmisen sydämen lyöntitiheys vaihtelee yön aikana runsaasti. Sen sijaan jotkut sairaudet aiheuttavat sykkeen vaihteluvälin kaventumisen. Lähtökohta on paljastanut uuden tavan diagnosoida esimerkiksi kipuja aiheuttava fibromyalgia, jonka muut oireet vaihtelevat suoliston ongelmista ihottumaan, ja samalla sen hoitoa on alettu kehittää kokonaisvaltaisempaan suuntaan. (Martinez-Lavin, Infante et al. 2008) Vastaavalla tavalla materiaalitutkijat voisivat olla ratkaisevassa asemassa vaikkapa vierasesinereaktioiden selvittämisessä.

### **Perustutkimustarpeita**

Perustutkimuksen vahvistamista tukeva Max Planck Society kokosi vuosituhaten alussa asiantuntijaryhmän pohtimaan materiaalitieteen ja -tutkimuksen strategiaa. Tavoitteena oli arvioida, mikä on teknologioiden nykytilanne ja tunnistaa tutkimuksen merkittävimpiä haasteita ja tarpeita ja selvittää, mitä uusia mahdollisuuksia tieteenalalla on. Osa selvityksen havainnoista on yhä ajankohtaisia. Ensinnäkin työryhmä arvioi, että biomateriaalit ovat merkittävimmissä roolissa ortopedian, hammaslääketieteen, urologian, haavojen ym. vaurioiden korjauksen, optalmologian, kardiologian ja verisuonisairauksien hoitojen uudistamisessa. Asiantuntijat näkivät, että tulevaisuudessa näillä aloilla tullaan pitkälti luopumaan ensimmäisen sukupolven materiaaleista, jotka ovat lähinnä passiivisia ja korvaavat paikalla olleen kudoksen. Sen sijaan siirrytään toisen sukupolven bioaktiivisiin ja siten kudosten korjautumista stimuloiviin materiaaleihin, minkä parissa tutkimustyö onkin jo pitkällä ja ensimmäiset bioaktiiviset ortopedian ja hammaslääketieteen sovellukset ovat jo syntyneet. Jatkokehitystä ajatellen työryhmä pohti, että materiaalitutkijoiden tulisi laajentaa materiaalitutkimuksen profiilia ja tarkastella biologisen kudospäristön rajapintojen ylittävää kokonaisuutta jatkumona geneistä proteiinien kautta soluihin ja biomateriaaliin ja aina lääketieteelliseen laitteeseen saakka. Tämänäköiset tavoitteet voisivat johtaa kaivattuun ymmärrykseen elimistön reaktioista ja aivan uudenlaisten biomateriaalien kehittämiseen. (Bonfield, Rühle et al. 2001)

Max Planck Societyn työryhmä ehdotti bio- ja materiaalitieteitä yhdistäviksi tulevaisuuden päähankkeiksi ”Materiaalitiede ja -tekniikka pienessä mittakaavassa”, ”Luun ja ruston materiaalien tekninen kehittäminen”, ”Materiaalien prosessointi biomolekyyli-alustoille” ja ”Solukoneistot ja biotekniikka”. Kaikissa näistä on elementtejä ajatuksesta, että tämän vuosisadan merkittävimpiä teknologia-ajureita tulee olemaan kyky hallita, käsitellä ja suunnitella materiaaleja nanometrien mittakaavassa. Siksi perustutkimuksessa olisi kiinnitettävä erityisen paljon huomiota materiaalien käyttäytymiseen atomi- ja nanotasolta mikrorakenteiden kautta makrotasolle hyödyntäen edistyneitä analyysimenetelmiä ja mallintamista. (Bonfield, Rühle et al. 2001) Nanoteknologia tulee edistämään erityisesti biomimeettisten materiaalien uudenlaista kehittämistä, sillä se mahdollistaa ”bottom-up” -valmistustavan, jota monimutkaisten rakenteiden tuottaminen usein vaatii. Biomimeettiset materiaalit ja itsejärjestäytymiseen perustuvat valmistustavat puolestaan avaavat jälleen uudenlaisia

mahdollisuuksia. Kun toisen sukupolven biomateriaalien pinnoitus perustui molekyylien satunnaiseen järjestäytymiseen, nykyisin yleistynyt suuntaus on pyrkiä valmistamaan synteettisiä pintoja, jotka estävät epäspesifiä proteiiniadsorptiota, ja yhdistää biologisesti aktiivisia molekyyliä niihin hallitusti. Itsejärjestäytyvien molekyylien monimuotoisuutta on myös lisätty geenimanipulaatiolla, mm. jotta on voitu yhdistää luonnon biomolekyyliä uudelleenlaisiksi toiminnallisiksi kokonaisuuksiksi. Lisäksi tulevaisuuden biomateriaalien räätälöinnissä huomioidaan yhä paremmin se, että kemiallisten ominaisuuksien lisäksi biologiseen reaktioon vaikuttavat materiaalista välittyvät sähköiset, mekaaniset ja topografiset ominaisuudet. (Huebsch, Mooney 2009) Sekä nanomateriaalien että biomimeettisten materiaalien kehitys edistää siten uudenlaisten älymateriaalien suunnittelua. Ylipäätään tulevaisuuden materiaaleja yhdistää materiaalien perinteisen luokittelun sijaan (esimerkiksi polymeerit, keraamit, metallit ja komposiitit) ”suunnitellut materiaalit” -mentaliteetti. (Bonfield, Rühle et al. 2001) Tulevaisuuden mielenkiintoisia tavoitteita olisivatkin älykkäät rakenteet, jotka ovat itsensä monistavia, korjaavia ja tarvittaessa myös tuhoavia. Tällaisten ominaisuuksien kautta biologisesta inspiraatiosta alkunsa saaneet materiaalit voisivat puolestaan laajeta muuhunkin kuin lääketieteelliseen käyttöön. Niiden avulla voisi helpottaa jätteenkäsittelyä ja uudelleenlaisilla valmistusmenetelmillä raaka-ainetuotantoa voitaisiin kehittää tehokkaampaan ja ympäristön kannalta edullisempaan suuntaan. (Huebsch, Mooney 2009)

### **3 Terveysteknologian globaalit markkinat**

Edellisessä luvussa käsiteltiin terveysteknologian ja teknologian kehitystä ajavia voimia yleensä ja alan visionäärisiä mahdollisuuksia. Tässä luvussa tarkastellaan kiinteämmin terveysteknologian markkinoiden kehitystä. Ensin esitellään lyhyesti Suomen ja globaaleja terveydenhuollon ja terveysteknologian markkinoita. Tavoitteena on muodostaa käsitys alan kilpailutilanteesta, sillä se vaikuttaa uusien tulokkaiden markkinoille pääsyyn. Vaikka tämän tutkimuksen tulokset perustuvat asiantuntijoiden mielipiteisiin tulevista suuntauksista, ensimmäisen osion tarkoitus on luoda näkökulmaa myös olemassa oleviin markkinoihin. Toisessa osiossa tarkastellaan terveysteknologiamarkkinoihin vaikuttavia muutoksia, kolmannessa esitellään nousevia sovellusalueita.

#### **3.1 Terveysteknologiamarkkinoiden tunnuslukuja**

Terveydenhuollon menot nousevat kaikkialla kehittyneissä maissa, kun ikääntyneen väestön suhteellinen osuus kasvaa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita automaattisesti ylitsepääsemättömiä vaikeuksia. Paikoitellen suomalaisissa kunnissa vallitsee jo nyt 72 prosentin väestöllinen huoltosuhde (72 huollettavaa/100 työkäistä), mutta kyseiset kunnat ovat hyvinvoivia ja työttömyys on niissä alhaista. Tämä on saavutettu hyvällä suunnittelulla ja tilanteeseen varautumisella. (Rapo 2009) Siten Suomella on mahdollisuus ratkoa terveydenhuollon kuormituksen ongelmia eturintamassa, ja parhaat tulokset niin teknologioiden hyödyntämisessä kuin sairaalaorganisaation toiminnassakin voidaan välittää myös globaaleille markkinoille. Seuraavissa kappaleissa käsitelläänkin sekä Suomen, että globaalien markkinoiden kasvukäyriä

terveysteknologia-alalla. Tilastot perustuvat OECD:n ja Eurostatin keräämään dataan OECD- ja EU-jäsenmaista. Vaikka terveydenhuollon käsitteissä ja rekistereissä on edelleen eroa, sekä OECD:n että EU:n sisällä on tehty runsaasti yhteistyötä, jotta on voitu määrittellä tiettyjä terveyttä ja terveydenhuollon laatua mittaavia indikaattoreita. (Eurostat 2010) Näihin indikaattoreihin perustuvat luvut ovat verrattavissa keskenään ja myöhemmin esiteltävä kuva 2 pohjautuu EU-alueella yhteisesti kerättyyn tietoon.

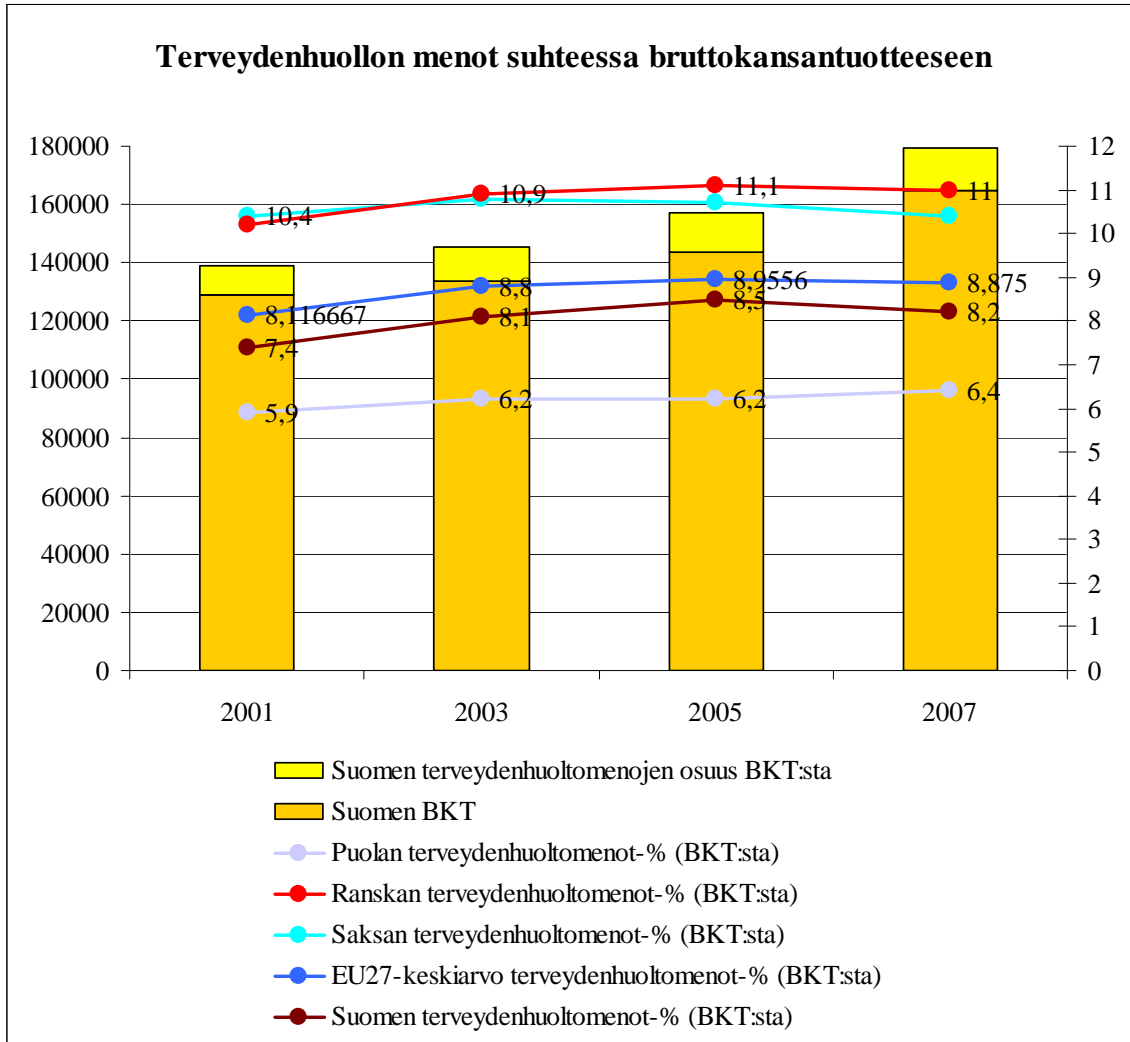
### **3.1.1 Suomen terveydenhuollon markkinat**

Teknologiaan ja tutkimukseen panostamisellaan Suomi on kärkimaiden joukossa, mutta miten se sijoittuu terveydenhuoltoon panostamisessa? Vuonna 2001 terveydenhuollon kokonaiskustannukset olivat 10,3 miljardia euroa, mikä vastaa noin 7,4 prosenttia silloisesta 135,1 miljardin euron bruttokansantuotteesta. Vastaavat luvut vuosina 2003, 2005 ja 2007 ovat 11,8 miljardia euroa (8,1 % 145,4 miljardista eurosta), 13,4 miljardia euroa (8,5 % 157,3 miljardista eurosta) ja 14,7 miljardia euroa (8,1 % 179,5 miljardista eurosta). (Eurostat 2010) Terveysmenoista lääketieteellisten laitteiden osuus oli vuonna 2001 336 miljoonaa euroa eli reilu 3 % kokonaiskustannuksista. Vuoteen 2006 mennessä laitteiden hankintaan käytetyt kulut olivat kuitenkin jo nousseet 610 miljoonaan. Kun tähän vielä lisätään lääketieteellisiin laitteisiin kuulumattomien ICT-tuotteiden aiheuttamat menot, lähentelee summa 830 miljoonaa euroa. Suomessa toimivien, lääketieteen laitteita valmistavien yritysten yhteenlaskettu tuotanto oli vuonna 2006 noin miljardin, ja vienti jopa ylitti ilmoitetun tuotannon, sillä vientiin päätyi tuotteita noin 1070 miljoonan edestä. (Ahjopalo 2007, Alasaarela 2003) Suomen terveydenhuoltokulut ovat siis kasvaneet ja myös terveysteknologian osuus menoista. Kehittyneiden maiden joukossa Suomen terveydenhuollon menot ovat toistaiseksi alle keskitason, mutta terveydenhuollon tarpeen lisääntyessä ne tullevat nousemaan muita EU-maita jyrkemmin. (Alasaarela 2003) Toki on huomattava, ettei terveydenhuoltokulujen nousu ole välttämättä indikaatio sen laadun parantumisesta. On arvioitu, että yksi syy alhaisiin kuluihin on itse asiassa suhteellisesti alhaisemmat palkka- ja elinkustannukset kuin muualla. Siten lääkäreiden, hammaslääkäreiden ja hoitohenkilökunnan määrä on Suomessa kilpailukykyisellä tasolla, vaikka bruttokansantuoteosuuksia vertailemalla voisi päätellä päinvastaista. Tavoitteena onkin saavuttaa laadukas hoitopalveluverkosto mahdollisimman alhaisin kustannuksin. Suomen eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan mukaan paineet, joita mm. ikääntyvä väestö ja teknologiauudistukset asettavat terveydenhuollolle, voisivat johtaa menojen osuuden nopeampaan kasvuun kuin mitä tähän mennessä toteutunut trendi ennakoii. Valiokunta toteaa kuitenkin, että Suomelle realistinen tavoite on terveydenhuoltomenojen nousu korkeintaan alle 17 miljardiin euroon eli noin 10 prosenttiin bruttokansantuotteesta, vaikkakin tavoitteeseen pääseminen vaatii päättäväisiä toimenpiteitä. (Kuusi, Ryynänen et al. 2006)

### **3.1.2 Globaalit terveydenhuollon markkinat**

Euroopassa terveydenhuollon keskimääräiset kustannukset ovat tähän asti nousseet samaan tahtiin kuin Suomessa. Vuonna 2007 EU 27 -alueen keskimääräinen terveystalvumenojen osuus bruttokansantuotteesta oli 8,875 %. Viime vuosikymmenellä panostuksen kärjessä olivat Ranska ja Saksa likimain 11 prosentilla, ja Puola asetti panostuksen alarajan noin kuuteen prosenttiin BKT:sta. EU:n

ulkopuolisista Euroopan maista myös Sveitsin terveydenhuoltomenot ovat olleet korkeat. Vuonna 2007 ne ylsivät 10,8 prosenttiin BKT:sta. Ehdoton johtaja terveismenoissa on kuitenkin Yhdysvallat, joka saman vuonna ohjasi 16 % bruttokansantuotteestaan terveydenhuoltoon. (Eurostat 2010, Pearson 2009) Yhdysvaltojen tilanne on ensi silmäyksellä hämmentävä, sillä siellä suurimman osan alan kustannuksista (Eurostat 2010) maksaa joku muu kuin valtio. Vain Meksikossa valtion rooli kulujen kattamisessa on yhtä pieni. Tästä huolimatta julkisenkin terveydenhuollon menot asukasta kohden ovat suuremmat kuin lähes missään muualla maailmassa. Julkinen terveydenhuolto tavoittaa kuitenkin vain vanhukset ja vammautuneet ja osan köyhimmistä kansalaisista. Ilmeisesti suurten kustannusten syynä ovat Yhdysvaltojen kansalaisten keskimääräistä suuremmat elinkustannukset, mutta ennen kaikkea syyksi epäillään kalliimpaa hinnoittelua niin palveluille kuin terveysteknologiatuotteillekin. (Pearson 2009) Jos terveysteknologian hinnoittelu on korkealla, ovat Yhdysvaltojen markkinatkin maailman suurimmat. Arvioijasta riippuen USA:n markkinoiden osuus asettuu 38 – 43 % välille maailmanmarkkinoista, joiden arvoksi vuonna 2008 on arvioitu 336 miljardia dollaria, mikä tuolloisen vaihtokurssin mukaan laskettuna olisi ollut noin 224 miljardia euroa. Vienti ja tuonti ovat likimain tasapainossa, joten USA:n osuus maailman lääketieteellisten laitteiden tuotannosta vastaa niiden sikäläistä kysyntää. Euroopan osuus puolestaan on 30 – 34 % ja Japanin 14 – 15 %. Eniten terveydenhuoltoonsa kokonaisuudessaan panostavien Saksan ja Ranskan osuus Euroopan markkinoista on yhteensä noin puolet. Kaikkiaan terveysteknologian Euroopan markkinaosuus on ollut pitkällä aikavälillä laskussa lähinnä, koska muualla maailmassa tuotteiden kysyntä kasvaa nopeammin ja koska Euroopassa terveydenhuollon kuluja pyritään hillitsemään. Kiinan markkinaosuus on vain noin 2 % maailmanmarkkinoista, mutta se ottaa vastuulleen osan Euroopan markkinoiden pienenemisestä, sillä alan tuotteiden kysyntä kasvaa Kiinassa nopeimmin maailmassa. Euroopan tuotannosta Suomen lääketieteellisten laitteiden valmistuksen osuus on kahden prosentin luokkaa ja koko maailmassa puoli prosenttia. Lääketieteellisten laitteiden markkinaosuus on vajaa puolet lääkkeiden markkinoista, mutta sen kysyntä ja tuotanto kasvaa lääkkeitä nopeammin. Suurimmilla lääkeyrityksillä onkin jo nykyään omat lääketieteellisiin laitteisiin erikoistuneet vahvat yksikkönsä. (Ahjopalo 2007, Rosen 2009) Alla olevaan kaavioon 2 on kerätty havainnollisempaan muotoon terveydenhuollon kustannuksia Suomesta ja Euroopasta. (Eurostat 2010)



**Kuva 2. Euroopan terveydenhuollon kulut. Suomen menot esitetty myös euroina (vasen asteikko, 1000 euroa), vertailuarvot ainoastaan prosentteina (oikea asteikko). (Eurostat 2010)**

### 3.2 Terveysteknologiamarkkinoiden muutokset

Markkinoiden tunnusluvut kertovat kehityksen tähänastisesta trendistä ja nyt johtavista markkina-alueista. Kilpailukyvyyn ylläpitäminen vaatii kuitenkin tulevaisuuden markkinoiden tuntemista. Markkinajohtajuus tulevaisuudessa ja uusien markkinoiden valloittaminen puolestaan edellyttää ennakoivaa ja kuuntelevaa otetta ympäristön tapahtumien seurantaan. Seuraavissa kappaleissa käsitelläänkin Suomalaisten ja globaalien terveysteknologiamarkkinoiden muutosvoimia.

#### 3.2.1 Suomen terveysteknologia-alan muutosvoimat ja vaikuttimet

Tuleviin terveydenhuollon haasteisiin vastaaminen ja samanaikaisesti kustannusten rajoittaminen alle 17 miljardiin euroon edellyttää, että suomalaiset ottavat entistä enemmän vastuuta terveytensä vaalisesta. Tätä suuntausta on tuettava hyödyntämällä myös teknologisia ratkaisuja entistä tehokkaammin. Erityisesti sähköisen asioinnin lisäämisestä ja potilaille suunnatuista tietopankeista odotetaan ratkaisuja tähän. Eräs

terveydenhuollon rahoitustilanteesta alkunsa saanut keskustelu on pohtinut myös potilaiden vastuun lisäämistä niin kutsuttujen itse aiheutettujen sairauksien kustannuksista. (Vehmanen 2008) Tämä ajatus tuskin koskaan muodostuu osaksi tulevaisuutta, sillä sen eettiset ongelmat olisivat valtavat. Ajatus mm. olettaa, että sairastumista voisi hallita tekemällä ”oikeita” valintoja ja toisaalta, että nämä oikeat valinnat olisivat yleisesti tunnettuja totuuksia. Sosiaali- ja terveysministeriön alaisuudessa toimiva Valtakunnan terveydenhuollon eettinen neuvottelukunta on ylipäätään hylännyt termin itse aiheutetut sairaudet harhaanjohtavana. Sairastumisen mahdolliset syntyperät eivät saa tulevaisuudessakaan vaikuttaa saatavaan hoitoon. Sen sijaan kansalaisten omaa kiinnostusta ja tietoa terveyden ylläpidosta tullaan tukemaan, mutta siten, ettei se syrji mitään kansalaisryhmiä. (Valtakunnallinen terveydenhuollon eettinen neuvottelukunta (ETENE) 2004, Salo 2005)

Toisaalta kansan aktiivisuudesta huolimatta on varauduttava myös terveydenhuollon voimakkaampaan priorisointiin. Terveydenhuollon tulevaisuutta ennakoivan selvityksen mukaan resursseja tullaan lisäämään voimakkaasti vuoteesta ylös kuntouttaviin ja toimintakykyä kohtuullisin kustannuksin parantaviin hoitoihin. Tieteellisen näytön hankkiminen hoidon toimivuudesta edistää resurssien lisäämistä jossain määrin. Lisäksi resursseja ollaan valmiita kasvattamaan epävarmojen uusien hoitojen tapauksessa, mutta vain jos ne vaikuttavat vakaviin tauteihin kuten syöpään ja hermostosairauksiin. Jatkossakin on panostettava vuodehoitoon sairaaloissa, terveyskeskuksissa ja vanhainkodeissa sekä ”itse aiheutettuihin sairauksiin”, jotka kuuluvat suuriin kansantauteihimme. Sen sijaan olennaisesti halvempien mutta tehottomien lääkkeiden ja yli 85-vuotiaiden vuodepotilaiden muun kuin kipulääkityksen rahoitusta tullaan tulevaisuudessa vähentämään. Nämä prioriteetit vaikuttavat myös terveysteknologian tutkimuksen ja kehityksen panostusmahdollisuuksiin, sillä tyypillisesti suomalaisten tuotteiden aloitusmarkkinat ovat edelleen kotimaiset. (Kuusi, Ryyänen et al. 2006) Kokonaisuudessaan priorisointi tulee kuitenkin pohjautumaan kysymykseen ”mitä hoidetaan”, sen sijaan, että pohdittaisiin ”ketä hoidetaan”.

Suomen lääketieteellisten laitteiden tuotanto oli vuonna 2006 noin 400 000 euroa suurempaa kuin laitteiden kotimainen kulutus. Suuri osa tuotannosta päätyi siis vientiin. Nykymuodossaan kotimaiset lääketieteellisten laitteiden markkinat ovat FiHTA:n raportin mukaan kehittyneet ja tekniikka on korkeatasoista, mutta markkinat ovat saturoituneet ja niiden kasvu on hidasta. (Ahjopalo 2007) Samalla kotimainen tuotanto on melko kapea-alaista, ja kysynnän lisääntyessä laitevalikoima on täydentynyt ulkomailta tuoduilla tuotteilla. Suomalaisten tuotteiden menestymistä kuitenkin edesauttaa, että kotimainen tuotanto perustuu kotimaiseen kehitystoimintaan ja tuotteet ovat innovatiivisia. Pitkällä aikavälillä yksityisten terveydenhuoltopalvelujen lisääntyminen on myös kasvattanut uusimman teknologian mahdollisuuksia ja markkinoita. Kuitenkin markkinoiden rajallisuus vaatii yrityksiä suuntaamaan kasvutavoitteensa ulkomaille. Suomen perinteinen ja vahva vientikategoria ovat sähköiset diagnostiset ja valvontalaitteet ja nopeimmin on noussut kirurgisten instrumenttien ja hammashoitolaitteiden vienti. Raportti arvioi, että suomalaisille yrityksille mielenkiintoisia tulevia vienti-innovaatioita on erityisesti neljällä alalla, mutta kullakin on omat haasteensa: 1) Uudet diagnostiset hoitomenetelmät ja tuotteet

ovat vaativia kehittää, mutta ne soveltuvat monenlaisiin terveydenhuoltoympäristöihin ja organisaatioihin. 2) Itsenäisen selviytymisen tuotteet ovat tärkeysjärjestyksessä korkealla muuallakin kuin Suomessa, mutta haasteena voi olla niiden sulauttaminen osaksi palvelujärjestelmää, jolla paikallinen kunta tai yhteisö huolehtii väestöstä. 3) Tietojärjestelmätuotteilla, kuten eHealth-potilasvalvontajärjestelmillä, on mahdollisuus vastata terveydenhuollon resurssipulaan, mutta ne toimivat harvoin suoraan toisessa paikassa ja maassa kuin missä ne on kehitetty. 4) Hoitoprosessien optimointi ja hoidon johtamisinnovaatiot saavat näkyvyyttä, kun huomataan, että jossain terveydenhuollon kuormittumiseen kyetään vastaamaan sujuvammin kuin muualla. Tämän tyyppisten innovaatioiden siirtäminen muualle vaatii kuitenkin vahvaa paikallisten toimintatapojen tuntemusta. Järjestelmä- ja prosessituotteiden ja -palveluiden myyminen vientiin onnistuu usein vain suurimmilta kansainvälisiltä yrityksiltä, joilla on mahdollisuus toimittaa moniosainen kokonaisuus kerralla. Koska Suomen terveysteknologiayritykset ovat pääosin pieniä tai keskisuuria, on vienti tähän saakka keskittynyt lähinnä kapealle sektorille lääketieteellisten laitteiden alalla. (Ahjopalo 2007)

Voidaan ajatella, että myös jokaisen terveysteknologian edistysaskeleen lopullinen päämäärä on potilaiden hoidon ja terveystalouden työntekijöiden toimintaedellytysten parantaminen. Uusien teknologisten kehitysharppausten käyttöön ottaminen vaatii kuitenkin lähes aina muutosta koko sairaanhoidon prosesseihin. (Wild, Torgersen 2000) Suomessa suuret tiettyä tehtävää palvelevat terveydenhoidon laitokset on rakennettu kukin oman aikakautensa ymmärryksen mukaan parhaiten työskentelyn prosesseja palveleviksi ja vanhimmat yhä toimivat laitokset ovat peräisin 60-luvulta ja edustavat siten sen ajan hoitokäytäntöjä. Laskelmien mukaan uuden sairaalan rakentaminen maksaa noin 1,5 kertaa saman laitoksen vuotuiset käyttömenot. (Ahjopalo 2007) Siksi monesti päädytäänkin rakentamaan uusi infrastruktuuri tukemaan uudenlaisia työskentelytapoja, sillä niiden tuottamat säästöt ja tuottavuuden parantuminen kompensoivat kustannuksia merkittävästi. Kun muutosprojektissa on lähdettävä liikkeelle näin perusasioista, joudutaan liikkeellelähtöä kuitenkin harkitsemaan tarkkaan. Nykyään sairaaloista ja terveydenhuollon laitoksista pyritäänkin rakentamaan mahdollisimman muuntautumiskykyisiä, jotta käytäntöjen uusiutuminen ei tulevaisuudessa vaatisi perustusten rakentamista uudelleen. (Ahjopalo 2007) Tulevaisuuden rakennukset todennäköisesti tukevat myös uudenlaisten teknologioiden nopeampaa käyttöönottoa ja siten alan markkinoiden suurempaa joustavuutta.

### **3.2.2 Terveysteknologia-alan globaalien markkinoiden muutosvoimat**

Koska USA:n terveysteknologiamaarkkinat ovat maailman suurimmat, on perusteltua aloittaa globaali tarkastelu sieltä. Yhdysvaltojen terveydenhuollon markkinat ovat esimerkki terveysteknologiaturkimuksesta ja uusien teknologioiden käyttöönottoa tukevasta järjestelmästä. Siellä terveydenhuollon kustannukset nousevat nopeasti, mutta lääketieteellisten laitteiden valmistajille maan olosuhteet ovat houkuttelevat. Paikallinen rahoitusjärjestelmä takaa sen, ettei potilas ole kovin kiinnostunut hoitonsa kustannuksista. Ne, jotka ovat vakuutuksen piirissä, tietävät, että kulut tulevat katetuksi. Lääkärit puolestaan saavat usein palkkionsa tehokkuuden perusteella, minkä vuoksi he mielellään tarjoavat ylimääräisiä tutkimuksia. Oman lisänsä yhteisön

dynamiikkaan tuo oikeustaistelujen pelko, minkä vuoksi diagnoosi varmistetaan mieluiten yhdellä ylimääräisellä kokeella todennäköisemmän diagnoosin valinnan sijaan. Samoin hoitoja jatketaan herkästi pitempään ja niitä kokeillaan useampia, vaikka niiden ei odoteta tuottavan suurta muutosta potilaan terveydentilaan. (Pearson 2009) Toisaalta vakuutusjärjestelmä myös vähentää tiettyjen tutkimussuuntausten houkuttelevuutta. Mikäli jokin hoitomenetelmä ei ole valmiiksi muotoiltu vakuutuksen piiriin, sitä ei välttämättä aleta kehittää eteenpäin. Joskus on tosin varmaa, että kun uusi hoitomuoto on osoitettu tehokkaaksi, vakuutus laajennetaan koskemaan sitäkin. Silloin tutkimukseen kannattaa panostaa, vaikka hoito olisi lähtökohtaisesti hintavampi kuin olemassa olevat menetelmät. Vuonna 2009 aloitettuun terveystechnologian tutkimukseen asti vakuutusjärjestelmä onkin ajanut terveystechnologian tutkijoille signaalia kehittämään entistä parempia ja tehokkaampia hoitomenetelmiä kustannuksista piittaamatta. (Gelijns, Dawkins 1994, Steward, Hu et al. 2010)

### **Yhdysvaltain terveydenhuoltoreformi**

Vuonna 2010 Yhdysvaltain presidentti Barack Obama asetti terveystechnologian reformin (*engl. health reform*) lain, jonka myötä maassa liiketoimintaa harjoittavien terveystechnologiayritysten toimintaympäristö muuttuu selvästi. (Backus 2010) Terveystechnologiatuotteiden kysynnän odotetaan kasvavan, sillä uusi sairaanhoito palvelu kattaa suuremman osan kansasta. Samanaikaisesti tuotteiden vaatimukset kasvavat, mikä kiristää kilpailua alalla. Yleisesti terveydenhuollon kustannuksia rajoitetaan rajusti, jolloin myös terveystechnologiatuotteilta vaaditaan vahvaa näyttöä hinta-hyötysuhteen paremmuudesta muihin tuotteisiin nähden. Terveydenhuoltojärjestelmän läpinäkyvyyttä lisätään, ja yritysten on raportoitava kaikki lahjansa lääkäreille ja sairaalalaitoksille. Myös kliinisen testauksen tulosten vertailuun perustetaan oma toimielimensä, joka laatii puolueettomat selvitykset eri hoitomenetelmien vertailutuloksista. Näillä toimilla on toki kilpailua tasa-arvoistava vaikutus, ja useat terveystechnologiayritykset ovatkin ottaneet ne avosylin vastaan. Kuitenkin toiminnan säännöt muuttuvat uudistuksen myötä, mikä vaatii aina prosessien uudelleenorganisointia ja totuttelua. (Steward, Hu et al. 2010)

Institute of Medicine -organisaatio julkaisi kesäkuussa 2009 neljään kvartaaliin jaetun listan hoitomenetelmistä ja protokollista, joiden laatu ja toimivuus arvioitaisiin tarkkaan. Tavoitteena on laatia kattavat suositukset, joiden mukaan on mahdollista valita hoidon tehokkuuden ja kustannusten alhaisuuden kannalta parhaat menetelmät. Ensimmäisten tarkastettavien joukossa olivat esimerkiksi eteisvärinän hoitomenetelmät ja kuulolaitteet sekä -implantit. (Committee on Comparative Effectiveness Research Prioritization 2009) Ehkäpä keskeisin muutos on kuitenkin valmistevero, joka vuodesta 2013 alkaen koskee kaikkia muita terveystechnologia-alan tuotteita, paitsi suoraan asiakkaille myytäviä käsikauppatuotteita. Veron vaikutukset osuvat kovimmin yrityksiin, joiden päätoiminta-alue on Yhdysvallat, ja joiden voittomarginaali on alhainen, sillä veroa ei ole kohdistettu voittomarginaalin suuruuden mukaan. Suurin osa terveystechnologiayritysten edustajista on sitä mieltä, että vähintään osa verosta tullaan siirtämään terveydenhuollon kustannuksiksi tuotteiden korkeampina hintoina. Tämä puolestaan saa sairaalat kilpailuttamaan terveystechnologiatuotteet entistäkin tarkemmin ja karsimaan valikoimasta kalleimmat ja heikkotehoisimmat hoitomenetelmät.



(Steward, Hu et al. 2010) Muutosten myötä Yhdysvaltojen markkinoiden houkuttelevuus voi jossain määrin laskea, mutta samalla tilanne tarjoaa uusia mahdollisuuksia innovatiivisille teknologioille, jotka ratkaisevat jonkin olemassa olevan ongelman entistä alhaisempaan hintaan. Tähän asti suuret markkinajohtajat ovat voineet pitää tällaiset sovellukset poissa kilpailusta omien tuotteidensa tieltä.

### **Eri alueiden terveysteknologiamarkkinoiden eroja**

USA:ssa väestö on muihin kehittyneisiin valtioihin nähden keskimääräistä nuorempaa. Yli 65-vuotiaiden väestöosuuden odotetaan tosin kasvavan vuoden 2000 12,7 prosentista 20,3 prosenttiin vuoteen 2050 mennessä. Väestön säilyy kuitenkin keskimääräistä nuorempana johtuen toisaalta korkeasta syntyvyydestä, 2,1 lasta naista kohti, mikä riittää väestön korvaamiseen, ja toisaalta Latinalaisesta Amerikasta ja Aasiasta Yhdysvaltoihin suuntautuvasta maahanmuutosta. (Wiener, Tilly 2002) Suomessa yli 65-vuotiaiden väestöosuus oli jo vuonna 2009 17 %. (Rapo, Tarkoma 2009) Euroopassa kokonaisuudessaan vaihtelu eri maiden välillä on kuitenkin suurta. Vuonna 2008 Turkissa yli 65-vuotiaiden osuus on vain 6 %, kun Italiassa ja Saksassa se on lähes 20 % Euroopan keskiarvon ollessa n. 15 % (vuonna 2000). Vuoteen 2030 mennessä määrän uskotaan kärkeä ylittävän jo 27 prosenttiin. Samalla Suomen syntyvyystaso on 1,8 ja Euroopan keskiarvoinen syntyvyys 1,3 lasta naista kohden. (Lutz 2008, Grant, Hoorens et al. 2005) Vaikka väestön ikääntymisessä voidaan siten nähdä globaalin ongelman piirteitä, Yhdysvaltojen ja Euroopan terveysteknologiamarkkinoilla erot näkyvät erilaisina tuotetarpeina. Yhdysvalloissa on tulevaisuudessakin panostettava tasapuolisesti niin työssäkäyvien ikäpolville tyypillisiin kuin vanhuksille suunnattuihin terveydenhuollonpalveluihin. Euroopan alueella, kuten Suomessakin, panostuksen pääpaino on väistämättä enemmän kasvavan vanhentuneen väestön hoitotarpeiden huomioimisessa.

Euroopan markkinoissa on Yhdysvaltoja nopeammin ikääntyvän väestörakenteen lisäksi huomionarvoista, että erot eri alueiden taloudellisen kehityksen välillä ovat suuria. Esimerkiksi Saksan ja Ranskan terveydenhuolto on pitkälle kehittyntä, mutta Puolan sekä muiden Itä-Euroopan maiden terveydenhuoltojärjestelmät ovat yhä monelta osin puutteellisia. (Zapiain 2007) Mitä edistyneempi terveydenhuoltojärjestelmä puolestaan on, sen edistyneempää teknologiaa toiminnassa käytetään. Edistyneen teknologian markkinointi on edelleen kannattavampaa yrityksille kuin yksinkertaisien hyödykkeiden, sillä huipputeknologia hinnoitellaan korkeammalle. Terveydenhuollonkaan kannalta hankintahinnaltaan kallis tuote ei välttämättä ole taloudellisesti epäedullisempi valinta, mikäli investoinnilla saadaan lyhennettyä sairaalassaoloaikaa, nopeutettua töihin palaamista tai havaittua sairaus oireiden alkuvaiheessa, jolloin hoitotoimenpide on yksinkertaisempi. Siten sekä terveydenhoitolaitos että terveysteknologiayritys hyötyvät huipputeknologian kehittamisestä. Itse asiassa vaikka terveysteknologisia innovaatioita usein syytetään terveydenhuollon menojen kasvusta, useimmiten teknologia on suunniteltu nimenomaan säästämään kustannuksissa. Ongelma onkin enemmän ylikäytössä, jota laitteisiin liittyy erityisesti USA:ssa ja Kanadassa, missä mainonta suoraan kuluttajille on melko yleistä. Siten potilaat ovat valistuneita edistysaskeleista ja vaativat uusien menetelmien hyödyntämistä, vaikka niiden edut jäisivätkin pieniksi. (Bodenheimer

2005) Toisaalta vaikka innovatiivisen teknologian kysynnän kannalta Länsi-Eurooppa vaikuttaa otolliselta markkina-alueelta, Yhdysvaltojen kokonaisvienti EU 27 -alueelle kasvaa noin 7,2 % vuodessa. Samaan aikaan Itä-Euroopan maihin viennin kasvu on 28,7 % ja niiden tarve hienostuneemmalle sairaalatekniikalle kasvaa kiihtyvää tahtia. (Zapiain 2007) EU:n alueella myös lääketieteellisten laitteiden regulaatioon osallistuvat kaikkien jäsenmaiden terveystuotteiden säätelyviranomaiset, jolloin myös hyväksyttämisen reittejä on useita. Laitevalmistaja voi saada EU-alueen yhtenäisen hyväksynnän saatuaan sen ensin paikallisesta organisaatiosta tai se voi hakea suoraan koko EU:n kattavan hyväksynnän. Sen sijaan Yhdysvalloissa FDA (*engl. Food and Drug Administration*) säätelee kaikkien Yhdysvaltain markkinoille pyrkivien tuotteiden hyväksymistä. (Singh 2009)

Eurooppalaiset terveysteknologiayritykset ovat pienikokoisia verrattuna USA:ssa tyypillisiin kansainvälisiin suuryhtiöihin. Euroopassa toimivista terveysteknologiayrityksistä lähes 90 % on pieniä, alle kymmenen henkeä työllistäviä yrityksiä. Vastaavan kokoisia yrityksiä on USA:ssa alle puolet ja Japanissa hieman yli 30 % toimijoista. Koska 10 – 50 hengen firmoja Euroopassa on noin 10 %, jää tuota suurempien yritysten osuus vain marginaaliseksi. Itse asiassa Yhdysvalloissa terveysteknologiayrityksen koko on keskimäärin puolet suurempi kuin sikäläisen tuotantoyrityssektorin keskiarvo kokonaisuudessaan. Euroopassa puolestaan terveysteknologiayritykset ovat usein myös muuhun tuotantosektoriin verrattuna pieniä. Tämän uskotaan johtaneen siihen, että Yhdysvallat hallitsevat pääosaa terveysteknologian tuotannosta. Suurissa yhtiöissä tutkimukseen ja tuotekehitykseen panostamiselle on paremmat mahdollisuudet, minkä vuoksi ideoiden eteenpäin vieminenkin on tehokkaampaa. USA:lla on hallitseva asema erityisesti hammaslääketieteen teknologian ja huipputeknologiaa sisältävien implanttien markkinoinnissa. Samoin muiden implanttien ja elektronisten laitteiden vienti on USA:ssa voimakkaampaa kuin Euroopassa. Euroopassa yritykset ovat kuitenkin asemoituneet varsin vahvasti diagnostisten laitteiden markkinoille, ja tällä alalla alueella on johtoasema Yhdysvaltoihin nähden. EU:n sisäisestikin eri maat ovat jossain määrin erikoistuneet, vaikka diagnostiikka on yhteinen tekijä. Saksa, Alankomaat ja Italia pitävät hallussaan erityisesti ultraviolett- infrapuna- ja röntgensäteilylaitteiden sekä MRI-laitteiden markkinoita, Suomi, Espanja ja Tanska ovat puolestaan kapeammin rajautuneet MRI-laitteiden ja hammasröntgenlaitteiden vientiin. (Pammolli, Riccaboni et al. 2005)

Eri Euroopan mailla on odotettavissa panostuksia erityyppisille terveysteknologian alueille. Saksassa pohditaan vakavasti lääketieteellisten laitteiden uusintakäytön mahdollisuuksia. Kertakäyttöisiksi tarkoitettujen tuotteiden uudelleenkäytöllä voi olla harkitsemattomasti toteutettuna ikäviä seurauksia. Jotta uudelleenkäyttö olisi turvallista, olisi sterilointiprosessista varmistettava, että puhdistus- ja sterilointiprosessi saavuttaa laitteen kaikki osat, ettei steriloinnissa käytettyjen kemikaalien jäämiä voi tarttua laitteeseen eivätkä käytettyjen materiaalien ominaisuudet muutu sterilointiprosessissa. Käytön kannalta on puolestaan tärkeää, että laite kestää uusintakäytöstä johtuvat, toistuvat mekaaniset rasitukset, ettei laitteessa mahdollisesti olleista bakteereista ole jäänyt jälkeen endotoksiineja, joita puhdistusprosessi ei poista ja ettei ole vaaraa ristikontaminaatiosta tai sairaalabakteerien leviämisestä. (Ware,

Kelly 2008) Näiden ongelmien vuoksi esimerkiksi Ranskassa uudelleenkäyttö on jo kielletty. Alankomaissa puolestaan on odotettavissa kysynnän nousua minimaalisin invasiivisille kirurgiamenetelmille. Saksassa lääkärit vaativat yleisesti ottaen korkealuokkaista teknologiaa ja ovat asiantuntevia valikoimaan teknologiset panostukset. Iso-Britanniassa lääkäreiden erikoistuminen ei ole aina riittävän pitkällä vaatimaan huipputeknologiaa. Sen sijaan siellä merkittävä vaatimus onkin, että teknologia säästää kokonaiskustannuksia huomattavasti. Itä-Euroopan terveysteknologiatuotteiden tuontia kasvattavissa maissa huipputeknologian kysyntä kasvaa nopeammin kuin muualla Euroopassa. Esimerkiksi Puolassa tarvetta on erityisesti hammaslääketieteen ja ortopedian laitteille ja proteeseille, Tsekin tasavalta on ryhtynyt panostamaan huipputeknologiaan tavoitteenaan saavuttaa läntisen ja eteläisen naapurinsa terveydenhuollon taso ja Unkari ja Romania pyrkivät molemmat tukemaan yksityisen sektorin toimintaa ja siten kehittämään myös terveysteknologiavalikoimaansa modernimpaan suuntaan. (Zapiain 2007)

Euroopan alueella markkinoiden muutokset näkyvät pienemmässä mittakaavassa, mutta samantyyppiset ilmiöt ovat käytännössä maailmanlaajuisia. Yritysten näkökulmasta yhä tiukemmin terveydenhuollon menoja leikkaavat ja jo valmiiksi korkeatasoista teknologiaa hyödyntävät kehittyneet maat ovat korkeintaan keskinkertaisia kasvumahdollisuuksiltaan ja niissä kysyntä jopa laskee. Sen sijaan kehittyvien maiden markkinapotentiaali nähdään suurena. Kuitenkin taloudellisessa kasvussa olevia kehittyviä markkinoita lähestytään eri tavoin kuin entisten teollisuusmaiden tai Itä-Euroopan markkinoita. Yleisesti ottaen tuotteet ovat selvästi yksinkertaisempia ja edullisempia kuin mitä teknologia edistyneimmillään mahdollistaisi. (Dineen, Ishrak et al. 2009) Lisäksi esimerkiksi Kiinan tarjottavat terveydenhuollon ratkaisut sisältävät elementtejä ekologiasta, ja tavoitteena on laajempi vaikuttaminen asukkaiden hyvinvointiin mm. juomaveden, hengitysilman ja hoitopalvelujen saatavuuden parannusten avulla. Erityisesti yhtiöt, joille lääketieteelliset laitteet muodostavat vain osan ydintoiminnan alueista, panostavat tällaiseen kokonaisvaltaiseen markkinoiden valtaamiseen. (Arulampalam 2010)

### **Suuruuden ekonomiaa**

Terveysteknologia-alan suuret resurssi- ja panostusvaatimukset ennen voittoa tuottavan tuotteen markkinoille saamista johtavat siihen, että suuryhtiöt ovat etuasemassa pieniin nähden. Tämä johtuu siitä, että niiden mahdollisuudet keskittää voimavaroja tärkeäksi koettuun sovellusalueeseen ovat pieniä huomattavasti paremmat. (Pammolli, Riccaboni et al. 2005) Pienillä yrityksillä ei yleensä ole riittävästi lääketieteellisen näytön vaatimuksien täyttämiseen kuluva pääomaa. Siksi onkin yleistä, että alalla pienet ja keskikokoiset yritykset ovat yhdistyneet suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Näin on tapahtunut erityisesti Yhdysvalloissa, mikä on johtanut aiemmin kuvailtuun yritysten kokojakaumaan. Markkinoiden konsolidaation vuoksi kolmekymmentä suurinta terveysteknologiayhtiötä vastaavat yksin yli kolmesta neljäsosasta alan markkinoita. Samalla kun ilmiö vahvistaa yritysten mahdollisuuksia panostaa merkittäviin hankkeisiin ja säästää pakollisissa kustannuksissa, se myös lisää yksittäisen yrityksen monimuotoisuutta. (Steward, Hu et al. 2010) Tämä on merkittävä etu alalla, jolla jokainen uusi teknologia voi johtaa jonkin olemassa olevan katoamiseen tai jokainen

uusi tieto voi osoittaa jonkin menetelmän radikaalilla tavalla puutteelliseksi. Laaja tuoteportfolio toimii turvaverkkona epäonnen varalta. Vaikka suuryritysten tutkimusresurssit olisivat omaa luokkaansa, ne vaikuttaisivat olevan avoimempia yhteistyölle ja tehostavat siten tuotekehitystään entisestään. Ainakin yhdysvaltalaisia ja eurooppalaisia yrityksiä vertaillen italialaisen tutkimuksen mukaan USA:ssa toimivat yhtiöt olivat aktiivisempia lisensoinnissa ja yhteistyössä keskenään. (Pammolli, Riccaboni et al. 2005) Tekesin Uudistuva liiketoiminta ja johtaminen -hankkeen aikana tehdyssä tutkimuksessa osoittautui, että suomalaiset yritysjohtajat olivat haluttomia yhteistyöhön yritysten välillä. (Tekes 2008b) Jokseenkin vastakkaisen näkökannan mukaan suuryritykset ovat varsin konservatiivisia tutkimuksessa ja tuotekehityksessä ja todella uutta tuottava innovaatiotoiminta jää yhä enemmän pienten ja keskisuurten yritysten varaan. (Ahjopalo 2007) Esimerkiksi Boston Scientificin, Siemens Healthcaren ja Philips Healthcaren yhteistyössä on kehitetty kuvantamislaitetta, joka antaa 360° kuvan sydäimestä, mutta teknologia perustuu sinänsä jo kunkin yhtiön olemassa olevaan osaamiseen. (Butler 2010) Ilmeisesti suurten yhdysvaltalaisyriyten etu onkin tuotteiden markkinoille saattamisen tehokkuus ja pienemmät terveysteknologiayritykset ovat puolestaan hyvin tutkimuskeskeisiä. (Pammolli, Riccaboni et al. 2005) Tämä taanee, että jatkossakin suuryhtiöt ostavat pienempiä yrityksiä tuoteportfolionsa laajentamiseksi tai että pienet ja keskisuuret yritykset yhdistyvät suuremmiksi kilpaillakseen suurten toimijoiden dominoimalla alalla.

Yritysten yhdistymishalukkuudesta on mahdollista arvioida markkinoiden suuntauksia ja myös odotuksia tiettyjä teknologioita kohtaan. Jokseenkin kypsyneillä markkinoilla, kuten kuvantamisen, diagnostiikan, kirurgisten työvälineiden, seurantalaitteiden ja hammaslääketieteellisten laitteiden markkinoilla, ostettavat yritykset ovat suuria tai keskisuuria ja ostajat kansainvälisiä suuryhtiöitä. Sen sijaan 1990-luvun alussa neurostimulaatio nähtiin seuraavana sydämentahdistimen kaltaisena läpimurtona, ja suuryritykset ostivat runsain määrin pieniä ja innovatiivisia neurostimulaatioon erikoistuneita yrityksiä, joiden kauppa-arvo arvioitiin korkeaksi. Sitten ostointo on laantunut, vaikka kasvuodotuksia ei ole saavutettu. (Robins 2008) Syynä lienevät monet neurostimulaatioon liittyvät avoimet kysymykset, joiden ratkaiseminen käynnistäisi uuden kiinnostuksen hoitomenetelmään. Tämä puolestaan vaatii runsaasti perustutkimusta aivojen ja implantin toiminnasta ja biomateriaalitutkijat ovatkin ratkaisevassa roolissa alan tulevassa kehityksessä. Toisaalta runsaasti yrityskauppoja on ollut myös muiden neurologisten laitteiden, syöpähoidon ja sairaala-analyysilaitteiden aloilla. Koska kauppojen rahallinen arvo on ollut kuitenkin suhteessa pienempi, voidaan päätellä, ettei näiltä alueilta odoteta erityisten suurta kasvua. Tämänhetkisten yrityskauppojen vilkastumisesta päätellen seuraavien kymmenen vuoden aikana kasvuodotuksia asetetaan toisaalta ns. ”laihdutusleikkausten” teknologioihin, mutta materiaalitutkijoiden kannalta erityisesti ortobiologisten (*engl. orthobiologics*) tuotteiden ja niiden kysynnän lisääntyminen on lupaava mahdollisuus. Ortobiologisilla tuotteilla tarkoitetaan luiden korjaukseen ja korvaukseen liittyviä räätälöityjä biomateriaaleja, jotka lähestyvän bioyhteensopivuusominaisuuksiltaan kappaleessa 2.3.3 kuvailtuja biomimeettisten materiaalien ominaisuuksia. (Robins 2008)

### **Tulevaisuuden nousijoita?**

Vaikka Yhdysvaltain, Euroopan ja Japanin kysyntä ja myös näille maantieteellisille alueille syntyneet terveysteknologian tuottajat johtavat alan kilpailua, muualtakin voi nousta esiin merkittäviä toimijoita. Esimerkiksi Israeliin on muodostunut yllättävän laaja ja innovatiivinen pienten terveysteknologiayritysten kanta. Noin 900 yrityksen joukosta yli 50 prosenttia on lääketieteellisiin laitteisiin erikoistuneita ja mm. kantasoluihin liittyvää teknologiaa on runsaasti. Terveysteknologia-alalla ei vielä ole israelilaisia jätettä ja n. 80 % yrityksistä työllistää alle viisi henkeä, mutta yritysten kattaman teknologian laajuus ja kasvupotentiaali ovat merkittäviä. Ennakkomerkki tulevasta on esimerkiksi Given Imaging, jonka tuotteet kartoittavat ruuansulatuskanavaa uudennlaisilla kuvausmenetelmillä ja joka on varsin nopeasti kasvava ja menestynyt yritys. (Rosen 2008) Suomen kannalta juuri Israelin kaltaiset maat ovat mielenkiintoisia, sillä olosuhteet ja mahdollisuudet kilpailulle ovat monella tapaa samanlaiset kuin meillä. Israelin väestöluku on 2 miljoonaa suurempi kuin Suomen, joten sielläkään paikalliset markkinat eivät välttämättä riitä kannattavan liiketoiminnan ylläpitämiseen. Väestö on myös korkeasti koulutettua ja luonnontieteilijöiden ja insinöörien määrä on suurempi kuin missään muualla maailmassa (140/10 000 asukasta). Maan hallitus rohkaisee aktiivisesti ulkomaalaista sijoitustoimintaa, mikä Suomelle on ehkäpä jossain määrin haasteellista. (Wilén 2008) Koska kilpailulliset keinot ovat tämänkaltaisissa maissa melko samanlaisia kuin Suomessa, on suomalaisten toimijoiden syytä seurata tapahtumia myös niissä. Tulevaisuudessa Suomen ja muiden pienten maiden on entistä tarkemmin valikoitava, millaisiin kehityshankkeisiin ja teknologioihin se panostaa ja miten. (Väyrynen, Saarnivaara 2006b)

### 3.3 Muutamien päätuoteryhmien markkinanäkymiä

Pohjois-Amerikan teollisuusluokittelujärjestelmä (*engl. North American Industry Classification System, NAICS*) listaa lääketieteellisille laitteille seitsemän alaluokkaa: *in vitro* -diagnostiikan reagenssit, sähkölääketieteelliset laitteet, säteilylaitteet, kirurgiset ja lääketieteelliset instrumentit, kirurgiset laitteet, hammaslääketieteen laitteet ja optalmologiset laitteet. (Gren 2010) Tässä kappaleessa käsitellään kolmen markkina-aloiltaan suurimman kategorian sovelluksia, mutta koska työssä tarkastellaan terveysteknologiaa lopulta materiaalitutkimuksen näkökulmasta, jätetään joitain tuotteita pois ja esiin nostetaan materiaalitutkimuksen kannalta mielenkiintoisia alueita. Esimerkiksi sähkölääketieteelliset laitteet sisältävät niin sydämentahdistimia kuin MRI- ja ultraäänilaitteita, joista tässä käydään läpi vain sydämen hoitoon käytettäviä tuotteita. Materiaalitiede tukee toki myös kuvantamisen kehitystä, eräänä esimerkkinä GE Healthcaren uudennlainen tarkempi tietokonetomografialaite, jonka toiminta perustuu skintillaattorina käytettyyn uudennlaiseen materiaaliin. (GE Healthcare 2010) Tässä työssä kuvantamiseen liittyvät tukimateriaalit jätetään kuitenkin vähemmälle huomiolle. Kirurgisiin laitteisiin puolestaan luetaan myös pyörätuolit ja kirurgin käsiin, joista ensimmäiset rajautuvat työn ulkopuolelle vähäisen biomateriaalien kehitystarpeensa vuoksi ja jälkimmäiset eivät lukeudu tässä työssä painotettaviin tulevaisuuden edistyneisiin teknologioihin. Alla käsiteltävät sovellukset kuuluvat siis sähkölääketieteellisten laitteiden, kirurgian ja lääketieteen instrumenttien ja kirurgian laitteiden luokkiin, jotka yhdessä kattavat noin 73 % lääketieteellisten laitteiden markkinoista. (Gren 2010)

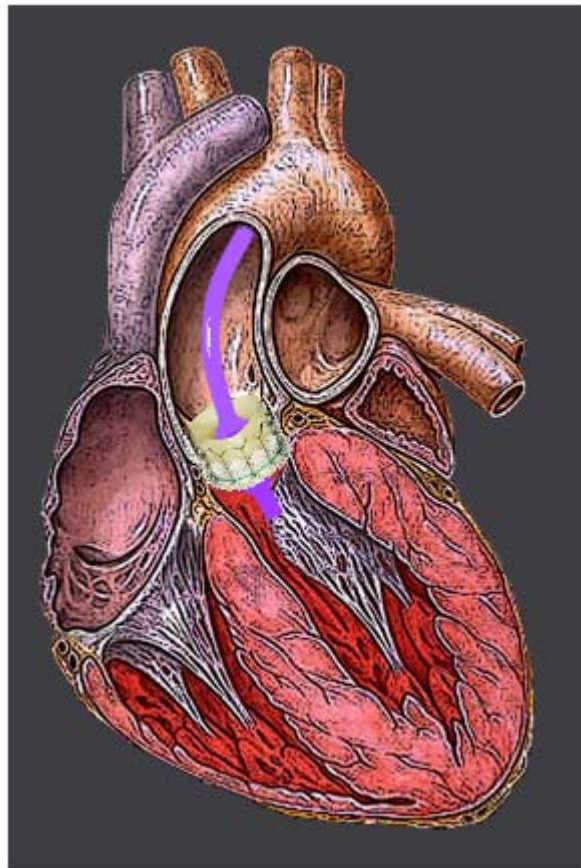
### 3.3.1 Sydämen hoitolaitteet

Sydämentahdistinten ja defibrillaattorien globaalien markkinoiden arvioitiin vuonna 2009 olleen 10,2 miljardia dollaria. Sydämentahdistinmarkkinoita on tyypillisesti pidetty melko saturoituneina ja kypsinä, eikä suuria muutoksia kysynnän määrässä odoteta. Sen sijaan defibrillaattoreiden markkinoissa kasvuakin on nähtävissä, joskin kokonaisuudessaan sovellusalueen kasvu pysynee alle kuuden prosentin. Defibrillaattoreissa on tapahtunut vielä 2000-luvulla merkittävää kehitystä, joista mm. sydäninfarktista selvinneille potilaille tarkoitettu uudelleensynkronointilaitte on yksi tärkeimmistä. Se antaa potilaalle tarvittaessa voimakkaan sähköpulssein, joka palauttaa normaalisykkeen, mikäli sydämen lyöntitiheys on kiihtynyt liiaksi. Nykyään kehityskohteena ovat sydämentahdistimet, jotka eivät aiheuta riskiä MRI-kuvantamisen aikana, ja tässä kehityksessä juuri materiaalien tuntemuksella on merkittävä rooli. Kuvantamisen seurauksena tällä hetkellä markkinoilla olevien laitteiden akku voi tyhjentyä, ne voivat antaa sydämelle ylimääräisiä impulsseja tai johteisiin indusoituva virta voi kuumentaa ympäröivää kudosta vaurioittaen sydäntä. Ensimmäiset tuotteet ovat jo saaneet markkinointiluvan Euroopassa, mutta kehitystyö on yhä kesken. Sydämentahdistinten ja defibrillaattoreiden kehitykseen liittyvät myös uudenlaiset potilaiden monitorointivälineet, jotka tallentavat tietoa sydämen toiminnasta ja jopa hälyttävät hoitohenkilökunnan paikalle tarpeen niin vaatiessa. (Steward, Hu et al. 2010)

Eteisvärinän ja eteisen rytmihäiriöiden hoitoon tarkoitetut välineet puolestaan kattoivat vuonna 2009 arviolta 2 miljardin dollarin markkinat sydän- ja verisuonitautien hoidossa. Kasvupotentiaaliksi on kuitenkin laskettu 10 – 12 %. (Steward, Hu et al. 2010) Nykyisin tyypillinen hoitomuoto on lääkitys, ja kirurgiseen, lääketieteellisiä laitteita hyödyntävään ablaatioon turvaudutaan vasta toisena vaihtoehtona. Ablatiiossa häiriötä aiheuttava kudosalue amputoidaan. Perinteinen menetelmä on monimutkainen Cox-Maze III -leikkaus, jonka rinnalle ovat tulleet radiotaajuiseen säteilytykseen perustuvat menetelmät. (Gillinov, Blackstone et al. 2002) Näihin on liittynyt komplikaatioita mm. kudoksen kuumenemiseen liittyen, ja siksi on kehitetty myös uusia ablaatiokeinoja. Uudet menetelmät tuhoavat haitallista kudosta esimerkiksi jäädyttämällä tai ultraäänien tai laserin avulla. Niiden odotetaan osoittautuvan pitkävaikutteisemmiksi kuin lääkehoitojen ja siksi ne luovat uutta kasvua markkinoille. Eteisen rytmihäiriöihin liittyy myös usein lisääntynyt aivohalvauksen riski, kun vasemman kammion yhteydessä olevaan lisäkkeeseen (*engl. left atrial appendage*) kertyy verta, joka hyytyy ja liikkeelle lähtiessään estää aivojen hapensaannin. Usein ablaation yhteydessä myös lisäke poistetaan, mutta lisäksi on kehitetty hoitoja, joilla veren pääsy pussiin estetään. Tähän on hyödynnetty mm. itsestään laajentuvia nitinol-verkkoja ja eristävää polymeerikalvoa. (Steward, Hu et al. 2010)

Aortaan sijoitettavien stenttien markkinat ovat vuonna 2009 olleet luokkaa 5,4 miljardia dollaria. Niiden kysynnän oletetaan laskevan tai korkeintaan säilyvän ennallaan. Tästä huolimatta 2000-luvulla laitteet ovat vielä kehittyneet, ja ensimmäiset lääkeainetta vapauttavat stentit tulivat markkinoille Ranskassa. Pian huomattiin, ettei kolme kertaa tavallista stenttiä kalliimpi, lääkettä sisältävä laite parantanut hoitotuloksia merkittävästi, ja hetkeksi markkinat palasivat vanhaan. Tällä hetkellä noin 77 % hoidoista tehdään kuitenkin lääkeaineita sisältävillä stenteillä, mutta

markkinoiden liikkeet ovat rauhalliset. Markkinoiden kasvu liittyy pikemminkin tuotteiden korkeampaan hinnoitteluun kuin kysynnän kasvuun. Johtavat yritykset ovat tosin siirtyneet kehittämään biohajoavia stenttejä, ja niiden myötä markkinoiden jakautuminen valmistajien kesken voi jälleen muuttua. Sen sijaan sydämen läppien markkinoiden odotetaan kasvavan 5 – 7 % nykyisestä 1,7 miljardin dollarin osuudestaan. Tämänhetkinen sydämen läppäleikkaus on hyvin invasiivinen, ja potilaan kylkiluut avataan ja hänen sydämensä pysäytetään leikkauksen ajaksi. Siksi lääkärit eivät mielellään hoida melko terveiksi eivätkä kovin sairaiksi määrittelemiään potilaita. (Steward, Hu et al. 2010) Uusi keino on transkatetriläppä (*engl. transcatheter valve*), joka sallii läpän pujottamisen paikalleen pienemmässä leikkauksessa. Läppä on kiinnitetty kasaan puristettuun metalliverkkoon, ja pujotuksen jälkeen verkko läppineen laajennetaan oikeaan kokoon eräänlaisen pallolaajennuksen avulla. Alkuun siitä muodostunee hoito potilaille, jotka nykyään olisivat liian sairaita leikkaukseen, mutta myöhemmin sitä tullaan todennäköisesti hyödyntämään yleisemmin. Mikäli turvallisuus ja kestävyys osoittautuvat hyväksi, tulevaisuudessa menetelmä tulee tavoittamaan yhä suuremman osan hoitoa tarvitsevista potilaista ja lisäämään myös hoidettavien indikaatioiden laajuutta. (Edwards Lifesciences 2010) Transkatetriläpän sijoittaminen on esitetty kuvassa 3.



**Kuva 3. Transkatetriläppä paikalleen pujotettuna. Tukiverkko laajennetaan paikalleen pallolaajennuksen avulla. Kuva koottu eri lähteistä. (Edwards Lifesciences 2010, Wikipedia 2010)**

### 3.3.2 Ortopedian laitteet

Ortopediisiin laitteisiin kuuluu hyvin erilaisia tuotteita keinonivelistä selkärangan tukilaitteisiin. Markkinoiden kooksi arvioitiin vuonna 2009 noin 30 miljardia dollaria ja kasvupotentiaaliksi 5 – 8 %. Euroopan keinonivelmarkkinoiden kooksi vuonna 2014 on ennakoitu 4,3 miljardia dollaria. Yhdysvaltojen kysyntä kattaa noin puolet keinoniveltuotannosta, ja se on selkeästi merkittävin markkina-alue tälläkin alalla. (AARP 2009) Vuoden 2005 alkuun asti alan suurimmat yritykset Yhdysvalloissa saivat nauttia melko vapaasta hinnoittelupolitiikasta pitkälti konsultointisopimusten ansiosta ja koska yhteistyö lääkäreiden kanssa oli tiivistä. Tämä katsottiin sittemmin lahjonnaksi ja tuotteiden hinnat ovatkin laskeneet muutamia prosentteja. Nyt hintakilpailun kiristyminen on pysähtynyt ja hoitojen määrä on hitaassa nousussa. (Steward, Hu et al. 2010) Ortopedistä hoitoa kaipaavista sairauksista nivelrikko on yleisin syy vanhenevan väestön liikkuvuuden rajoittumiseen, nivelkipuihin ja vammautumiseen. Vuonna 2004 vaivasta on kärsinyt yli 151 miljoonaa henkeä maailmanlaajuisesti ja väestön vanheneminen takaa, että tarvetta hoidoille on tulevaisuudessa entistä enemmän. (Steward, Hu et al. 2010) Ensisijaisiksi hoidoiksi annetaan kortisonilääkitystä, fysioterapiaa ja vaikutetaan elämäntapoihin. Mikäli nämä keinot eivät auta, ja vaiva aiheuttaa jatkuvaa kipua ja hankaloittaa arjen toimintaa, siirrytään kirurgisiin vaihtoehtoihin. Artroskopiassa nivelestä huuhdotaan ja irrotetaan epämuodostuneet ja löyhästi kiinnittyneet kappaleet. Hoidon tehosta ei ole riittävän kattavaa kliinistä tietoa, mutta joissain tapauksissa se voi lykätä useilla vuosilla koko nivelen korvaamista keinonivelellä. Osteotomiassa vaurioituneita luun ja nivelen osia poistetaan, jotta nivelen tasapaino palautuisi. Nivel voidaan korvata myös osittain, jolloin sekä toimenpide että toipuminen ovat nopeampia kuin kokonaiskorvauksessa. (Gidwani, Fairbank 2004) Kokonaisten nivelten korvaamisessa lonkka- ja polvi-implantit ovat yleisimpiä ja niiden määrän uskotaan kasvavan tulevaisuudessa, vaikka lääkärit suosivatkin kevyempiä toimenpiteitä erityisesti nuorilla. (Steward, Hu et al. 2010) Lonkkaimplanttien määrä on kasvanut tasaisesti myös EU-alueella keskiarvon ollessa vuonna 1997 noin 79 leikkausta 100 000 asukasta kohden, kun se vuonna 2004 on ollut 102 leikkausta. Eniten lonkan korvauksia tehdään Tanskassa ja Belgiassa ja vähiten puolestaan Maltalla, Romaniassa ja Kyproksella. (Eurostat 2010)

Selkärangan ongelmia, kuten välilevyn pullistumaa ja hermopinteitä, hoidetaan myös ensisijaisesti ilman leikkausta. Selkärankaan muodostuvat kiputilat tulee kuitenkin nykytietämyksen mukaan hoitaa nopeasti ennen kuin ne kroonistuvat, sillä rangon yhteydessä on runsaasti hermokudosta, joka herkistyy kipusignaalin jatkuessa. (Malmivaara, Kotilainen et al. 1998) Kirurgiset hoitomuodot vaihtelevat hermopuristuksen helpottamisesta ympäröivää pehmytkudosta muokkaamalla kokonaisten nikamien korvaukseen. Myös luudutuksia, nikamien välin ja itse nikamien täyttöjä tehdään. (Steward, Hu et al. 2010) Selkärangan hoidossa on kuitenkin usein epävarmaa, hoidetaanko todellista kivun lähdettä, sillä potilas voi kokea kivun suurempana kuin rangon kuva antaa ymmärtää tai kuva voi kertoa suuremmista vaurioista kuin potilas kuvailee. Useita selkäkivun muotoja hoidetaan leikkauksin, mutta varmaa näyttöä hoidon tehosta ei läheskään aina ole ja siksi alan tutkimuksessa on tällä hetkellä lähes enemmän tarvetta kliinisille satunnaistetuille kokeille kuin uusille selkäkirurgian teknologisille innovaatioille. (Malmivaara, Kotilainen et al.



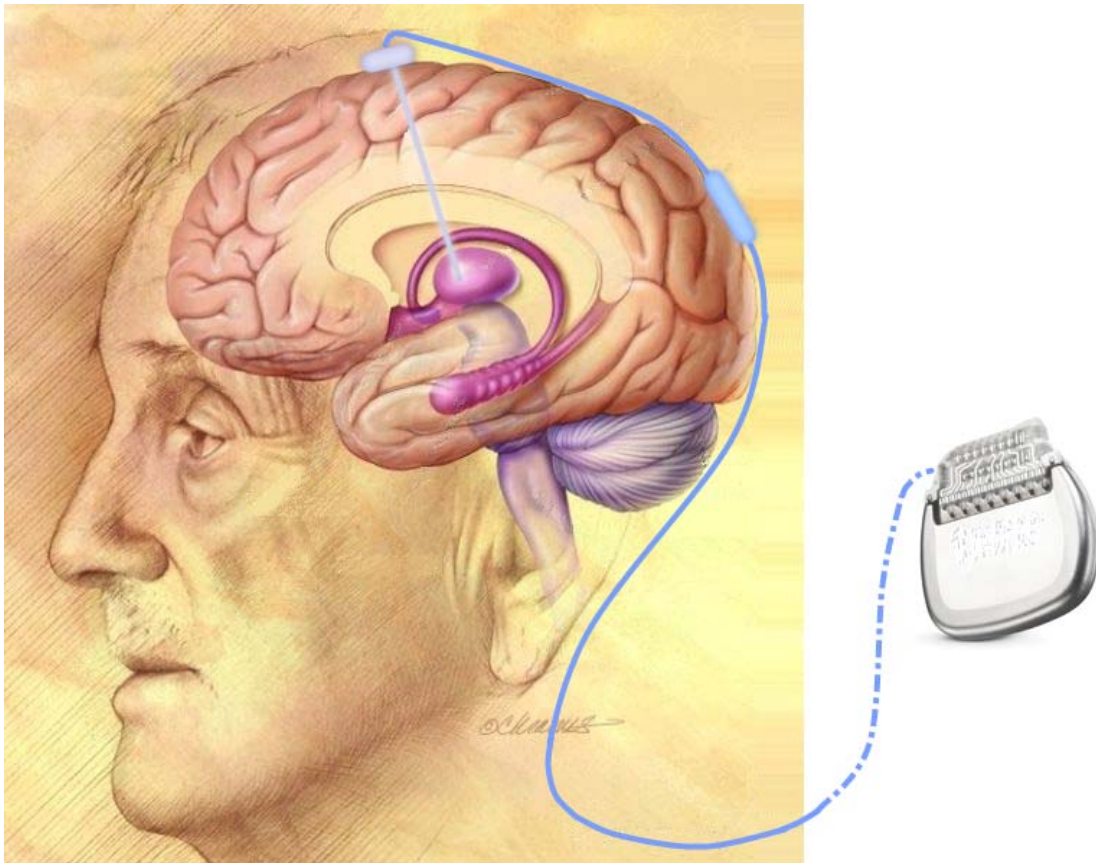
1998) Kolmansien ortopedisten laitteiden ryhmän, traumojen hoitoon tarkoitettujen laitteiden tarve on sen sijaan ilmeinen ja myös kasvussa. Näillä hoidetaan erityisesti raajojen epämuodostumia, joita syntyy onnettomuuden, synnynnäisen sairauden tai esimerkiksi kasvaimen poiston vuoksi. Näihin laitteisiin kuuluvat toisaalta erilaiset ruuvit ja fiksointilaitteet, joiden yksinkertainen tehtävä on estää luiden liikkuminen ja siten mahdollistaa luontainen paraneminen. Käytössä on myös bioaktiivisia täytemateriaaleja, joiden tarkoitus on tukea vauriokohtaa ja kiihdyttää uuden luukudoksen kasvua. Lisäksi tähän ryhmään kuuluu laitteita, joiden avulla luukudoksen kasvua voi ohjata. (Steward, Hu et al. 2010, Kurtz, Devine 2007)

### 3.3.3 Hermomodulaatio

Hermomodulaatio ei vielä tällä hetkellä ole yksi suurimpia terveysteknologian markkina-alueita noin kahden miljardin dollarin osuudellaan, mutta sen vuosittaiseksi kasvuksi on arvioitu jopa 10 – 15 %. Kasvuodotukset perustuvat osaltaan uusien teknologioiden kehitykseen, mutta myös lääkäreiden kouluttautumiseen hoitomenetelmien käyttäjiksi. Hoidettavat sairaudet liittyvät hermoston häiriöihin, mutta oireilu voi olla hyvinkin monimuotoista. Hermoston stimulointia käytetäänkin kiputilojen, liikkumista haittaavien tautien, psyykkisten häiriöiden ja heikkojen ruumiintoimintojen korjaamiseen. Merkittävää markkinoiden kasvun kannalta on, että tällä hetkellä stimuloiteja hyödynnetään useimmiten vain sellaisille potilaille, joiden oireet eivät pysy hallinnassa lääkityksellä. (Steward, Hu et al. 2010) Kliinisiä kokeita on tehty myös tapauksissa, joissa potilas on pysyvästi minimaalisen tajunnan tilassa (*engl. minimally conscious state, MCS*). Siten hermomodulaatio voidaan tällä hetkellä nähdä kustannuksia vähentävänä hoitona, sillä hoidettavien joukkoon hyväksytään vain valmiiksi sairaanhoidon piirissä olevia potilaita. Toisaalta on myös tärkeää, etteivät menetelmät leviä yleiseen käyttöön liian nopeasti ennen kuin ne ovat hioutuneet luotettaviksi, jotta potilaiden ja muiden asiakkaiden luottamus niihin säilyy. Vain siten laitteiden esteetön kehitys on tulevaisuudessa mahdollista. (Fins 2009, Fins 2010) Koska implanttistimulointi vaikuttaa täsmälleen tavoitekohteeseen, ovat sen sivuvaikutukset vähäisiä. Siksi menetelmällä on mahdollisuus syrjäyttää lääkehoito erityisesti kroonisten sairauksien tapauksessa, jolloin markkinat laajenisivat olennaisesti.

Hermomodulaatiota on tällä hetkellä kolmea päätyyppiä: selkäydinstimulointia (*engl. spinal cord stimulation, SCS*), aivojen syvästimulointia (*engl. deep brain stimulation, DBS*) ja ruuansulatuskanavan tai virtsateiden stimulointi (*engl. gastro/urology stimulation*). Selkäydinstimulointia käytetään erityisesti selän ja alaraajojen kipujen hoitoon, kohdistamalla sähköimpulssit epiduraalialueelle. Potilas tuntee alueella kihelmöintiä ja pistelyä, mutta kivun tuntemuksen pääsy aivoihin estyy. Lanneristipunoksen stimulointia (*engl. sacral nerve stimulation*) käytetään vähentämään virtsanpidätysvaikeuksia, lantion alueen kipuja ja virtsateihin liittyviä sisäelinkipuja. Menetelmällä on ollut FDA-hyväksyntä kymmenen vuoden ajan. Kiertäjähermon stimuloinnilla (*engl. vagus nerve stimulation*) puolestaan on ollut FDA:n hyväksyntä vaikean masennuksen hoitoon viisi vuotta ja epilepsian hoitoon 13 vuotta. Menetelmistä DBS on kenties monipuolisin erilaisten hoidettavien oireiden määrässä mitattuna. Essentiaalisen vapinan hoitoon se on ollut hyväksyttyinä pisimpään (vuodesta

1997), mutta menetelmää on käytetty myös Parkinsonin taudin hoitoon vuodesta 2002 alkaen. Muihin sairauksiin hoito on käytössä erikoislupien sallimana. Kokeellisia sovelluksia ovat mm. dystonia, pakko-oireinen häiriö, epilepsia, masennus, Alzheimerin tauti, bulimia, Touretten syndrooma ja migreeni. Siten menetelmän markkinoilla on tulevaisuudessa merkittävät mahdollisuudet kasvaa. (Steward, Hu et al. 2010) Siksi olisi toisaalta myös haitallista, mikäli menetelmän käyttö yleistyisi liian nopeasti. Tällä hetkellä DBS:n vaikutusmekanismeja ei vielä tunneta kunnolla, mutta on esitetty, että seuraavan polven tuotteissa olisi stimuloivan osan lisäksi anturi mittaamassa aivojen välittäjäaineiden pitoisuutta. Takaisinkytkennän avulla stimulointi pidettäisiin sitten hoidon tehokkuuden kannalta optimaalisella tasolla. (Lee, Blaha et al. 2009) Kuva 4 esittelee, miten DBS-implantti sijoitetaan aivoihin.



**Kuva 4. DBS-laitteen sijoittaminen. Kuva koottu useista lähteistä.** (Medtronic 2010a, National Institute for Aging 2008)

### 3.3.4 Lääkeaineannostelu

Mielenkiintoinen sovellusalue ovat erilaiset lääkeaineannostelijat. Ensimmäiset laitteet kehitettiin jo 1970-luvulla, ja tästä eteenpäin markkinoille on tullut useita erilaisia versioita. Sairaudet, joita tuotteilla hoidetaan, vaativat jatkuvaa lääkitystä. (Greatbatch, Holmes 1991) Siksi implantoitavalla laitteella nähdään olevan runsaasti etuja mm. koska niillä saavutetaan jatkuva annostelu ja sivuoireet vähenevät, kun annos voidaan kohdistaa paremmin sairaalle alueelle. Nykyisiä laitteita käytetään esimerkiksi syövän hoidossa niin kemoterapian kuin kipulääkityksenkin toimittamisessa kohteeseensa. Eräs

viimeisimmistä implantoitavan kipulääkityksen muodoista sijoitetaan suoraan selkäytimen yhteyteen, jonne lääke lasketaan. Menetelmää käytetään potilaille, joiden kipuihin muunlaiset lääkitykset eivät tehoa, ja yleisimmin kyse on syöpäpotilaista. (Stearns, Boortz-Marx et al. 2005) Tavoitteissa siintää myös insuliinin annostelu, mutta implantoitavien glukoosiantureiden ongelmista johtuen laitteet eivät ole toistaiseksi olleet tarkoitukseen riittävän luotettavia. Diabeteksen lääkintää käsitellään omana alueenaan seuraavassa kappaleessa. Merkittävää on, että erilaiset lääkeaineannostelijat ovat tyypillisiä esimerkkejä tuotteista, jotka vaativat erityisen pitkälle kehittyneitä teknologioita. Yhden tuotteen valmistuksessa on huomioitava lääketieteellinen soveltuvuus, lääkeaineen säilyvyys, mahdollinen ohjauselektroniikka, energiantuotanto, laitteen rakenteen ja erityisesti lääkkeen vapautumisaukkojen tukkeutumattomuus ja mekaanisen toiminnan luotettavuus. (Greatbatch, Holmes 1991) Ehkäpä juuri siksi tuotteet eivät ole vieläkaan vallanneet koko markkinapotentiaaliaan. Omat hyvät puolensa ja haasteensa on myös menetelmillä, joissa lääkeaine sidotaan kantajapartikkeleihin, joiden avulla vaikuttava aine toimitetaan kohteeseen. Nämä tosin häilyvät jo laitteiden ja lääkkeiden rajamailla. (Allen, Cullis 2004) Tasaisen lääkevapautuksen rinnalle lääkeaineannostelun tutkimuksessa on tullut hallitun vapauttamisen tavoite. Tämän näkemyksen mukaan tarkoituksena on vapauttaa aine sykäyksittäin, kuten luonnollinen tarvekin ilmenee, vuorokausi- ja hormonaalista rytmiä noudattaen. (Kalantzi, Karavas et al. 2009)

### **Diabetes ja lääkeaineannostelu**

Diabetekseen liittyvät maailmanmarkkinat ovat vuonna 2007 olleet 17,8 miljardia dollaria ja vaikka muun lääketeollisuuden kasvu väheni vuonna 2005 noin viiteen prosenttiin, diabetekseen liittyvän lääkealan kasvu säilyi yli kymmenprosenttisena. Siksi sairaus edustaa myös merkittävää markkina-aluetta lääkeaineannostelulle. Vuonna 2009 globaalien kokonaismarkkinoiden on lähteestä riippuen arvioitu olleen 26 – 31 miljardia dollaria ja kasvutahdin odotetaan olevan edelleen kymmenen prosentin luokkaa. Diabeteksen hoidossa käytettäviin tuotteisiin sisältyvät insuliini ja muut sairauteen liittyvät lääkitykset, lääkeaineannostelu ja glukoosipitoisuuden seurannan laitteet. (Steward, Hu et al. 2010) Diabeetikkojen määrä vuonna 2000 on ollut noin 171 miljoonaa ja vuoteen 2030 mennessä määrän uskotaan kasvavan 366 miljoonaan. Erityisesti Afrikassa, Lähi-idässä ja osassa Aasian maita sairastuneiden määrä yli kaksinkertaistuu. Sen sijaan Euroopan ja Pohjois-Amerikan alueella sairaus yleistyy, mutta kasvu ei ole yhtä huomattavaa, sillä tauti on kehittyneissä maissa jo nyt melko yleinen. Esimerkiksi Suomessa tautia sairasti vuonna 2000 jo 157 000 potilasta. (WHO 2010)

Diabetekseen liittyy myös runsaasti sekundäärisiä terveysongelmia, kuten näön menetys ja pahimmillaan amputaatioon johtavat raajojen verenkiertohäiriöt. (Klein 1996, Reiber, Pecoraro et al. 1992) Näiden ongelmien vähentäminen vaatisi lääkityksen toteuttamista mahdollisimman luontaisella tavalla ja hallitusti, jotta veren sokeripitoisuus ei pääsisi vaihtelemaan. Hoitoon liittyvistä terveysteknologialaitteista insuliinipumppu on edistynein tapa annostella insuliinia. Nykyiset laitteet koostuvat kahdesta osasta, joista toinen annostelee insuliinin ja toinen mittaa jatkuvasti veren glukoosipitoisuutta. Käytössä olevat pumput ovat kehonulkoisia ja päätös pistämisestä

on edelleen potilaalla. Tulevien laitteiden tavoitteena onkin, että kaksi osaa takaisinkytketään toisiinsa, jotta annostelu olisi automaattista. Toinen insuliinin annosteluun liittyvä vaihtoehto ovat insuliini-inhalaattorit, joiden ensimmäinen versio on jo ollut markkinoilla. Ilmeisesti korkean hintansa vuoksi laitteet eivät kuitenkaan menestyneet laajasti, vaan ne vedettiin myynnistä 2007. (Drugdevelopment-technology.com 2010, Hauber, Gale 2006) Toimivien ns. suljettujen insuliini-glukoosijärjestelmien haaste ovat glukoosimittarit, joita on tällä hetkellä sekä kertamittaukseen perustuvia että jatkuvatoimisia. Erona on, että kertamittaus tehdään suoraan verestä, jolloin saatu sokeripitoisuus on reaaliaikainen. Jatkuvatoimiset sen sijaan mittaavat pitoisuutta kudospitoisuudesta, joka vastaa glukoosipitoisuudeltaan verta mutta noin 15 – 20 minuutin viiveellä. (Steward, Hu et al. 2010) Asetelma johtuu siitä, että veriyhteyteen sijoitettu anturi aiheuttaa merkittävän verihyytymien vaaran. Implantoitavien antureiden ongelmia ovat olleet myös glukoosipitoisuuden referenssitason siirtyminen pitkän käytön aikana ja anturin sekä virtalähteen koko. Tutkimusta tehdään myös ulkoisten glukoosimittareiden parissa. Niiden haasteena on toistaiseksi ollut ihon ärtyminen kohdasta, josta sokeripitoisuus osoitetaan eivätkä ne ole olleet riittävän luotettavia, jotta markkinoille olisi päätynyt yhtään tuotetta. (Wang 2008) Kuvassa 5 on eräs pian markkinoille tuleva insuliinipumppu, johon on mahdollista liittää myös jatkuva glukoosiseuranta helpottamaan insuliinin oikea-aikaista annostelua.



**Kuva 5. Insuliinipumpun sijoittaminen. Kuva koottu useasta lähteestä.**  
(Best Volleyball Equipment 2010, Medtronic 2010b)

### 3.3.5 Muut kirurgiset laitteet

Kirurgisten laitteiden nykymarkkinat ovat 12 miljardin dollarin luokkaa ja kasvupotentiaalia on 5 – 7 %. Minimaalisen invasiivisella kirurgialla (*engl. minimally invasive surgery, MIS*), jossa leikkauksen aiheuttamat kudonsaariot pyritään minimoimaan suorittamalla leikkaus joko pienen viillon tai elimistön luontaisten putkirakenteiden kautta, on tässä joukossa suurimmat kasvumahdollisuudet. Markkinoiden merkittäviä ajureita ovat paksu- ja peräsuolen syövät, joita ilmenee vuosittain yli miljoona uutta tapausta. Myös mahalaukun vyöttämisleikkaus (*engl.*

*Laparoscopic adjustable gastric banding, LAGB*) tehdään usein nimenomaan minimaalisen invasiivisin menetelmin, minkä vuoksi ylipainon lisääntyminen lisää myös MIS-menetelmien tarvetta. (Patterson Lorenzetti 2010) Nykyisillä laitteilla on mahdollista tehdä hyvin monenlaisia erityyppisiä leikkauksia, kuten umpilisäkkeen, sappirakon tai syöpäkudoksen poistoja, mahahaavan tai tyrän korjauksia, näytteenottoja ja jopa pieniä selkärangan leikkauksia. Menetelmät säästävät potilaita kivuilta ja pitkältä toipumisajalta, mutta myös kirurgille toimenpide on vähemmän raskas, kestää lyhyemmän aikaa ja mahdollistaa kudosten osien näkemisen, joihin ei aina pääse suurella leikkauksella käsiksi. Minimaalisen invasiiviset menetelmät myös ehkäisevät tulehduksia eivätkä aina vaadi nukutusta, ja siksi leikkaussalivaatimukset ovat pienemmät. (Steward, Hu et al. 2010) Kuitenkin kirurgin pääasialliset työvälineet nykyään ovat näkö- ja tuntoaisti. Usein epänormaali kudosis erotetaan muusta juuri tuntoaistin avulla, mutta tähän eivät nykyiset endoskopiaalitteet kykene. Suurin haaste tulevaisuudessa onkin tuntoaistimusta välittävien MIS-laitteiden kehittäminen. Vaikka prototyyppejä on jo, ovat ne usein pelkkään valokuitukameraan perustuvia vaihtoehtoja suurempia, eikä kaikkia teknisiä haasteita ole ratkaistu. Seuraavan sukupolven tuotteet vastannevat siten tähän tarpeeseen. (Tholey, Desai et al. 2005, Tendick, Sastry et al. 1998)

### **3.3.6 Muita sovelluksia**

Edellä kuvailtujen tuoteryhmien lisäksi lääketieteellisten laitteiden markkinoilla on muitakin huomionarvoisia sovelluksia. Esimerkiksi hammaslääketieteen kulutustavarat ja laitteet muodostavat yhteensä 16 miljardin dollarin markkinat, mutta etenkin laitteiden myynnin kasvu on tällä hetkellä maltillista ja yleensäkin heilahtelevaa, sillä talouden yleisen laskusuhdanteen aikaan niihin ei haluta panostaa. (Kreger, Nadler et al. 2009) Yhdeksi alan voimakkaimmin kasvavista osa-alueista on sen sijaan esitetty hammasimplanttimarkkinoita, joiden nykyisen 3,4 miljardin dollarin markkinoiden uskotaan kasvavan neljään miljardiin vuoteen 2015 mennessä. Koska implantit ovat tehokkaita ja luotettavia hampaattomuuden hoidossa, mutta vain 2 – 3 % hampaattomista tai osan hampaistaan menettäneistä potilaista on saanut implantteja, odotetaan niiden käytön lisääntyvän. Lisäksi kasvua ajaa kosmeettisen hammashoidon kysynnän nouseminen ja kauempana tulevaisuudessa myös kehittyvien maiden hammashuollon parantuminen. (MarketsandMarkets 2010) Hammaslääketieteellisiin tarvikkeisiin ja laitteisiin erikoistuneet yritykset ovat kuitenkin toimineet alalla pitkään ja ovat kooltaan suuria tai keskisuuria, joten ala on hyvin kilpailtu. (Robins 2008)

Toinen mielenkiintoinen toiminta-alue on munuaisten vajaatoimintaan liittyvät hoidot, joiden maailmanmarkkinoiksi on arvioitu 28 miljardia dollaria. Tästä 11 miljardia on dialyysilaitteiden osuus. Kasvupotentiaali on keskimääräinen, mutta yhteiskunnan menot ovat jo nykyisellään suuria. Siksi sairauden terveydenhuoltoa kuormittava vaikutus on suuri ja paineet parempien ja tehokkaampien järjestelmien kehittämiseen kasvavat. (Steward, Hu et al. 2010, Hanft 2009) Dialyysihoidon toteutusvaihtoehdot ovat veren suodattaminen säännöllisin väliajoin tai diffuusioon perustuvat menetelmät, joissa haitalliset aineet suodatetaan vatsakalvon läpi. Alan tuotekehityksen painopiste on tällä hetkellä entistä pienempien dialyysilaitteiden valmistamisessa, jotta yhä suurempi osa potilaista voisi saada jatkuvaa hoitoa kotonaan esimerkiksi sairaalassa

tehtävien useita tunteja kestävien verensuodatusten sijaan. Kliinisissä kokeissa on jo eräänlaisia kannettavia keinomunuaisia, jotka perustuvat erilaisiin suodattaviin kalvorakenteisiin ja mm. nanoteknisiin kalvoihin. Näiden laitteiden osalta lopullinen tavoite on implantoida keinomunuainen potilaaseen. (Blagg 2008) Kolmas terveysteknologia-alalla nouseva ilmiö ovat lääketieteellisten laitteiden korjaukseen erikoistuneet yritykset, mikä liittyy jo kappaleessa 3.2 mainittuun laitteiden uusiokäyttöön. Niiden kysyntä johtunee pitkälti terveydenhuoltolaitosten tarpeesta alentaa kustannuksia ja siksi vähentää uusien laitteiden hankintoja. Korjausyritysten haasteena on saavuttaa arvostus ja maine, vaikka markkinoitava tuote on jo kertaalleen vialliseksi tai käytetyksi todetun laitteen muokkaaminen käyttökelpoiseen kuntoon. Tämä vaatii myös materiaalituntemusta, sillä sterilointi- ja puhdistusprosessit ja laitteiden suunniteltua pidemmät käyttöajat aiheuttavat erityisvaatimuksia juuri materiaalien kestävyydelle. Mikäli yritykset onnistuvat näiden haasteiden ratkaisemisessa, tulee kysyntää laitekierrätykselle olemaan varmasti tulevaisuudessa yhä enemmän. (Patterson Lorenzetti 2010)

## 4 Tulevaisuudentutkimus

Edellisissä kappaleissa on kuvailtu, mitkä asiat tulevat ajamaan muutoksia suomalaiseen elämään ja ympärillämme oleviin teknologioihin, ja toisaalta on esitetty, minkälaisien tieteellisten ja teknisten saavutusten nähdään kirjallisuuden mukaan tulevaisuudessa realisoituvan. Tämän työn tavoitteena on arvioida, millaisiin sovellus- ja toisaalta osaamisalueisiin suomalaisten, terveysteknologian alalla toimivien materiaalitutkimusryhmien tulisi panostaa. Näiden sovellusalueiden tulisi tukea myös Suomen kilpailukykyä kehittymistä ja siksi on pohdittava, miten Suomen kilpailukyky säilyisi tai paranisi nimenomaan tulevaisuudessa muualla tapahtuvaan kehitykseen nähden. Liiallinen takertuminen nykyhetkisiin vahvuuksiin voi johtaa kilpailuetujen menetykseen, sillä muualla tehdään joka tapauksessa työtä, jotta edettäisiin uusilla ja yllättävilläkin alueilla. Siksi on tarpeen kääntyä tulevaisuudentutkimuksen puoleen, jotta tutkimuskysymyksiin voitaisiin vastata. Tässä luvussa käydään tarkemmin läpi, millaista tietoa tulevaisuudentutkimuksella on mahdollista saavuttaa, mitkä ovat tieteenalan tyypillisimmät menetelmät ja esitellään menetelmä, jota tässä työssä on päädytty käyttämään.

### 4.1 Tulevaisuudentutkimuksen taustaa

*Tulevaisuudentutkimuksen* lähtökohtana on aina ollut tarve kyetä orientoitumaan tulevan varalle. Ihmisen täytyy jakaa resursseja, asennoitua mahdollisiin haasteisiin ja valikoida ymmärryksen ja toiminnan työkaluja niin yksilönä kuin yhteiskuntanakin. (Bell 2003) Yksinkertaisimmillaan ennakointia tekeekin yksilö, joka on esimerkiksi ostamassa asuntoa. Prosessissa on huomioitava useita epävarmoja muuttujia samanaikaisesti: On arvioitava taloudellisen tilanteen vakaus ja yllättävien menojen todennäköisyys. On pohdittava perhetilanteen muutokset ja mahdollisesti huomioitava lähimmäisten mielipide. On selvitettävä, millaisia riskejä itse asunnon rakenteisiin voi kätkeytyä ja kenen vastuulle riski tässä tilanteessa tulisi. Myös asuinalueen muutoksiin ja tuleviin hankkeisiin on syytä varautua. Vasta kun kaikki sosiaaliset, taloudelliset ja

yhteisölliset seikat on otettu huomioon, voi asunnon ostamisesta tehdä ratkaisun, joka todennäköisesti päättyy onnistumiseen. On kuitenkin muistettava, että vaikka kaikki omaan ja mahdollisesti neuvonantajien mieliin tulleet asiat olisi huomioitu, lopputuloksena voi silti olla epäonnistuminen. Ennakoinnin tavoitteena ei olekaan kertoa absoluuttisesti tulevia tapahtumia, vaan se on työkalu, jolla itselle edullisten tapahtumien todennäköisyyttä on mahdollista lisätä, ja epäedullisten tulevaisuuksien todennäköisyyttä pienentää. Tämä onkin keskeinen oivallus tulevaisuudentutkimuksesta, jota on usein syytetty *itsensä toteuttavista ennusteista* (engl. *self-fulfilling prophecy*). Koko ennakoitavuuskentelyn tavoite on pyrkimys vaikuttaa tuleviin tapahtumiin ja siten tulevaisuudentutkimus on itse asiassa aktiivista tulevaisuuden tekemistä. (Bell 2003, Kamppinen, Kuusi et al. 2002) Sotastrategioiden luominen on hyvä esimerkki ensimmäisistä yhteiskunnallisista tulevaisuustutkimuksista. Vihollisen liikkeitä on arvioitu asiantuntijoita, vakoilijoita ja ympäristötekijöitä hyödyntäen ja valittu taktiikka, jolla oman voiton todennäköisyys on suurimmillaan.

Koska tulevaisuutta ei vielä ole, puhutaan usein *mahdollisista maailmoista*, jotka ovat tulevaisuuden tilanteita ja tapahtumien kulkuja, jotka voivat jonkin toimijan tekojen seurauksena tai niistä huolimatta toteutua. *Tulevaisuuspolut* ovat reittejä nykyisyydestä tuleviin mahdollisiin maailmoihin tai mahdollisesta maailmasta toiseen. *Skenaario* on mahdollinen maailma, joka on jollain tavalla erityisen merkittävä ja siksi tärkeä huomioida. Sen toteutuminen voi olla erittäin toivottavaa tai täysin katastrofaalista. Tyypillisesti yhteisön toimintaa kuvaavat skenaariot keskittyvät toivottuihin tai todennäköisiin tulevaisuuspolkuihin, mutta asialle vihkiytyneen tulevaisuudentutkimuksen tarkoitus on nostaa esiin myös tulevaisuuspolut, jotka johtavat halutuimpia tai pelätyimpiä mahdollisia maailmoja kohti. Tulevaisuudentutkija toimii yhteistyössä niiden rinnalla, joiden tulevaisuudesta on kyse, ja kehittää strategioita ja suosituksia skenaarioihin liittyen. (Kamppinen, Kuusi et al. 2002) Mahdollisista maailmoista hankitaan tietoa mm. heikkojen signaalien, trendien ja megatrendien avulla, ja näiden tekijöiden kartoitukseen on puolestaan runsaasti menetelmiä, joita esitellään myöhemmin tässä luvussa. Tässä työssä esimerkiksi tieteellisen ja teknisen tiedon kertyminen on megatrendi, joka on ollut olemassa jo vuosisatoja, ellei vuosituhansia, mutta se tulee vaikuttamaan useisiin tapahtumiin tulevaisuudessakin ratkaisevasti. (Kahn 1979) Nykytilaa puolestaan kuvaa väestön vanheneminen kehittyneissä maissa ja tämä trendi jatkunee tulevaisuudessakin. Heikkojen signaalien tunnistaminen sen sijaan on mutkikkaampaa, sillä niillä ei ole vielä selvästi näkyvää merkitystä nykyhetkessä. Heikko signaali on kuitenkin siinä mielessä erityisen arvokas, että sen huomaaminen ja tunnistaminen ennen ketään muuta antaa löytäjälle erityisen suuren etumatkan muihin ja mahdollisuuden kehittää jotain täysin uutta. (Coffman 1997)

Kuten jo alussa tuli esille, tulevaisuudentutkimuksen keskeinen näkökulma on, että tulevaan on ja on oltava mahdollista vaikuttaa. Tutkimuksen avulla on mahdollista kuvaila todennäköinen mahdollinen maailma, joka voi erota toivottavasta tulevaisuudesta ja selvityksen jälkeen on ratkaistava, millä teoilla todennäköinen on mahdollista korvata paremmalla mahdollisuudella. Ratkaisumalleja on karkeasti jaoteltuna kolme. Opportunistisella päätöksenteolla päädytään toimintoon, jonka

hyödyt on nähtävissä kaikista läheisimmässä, melko varmasti ennustettavissa olevassa tulevaisuudessa. Alun sotaesimerkissä yksittäisen hyökkäyksen organisoiminen ja aloittaminen perustuu opportunistiseen näkökulmaan, eikä taisteluun ryhdytä, mikäli edellytykset koetaan heikoiksi. Samoin evoluutio ja yritysten lyhyen tähtäimen voitonmaksimointi ovat esimerkkejä opportunistista. Strateginen päätöksenteko ulottuu hieman kauemmas kuin opportunistinen. Ennakoinnin epävarmuustekijöiden tulee kuitenkin olla edelleen kohtuullisessa mittakaavassa ja hallittavissa. Strateginen toiminta saattaa toteutushetkellä jopa estää lähimpiin mahdollisuuksiin tarttumista tai voiton tavoittelua. Sodan toinen osapuoli voi päättää aloittaa projektin, joka onnistuessaankin tuottaa suuria tappioita, eliminoidakseen vihollisen ratkaisevan keskuspaikan. Lopputuloksena on kuitenkin opportunistisen toiminnan kannalta edullisten tilanteiden huomattava lisääntyminen, vaikka sen luominen vaatisikin menetyksiä. Yrity maailmassa strateginen päätöksenteko voi esimerkiksi johtaa voimavarojen yhteiskäytön ja rakenteiden muutokseen, mikä tapahtumahetkellä pikemminkin kuluttaa resursseja, mutta lopulta tehostaa voimavarojen hyödyntämistä. Visionäärinen päätöksenteko on 90-luvun jälkeisen maailman ilmiö, joka johtuu teknologian, yhteiskunnan ja maailmankuvien muutosnopeudesta. Nykyajalle on ominaista, ettei aiemmilla menestyksillä ole merkitystä, vaan vanhat saavutukset menetetään ilman uusien mahdollisuuksien ymmärtämistä ja osaamisen ja tiedon kehittämisessä mukana olemista. Ei riitä olemassa olevien resurssien hyödyntäminen tai niiden uudelleenjärjestely, vaan on hankittava täysin uudenlaisia resursseja. Visionäärinen toimintamalli ei kuitenkaan korvaa strategista toimintaa, kuten ei strateginenkaan korvaa opportunistista, mutta se luo strategiselle päätöksenteolle proaktiiviset edellytykset. Haastavaksi asian tekee se, ettei tulevista tarpeista ole nykyhetkessä vielä kaikkea olennaista tietoa. Visionäärinen päätöksenteko vaatiikin tuekseen ennakoitua ja kauaskantoista tulevaisuudentutkimusta. (Kamppinen, Kuusi et al. 2002)

Toisaalta riittäisikö päätöksentekoon yhden johtavan henkilön visio tulevasta? Jos tarkastellaan määritelmää visiosta hieman tarkemmin, huomataan, että visio on haavekuva ja parhaimmillaankin vain valistunut näkemys yksittäisestä asiasta. Yksilön visio ei siten välttämättä ole luotettava visionäärisen päätöksen lähde. Siksi onnistuneen päätöksenteon tueksi tarvitaan kattavampaa ennakoitua. Se vaatii syvää käsitystä tulevista teknologioista, väestötiedoista, säännöksistä ja elämäntyyleistä ja niiden tietojen hyödyntämistä luovaan suunnitteluun. Ennakointiin tarvitaan siten useita visioita kattavasti koko käsiteltävän aiheen alalta. Yrityksissä viisaus tässä asiassa ei piile vain yritysjohdossa, vaan näkemys syntyy koko organisaation kaikissa kerroksissa ja sen mukana myös visionäärisen päätöksen vahvuus. Kun koko organisaatio kaikkine tasoineen osallistuu tavoitemallin luomiseen, se sitouttaa koko työyhteisön myös noudattamaan päätöstä. (Hamel, Prahalad 1994) Akateemisessa maailmassa tätä voidaan verrata siihen, ettei ennakoinnin ja tulevaisuuden visioinnin tulisi olla tutkimuksen rahoittajien yksinoikeudella päätettävissä, vaan sen tulisi muodostua tutkijoiden näkemyksiä kuunnellen. Samalla vertaus osoittaa visionäärisen johtamisen haasteen tiedeyhteisössä. Vaikka yksittäisessä maassa tehtävän tutkimuksen vaikuttavuutta, hyödynnettävyyttä ja tuloksellisuutta saataisiin parannettua sen johtamisella, on hyvin vaikea rajata keitä yhteisöön kuuluu ja siten, keiltä visioita tulisi kysyä. Kun huomioidaan lisäksi kansainvälisyys yhteisössä, jonka lähtökohtaisesti



tulisi mieluummin tehdä yhteistyötä kuin kilpailla keskenään monimutkaistuu asia entisestään. Vertailun vuoksi esimerkiksi yrityksissähän kansainvälinenkin toiminta on edelleen varsin yhtenäistä työskentelyä tietyin kokonaisuuden sisällä.

## 4.2 Tulevaisuudentutkimusmenetelmät ja niiden haasteet

Ennustajalle esitetään tyypillisesti kysymykset ”mitä minulle tulee tapahtumaan”, ”missä aikataulussa tämä tapahtuu” ja ”miten voin parantaa mahdollisuuksiani selvitä”. Tulevaisuudentutkimukselle esitettävät kysymykset eivät juuri poikkea tästä. Siksi onkin kehitetty runsaasti erilaisia menetelmiä, jotta näihin kaikkiin kysymyksiin voitaisiin vastata, vaikka, kuten edellä on kerrottu, tavoite ei olekaan ennustaa absoluuttisia totuuksia. Kysymysten ongelmana on, etteivät ne useinkaan ole lähtökohtaisesti hyvin määritettyjä tai rajattuja. Niinpä ensimmäinen tehtävä tulevaisuudentutkimuksessa on selvittää, mitkä ovat todelliset ”oikeat” tutkimuskysymykset, joihin vastaaminen antaa lopulta tietoa myös edellä esitetyistä ”otsikkokysymyksistä”. Riippuen siitä, millainen synteesi kysymysten uudelleenmuotoiluun valitaan ja keitä pohdintoihin osallistuu, voidaan lopulta päätyä hyvin erilaisiin kysymyksenasetteluihin. (Simmonds 1977) Kysymyksistä ensimmäiseen lienee monipuolisimmin tapoja tarttua. Teknologian tapauksessa voi esimerkiksi seurata kyseessä olevaan asiaan liittyvän alan julkaisuja, ja siten tunnistaa heikkoja signaaleja tulevasta tieteellisistä murroksista. On mahdollista tiedustella yleisön mielipidettä ja tyytyväisyyttä olemassa oleviin ratkaisuihin, sillä on todennäköistä, että uuden tarpeen ilmetessä siihen pyritään kehittämään ratkaisu. Voi myös haastatella asiaan vihkiytyneitä asiantuntijoita, selvittää jo tapahtuneiden ilmiöiden trendejä ja ekstrapoloida niitä eteenpäin, laatia analogioita muihin teknologioihin tai jopa silmällä fiktiivisiä lähteitä tai marginaaliryhmien julkaisuja. (Lang 1995, Weingand 1995) Eri menetelmien yhdistäminen kasvattaa mahdollisten maailmojen määrää ja monisyisyyttä, mutta usean menetelmän tarkoituksenmukainen yhdistäminen yksittäisessä tutkimuksessa on silti harvinaista. Eräs syy voi olla epävarmuus, jonka epäillään syntyvän useiden, monesti kvalitatiivisten menetelmien virhelähteiden kertymisestä. (Popper 2008) Toisaalta rajatun menetelmävalikoiman hyödyntäminen myös säästää resursseja, sillä loputtoman kirkkaasti kuvailtu mahdollinen maailma on edelleen vain mahdollisuus. Epätoivotun tulevaisuuden välttämiseen tarvittavat toimenpiteet sen sijaan voidaan perustaa jo hyvin argumentoituun, mutta vähemmän kristallisoituun tulevaisuudenkuvaan.

Aikataulujen selvittäminen on epäilemättä vielä haastavampaa kuin mahdollisten maailmojen kartoittaminen. Arvioinnissa voi hyödyntää trendien ekstrapolointia, ja, kuten komponenttien tehokkuuden kehitystä kuvaava Mooren laki osoittaa, se toimii jossain tapauksissa varsin hyvin. (Schaller 1997) Toinen vaihtoehto on eri tavoin toteutetut haastattelut, joiden kohteena ainakin teknologian ja tutkimuksen ollessa kyseessä valistuneimpia lienevät alan asiantuntijat. Maallikot tuovat toisaalta esiin yleisön asenteita ja odotuksia, jotka ovat puolestaan aiheeseensa tottuneille asiantuntijoille etäisiä. Vaikka Mooren laki on toteutunut hämmästyttävän hyvin keksimisestään 60-luvulla lähtien, ja sitä pidetäänkin ajoittain itsensä toteuttaneena, yleisempää on, että aika-arviot osuvat jossain määrin pieleen. (Schaller 1997) Eräs syy on inhimilliselle ajattelulle ominainen optimistisuus asioille, joiden ratkaisun avaimet

ovat jollain lailla nähtävissä. Niinpä asia, joka todellisuudessa realisoituu esimerkiksi kymmenessä vuodessa, arvioidaan herkemmin tapahtuvan jo viiden vuoden sisään, sillä ratkaisu on nähtävissä, mutta kaikki kehityksen esteet välttämättä eivät. Sen sijaan ongelma, jolle ei ole nykytietämyksellä ja -osaamisella nähtävissä ratkaisua, arvioidaan ratkaistavaksi vasta useidenkin kymmenien vuosien päästä. (Linstone 1977) Käytännössä viidenkin vuoden kuluessa voisi kuitenkin tapahtua merkittävä läpimurto, jonka ansiosta haaste on ylitettävissä kymmenessä vuodessa. Esimerkiksi kappaleessa 3.4.2 kuvailluissa, vuonna 2005 julkaistuissa terveysteknologian tulevissa ratkaisuisissa monen hoidon ennakoitiin toteutuvan jo tämän vuoden aikana. Prionien aiheuttamien tautien, kuten Creutzfeldt Jacobin taudin, oli ennakoitu olevan hoidettavissa mahdollisesti jo vuonna 2010. Toisaalta ajatusta keinoälyn luomisesta biologisen hermoston ja mikropiirien kokonaisuutena pidettiin varsin kaukaisena. (Braun 2005) Memristorien yhtäkkinen realisoituminen vuonna 2008 saattaisi kuitenkin muuttaa tätäkin näkökulmaa, sillä memristorit ovat elektronisia nanoteknologian menetelmin valmistettuja komponentteja, joiden uskotaan toimivan käytännössä hyvin samankaltaisesti kuin aivojen hermosolujen. (Strukov, Snider et al. 2008)

Kysymykseen menettelytavoista, jotta ennakoidusta tulevaisuudesta tulisi sen kokeville mahdollisimman edullinen, haetaan vastausta analogioista ja ennen kaikkea asiantuntijaryhmien haastatteluista. Olennaista on, että tulevaisuuspolussa tunnistetaan keskeisimmät muuttujat ja solmukohdat ja päätöksenteko ja toimenpiteet keskitetään niihin. Tätä mielenkiintoista aihetta käsitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa eri menetelmäkuvausten yhteydessä ja omassa osiossaan viimeisessä kappaleessa. Esimerkiksi eduskunnassa tehdyssä geronteknologia- eli vanhusten itsenäistä asumista tukevan teknologian selvityksessä osoittautui, ettei keskeinen kysymys tulevien geronteknologiaa koskevien lainsäädäntöjen ja poliittisten valintojen tekemisessä ole niinkään asiaan liittyvien teknologioiden saatavuus tai hyväksyttävyyys, vaan vanhusten itsenäisyyteen liittyvät muut tekijät. Näitä olivat esimerkiksi kysymykset suurten ikäluokkien eläkkeelle siirtymisen nopeudesta ja eläkkeellä olevan väestön aktiivisuudesta. Niinpä todettiin, että poliittinen päätöksenteko tulisi keskittää esimerkiksi tukemaan eläkkeelle siirtymistä lähestyvien työntekijöiden jaksamista ja hyvinvointia tai kannustamaan vanhusten parissa tehtävää vapaaehtoistyötä. (Kuusi 2001) Tällaiset toimenpiteet voivat edistää yhteiskunnallisesti osallistavan ja yhteisöllisyyttä tukevan maailman muodostumista yksinäisiä kansalaisia sisältävän ja ammattimaiseen palveluntarjontaan nojaavan maailman sijaan. Vanhusten vahva ja vapaaehtoinen tukiverkosto puolestaan voi lopulta vähentää geronteknologian tarvetta tai muuttaa tarvittavan teknologian ominaisuuksia, mutta tämä ei toisaalta ole vain huono uutinen alan teknologiaan erikoistuneille yrityksille. Kenties tulevaisuuskuva ja siihen pyrkiminen johtavat yritystenkin toimintaa monipuolisempaan suuntaan tai kertovat vähemmän kilpailusta tulevaisuudesta. Olennaisten kysymysten ja muuttujien tunnistaminen on yksi tulevaisuudentutkimuksen haastavimmista tehtävistä, ja myös tähän on kehitetty useita työkaluja, kuten tulevaisuustaulujen ja -karttojen tekeminen. (Kamppinen, Kuusi et al. 2002)

Ennen kuin siirrytään esittelemään tulevaisuudentutkimuksen menetelmiä seuraavissa kappaleissa, on syytä korostaa, ettei kappaleenjako noudata valmista menetelmäluokittelua ja ettei lista menetelmistä ole suinkaan kaikenkattava. Riippuen

tutkimuksen lähtökohtaisista tavoitteista voidaan yhtä tutkimustekniikkaa hyödyntää pienimuotoisesti, jotta saavutetaan materiaalia suuremman menetelmän pohjaksi. Hyvä esimerkki on skenaariotutkimus, missä erilaisin keinoin, kuten ekstrapolointi- tai arviointimenetelmin (*engl. judgement methods*) selvitetään ensin mahdollisia maailmoja, minkä jälkeen keskeisimmistä löydöksistä luodaan kuvailevat tarinat, skenaariot. Bishop ja kumppanit (2007) tekivät merkittävän työn verratessaan tulevaisuudentutkimuksesta julkaistujen kirjojen, tieteellisten julkaisujen, verkkomateriaalien ja kokoelmien tekniikoita keskenään tavoitteenaan luokitella skenaariomenetelmissä käytettäviä tutkimustekniikoita. He päätyivät kahdeksaan luokkaan, joista kukin sisälsi 2 – 4 variaatiota, mutta tämäkään lista ei tuonut selkeyttä koko tieteenalan menetelmiin. Luokittelut sisälsivät tämän työn kannalta vähemmän merkittäviä osia ja toisaalta keskeisiä myös puuttui. Siksi tässä yhteydessä on päädytty alla olevaan kappaleenjakoan, jonka tavoitteena ei ole niinkään luokitella tulevaisuudentutkimusmenetelmiä, kuin kattaa tulevaisuudentutkimuksen linjojen ääripäitä, kuten menneestä tulevaan katsovan ja tulevaisuudesta takaisin nykyisyyteen peilaavan näkökulman, kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia menettelyjä, ryhmästä ja yksilöistä kumpuavia mielipiteitä ja perehtymistä suuriin muutoksiin ja vaikeasti havaittaviin yksityiskohtiin. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty 11 yleisimmin käytettyä tulevaisuudentutkimusmenetelmää ja niiden yhdistelyn yleisyys Rafael Popperin mukaan. (Popper 2008) Analyysi perustuu 886 tulevaisuudentutkimusartikkeliin. Nämä yleisimmät menetelmät on vähintään lyhyesti esitelty seuraavissa kappaleissa.

**Taulukko 1.** Taulukossa on esitetty 14 eniten käytetyn tulevaisuudentutkimusmenetelmän käyttö toistensa rinnalla. Pääasiallisesti käytetyt menetelmät on sijoitettu allekkain ja niiden rinnalla käytetyt ovat vierekkäin. "Itsensä" kohdalle on merkitty tutkimusten määrä, joissa tekniikkaa on käytetty pääasiallisena. Merkintä EK = erittäin korkea kertoo hyvin yleisestä käyttöasteesta, K = korkea kertoo yleisestä käytöstä ja M=mainittava kertoo mainitsemisen arvoisesta, muttei enää korkeasta käyttöasteesta. (Popper 2008)

Menetelmä	Kirjallisuuskatsaus	Asiantuntijapaneeli	Skenaariot	Trendien ekstrapolointi	Tulevaisuustyöpaja	Aivoriihi	Muut menetelmät	Haastattelut	Delfoi	Avainteknologiat	Kyselyt	Ympäristön kartoitus	Esseet	SWOT analyysi
Kirjallisuuskatsaus	477	K	K	K	M	M	M	M		M				
Asiantuntijapaneeli	EK	440	M	M	M	M		M	M	M				
Skenaariot	K	K	372	K	M	M	M							
Trendien ekstrapolointi	EK	EK	EK	223	M	M	M	M		M	M	M	M	
Tulevaisuustyöpaja	EK	EK	K	M	216	M	M			M				
Aivoriihi	EK	EK	K	M	K	169	K	M	M	M	M	M		M
Muut menetelmät	EK	K	K	M	K	K	157	M	M	M	M	M		M
Haastattelut	EK	EK	K	K	M	M	M	154			K	M		M
Delfoi	EK	EK	M	M	M	K	M		137	M	M	M		
Avainteknologiat	EK	EK	M	K	M	M	M	M	M	133		M		M
Kyselyt	K	EK	K	K	M	M	M	K	M		133	M		M
Ympäristön kartoitus	EK	EK	K	K	M	K	EK	M	M	M	M	124	M	M
Esseet	K	K	K	K	M	M	M	M				M	119	
SWOT-analyysi	EK	K	K	M	K	K	EK	M	M	M	M	M		101

#### 4.2.1 Ekstrapolointi menneestä tulevaan

Ekstrapolointimenetelmissä valitaan jokin nykyisyydessä jo selkeästi havaittavissa oleva trendi, josta on myös mennyttä tietoa, ja pyritään arvioimaan, millä tavoin trendi jatkuu tulevaisuudessa. Usein ennakkoinnissa hyödynnetään matemaattisia menetelmiä ja tavoitteena edistyneemmissä versioissa on löytää S-käyrä, jolle menneet arvot asettuvat parhaiten. (Miles 2002) Jo vuonna 1979 Herman Kahn (1979) muodosti 14 trendin listan, joiden vaikutusten totesi ohjanneen maailman kehitystä jo vuosisatoja ja joiden uskoi vielä pitkään olevan merkittävimmät ajavat voimat maailman tapahtumissa. Listalla esitetty trendi oli esimerkiksi, että tieteellinen ja tekninen tieto lisääntyy. Fysiikan ja matematiikan lait kattavatkin jo suuren osan maailman tuntemusta, biologisten teorioiden ilmeneminen on puolestaan käynnissä, mutta sosiaalisten tieteiden käsittely pohjautuu edelleen empiiriseen tietoon. Kahn uskoi myös, että toimenpiteiden makrovaikutuksiin tullaan kiinnittämään yhä enemmän huomiota. Kestävän kehityksen aate ja huoli maapallon resurssien riittävydestä leviääkin maailmalla nopeasti. Megatrendilistoja on sittemmin tehty vielä useita, paikoitellen suppeampaan kontekstiin sijoitettuna, sillä vaikka ne ovat moniin muihin tapahtumiin nähden verrattain vakiintuneita ilmiöitä, ne eivät koskaan voi muuttua täysin pysyviksi. Esimerkiksi Kahnin listalla mainittu maapallon väestömäärän kasvaminen loputtomiin aiheuttaisi loogisen järjettömyyden, jonka mukaan ihmisten yhteenlaskettu massa kasvaisi lopulta maapallon massaa suuremmaksi. (Kamppinen,

Kuusi et al. 2002) Näiden megatrendien lisäksi tulevaisuudentutkimuksessa kartoitetaan myös vaikutuksiltaan suppeampia tai paikallisempia trendejä.

Yksinkertainen tai ns. naiivi ekstrapolointi antaa lopputulokseksi yhden mahdollisen maailman, jossa nykyiset muutostekijät ovat edenneet tulevaan ajanhetkeen asti muuttumattomina. Tulevaisuus ei tällöin riipu ulkoisista tekijöistä, vaan ainoastaan muuttujasta itsestään. (Bell 2003) Yksinkertainen tulos on esimerkiksi tässäkin työssä mainittu huoltosuhde, mikäli se on muodostettu ekstrapoloimalla ikääntyvän väestön määrä ja nykyinen syntyvyys olettaen, etteivät valtion toimet syntyvyyden kasvattamiseksi onnistu, ettei maahanmuuttajien määrä lisäännä radikaalisti ja ettei merkittävimpiin kuolinsyihin tule suuria muutoksia. Mikäli näitä asioita sen sijaan ryhdytään huomioimaan, siirrytään edistyneempiin menetelmiin. *Trendivaikuttavuusanalyysi* (engl. *trend-impact analysis, TIA*) kehitettiin, jotta tulevat muutokset voitaisiin huomioida menneen datan jatkamisessa nykyisyyteen. Menetelmässä kerätään lista tekijöistä, jotka mahdollisesti aiheuttavat poikkeamia käyrän suuntaan. Tämän jälkeen asiantuntijoilta kerätään lausunnot, joiden perusteella arvioidaan todennäköisyydet kunkin tekijän tapahtumiselle ja sitä kautta tekijän vaikutukset tutkittavaan trendiin. Edelleen TIA:sta kehittyneempi versio on *ristikkäisvaikuttavuusanalyysi* (engl. *cross-impact analysis, CIA*), jossa todennäköisyyksien asettaminen ei jää asiantuntijoiden ensimmäisten arvioiden varaan. Sen sijaan eri tapahtumien todennäköisyyksiä arvioidaan useaan kertaan esimerkiksi ristikkäisvaikuttavuusmatriisin avulla tapauksissa, jossa muut tapahtumat eivät toteudu tai joissa ne toteutuvat. (Bradfield, Wright et al. 2005) Lisäksi arvioitavat muuttujat ovat kvalitatiivisia, vaikka asiantuntijat antavat niiden tapahtumisen todennäköisyyksille kvantitatiivisia arvioita. Menetelmän etuna saavutetaan siis monipuolisempien muuttujien käsittely niiden riippumatta toisistaan. Ongelmana puolestaan on, että asiantuntijoiden on tehtävä monta vaikeaa arviota eri tapahtumien yhdistelmästä. Siksi käsiteltävien muuttujien määrä rajataan vain keskeisimpiin, mutta samalla muuttujien valinnasta tulee kriittinen tekijä menetelmän onnistumiselle. Lisäksi kaikki ekstrapolointimenetelmät ovat ainakin osittain kvantitatiivisia ja kvalitatiivisille lausunnoille annetaan usein numeerisia arvoja. Tulevaisuudentutkimuksessa käytettäville kvantitatiivisille menetelmille yhteisiä haasteita onkin toisaalta niiden tekijöiden huomioiminen, joita on vaikea esittää numeerisessa muodossa ja toisaalta liiallisen painoarvon antaminen numeerisille tuloksille, jotka kuitenkin on muodostettu vain arvioiden pohjalta. (Bell 2003, Miles 2002)

#### **4.2.2 Kuvaus tulevasta muokkaamassa nykyisyyttä**

*Skenaariosuunnittelu* määrittää mm. organisaation sisäisesti yhtenäisen näkemyksen muodostamiseksi siitä, millainen tulevaisuus tulee olemaan. Toisaalta se on myös järjestelmällinen metodologia, jonka avulla kuvitellaan mahdollisia maailmoja, joiden puitteisiin organisaation tämänhetkisiä päätöksiä voidaan heijastella. Määritelmiä on useita, mutta niiden yhteinen tekijä on, ettei skenaarioiden laadinnassa tavoitella oikean vastauksen löytämistä. (Chermack, Lynham et al. 2001) Skenaariosuunnittelu kehitettiin alun perin yritysten strategiasuunnittelun osaksi. Perinteisen ennakoinnin lähtöolettamuksena on, että muutoksen siemenet on nähtävissä jo nyt ja että maailma on tulevaisuudessa lopulta melko samanlainen kuin nykyisinkin. Periaatteessa tämä on

tottakin, sillä vaikka muutoksia tulee, kaikki niistä eivät yleensä toteudu kerralla. Vaikka käytössämme on internet, matkapuhelimet ja ydinvoima, maailma on monessa mielessä edelleen samanlainen kuin 1950-luvulla. (Bishop, Hines et al. 2007) Kuitenkin yksittäisen yrityksen kannalta tällainen liaksi menneen jatkumoihin tukeutuva ennakointi jättää huomiotta juuri kriittiset tekijät, joiden realisoituminen muuttaa liiketoiminnan edellytyksiä radikaalisti. Skenaariosuunnittelulla tavoitellaankin epävarmuuden huomioimista strategisessa suunnittelussa. (Huss, Honton 1987) Niinpä tärkeää ei ole todellisen tulevaisuuden ennustaminen, vaan nykyisten kaavojen kyseenalaistaminen, ajatusmallien ravistelu ja sellaisten mahdollisuuksien ja uhkien tuominen esiin, joita ei ”nykytietämyksen valossa” voi havaita. Onnistuneimmillaan skenaariosuunnittelu palauttaa strategisen ajattelun samalle tasolle, jota tarvitaan uuden yrityksen perustamisessa, ja vapauttaa johtajat aloittamaan alusta ja tarttumaan mahdollisuuksiin ennakkoluulottomasti. (Chermack, Lynham et al. 2001)

Skenaariosuunnittelu on monivaiheinen ja haastava prosessi, minkä vuoksi se on nykyisissä yrityksissä usein ulkoistettu konsulttien tehtäväksi. Kun yrityksen liikeidea ja sen tärkeimmät epävarmuudet on määritetty, pyritään tuo idea sijoittamaan vaihtoehtoisiiin maailmoihin, joissa sen tulisi toimia, skenaarioihin. Työ alkaa mahdollisten maailmojen kartoittamisella, mihin edelleen hyödynnetään monipuolisia tekniikoita. Edellisessä kappaleessa kuvaillut yksinkertaiset ekstrapolointimenetelmät antavat eräänlaisen referenssiskenaarion. Vaikka osa sen pohjalla olevista oletuksista osoittautuu väistämättä vääräksi, se on nykyhetkestä tarkasteltuna kaikkein uskottavin mahdollinen tulevaisuus, sillä osa sen ennakoimista tapahtumista toteutuu melkein varmasti. (Bishop, Hines et al. 2007) Edistyneempiä ekstrapolointimenetelmiä voi hyödyntää myös vaihtoehtoisten skenaarioiden muodostamisessa, sillä esimerkiksi ristikkäisvaikutusanalyysi tuottaa useita vaihtoehtoisia lopputuloksia, joihin trendit voivat tulevaisuudessa päätyä. Arviointimenetelmät (*engl. judgemental methods*) toimivat puolestaan luovempina skenaarioiden lähteinä. Menetelmät eivät sikäli ole kovin tieteellisiä, että ne eivät perustu erityisen vahvaan metodologiaan tai väitteiden todistamiseen. Mahdollisten maailmojen lähteinä ne ovat kuitenkin arvokkaita, sillä ne tuovat esiin ajatuksia, joita kukaan ei tulisi ajatelleeksi ainakaan rajoitettuna nykyolettamuksilla mahdottomasta ja mahdollisesta. Menetelmät vaihtelevat nerokkaan yksilön intuitiota hyödyntävistä roolipelaamiseen ja jopa meditointiin. (Bradfield, Wright et al. 2005)

Yleensä mahdollisia maailmoja kartoittaa ennakkoluuloton skenaariotiimi, joka kerää myös kirjallisuustietoa alasta ja tätä kautta hakee erityisiä asiantuntijoita, jotka eivät ole jo valmiiksi kontaktissa asiakasyritykseen tai käynnissä olevaan prosessiin. Näiden akateemisten, taiteellisten tai talouden johtohahmojen vetämänä järjestetään sitten työpaja, jossa ulkopuolinen näkökulma yhdistetään muilla keinoin kerättyyn tietoon mahdollisista maailmoista. Prosessi on usein turhauttava, mutta vapauttaa alitajunnan, minkä seurauksena se tuottaa lopulta uudenlaisia alustavia skenaarioita. Tämän jälkeen skenaarioita jäsennellään helpommin käsiteltävään muotoon, esimerkiksi *aivoriihen* avulla. Siinä skenaariotiimi kokoontuu tarkastelemaan alustavia skenaarioita yhä uusista näkökulmista ja hakemaan uusia ajatuksia niiden pohjalta. Olennaista on, ettei viljeläkään ideoita tässä vaiheessa torjuta. Niiden uskottavuutta tarkastellaan ja samalla

testataan, miten muutosvoimien muuttaminen vaikuttaa lopputulokseen. Prosessin päätteeksi toivottava tulos on, että on saatu luotua vähintään kaksi uskottavaa skenaariota. Niissä ei saa olla sisäisiä ristiriitoja, niiden on vastattava asiakasta huolettaviin kysymyksiin ja niiden on tuotettava uudenlainen näkökulma ja mahdollisuus, jollaista ei muuten olisi nähty. Keskeistä skenaarioiden vaikuttavuuden kannalta on usko siihen, että tulevaisuuden on mahdollista avautua kaikkina annettuina vaihtoehtoina. Vain siten muutoksista päättävien vanhat oletukset tulevat rikotuiksi. Arvio sopivasta skenaarioiden tai tulevaisuutta kuvaavien erilaisten tarinoiden määrästä vaihtelee kolmen ja neljän välillä. Kuvausten on sisällettävä ainakin todennäköisin, ja siten yllätyksetön tarina ja sen rinnalla kaksi vaihtoehtoista maailmaa, joissa kriittiset epävarmuustekijät ovat realisoituneet eri tavoin. (Chermack, Lynham et al. 2001) Edellisessä luvussa esitellyistä neljästä terveysteknologian kehittymistä kuvaavista skenaarioista ensimmäinen on kenties referenssi, sillä siinä tilanne muistuttaa eniten nyky maailmaa. Teknologialta odotetaan valtavia saavutuksia, mutta tuloksia tulee vain hitaasti jos lainkaan. Sen sijaan kolmas skenaario vaikuttaisi vähiten todennäköiseltä. Tuntuu hullulta ajatukselta, että yhteiskunta kieltäytyisi hyödyntämästä hoitoja, jotka ovat selvästi entisiä parempia ja ratkaisisivat valtavia ongelmia. Kuitenkin tämä tarina valpastuttaa huomioimaan tiedottamisen ja terveysteknologian julkisuuskuvan, jotta maailmalta varmasti välttyttäisiin. Skenaariosuunnittelu muuntaa siten tulevaisuuden tietoa nykyisiksi toimiksi.

#### 4.2.3 Heikot signaalit

*Heikkojen signaalien* määrittelyssä on ehkäpä vielä enemmän epäselvyyttä kuin skenaariosuunnittelun. Elina Hiltunen (2008) kokosi aiempaa työtä ja määrittä nimityksen tilalle käsitteen *heikko merkki* (engl. *weak future sign*), sillä periaatteessa signaalille tulisi olla lähettäjä, jota ei voi käytännössä olla tulevaisuuden ollessa kyseessä. Tässä yhteydessä käytetään molempia ilmauksia toistensa synonyymeinä, sillä heikko signaali on kirjallisuudessa toistaiseksi yleisempi, ja heikko merkki puolestaan semantiikaltaan perustellumpi. Olennaista kuitenkin on, että heikko merkki tai signaali tulevaisuudesta on joko vaikeasti havaittava ilmiö, jolloin sen esiin kaivaminen vaatii työtä, tai sen seuraukset on vaikea hahmottaa. Esimerkiksi edellisessä kappaleessa mainitun memristorin keksiminen on yleisesti nähtävillä oleva merkki, mutta toistaiseksi ei tiedetä, tuleeko se varmasti mullistamaan tulevien tietokoneiden ja muiden tietokonepohjaisten, elektronisten laitteiden suorituskyvyn. Toisaalta signaali voi olla pitkäkestoinen, jolloin se tyypillisesti on tuleva trendi itse, mutta vasta alustavassa muodossaan, tai se voi olla lyhytkestoinen, jolloin se vain varottaa alkavasta muutoksesta muissa trendeissä. Kaikkine määritelmineen heikkojen signaalien tai merkkien tunnistaminen on vaikeaa, sillä ne peittyvät helposti muun tiedon alle. Yleensä heikon merkin havaitsee, osoittaa tai ottaa käyttöön joukko ennakkoluulottomia pioneereja, ja alkuun muu väestö on tietoisesti tai tiedostamattaan piittaamatta asiasta. Tämä myös osoittaa heikkojen merkkien hyödynnettävyyden kahtiajakoisuuden. Luonnolle on ominaista pyrkiä peittämään ja hylkäämään poikkeamat normaalista. Muutosta, josta merkki kertoo, halutaan herkästi vastustaa. Tästä näkökulmasta heikko merkki on varoitussignaali tulevasta, ja kun se havaitaan, seurauksena olevin toimenpitein pyritään estämään merkin kypsymistä täysimittaiseksi trendiksi. Toinen lähestymistapa on haravoida ympäristöstä heikkoja merkkejä

tavoitteena hyödyntää niiden tarjoamia mahdollisuuksia. Oikein tulkittu heikko merkki ja sen pohjalta aloitettu innovaatioprosessi tai kehityshanke antaa organisaatiolle huomattavan etulyöntiaseman kilpailijoihin nähden jo siksi, että heikkoon signaaliin tarttuva on ensimmäisenä markkinoilla. (Coffman 1997)

Heikkojen signaalien hyödyntämisessä on vastattava kahteen kysymykseen. Miten heikkoja signaaleja kartoitetaan ja miten arvioidaan heikon signaalin merkittävyyttä? *Ympäristön kartoittamisen (engl. environmental scanning)* konsepti tuo keinoja ensimmäiseen. Ympäristön kartoittamisen perustavoite on seurata järjestelmällisesti kirjallisuutta ja muita kommunikaatiomuotoja, jotta havaitaan nousevia ristiriitoja tai ilmiöitä. Kartoituksen kohteiksi valitaan kolme keskusta, välitön ympäristö, joka on tai on hyvin pian erityisen kiinnostava organisaation kannalta, todennäköinen ympäristö, joka ei parhaillaan ole huolenaihe, mutta myöhemmin todennäköisesti tulee olemaan, ja mahdollinen ympäristö, jossa heikot signaalit käytännössä sijaitsevat. Ympäristö voidaan edelleen käsittää joko asiaa koskevaksi, kuten teknologian tapauksessa tieteellinen ympäristö, tai asiaan välillisesti liittyväksi, kuten teknologiaa mahdollisesti vastustavien tai vaativien kansalaisjärjestöjen toiminta. Ympäristön kartoituksen kritiikki on lähtöisin toiminnan laajuudesta. Vaikka kartoitusta tekisivät useat henkilöt niin organisaation sisällä kuin sen ulkopuolellakin, on pakko tehdä rajauksia, mihin asioihin kiinnitetään huomiota, mitä materiaalia seulotaan ja miten kauas menneisyyteen kartoitus ulotetaan. Itse asiassa sen sijaan että ympäristön kartoitusta hyödynnetään heikkojen merkkien etsimiseen, asetelma on mielekästä kääntää toisinpäin ja hyödyntää heikkojen signaalien hakemista rajoittamaan ympäristön kartoitusta ja korostamaan työn tavoitetta koko prosessin ajan. Muutoin seurauksena materiaalia syntyy helposti liikaa, jolloin tutkijallekin on luontaista hakea omaa näkemystä jo tukevia aineistoja, ja todelliset poikkeavuudet, heikot merkit jäävät huomioimatta. (Lang 1995) Toiseen kysymykseen on mahdollista hakea tukea mm. *esseistä* ja skenaarioista. Idea on, että epäilytyään törmänneensä heikkoon signaaliin tutkija kasvattaa teeman skenaariosuunnittelun tai tarinankirjoituksen keinoin kokonaiseksi tulevaisuuden maailmaksi. Mitä rikkaampi ja monipuolisempi mahdollinen maailma on, sen helpompi siitä on löytää muita muutostarpeita, joita heikon merkin kypsyminen täyteen mittaansa vaatii. Näistä muutostarpeista muodostetaan sitten polku takaisin nykyisyyteen, jolloin voidaan arvioida alkuperäisen heikon signaalin arvoa. Lopputuloksena saatetaan todeta, ettei muita merkkejä tapahtuman toteutumisesta ole ja että kokonaisuudessaan toteutuminen on epätodennäköistä, jolloin idea voidaan hylätä. Toisaalta polun varren tapahtumista voidaan löytää muita olemassa olevia merkkejä, jotka saattavat vahvistaa ennakoitua mahdollisuutta tai tuoda tietoisuuteen täysin uusia mahdollisuuksia. On myös mahdollista, että tutkijat tulevat prosessin aikana keksineeksi jotain merkittävää ja luoneeksi itse heikon tulevaisuuden signaalin, jota seuraava uudelleenjärjestely tuo organisaatiolle kilpailuetua. (Coffman 1997) Kokonaisuudessaan heikkojen merkkien metsästyks on siten mitä suurimmassa määrin luovaa työtä, joka kuitenkin vaatii kurinalaisuutta ja järjestelmällisyyttä tapaan, jolla huomioitavia teemoja ja ympäristöjä valikoidaan.



#### 4.2.4 Asiantuntijat ja maallikot tulevaisuudenkuvailijoina

Monet tulevaisuudentutkimusmenetelmät perustuvat asiantuntijapaneeliin. Asiantuntijoiden motivoiminen ottamaan kantaa hänelle tuttuun asiaan on helpompaa kuin aiheeseen perehtymättömän. Samalla asiantuntijoiden muodostama paneeli itsessään rajaa käsiteltävän aiheen laajuutta ja toisaalta kaikki tuohon aiheeseen liittyvät seikat saadaan todennäköisesti koottua paremmin, kuin jos aihetta käsitteleviä satunnaisesti valittu maallikoiden joukko. Toisinaan satunnaisjoukossa tehtävät kartoitukset ovat toki paikallaan. Niiden arvo on, että asennoitumisesta tutkittavaan teemaan saadaan parempi kuva, sillä demokraattisessa yhteiskunnassa myös asiaan vihkiytymättömien mielipide vaikuttaa päätöksiin. Siten ei ole aina järkevää perustaa tulevaisuudentutkimusta vain teknokraattiseen otantaan. Toisaalta maallikko voi esittää idean, jollainen asiantuntijalle ei edes tule mieleen. Lisäksi erityisesti lainsäädännön ja muun säätelyn muutoshankkeita edeltävissä riskien kartoituksissa demokraattinen otanta on eduksi, sillä se lisää vahvistaa johdettujen toimenpiteiden hyväksyntää. (Møldrup, Morgall et al. 2002) *Tulevaisuustyöpajat (engl. future workshops)* kehitettiin alun perin juuri kansalaisryhmille, jotka halusivat mahdollisuuden vaikuttaa julkisiin päätöksiin, kuten kaupunkisuunnitteluun tai ympäristönsuojelutoimiin. Menetelmän tavoitteena on tuoda lisävaloa hankalaan tilanteeseen, luoda visioita tulevasta ja laatia toimintasuunnitelmia toteuttaa noita visioita. Osallistujien tulisi olla tilaisuudessa ns. samassa veneessä, eli aiheen olisi koskettava jokaista, heidän tulisi olla halukkaita muuttamaan tilannetta ja heillä tulee kollektiivisesti olla myös mahdollisuus tehdä muutoksia. Menetelmä jakautuu kolmeen osaan, kritiikki-, haaveilu- ja toteutusvaiheisiin. Ensimmäisessä vaiheessa tuodaan esiin asiaan liittyvät ristiriidat, toisessa mietitään vaihtoehtoisia jatkoja kysymykselle ”entä jos?” ja kolmannessa vaiheessa pohditaan, mitä resursseja muutosten toteuttaminen vaatii. Lisäksi kutakin vaihetta edeltää alustusjakso ja seuraa jatkoseuranta. (Kensing, Madsen 1991)

Asiantuntijapaneeli voi koostua monipuolisista osajista, jotka antavat yhteisen synteesin lopuksi yleisnäkemyksensä tutkittavaan aiheeseen, tai osajat voidaan jaotella sektoreihin, jotka keskittyvät kukin omaan teemaansa. Tällöinkin paneelin koostumuksen on oltava kunkin teeman ympärillä mahdollisimman monialainen. Kun yksittäisen asiantuntijan sijaan käytetään paneelia, saavutettuja keskeisimpiä etuja ovat useiden näkemysten esille tuominen ja sitä kautta luovuus mahdollisen maailman muodostuksessa ja olennaisten asioiden esille tuominen, kun valistuneita ajattelijoita on useita. Myös tulevaisuudentutkimuksen tulokset välittyvät nopeammin henkilöille, joita tieto todennäköisesti koskee. Toisaalta samalla asiantuntijapaneelien käytössä osallistujien valinta muodostuu kriittiseksi tekijäksi. Paneelin jäsenten tulisi olla taitavia ryhmäyöntekijöitä ja keskustella enemmän asiantuntijoina kuin intressiryhmien edustajina, sillä omien etujen puolustaminen ehkäisee tehokkaasti aitoa keskustelua. Joukon tulisi myös olla kerätty riittävän kattavasti aiheen kaikista sidosryhmistä, jotta tulokset eivät vääristyisi. Lisäksi tilaisuuksissa, joissa ihmisjoukko kohtaa kasvokkain, on todettu ryhmädynamiikasta johtuvia ongelmia. Ryhmän mielipidettä saattavat ohjata dominoivien yksilöiden kannanotot, keskustelu voi ajautua uraan, kun samaa asiaa pohditaan pitkään tai ristiriitatilannetta ei saada ratkaistua, koska osallistujat eivät ole halukkaita muuttamaan ääneen lausuttuja mielipiteitään. (Lang 1995, Jones, Hunter 1995, Gordon 1994) Paneeli tulisi myös motivoida

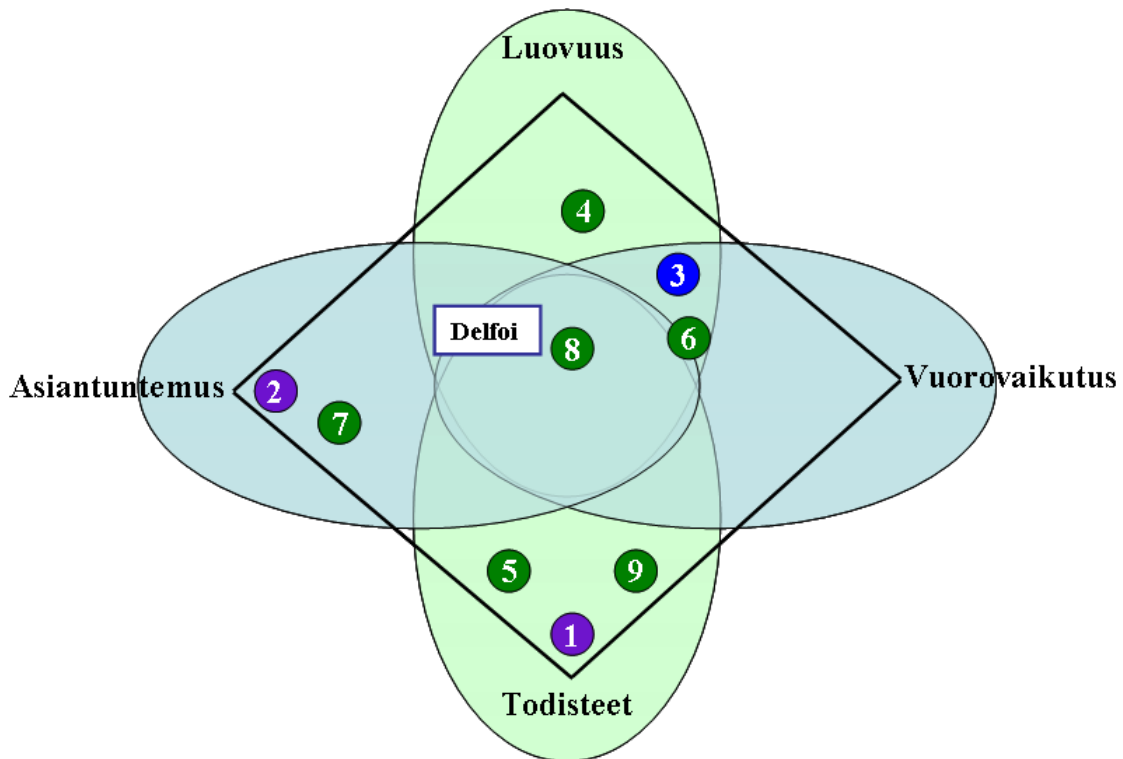
pysymään aiheessa, sillä liian vapaasti muodostettuja raportteja voi olla vaikea koostaa yhtenäiseksi tuotokseksi ja eri raportteja on vaikea verrata keskenään. Paneelityöskentelyn tuloksena voi syntyä raportti tietystä aihekokonaisuudesta tai lähtökohta muulla tavoin toteutettavalle tulevaisuudentutkimukselle tai tuotos voi myös olla tulevaisuudentutkimuksen lopputulos.

Myös asiantuntijapaneelisiin yhdistetään usein muita tulevaisuudentutkimustekniikoita, kuten aivoriihi, avainteknologioiden määrittäminen, Delfoi-menetelmä, tulevaisuustyöpaja ja monet muut. *SWOT-analyysi* on tehokas keino selvittää järjestelmällisesti, millaiset sisäiset ja ulkoiset tekijät vaikuttavat tutkittavaan aiheeseen positiivisesti ja negatiivisesti. Prosessissa hahmotellaan teeman vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat (*engl. strengths, weaknesses, opportunities, threats, SWOT*), tosin aikatarkastelu on usein suppeampi kuin muutoin tulevaisuudentutkimuksessa eikä asian kauaskantoisten vaikutusten selvittämistä siten painoteta. *SWOT-analyysiä* käytetäänkin usein suuremman tulevaisuudentutkimuksen alkukartoitukseen. Mahdollisuudet ja uhat priorisoidaan niiden tärkeyden ja todennäköisyyden suhteen ja vahvuudet ja heikkoudet näiden lisäksi myös vaikutusten merkittävyyden ja laaja-alaisuuden suhteen. Analyysin onnistuminen riippuu siitä, kuinka hyvin analyysiä tekevät ovat perillä organisaation sisäisistä asioista, kuinka avoimesti heikkouksia ollaan valmiita käsittelemään ja kuinka vahvasti uskotaan omiin vahvuuksiin. Jos taustalla on useita epäonnistumisia, saattaa samantyyppiseen toimintaan asennoituminen vakiintua pysyvästi liian varovaiseksi, jolloin tällaisten mahdollisuuksien osalta ei etsitä todisteita onnistumismahdollisuuksista tai niitä ei välttämättä edes kirjata. *SWOT-analyysiä* muistuttava *avainteknologioiden määrittäminen* (*engl. key technologies*) on puolestaan yksi asiantuntijapaneelin mahdollisesti hyödyntämä menetelmä, joka kuitenkin keskittyy nimenomaan teknologisten ja tieteellisten teemojen analysointiin. Tarkoituksena on tällöin selvittää, millaisten teknologioiden kehittäminen tai mitkä tieteelliset edistysaskeleet ovat kriittisiä valikoitujen tavoitteiden saavuttamisen kannalta. Näihin kriittisiin kohteisiin voidaan sitten kiinnittää erityishuomiota organisaation toiminnassa. Tutkimuksen tiukka rajautuminen teknologisiin teemoihin on kuitenkin samalla menetelmän heikkous. Vaarana on, että huomiotta jäävät myös teknologian kehityksen kannalta olennaiset sosiaaliset, yhteiskunnalliset ja taloudelliset näkökulmat. Lisäksi selvitykseen mukaan tulevat, kriittisinä pidetyt teknologiat valitaan tietyin kriteerein. Mikäli nuo kriteerit eivät ole selkeästi määritettyjä, tulee jokainen panelisti käyttäneeksi omaa arvomaailmaansa kriteerien muodostamiseen. Tällöin niiden vertaus on hankalaa ja panelistien henkilökohtaisten asenteiden vaikutus lopputulokseen kasvaa. (Miles 2002)

## **Delfoi**

Delfoi-menetelmä kehitettiin alun perin 1950 – 60 -luvulla RAND-yhtiössä Yhdysvalloissa ratkaisemaan kasvokkain toimivien asiantuntijapaneelien ongelmia. Tavoitteena oli mahdollistaa aito väittely, johon osallistujien luonteenpiirteet eivät pääsisi vaikuttamaan ja tämä saavutettiin paneelin jäsenten anonymiteetillä. Osallistujat eivät tieneet, keitä muita tutkimukseen osallistui. Toinen menetelmän mullistava ominaisuus oli, että äärimielipiteiden tueksi esitellyt perustelut muokattiin tutkimusta

järjestävässä ryhmässä siten, että voimakkaita mielenilmauksia ja toisaalta rauhallisempaa esitystapaa suosivien asiantuntijoiden mielipiteiden painoarvot tulivat lähemmäs toisiaan. Panelistit saivat tämän palautteen (*engl. feedback*) pohjalta pohtia kysymyksiä uudestaan ja muokata vastaustaan niin halutessaan. Nämä ominaisuudet, anonyymiys, palautteen antaminen ja useamman vastauskierroksen toteuttaminen, muodostavat myös Delfoin moninaisten nykymuotojen rungon. (Kamppinen, Kuusi et al. 2002, Gordon 1994) Usein suositellaan, että Delfoi-tutkimusta organisoisi useampi henkilö, eräänlainen seuraajaryhmä. Tällä tavoitellaan puolueettomuutta palautteen koostamiseen, sillä organisoijalla on suuri mahdollisuus vaikuttaa keskustelun etenemiseen ja ilmi tulevien asioiden korostumiseen. (Linstone, Turoff 1975) Otannat vaihtelevat alle kymmenestä osanottajasta jopa tuhansiin, mutta menetelmän tueksi ei ole laadittu kattavaa standardia paneelin optimaalisesta koosta. Siksi osallistujien määrä määräytyykin usein saatavilla olevien asiantuntijoiden määrästä ja perustuu empiiriseen tietämykseen. (Skulmoski, Hartman et al. 2007, Akins, Tolson et al. 2005) Erityisesti terveyteen liittyvässä tutkimuksessa Delfoi on kuitenkin runsaasti käytetty ja yleisesti hyväksytty menetelmä, sillä alan paras tietämys voidaan usein sijoittaa muutamien keskeisten asiantuntijoiden osalle, jolloin asiantuntevan ryhmän kokokin on suhteellisen pieni. (de Meyrick 2003) Tuloksia analysoivien henkilöiden objektiivisuus ja onnistuneen paneelin valitseminen ovat kuitenkin haasteita, jotka koskevat kaikkia asiantuntijapaneeleihin perustuvia tutkimusmenetelmiä, eikä se siten ole vain Delfoihin liittyvä ongelma. (Linstone, Turoff 1975) Sen sijaan eräs keskeinen kritiikki, jonka alkuperäinen Delfoi-menetelmä kohtasi, perustui sen tavoitteeseen saavuttaa yksimielisyys käsiteltävästä aiheesta. Oletuksena oli, että asiantuntijoiden arvio erityisesti teknologian tulevaisuudesta paranee, kun heillä on mahdollisuus muuttaa mieltään muiden asiantuntijoiden mielipiteisiin pohjautuen. Iteraatiokierrosten jäljiltä syntyi tasapäistetty lopputulos. Kritiikin merkittävimmät äänitorvet totesivat kuitenkin, ettei saatu arvio todennäköisestä tulevaisuudesta asiantuntijoiden yksimielisyydestä huolimatta ollut välttämättä osuva. (Kuusi 2002) Seurauksena Delfoista kehitettiin muunnoksia, joista esitellään lyhyesti argumentoiva Delfoi (*engl. argument Delphi*) ja politiikka-Delfoi (*engl. policy Delphi*). Alla olevassa kuvassa 6 on esitetty Delfoi kytkeytyminen muihin yleisimpiin tulevaisuudentutkimusmenetelmiin.



- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. Kirjallisuuskatsaus     | 6. Tulevaisuustyöpaja   |
| 2. Asiantuntijapaneelit    | 7. Avainteknologiat     |
| 3. Aivoriihi               | 8. Kyselyt              |
| 4. Skenaariot              | 9. Ympäristön kartoitus |
| 5. Trendien ekstrapolointi |                         |

**Kuva 6.** Delfoi-menetelmän sijoittuminen asiantuntemus-vuorovaikutus-luovuus-todisteet -asteikolla. Lisäksi kuvaan on merkitty menetelmät, joita käytetään yleisimmin Delfoin yhteydessä. Värikoodi kertoo käytön tasosta: violetti on erittäin korkea käyttö, sininen korkea käyttö ja vihreä mainitsemisen arvoinen käyttö. (Popper 2008)

*Politiikka-Delfoi* perustuu ajatukseen, että sen sijaan, että päättäjä siirtäisi päätöksenteon valistuneelle ryhmälle, tavoitteena on kerätä tuolta valistuneelta ryhmältä kaikki tarvittava tieto koskien selvitettävää aihetta, jotta päätöksen voi sitten perustaa parhaaseen tietoon. Kollektiivisen prosessin lopputuotteena on siis ideoita. (Franklin, Hart 2007) Tällöin paneelilta saatavien mielipiteiden ei tarvitse saavuttaa konvergenssia, vaan panelistien erimielisyyttä tiettyjen asioiden suhteen jopa korostetaan tuloksissa. Muita politiikka-Delfoin tavoitteita voivat olla tietyn toimintavaihtoehdon seurausten ja vaikutusten arviointi ja tietyn toimintavaihtoehdon hyväksyttävyyden arviointi. Teoriassa menetelmään sisältyy kuusi vaihetta. Ensimmäiseksi paneelin kanssa yhteistyössä rajataan käsiteltävä aihe ja päätetään, mitkä asiat todella tulisi käydä läpi. Toisessa vaiheessa selvitetään kaikki vaihtoehdot, joita määritetyn aiheen ratkaisuksi voitaisiin hyödyntää. Kolmanneksi panelistit ilmaisevat mielipiteensä aiheesta ja selvitetään, mistä ollaan samaa ja mistä eri mieltä. Neljännessä vaiheessa kartoitetaan erimielisyyksien syyt ja viidennessä vaiheessa nämä syyt arvioidaan. Panelistit siis kommentoivat toistensa mielipiteitä. Lopuksi alussa esitetyt vaihtoehdot arvioidaan uudelleen, jolloin arvio perustuu eri näkökulmista esitettyihin todisteisiin. Käytännössä kaupallisissa organisaatioissa päätöksenteon

kiireellisyys johtaa siihen, että kierrosten määrä pyritään tyypistämään kolmeen. Tällöin järjestävä ryhmä laatii alustavan rajauksen ja tarjoaa pohjaksi ratkaisuvaihtoehdot, joita asiantuntijat sitten arvioivat, mutta joihin he voivat myös tehdä omia lisäyksiään. Lisäksi vastausten perusteluja ja niiden pohjalla olevia syitä kysytään jo ensimmäisellä kierroksella. (Linstone, Turoff 1975)

*Argumentoiva Delfoi* muistuttaa politiikka-Delfoita, mutta siinä tähdätään ideoiden keräämisen lisäksi noiden ideoiden syvälliseen perusteluun – argumentointiin. Argumentoivassa Delfoissa kontakti panelistien kanssa rajataan kolmeen kyselykierrokseen. Menetelmässä tavoitellaan uusien avauksien löytymistä vähentämällä kirjallisesti tapahtuvaa kommentointia ja korvaamalla osa kierroksista haastatteluin. Erityisesti ensimmäisellä kierroksella käydään vapaamuotoisia keskusteluja ja asiantuntijoilta voidaan myös pyytää materiaalia aiheeseen liittyen. Tämän jälkeen organisoiva ryhmä laatii kerätyn materiaalin pohjalta ratkaisuvaihtoehtoja ja väitteitä, joiden tarkoituksena on tuoda esiin näkökohtia, joista panelistit ovat eniten eri mieltä. Toisella kierroksella panelistit sitten arvioivat näitä väitteitä, sekä niihin liittyviä perusteluja. Kolmas kierros on edelleen panelistien tapaaminen, missä tuloksia käydään läpi. Tämän kierroksen ei enää sallita vaikuttavan tuloksiin, vaan sen avulla pyritään varmistamaan tulkintojen oikeellisuutta ja asettamaan tulokset laajempaan asiayhteyteen. Merkittävää argumentoivassa Delfoissa on, että sillä tavoitellaan niin sanottujen proxy-perustelujen avaamista. Asiantuntijakin voi perustella näkemystään yleisvastauksella, proxy-argumentilla, mikäli vastaa nopeasti tai jos hän ei ole täysin tietoinen syistä, jotka näkemykseen vaikuttavat. (Linstone, Turoff 1975) Esimerkiksi väite, että tietyn tekniikan kehittymistä hidastavat tekniset haasteet on proxy-argumentti. Se voi pitää hyvinkin paikkansa, mutta se ei lisää tietoa aiheesta, ellei tarkemmin selvitetä, mistä teknologisista haasteista on kyse. Piilevien mielipiteiden tuominen esiin onkin argumentoivan Delfoin tärkein tuotos. Selvityksen onnistumiseen vaikuttaa lopulta paneelin kokoamisen onnistuminen, perustelujen rikkaus ja niiden pohjautuminen faktoihin, mielekkäiden kysymysten laatiminen ja tuotetun aineiston olennaisuus päätöksenteon kannalta, jota tutkimuksella pyritään tukemaan. (Kuusi 2002)

### **4.3 Tulevaisuudentutkimuksesta tulevaisuuden tekemiseen**

Tulevaisuudentutkimuksen toteuttamiseen liittyvä keskeinen käsite on *toimija* eli *aktori*. Aktorin syvempi määrittely on esitetty muualla (Kamppinen, Kuusi et al. 2002), mutta toimijalla tarkoitetaan tässä henkilöä, yhteisöä tai muuta inhimillistä kokonaisuutta, joka vaikuttaa tulevaisuuskuvan toteutumiseen. Tyypillisesti kyseessä on nimenomaan inhimillinen toiminta, mutta yhä enemmän ympäristössämme on oppivaa toimintaa, joka ei ole puhtaasti ihmislähtöistä. Tulevaisuuspolulle sijoittuu joka tapauksessa aina useita toimijoita, joista jokainen vaikuttaa omalla tavallaan realisoituvaan todellisuuteen. Yksi haaste tulevaisuustutkimukselle määrittää, keitä toimijoita on otettava huomioon ja siten, keiden kanssa kiinnostuksen kohteena olevasta tulevaisuuden näkymästä neuvotellaan. Aktorin keskeinen ominaisuus on, että hänen tai sen kanssa on mahdollista neuvotella, jotta löydettäisiin kaikkien kannalta edullinen ratkaisu. Ranskalaisen tulevaisuudentutkija Bertrand de Jouvenelin yksi suuri oivallus oli, että toimijan vaikutusvaltaa kasvattamalla on mahdollista muuttaa myös

väistämättömältä vaikuttavan mahdollisen maailman toteutuminen. (Kamppinen, Kuusi et al. 2002) Kun siis vaikkapa EU:n johtava taso asettautuu toimimaan esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen pienentämiseksi, on mahdollista kääntää Maan saastumisen käyrä laskuun.

Tulevaisuudentutkimuksen tulos on vaihtoehtoinen maailma, vaikka muita vaihtoehtoja ei raportissa esitettäisikään. Tulosta ei siis voi supistaa profetiaksi, yhdeksi ainoaksi tulevaisuudeksi. Kuitenkin tulevaisuudentutkimuksessakin puhutaan ennustamisesta. Tällöin itse asiassa valitaan nykymaailman tilanteesta varmimmin säilyvät asiantilat ja päätellään niiden perusteella, millainen mahdollinen maailma on todennäköisin. (Kamppinen, Kuusi et al. 2002) Kuitenkin tulevaisuudentutkimukseen liittyvä erityispiirre on, etteivät mahdollisille maailmoille määritetyt todennäköisyydet itse asiassa ole suljettuja järjestelmiä. Siten todennäköisyys sille, että tapahtuma A ei tapahdu, ei välttämättä olekaan  $1 - P(A)$ . Tämä johtuu siitä, että on olemassa vaihtoehtoja X, joiden todennäköisyyttä ei tutkimuksen aikana vielä nähty. (Simmonds 1977) Onnekasta kyllä, ihmisten toiminnan muuttaminen ei vaadi aina vaihtoehtoisen maailman todennäköisyyttä saati numeerista arviota tuolle todennäköisyydelle. Tästä on hyvä esimerkki H. G. Wellsin kirja ”The World Set Free” vuodelta 1914, jossa ydinfysiikan avulla kehitettiin ennennäkemättömän voimakas tuhoväline. Tälle Wells antoi nimen atomipommi. Kirjan skenaariossa maailman suuret kaupungit olivat tuhoutuneet ja radioaktiiviset pilvet peittivät Maan. Kirjan maalaama kauhukuva oli niin voimakas, että ydinfysiikko, joka keksi ketjureaktion, jätti tuloksensa julkaisematta pelätessään atomipommin rakentamisen mahdollisuutta. Myöhemmät tapahtumat osoittavat, että pommi lopulta rakennettiin, mutta kirjan ansiosta riittävän merkittävä osa aihetta ymmärtäneistä ja kehitykseen vaikuttaneista toimijoista tiedosti mahdolliset vaarat ja tiukalla säätelyllä teknologian vaarallinen käyttö estettiin. (Kamppinen, Kuusi et al. 2002)

Yleismaailmallinen ilmiö näyttäisi olevan, että tulevaisuudentutkimuksen viimeinen vaihe, tulosten välittäminen merkittävälle aktoreille ja siten toiminnan käynnistäminen, on vaiheista hankalin toteuttaa. Kompastuskiviä on useita. Eräs hankaluus on, että päättäjät on usein korkeammassa asemassa kuin tutkimuksen tekijä. Vaikka työ olisi käynnistetty hänen aloitteestaan tai ehkäpä erityisesti silloin, hänellä on todennäköisesti omat ennako-odotuksensa ja toiveensa selvityksen tuloksista. Jos toiveet ja raportti eivät kohtaa, seurauksena voi olla tulosten hylkääminen epäolennaisina. Jos tämänkaltaisia ongelmia ei olekaan, tulevaisuudentutkimuksesta saatujen tulosten implementointi voi edelleen jäädä vaillinaiseksi. On tärkeää, että tutkimus sidotaan osaksi organisaation toimintakokonaisuutta ja että asiakas, joka tutkimuksen on tilannut, osallistuu koko tutkimusprosessiin sen rajauksen määrittelystä menettelytapoihin ja suositusten laatimiseen saakka. (Simmonds 1977) Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa oli verrattu tulevaisuudentutkimuksen ja erään strategisen suunnittelun menetelmän hyödyntämistä kaupunkisuunnittelussa. Eroja oli alkuvaiheen osallistumisinnostuksessa ja työskentelytavoissa, mutta viiden vuoden jälkeen kumpikaan keino ei vaikuttanut muuttaneen pysyvästi suunnitteluprosesseja. Hankkeista saaduissa kokemuksissa oli nähtävissä yhteisiä piirteitä. Ensinnäkin käytetyn kaltaisia menetelmiä hyödynnetään usein erikoistilanteissa: kriisiytyvään tilanteeseen reagoitaessa tai vaikkapa hallinnon muuttuessa. Kun tilanne rauhoittuu,

palataan samalla myös vanhoihin ja totuttuihin suunnittelumenetelmiin. Toiseksi uudet menetelmät vaativat erikoisosaamista, joka hankitaan usein organisaation ulkopuolelta. Intensiivisen projektin aikana osaaminen ei välttämättä ehdi siirtyä riittävästi organisaation toimintoihin, jolloin menetelmän käyttö lakkaa, kun osaajat siirtyvät seuraaviin tehtäviin. Kolmanneksi uudenlaisten menetelmien koetaan vievän resursseja ja alkuinnostuksen jälkeen käyttöön otetaan mieluummin totut tavat, joiden oletetaan vievän vähemmän voimavaroja. (Khakee, Strömberg 1993) Myös Suomessa on pohdittu tulevaisuudentutkimuksen integroimista alueelliseen suunnitteluun. Alueellisen strategian laadinnassa tulevaisuudentutkimuksesta ja ennakoinnista todettiin olevan hyötyä, mikäli tutkimus on suunniteltu hyvin. Koska alueellisella tasolla toimijoita on useita ja suunnitelmat kattavat useita toimintasektoreita, erityisesti teknologiatrendeihin painottuva ennakointi jää helposti korkealentoiseksi eikä kytkeydy kunnolla toteuttavan organisaation toimintaan. Mahdollisen maailman ja nykyisyyden välille ei tällöin muodostu jännitettä, joka ruokkisi luovaa tavoitteisiin pyrkimistä. Tulevaisuudentutkimuksessa tulisikin kiinnittää huomiota teknologiatrendien selvittämisen lisäksi osaamiseen, joita noiden trendien hyödyntäminen vaatii. Näiden osaamisten kehittämisen voi sitten muotoilla strategisten tavoitteiden pohjaksi. (Uotila, Melkas et al. 2005)

Saksassa useat yritykset puntaroivat tulevaisuudentutkimuksen mahdollisuuksia eräänä keinona hallita alati muuttuvaa kilpailutilannetta ja talousympäristöä. Yrityksistä kerättyjen kommenttien perusteella on merkittävintä, että tutkimuksen organisoinnissa menetelmän valintaan käytetään aikaa, ja että tulokset vastaavat yrityksen tarpeeseen. Esimerkiksi järjestelyllä, jossa kartoitetaan ympäristöstä lähtöisin olevia muutosmahdollisuuksia, on tarpeensa uhkiin varautumisessa ja jossain määrin myös mahdollisuuksiin tarttumisessa. Tällaisessa tilanteessa luovaan ajatteluun ja tulevaisuuden visiointiin pyrkivät menetelmät eivät vastaisi oikeisiin kysymyksiin. Molemmat voivat olla yrityksen näkökulmasta tarpeellisia, mutta mahdollisesti eri aikoina tai eri tilanteissa. Tulosten implementoinnin kannalta on siten tärkeää, että tutkimus räätälöidään kuhunkin tilanteeseen sopivaksi. Tämä puolestaan vaatii asiantuntemusta ja riittävästi resursseja. Hiljalleen yritykset ovat kuitenkin panostamassa toimintaan integroituihin tulevaisuudentutkimusprosesseihin, jolloin asiantuntemus organisaatioiden sisällä lisääntyy. Tämä edelleen tehostaa myös tulosten hyödyntämistä. (Schwarz 2008)

## 5 Tutkimusmenetelmät

Tämän työn lähtökohtana on tarve selvittää, mitkä terveydenhuollon tulevat haasteet soveltuisivat parhaiten ratkaistaviksi materiaalitutkimuksen keinoin. Tästä muotoillut tutkimuksen pääkysymykset ovat: 1) Minkä terveyteen ja terveydenhuoltoon liittyvien haasteiden ratkaiseminen on lähitulevaisuudessa kriittisintä, kiireellisintä ja tärkeintä, 2) mitkä noista tärkeistä kehitystarpeista ovat mielenkiintoisimpia ja merkittävimpiä suomalaisen materiaalitutkimuksen kannalta ja 3) minkälaista materiaalitieteellistä ja -teknistä osaamista noihin haasteisiin vastaaminen vaatii? Osittain kysymyksiin vastaaminen edellyttää kirjallisuuteen tutustumista, mutta jotta saavutetaan riittävän

syvälinen sisällöllinen ja paikallisten ilmiöiden tietämys, vaaditaan kannanottoja useilta suomalaisilta asiantuntijoilta niin materiaalitieteeseen kuin terveydenhuoltoonkin liittyviltä aloilta. Tätä varten päätettiin koota asiantuntijapaneeli suomalaisista alan toimijoista. Suomessa terveysteknologian tutkimusta on kaikissa kaupungeissa, joissa on yliopistollinen sairaala eli Oulussa, Kuopiossa, Tampereella, Turussa ja pääkaupunkiseudulla. Eri puolilla toimivien asiantuntijoiden kokoontuminen tapaamisiin olisi vienyt runsaasti tutkimukseen osallistujien aikaa, mikä olisi puolestaan nostanut osallistumiskynnystä ja siten vaikuttanut tulosten luotettavuuteen. Siksi luonteva menetelmävalinta oli Delfoi. Menetelmä on lisäksi kehitetty erityisesti teknologisen kehityksen kartoittamiseen, joten se soveltuu hyvin myös terveysteknologiaan liittyvien tutkimusaiheiden selvittämiseen. (Kuusi 1999)

Kuten edellä on kerrottu, klassisen Delfoin mukaisessa, panelistien yksimielisyyteen pyrkivässä menettelyssä on merkittäviä heikkouksia, joista eräs keskeisimmistä lienee eriävien vähemmistömielipiteiden katoaminen. Kuitenkin on todettu, että uusi tieto piilee yleisesti hyväksytyjen tosiasioiden laidoilla (*engl. fringe*). Suurimmat ja mullistavimmat keksintöjen ”isät” ja ”äidit” ovat tutkineet aiheita ja ilmiöitä torjuttujen ja fiktiivisten kuvitelmien ja hyväksytyjen ja suojeltujenkin ”todellisuuksien” välimaastosta, eikä tällä alueella syntyvä tieto välttämättä perustu lineaarisesti ja konservatiivisesti jo olemassa oleviin tieteellisiin edistysaskeleisiin. (Lang 1995, Kuhn 1996) Niinpä kun pohditaan mahdollisuuksia, joiden pohjalta Suomessa tehtävä tutkimus voi nousta kansainvälisesti johtavaan asemaan ja saavuttaa kilpailuetu muualla tehtävään tutkimukseen nähden, on elintärkeää huomioida myös hyväksytyä tietoa vastustavat kannanotot. Lopulliseksi tutkimusmenetelmäksi tarkentuikin argumentoiva Delfoi muutamin muutoksin kappaleessa 4.2.4 esitettyihin vaiheisiin nähden. Muutokset sisältävät elementtejä politiikka-Delfoista, sillä tavoitteena on kerätä mahdollisimman laajalti ideoita niiden käyttöön, jotka tekevät päätöksiä tutkimuksen ohjauksesta, mikä on politiikka-Delfoille usein määritetty tavoite. Kuitenkin tutkimuksen pääpaino on ollut laadukkaiden perustelujen kerääminen näille ideoille, minkä vuoksi menetelmästä käytetään muutoksista huolimatta nimitystä argumentoiva Delfoi.

## 5.1 Menetelmän rajoitteet ja niiden huomioiminen

Kuten muiden paneelitoimintaan perustuvien menetelmien, Delfoi-menetelmän tapauksessa asiantuntijoiden valinta on tutkimuksen onnistumisen kannalta kriittistä. Paneelilla tulisi olla kaksi erityistä piirrettä. Ensinnäkin jäsenten tulisi täydentää toistensa asiantuntijuutta käsiteltävään aiheeseen liittyen ja toiseksi heidän tulisi olla valmiita antamaan tietoa harhattomasti eikä tiedon luovuttajan kannalta korostetun tarkoitushakuisesti. Panelistit eivät siis saisi ajaa tutkimusta oman intressiryhmänsä kannalta edulliseen suuntaan. (Kuusi 2002) Suoraan tutkimuskysymyksistä johtaen paneeliin vaadittiin asiantuntijoita ainakin materiaalitieteen ja -tekniikan alalta ja lääketieteellisten sovellusten tuntijoita biotieteiden aloilta. Näiden yhdistelmän muodostuva sovelluskenttä on terveysteknologia, joka toisaalta sisältää myös asiantuntijoita muilta kuin materiaalitutkimuksen tai biotieteiden aloilta. Tämä asiantuntemusalue valittiin kolmanneksi keskeiseksi valintakriteeriksi omana alanaan. Paneeliin pyrittiin valikoimaan asiantuntijoita, jotka keskittyvät monipuolisesti



terveysteknologian tutkimuksen ja tuotekehityksen eri vaiheisiin. Näkökulman pääpaino oli kuitenkin sentyyppisessä tutkimuksessa, jota tehdään usein yliopistotasolla. Lisäksi panelisteja tavoiteltiin Suomen jokaisesta kaupungista, jossa on yliopistollinen sairaala. Lukuun ottamatta Kuopiota, josta paneeliin ei osallistunut ketään, jokaisesta kaupungista osallistui vähintään kaksi edustajaa. Jotkut panelistit ovat kuitenkin aktiivisesti mukana useamman kaupungin terveysteknologiaan liittyvässä toiminnassa. Taulukossa 2 on esitetty, miten panelistien asiantuntemus ja intressiryhmien edustus lopulta jakautui. Kokonaisuudessaan panelisteja oli viimeiselle kierrokselle asti 13, ja yksi panelisti saattoi edustaa useampaa intressiryhmää tai asiantuntemusaluetta. Panelistien huolellisesta valikoinnista huolimatta 13 hengen joukossa yksilön mielipiteellä on väistämättä suuri valta. Lisäksi kukin panelisti vastaa varmimmin oman asiantuntemusalan kysymyksiin ja pitää omaa alaansa tärkeänä ja biomateriaalienkin kattavuus on hyvin laaja. Niinpä on mahdollista, että vastauksissa on sivuutettu joitain merkittäviäkin biomateriaalitutkimuksen mahdollisuuksia, mikäli juuri tähän alueeseen erikoistunutta henkilöä ei ole ollut paneelissa. Esimerkiksi 2-luvussa käsiteltyjen biomimeettisten materiaalien kehitykseen erikoistunutta asiantuntijaa ei osallistunut tutkimukseen, joten tutkimusala saattoi tärkeysjärjestyksessä olla vähemmän arvostettu, vaikka tulikin vastauksissa esiin.

**Taulukko 2. Panelistien jakautuminen asiantuntemusalueisiin ja intressiryhmiin. Enimmillään yhdessä kategoriassa oli kolme edustajaa. Muutamat kategoriat jäivät vaille edustajaa, mutta esimerkiksi biomateriaalien regulaatioon erityisesti erikoistunutta edustajaa ei käytännössä ole. Lisäksi tutkimukseen kaivattiin erikseen regulaation ja kaupallistamisen näkökulmia, mutta näiden osalta ei ollut ratkaisevaa, mihin kolmesta vaihtoehdoisesta asiantuntemusalueesta edustajat olivat erikoistuneet.**

Intressiryhmä	Asiantuntemusalue			
	Terveysteknologia	Materiaalitekniikka	Biotieteet	
Akateeminen soveltava tutkimus	3 edustajaa	3 edustajaa	2 edustajaa	
Akateeminen perustutkimus	3 edustajaa	3 edustajaa	3 edustajaa	
Kaupallistaminen ja rahoitus	3 edustajaa	2 edustajaa	Ei edustajia	
Regulaatio	1 edustaja	Ei edustajia	1 edustaja	

Yleensä Delfoin organisoivana osapuolena toimii useamman henkilön muodostama tutkimusryhmä. Päättäjän suositellaan olevan tutkittavan aiheen sisällön kannalta jossain määrin ulkopuolinen ja sen sijaan vastaavan menetelmän asianmukaisesta ja tehokkaasta käytöstä. Ulkopuolisesta Delfoi ohjaajasta on apua myös paneelin puolueettomaan valintaan. Toisaalta sisällöllisesti asiaa tuntevien tutkimusryhmän jäsenten on helpompi haastatella paneelin jäseniä, sillä asiantuntijat eivät aina vaivaudu perustelemaan väitteitään erityisen perusteellisesti, mikäli hän ei odota keskustelukumppanin ymmärtävän vastausta. Tutkimuksen sisällölliseen osuuteen tutustunut Delfoi-ohjaaja myös tunnistaa aiheeseen vihkiytymätöntä paremmin, mikäli asiantuntija esittää väitteen, joka selvästi poikkeaa normista tai on turhan optimistinen tai jopa harhaanjohtava. Parhain Delfoi-tekniikka saavutetaan siten yhdistelemällä sekä

sisällöllisiä että tulevaisuudentutkimukseen perehtyneitä asiantuntijoita itse ohjausryhmään. (Kuusi 1999) Tällainen järjestely ei kuitenkaan ole mahdollista, kun kyseessä on opinnäytetyö, sillä on varmistettava päätutkijan riittävä panos työn kokonaisuuteen. Niinpä tässä työssä organisoinnista on vastannut yksi henkilö. Tästä aiheutuvia mahdollisia ongelmia, kuten aiheen liian yksisuuntaista ja kapeaa käsittelyä tai puolueellisuuden riskiä, on kompensoitu käymällä keskusteluja tutkimusprosessin eri vaiheissa Aalto-yliopiston Elektroniikan integroinnin ja luotettavuuden tutkimusyksikön muun henkilökunnan kanssa. Keskustelut ovat olleet epämuodollisia, ja niiden tavoitteena on ollut tarkentaa esimerkiksi tutkimuksen teemoja ja käsitteitä sekä rajausta tai keskusteluissa on arvioitu tehtyjen ratkaisujen perusteltavuutta. Siten, vaikka yksikön muut jäsenet eivät ole aktiivisesti osallistuneet itse tutkimukseen, prosessin eri vaiheissa on silti huomioitu useita eri näkökulmia.

Eräs ennustavan tulevaisuudentutkimuksen kritiikki on ollut, kuten edellisissä kappaleissakin on todettu, että annettu arvio todennäköisestä tulevaisuudesta toteuttaa itse itsensä. *Ennusteen (engl. forecast)* vaikutuksesta itsensä toteutumiseen aletaan käytännössä puhua heti, kun muodostettu mielipide todennäköisestä tulevaisuudesta aiheuttaa toimenpiteitä nykyisyydessä joko ennusteen ehkäisemiseksi tai sen edistämiseksi. Ilmiö tulee esiin esimerkiksi, kun ennakoidaan liikenteen tietyllä väylällä lisääntyvän, minkä seurauksena päätetään investoida paremman tieosuuden rakentamiseen. Edelleen tämän seurauksena liikenne tuolla alueella lisääntyy parempien kulkuyhteyksien vuoksi. Ilmiötä voi hyödyntää infrastruktuurin ja vaikka tutkimusinvestointien suunnittelussa. Haittapuolena puolestaan on, että mikäli ennuste on epätoivottava, sen muuttaminen itsensä toteuttavan taipumuksen vuoksi voi olla haastavaa. Toisaalta esimerkiksi talouteen liittyvässä ennakoinnissa on havaittu myös ilmiö, jossa ennuste päinvastoin tuhoaa itsensä (*engl. self-defeating/suicidal prophecy*). Mikäli esimerkiksi analyytikkojen arviot markkinoiden tulevasta liikkeistä ja heilahteluista julkaistaan, yleisön, asiakkaiden ja yritysten reaktiot johtavat ennusteen tarkkuuden huomattavaan vähentymiseen. Esitellyistä tilanteista ensimmäinen määritellään siis ennusteeksi, joka on lähtökohtaisesti väärä, mutta toteutuu toimijoiden reagoidessa ennusteeseen. Toinen vastaavasti määritellään lähtökohtaisesti osuvaksi, ”oikeaksi” ennusteeksi, mutta jonka yhteiskunnan reaktiot muuttavat vääräksi. (Henshel 1993, Börjeson, Höjer et al. 2006)

Tässä työssä tuloksen itsensä toteuttaminen on koko tutkimuksen lopullinen tavoite. On tosin huomattava, ettei koko prosessin aikana ole esitetty tai tulla esittämään monipuolista ja värikästä kuvailua todennäköisestä skenaariosta, vaan tuloksissa esitellään materiaalitutkimusryhmille erilaisia mahdollisia kehityskohteita, jotka voivat sisältyä samoihin tulevaisuuden maailmoihin tai johtaa eri tulevaisuuspoluille. Kuitenkin tämänkin tutkimuksen kriittisimpiä vaiheita on juuri tulosten implementointi. Ei riitä, että odotetaan hyvien tutkimustulosten ”imeytyvän” itsekseen käyttöön. Koska terveysteknologiaan painottunutta materiaalitutkimusta on niin Oulussa, Kuopiossa, Tampereella, Turussa kuin pääkaupunkiseudullakin, tulosten voisi odottaa hyödyttävän näillä kaikilla alueilla toimivia yliopistoja ja tutkimuslaitoksia tehtäessä strategisia päätöksiä materiaalitutkimuksen hankkeista ja uusista suuntauksista. Delfoi-menetelmän etuna on, että se sitouttaa tutkimuksen kohteena olevalla alalla muutenkin aktiivisesti toimivia myös seuraamaan tutkimuksen edistymistä. Vähintään kierrosten

väliraporttien ja keskustelumateriaalien osalta tieto tulee välitettyä eteenpäin, vaikka itse loppuraporttiin, eli tässä tapauksessa lisenasiatintyöhön, kohdistunut mielenkiinto jäisikin vähäiseksi. Tämän tutkimuksen ensisijainen kohdeyleisö ovat tutkimusryhmien johtajat, jotka tekevät ratkaisuja sen suhteen, millaisia tutkimusprojekteja heidän alaisuudessaan tehdään ja miten opetusta heidän osaamisalallaan tulisi kehittää. Kuten myöhemmin tulososiossa esitellään, prosessin aikana tuli ilmi myös muita tutkimukseen vaikuttavia seikkoja, joihin tutkijoilla itsellään ei ole suoraa vaikutusmahdollisuutta. Näihin tuloksiin ei kuitenkaan paneuduta juuri tulosten implementoinnin haastavuuden vuoksi. Sen sijaan tutkimuskysymyksiin vastaavien tulosten hyödyntämisen osalta ainakin Aalto-yliopiston Elektroniikan integroinnin ja luotettavuuden yksikössä on käyty vuoropuhelua työn etenemisestä johtavan professorin kanssa, mitä kautta tuloksia vähintään on tarkoitus ottaa käytäntöön.

## 5.2 Tutkimuksen vaiheet

Kokonaisuudessaan vuorovaikutus asiantuntijoiden kanssa jakoi Delfoi-prosessin neljään vaiheeseen. Ensimmäinen määritetään niin kutsutuksi nollakierrokseksi, sillä sen aikana tehtiin jo pohjatyötä Delfoi-työskentelyä varten, mutta itse paneeli ei ollut vielä saanut lopullista muotoaan. Ensimmäinen varsinainen Delfoi-kierros järjestettiin sähköpostihaastatteluilla, joissa kysymykset olivat avoimia. Toisella kierroksella kysymykset lähetettiin edelleen sähköpostitse ja ne olivat pääosin monivalintatehtäviä, mutta osioihin sisältyi myös avoimia kysymyksiä. Kolmas kierros toteutettiin yksilöllisin haastatteluin joko kasvokkain tai puhelimitse. Jokaisen kierroksen jälkeen tehtiin välianalyysi, jossa koottiin tärkeimmät tulokset ja mielenkiintoiset avaukset ja siirrettiin nämä edelleen seuraavan kierroksen materiaaliksi. Loppuraportti on kuitenkin analyyseistä kattavin ja se sisältää myös pohdintoja ja suosituksia, jotka on johdettu panelistien mielipiteistä.

### 5.2.1 Nollakierros

Nollakierros aloitettiin alkukesästä 2009. Tuolloin tutkimuksen teema oli rajautunut kartoittamaan terveysteknologian tulevia mahdollisuuksia pääpaino erityisesti materiaalitieteessä. Tämä näkökulma mielessä pitäen yhteyttä otettiin muutamiin eri yliopistoissa toimiviin materiaalitutkimuksen tai siihen liittyvien alojen professoreihin. Lisäksi terveysteknologiaa kaupallistavia toimijoita lähestyttiin mm. alan yritysten yhdistysten, kuten Terveysteknologian liiton kautta. Mukana oli myös sosiaalisten tieteiden edustaja, jolla oli kytköksiä terveydenhuoltoon liittyvään tutkimukseen. Nollakierroksen ensisijainen tarkoitus oli koota edustava asiantuntijapaneeli myöhemmille kierroksille. Niinpä ensimmäisten kontaktien jälkeen käytettiin niin kutsuttua *lumipallomenetelmää* ja keskusteluja jatkettiin haastateltujen henkilöiden ehdottamien asiantuntijoiden kanssa. Prosessin lopussa paneeliin kutsuttiin 19 asiantuntijaa, joista 14 lopulta osallistui ensimmäiseen Delfoi-kierrokseen. Näistä yksi oli suomalaissyntyinen, mutta tutkimuksen aikaan Ruotsissa toimiva professori, jonka mukanaololla tavoiteltiin ulkopuolista näkökulmaa suomalaiseen tutkimukseen. Poisjääneitä asiantuntijoita ei yritetty korvata, sillä lukuun ottamatta paikallistietämystä, jota Kuopiossa toimiva osanottaja olisi tuonut, haetut intressiryhmät ja osaamisalueet tulivat edustetuiksi (ks. Taulukko 3). Sisällöllisesti nollakierroksen temahaastattelumalliset keskustelut auttoivat myös keräämään

mahdollisia mielenkiintoisia pohdinnan kohteita ja toisaalta tarkentamaan tutkimuksen teemaa. Tätä aineistoa hyödynnettiinkin muotoiltaessa ensimmäisen kierroksen avoimia kysymyksiä. Osallistuneiden panelistien nimet ja heidän edustamansa organisaatiot on listattu liitteessä 1.

## 5.2.2 Varsinaiset Delfoi-kierrokset

Ensimmäisen Delfoi-kierroksen tarkoitus oli kerätä ideoita ja kiistakysymyksiä teemasta ”Materiaalitutkimus terveysteknologiassa”. Kysely sisälsi muutaman sivun alustuksen pohjautuen kirjallisuuteen ja nollakierroksen alustaviin mietteisiin. Tämän perässä oli kaikkiaan 14 avointa kysymystä, jotka oli luokiteltu neljään kategoriaan: ”Terveysteknologia”, ”Terveysteknologiaan keskittyvä materiaalitiede”, ”Tulevaisuuden skenaariot” ja ”Taustatietoa”. Panelisteille lähetetty materiaali kierroksella 1 on kokonaisuudessaan liitteessä 2. Taustatieto-osiolla kartoitettiin lähinnä panelistien näkemyksiä omasta asiantuntemuksestaan ja näkökulmastaan tutkimuksen teemaan. Ensimmäinen Delfoi-kierros käynnistyi loppusyksystä 2009 ja viimeiset vastaukset panelisteilta saatiin vuodenvaihteessa. Ensimmäisellä kierroksella mm. Solu- ja kudosteknologiakeskus Regeasta yhteen kysymyslomakkeeseen kommentoi kaksi edustajaa. Ainakin yksi toinen panelisti ilmoitti hyödyntäneensä organisaationsa muun henkilökunnan mielipiteitä monipuoliseen ajatusten keräämiseen. Mahdollisesti mielipiteidenvaihtoa käytiin muidenkin organisaatioiden sisällä, mutta asiasta ei mainittu lomakkeen palautuksen yhteydessä. Koska kierroksen tavoitteena oli kerätä mahdollisimman kattavasti mielipiteitä ja ideoita, ei ajatustenvaihtoa paneelin ulkopuolisten kanssa pyritty estämään.

Helmikuussa 2010 käynnistyi tutkimuksen toinen kierros. Panelisteille lähetettyyn materiaaliin oli koostettu edellisen kierroksen vastaukset neljässä luvussa: ”Terveysteknologialle asetetut odotukset”, ”Terveysteknologian ja materiaalitieteen nykytavoitteet”, ”Tulevaisuuden skenaariot” ja ”Tarpeelliset toimenpiteet”. Kunkin luvun lopussa oli otsikkoon liittyvä kysymysohje, joka sisälsi sekä monivalinta- että avoimia kysymyksiä. Lomake on kokonaisuudessaan liitteessä 3. Toisella kierroksella paneelin ulkopuolisten asiantuntijoiden käyttämisestä mielipiteiden puntarointiin ei kerrottu, mikä johtunee siitä, että useat kysymykset vaativat henkilökohtaiseen mielipiteeseen perustuvaa kannanottoa. Kierrokseen vastasi 13 panelistia, eli yksi asiantuntija jättäytyi tutkimuksesta. Lisäksi osa panelisteista hyppäsi joitain kysymyksiä yli. Tulosten esittelyssä monivalintakysymyksen kohdalla on erikseen mainittu, mikäli vastaajien määrä oli jotain muuta kuin 13.

Viimeinen kierros toteutettiin vuoden 2010 huhti – toukokuussa jälleen haastatteluina, joissa panelisteja pyydettiin perustelemaan toisen kierroksen kannanottojaan. Osa haastatteluista järjestettiin kasvokkain ja osa puhelimitse. Vastaukset äänitettiin aina, kun mahdollista, tai kirjattiin huolellisesti muistiin. Litteroinnin aikana vastauksia ryhmiteltiin jo analyysiä valmistelevasti, joten niitä ei kirjattu tekstimuotoon sanasta sanaan. Keskustelu pohjautui jokaiselle panelistille palautettuun koosteeseen toisen kierroksen vastauksista, jossa paneelin yhteisvastausten lisäksi näkyivät myös hänen omat vastauksensa. Koska eri asiantuntijoiden tapauksessa mielenkiintoisemmat vastaukset koskivat eri kysymyksiä, kullekin haastateltavalle esitettiin osin eri

kysymykset. Jotta anonymiteetti säilyisi, näitä kysymyksiä ei julkaista. Keskusteluissa haastateltavalle saatettiin esittää myös aiempien haastateltujen kommentteja asiaan, minkä tarkoitus oli syventää aiheen pohdintaa. Toisen kierroksen tulokset, jotka siis vastaavat paneelin kolmannella kierroksella saamaa palautetta, esitellään seuraavassa luvussa 6, mutta koska kolmannen kierroksen tavoite oli syventää pohdintoja, helpottaa vastausten analysointia ja varmistaa vastausten ymmärtäminen oikein, käsitellään keskusteluissa ilmenneitä seikkoja vasta luvussa 7.

## 6 Tulokset

Alla on esitelty tutkimuksen toisen kierroksen tulokset, jotka kerättiin monivalintakysymyksillä. Avointen kysymysten vastaukset esitellään pohdintojen yhteydessä luvussa 7. Tulokset on ryhmitelty sen mukaan, mihin tutkimuskysymyksiin ne vastaavat, ja tutkimusprosessin aikana ilmenneet mielenkiintoiset, mutta tutkimuskysymysten kannalta vähemmän merkittävät aiheet on esitelty luvun lopussa. Kuvaajien yhteydessä on tulkintaohjeistus, mikäli kuvaajan tulkinta ei noudata aiempia ohjeistuksia.

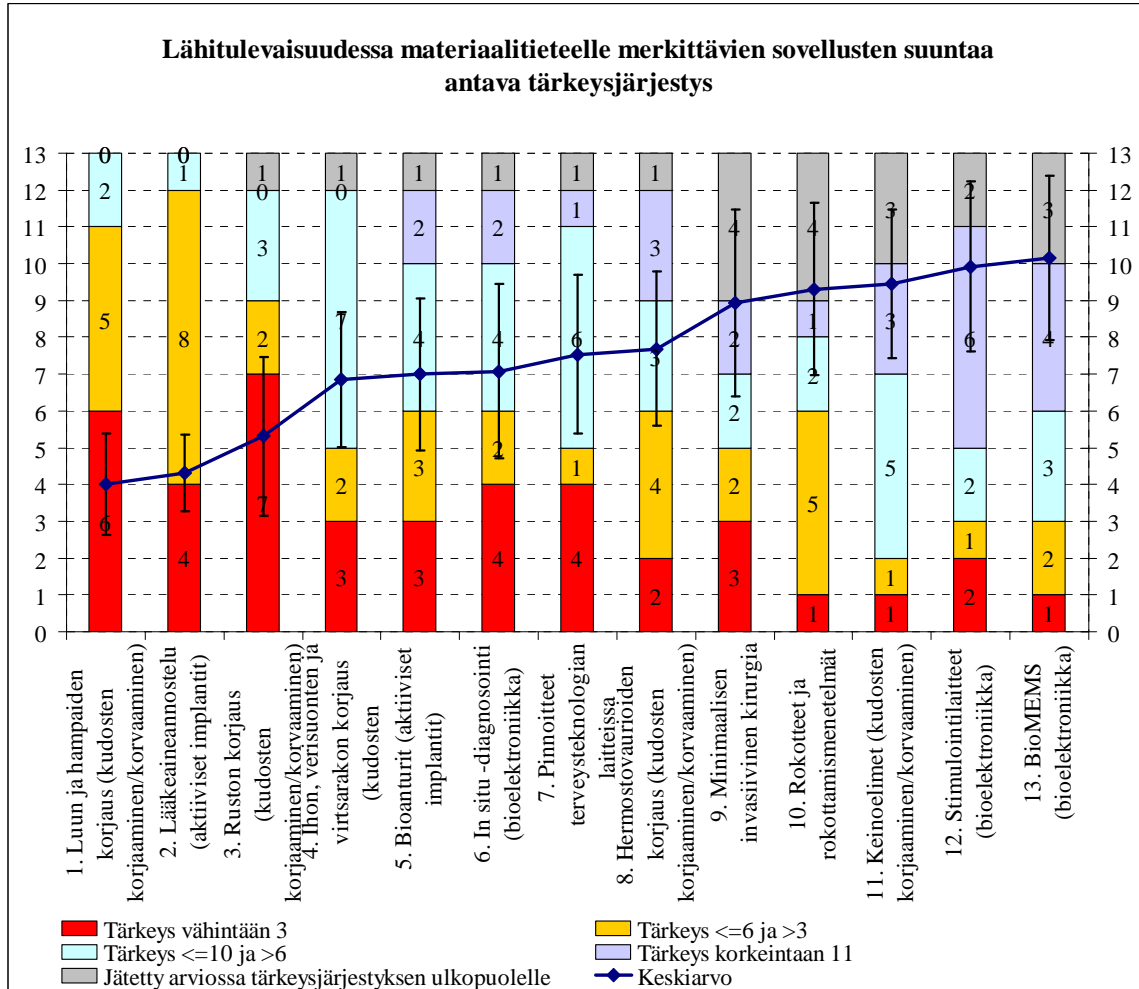
### 6.1 Terveysteknologian sovellusten tärkeysjärjestys

Kuvaan 7 on koottu vastaukset monivalintakysymykseen, mitkä terveysteknologian sovellukset olisivat materiaalitutkimuksen kannalta tärkeimpiä ja mielenkiintoisimpia ratkaista mahdollisimman pian. Terveysteknologian kannalta kiireellisimmän ratkaistavia haasteita tiedusteltiin jo ensimmäisellä kyselykierroksella, ja vastaukset tähän kysymykseen on koottu liitteeseen 3. Noista vastauksista muodostettiin vaihtoehdot toiselle kierrokselle siirtäen näkökulma nimenomaan materiaalitekniikkaan. Samalla panelisteja pyydettiin asettamaan sovellukset tärkeysjärjestykseen. Kysymyksenasettelulla tähdättiin siihen, että panelistit pohtisivat järjestystä siten, että kaikki ehdot ”tärkeä”, ”mielenkiintoinen” ja ”kiireellinen ratkaista” täytyisivät. Muotoilua kuitenkin kritisoi, sillä koettiin, että ”mielenkiintoinen” ja ”tärkeä” sovellus voivat olla keskenään ristiriitaiset. Tällöin päädyttiin arvioimaan tärkeysjärjestystä sen mukaan, mitkä haasteet tulisi ratkaista mahdollisimman pian.

Useimmat sovelluksista tulivat valituksi ainakin yhden panelistin mukaan tärkeimmäksi. Bioanturit, hermostovaurioiden korjaukset, pinnoitteet terveysteknologian laitteissa, rokotteet ja keinoelimet eivät saaneet yhtään ”tärkein”-ääntä. Lisäksi muutamat panelistit olivat valinneet joitain sovelluksia yhtä tärkeiksi. Heidän sallittiin muuttaa omaa tärkeysjärjestystään vielä kolmannella kierroksella, tai vaihtoehtoisesti vastaukset skaalattiin siten, että samalla sijalla olevat vastaukset sijoitettiin edeltävien vastausten määrän mukaan (esim. vastauksille 1, 1, 2, 2, 2, 3 annettiin arvot 1, 1, 3, 3, 3, 6). Kuvassa 7 pylväät kertovat vastaajien lukumäärän sijoitettuna neljään kategoriaan tärkeydestä riippuen (esim. tärkeysjärjestyksessä arvioitu vähintään kolmanneksi). Käyrä puolestaan kertoo kunkin sovelluksen saaman keskiarvon ja keskiarvon keskihajonnan. Lisäksi kysymyksessä annettiin mahdollisuus jättää tarpeettomiin kohtiin vastaamatta, ja näille on annettu laskennalliseksi arvoksi 15, jotta ne tärkeysasteikolla sijoittuisivat oikein järjestyksen loppupäähän. Nämä

tyhjiksi jätetyt kohdat ovat omassa kategoriassaan. Eräs panelisti kommentoi, etteivät hänen tyhjäksi jättämänsä kohdat merkinneet tarpeettomuutta, vaan lähinnä niiden sovellusten samanarvoisuutta. Noita vastauksia ei kuitenkaan voitu siirtää skaalaamalla tärkeämmäksi, sillä tutkimuksen organisoija ei olisi voinut päättää ”sopivaa” skaalausarvoa. Tärkeää on huomata, että kolmannen kierroksen vastausmuutoksista ja skaalauksista huolimatta tärkeysjärjestys ei muuttunut ratkaisevasti. Kolme tärkeintä olivat edelleen tärkeimmät, viisi keskimmäistä keskimmäiset ja viisi viimeistä vähiten tärkeiksi arvioituja. Panelisteille annettiin mahdollisuus ehdottaa myös muita merkittäviä sovelluskohteita, jotka on lisätty kuvaajan alle. Vastausten perusteella muodostettu tärkeysjärjestys oli:

1. Luun ja hampaiden korjaus/korvaus
2. Lääkeaineannostelu
3. Ruston korjaus/korvaus
4. Ihon, verisuonien ja virtsarakon korjaus
5. Bioanturit
6. *In situ* -diagnostiikka
7. Pinnoitteet terveysteknologian laitteissa
8. Hermostovaurioiden korjaus
9. Minimaalisen invasiivinen kirurgia
10. Rokotteet ja rokottamismenetelmät
11. Keinoelimet
12. Stimulointilaitteet
13. BioMEMS (biologisen ja lääketieteelliseen tutkimukseen hyödynnettävät mikroelektromekaaniset laitteet)



**Kuva 7. Kuvaesitys panelistien äänien jakautumisesta. Äänät niputettiin suurempiin luokkiin kuvaajan selkeyttämiseksi (esim. äänät 1 - 3 kategoriaan Tärkeys vähintään 3). Käyrä osoittaa äänien keskiarvon ja keskiarvon keskihajonnan.**

**Muut tärkeät sovelluskohteet:**

- Pro-aktiivisen diagnosoinnin kehittäminen sairauksien diagnosoimiseen kymmeniä vuosia ennen taudin puhkeamista
- Kantasolujen ja kudosteknologisten tukirakenteiden kehitys

**6.1.1 Perustutkimuksen painotus sovelluksittain**

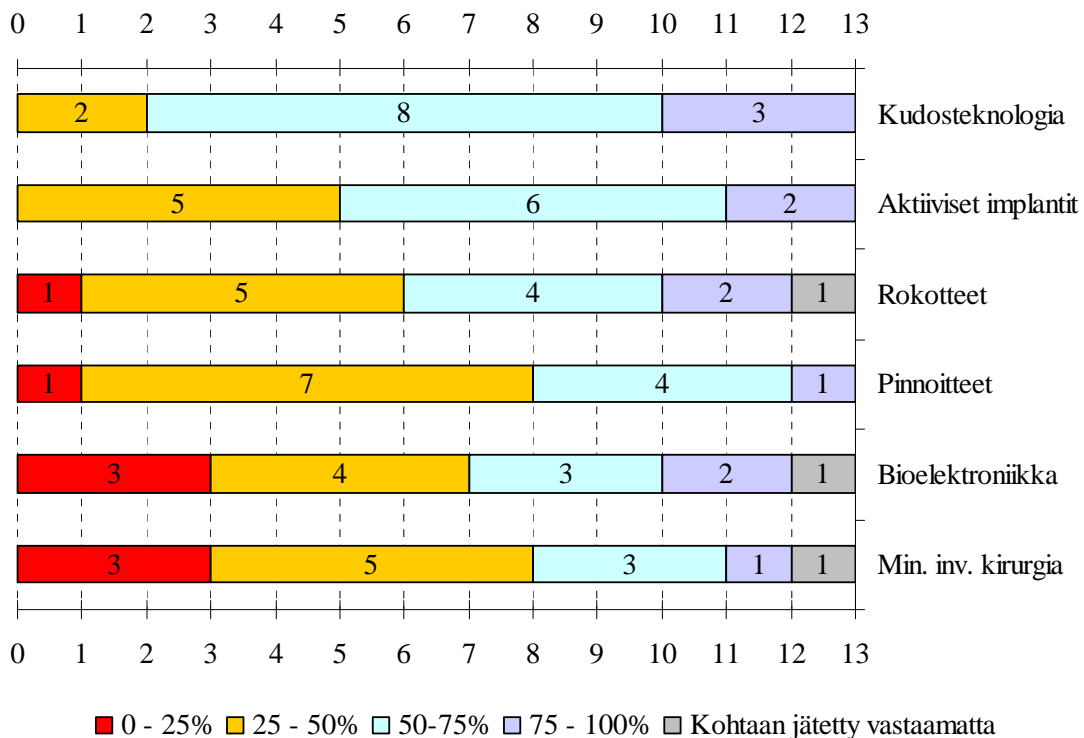
Panelisteilta pyydettiin myös mielipidettä siitä, minkä verran eri sovelluskohteet vaativat perustutkimusta ja missä määrin ne osuvat soveltavan tutkimuksen luokkaan. Tätä varten sovellukset ryhmiteltiin siten, että arvioitavaksi tuli kuusi luokkaa. Toisaalta sovelluksia ei voi suoraviivaisesti yhdistää ainoastaan yhteen kategoriaan. Esimerkiksi hermostovaurioiden korjaukseen sisältyy niin kudosteknologisia menetelmiä, aktiivisia implantteja kuin jopa bioelektronikkaan perustuvia laitteitakin. Taulukossa 3 on luokittelun karkea määrittely, joka esitettiin panelisteille kysymyksen yhteydessä. Kaaviossa 8 puolestaan on esitetty, minkä verran eri sovellusalueilla tarvitaan panelistien mukaan perustutkimusta. Palkit osoittavat samaa mieltä olleiden

määrän ja eri prosenttiosuuskategoriat on merkitty värein. Kohtaan muiden sovelluskohteiden painotus yksi asiantuntija esitti rajapintailmiöiden tutkimusta omaksi kategoriakseen, jonka perustutkimuspainotus olisi 75 – 100 %.

**Taulukko 3. Panelisteille kysymyksen yhteydessä esitetty määrittely, kun tehtävänä oli määrittää eri tutkimusalojen perustutkimustarve.**

Kudosten korjaaminen ja korvaaminen	Sisältää kudosisäilytys- ja kantasoluteknologiset sovellukset. Kysymyksen 4 sovelluksista luun, hampaiden, pehmytkudoksen, ruston ja hermokudoksen korjaus sekä keinoelimet.
Aktiiviset implantit	Elimistöön implantoitavat laitteet, jotka suorittavat jonkin aktiivisen työn ja korjaavat siten elimistöä tai sen toimintaa. Kysymyksen 4 sovelluksista lääkeaineannostelijat ja bioanturit.
Bioelektroniikka	Kehonulkoiset ja -sisäiset laitteet, jotka vaativat toimiakseen elektroniikkaa. Kysymyksen 4 sovelluksista bioMEMS, <i>in situ</i> -diagnostiikka ja stimulointilaitteet.

**Perustutkimuksen painotus sovellusaloittain**



**Kuva 8. Perustutkimuksen painottuminen tutkimusaloittain.**

## 6.2 Tarvittava osaaminen

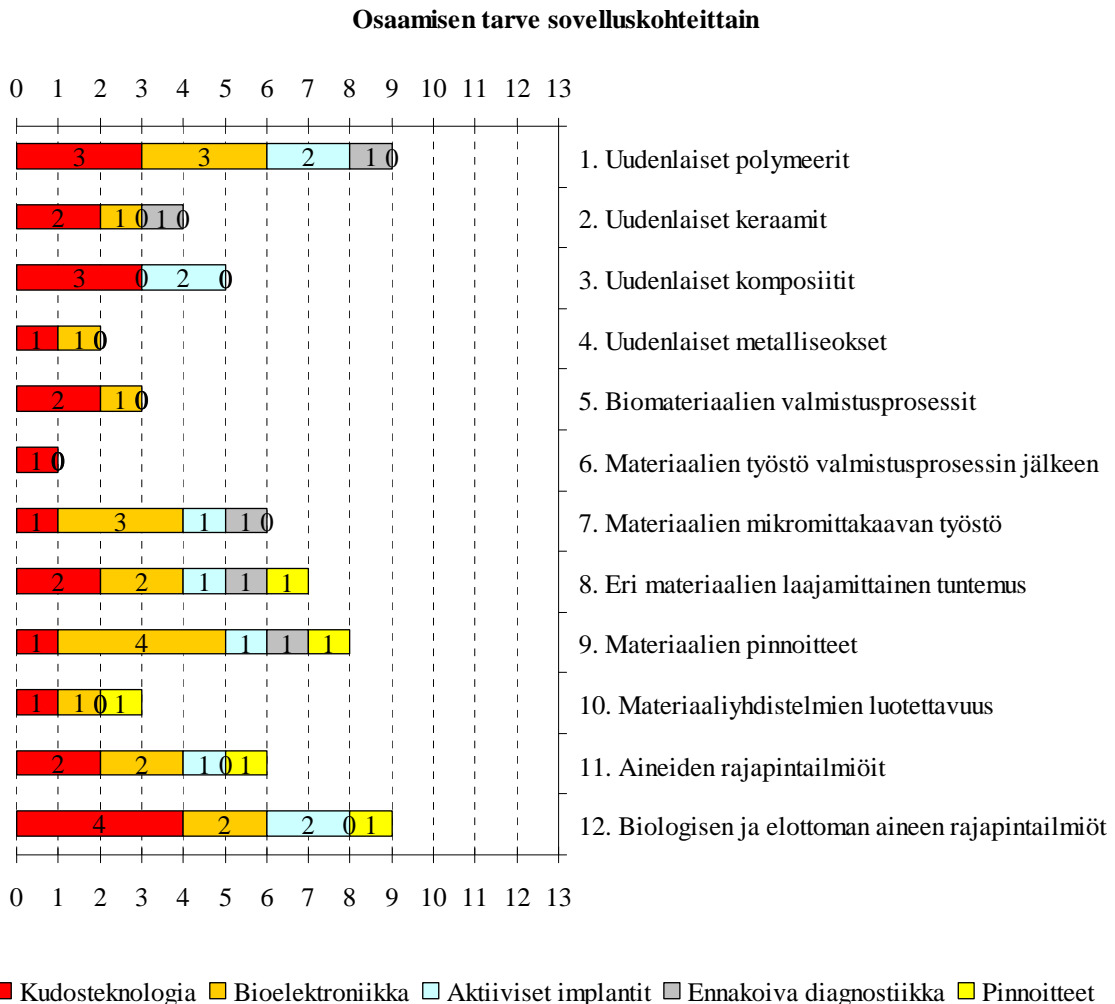
Tulevan terveysteknologian tutkimuksen ja kehityksen kannalta tärkeitä osaamisalueita kysyttiin useassa kysymyksessä. Toisaalta panelisteja pyydettiin valitsemaan, mitä



materiaalitieteen osaamisia tarvitaan hänen itsensä tärkeimmäksi valitsemansa sovelluksen tulevassa kehityksessä ja toisaalta mitä terveysteknologiaan liittyviä osaamisia eri puolilla Suomea on tai tarvitaan. Nämä hieman eri näkökulmat on esitetty alla omissa kappaleissaan.

### 6.2.1 Tarvittava materiaaliiosaaminen

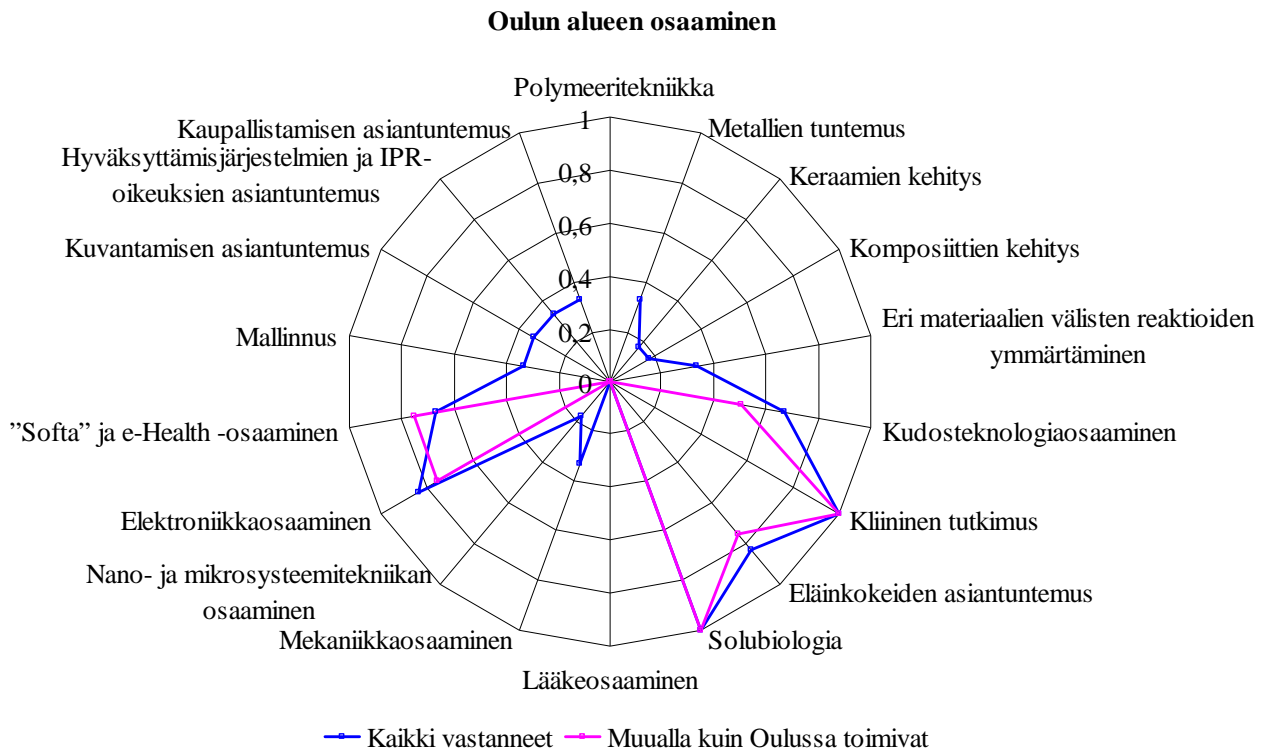
Kysymyksessä tiedusteltiin nimenomaan tärkeimmäksi valitun sovellukseen liittyviä osaamistarpeita. Jokainen panelisti sai valita maksimissaan 5 osaamisaluetta. Kuvaajaa varten eri sovellukset ryhmiteltiin jälleen suurempiin kategorioihin (eri kudosten korjaukset ja korvaukset kudosteknologiaan, lääkeaineannostelijat aktiivisiin implanteihin jne.) taulukossa 3 esitetyn määritelmän mukaisesti. Kuvassa 9 sovelluskategoriat on merkitty värein ja y-akselilla ovat materiaalitieteen osaamisalueet, joita panelistien mukaan sovellukseen kaivataan. Palkin pituus kertoo samaa mieltä olleiden määrän. Saatava teoreettinen maksimi-arvo on siten 13, mutta koska kaikki panelistit eivät olleet yhdenkään osaamisen tarpeellisuudesta täysin samaa mieltä, jäätiiin kaikissa kohdissa pienempiin lukuihin.



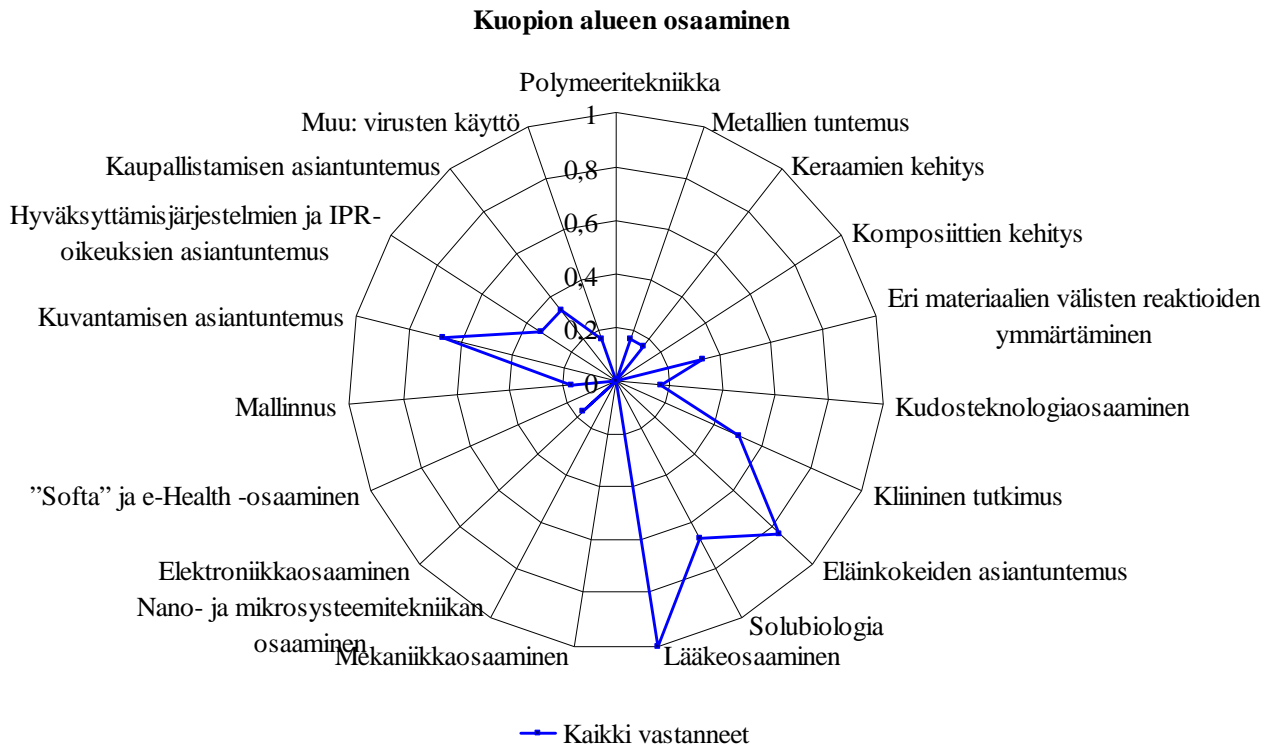
**Kuva 9. Materiaalitieteen ja -tekniikan osaamistarve tutkimusaloittain jaoteltuna.**

## 6.2.2 Tarvittava osaaminen terveysteknologia-alan tutkimusryhmissä

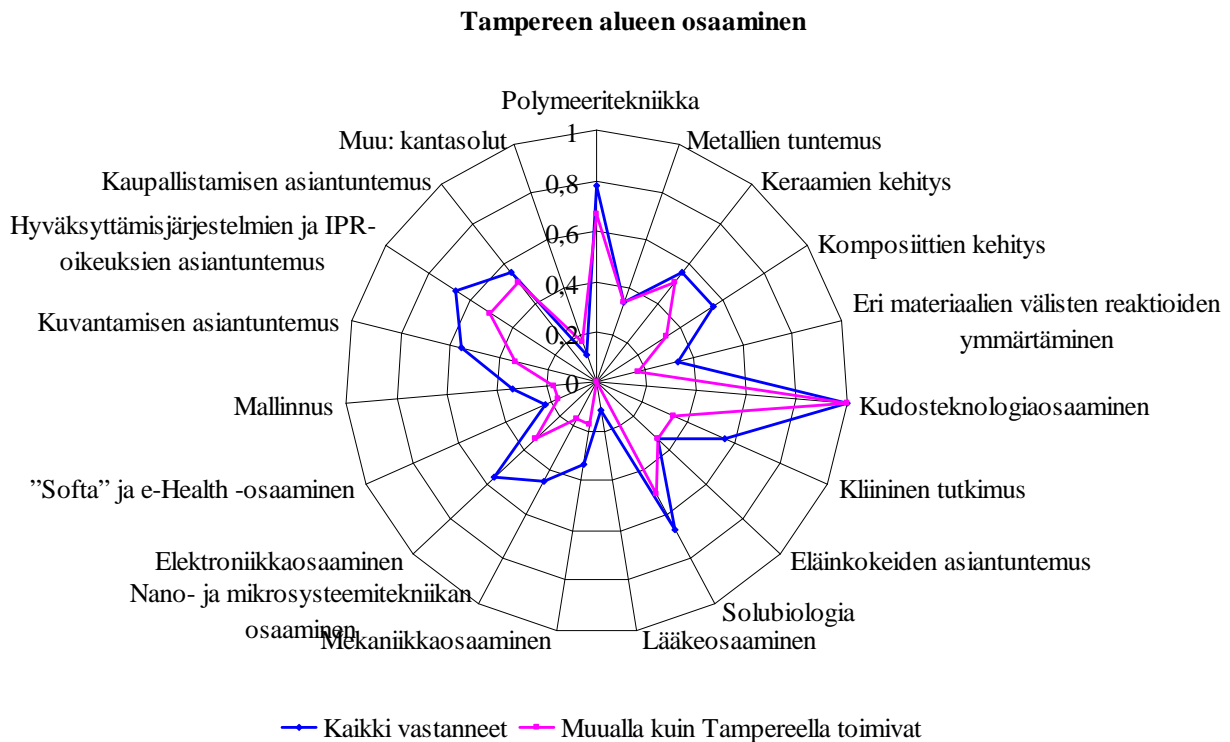
Kysymys terveysteknologia-alalla tarvittavasta osaamisesta oli jaettu kahteen samankaltaiseen osaan, joista ensimmäisessä osiossa tiedusteltiin, mitä osaamista panelistien mielestä Suomalaisissa eri puolilla toimivissa tutkimusryhmissä jo on ja jälkimmäinen osio keskittyi kartoittamaan tulevia tarpeita. Ensimmäiseen kysymykseen vastasi 11 panelistia. Saadut vastaukset on jaettu ryhmiin sen mukaan, onko vastaaja käsitellyt itselleen tuttua seutua (käytännössä useimmiten oman organisaation lähialue), vai arvioinut muualla olevaa osaamista. Vastaukset ovat kuvissa 10 – 14. Vastausten hajautumisesta johtuen yksittäisen vastaajan henkilöllisyys olisi pääteltävissä, mikäli esityksessä olisi käytetty vastaajien absoluuttista määrää. Siksi saadut vastaukset on skaalattu välille 0 – 1 siten, että eniten ”ääniä” saanut osaaminen saa arvon 1. Näin, jos suhteessa yhtä suuri osa muualla toimivia, kuin paikallisiakin ovat valinneet jonkun osaamisen keskeiseksi alueelle, sijoittuvat vastaukset tutkassa samaan pisteeseen. Poikkeukset puolestaan kertovat erosta vastaajien suhteissa. Eri alueiden kuvat eivät ole verrattavissa keskenään, mutta tietyn alueen osaamisjakautumisesta voi muodostaa kuvan ”tutkakuvien” avulla.



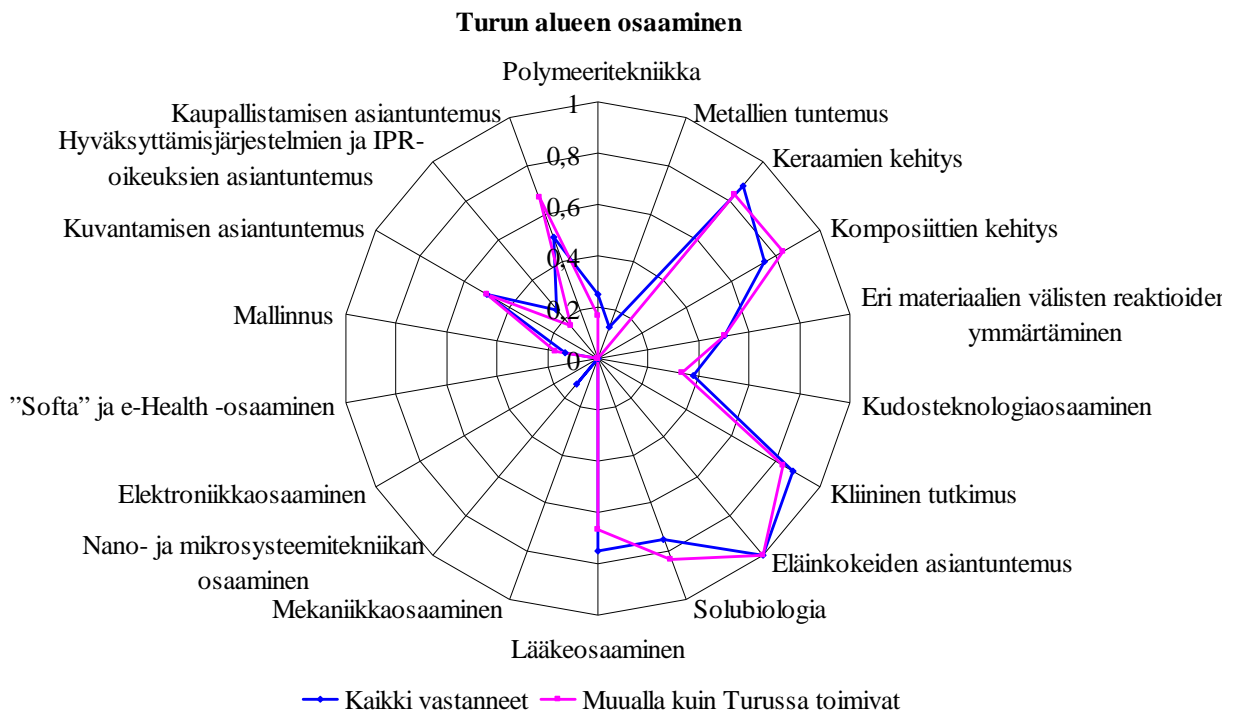
**Kuva 10. Terveysteknologiaan liittyvä osaaminen Oulun alueella.**



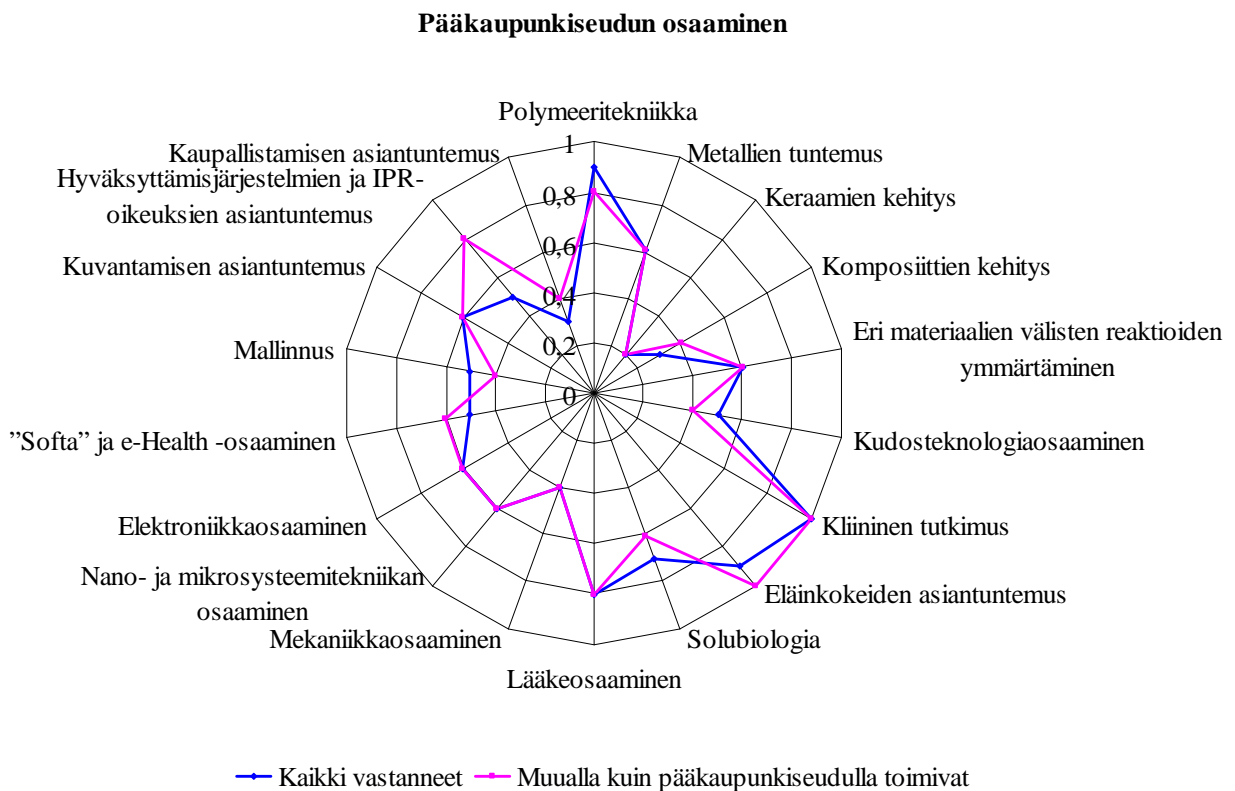
**Kuva 11. Terveysteknologiaan liittyvä osaaminen Kuopion alueella.**



**Kuva 12. Terveysteknologiaan liittyvä osaaminen Tampereen alueella.**

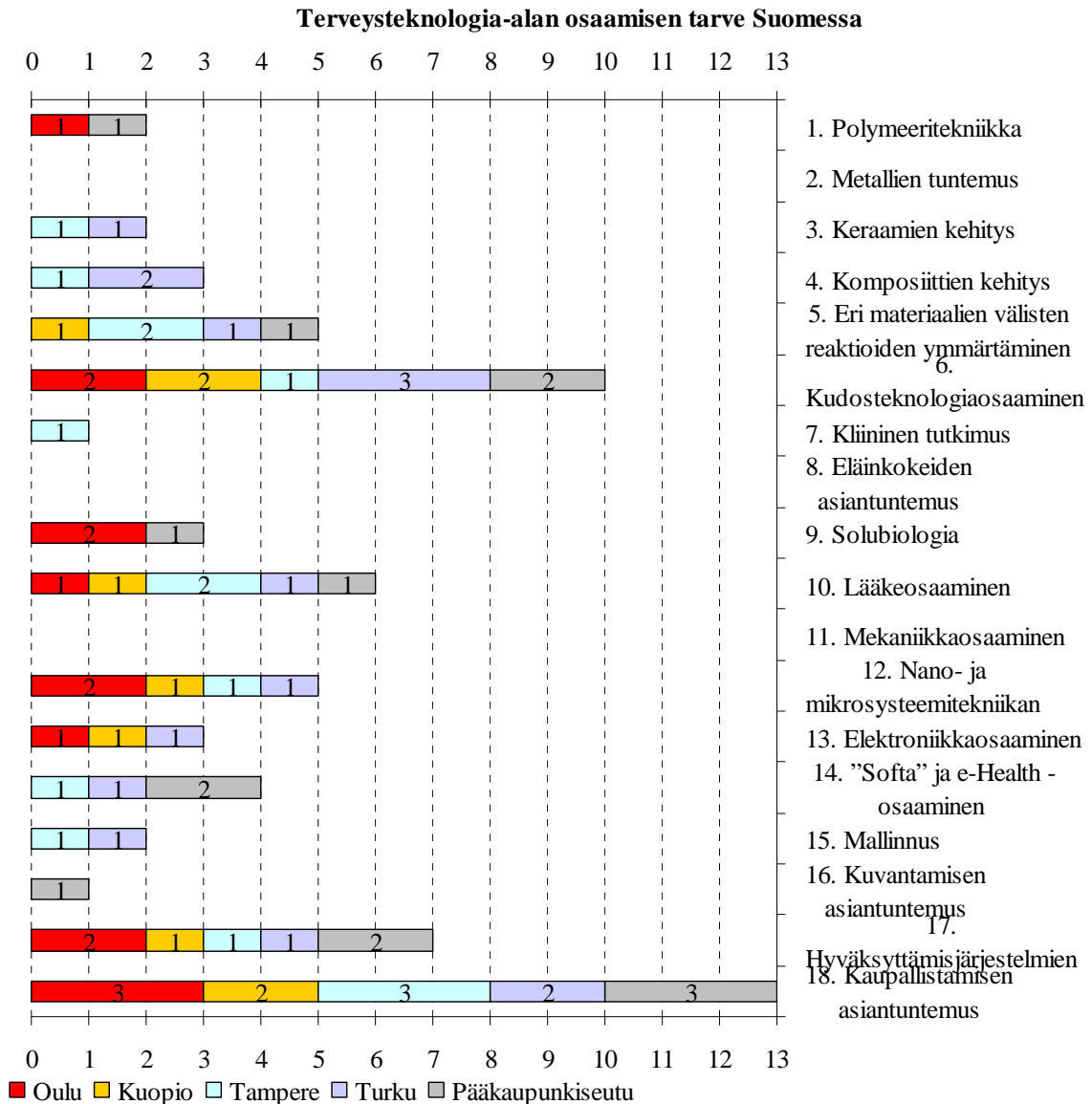


**Kuva 13. Terveysteknologiaan liittyvä osaaminen Turun alueella.**



**Kuva 14. Terveysteknologiaan liittyvä osaaminen pääkaupunkiseudulla.**

Toisessa kysymyksessä pyydettiin valitsemaan edellisen kysymyksen vaihtoehtoista, mitä osaamista tarvittaisiin lisää. Kysymykseen vastasi vain 6 panelistia, ja siten tuloksiin tulee suhtautua varoen. Yksittäinen panelisti kykeni valitsemaan saman osaamistarpeen useaan kertaan, mikäli koki, että sitä tarvittaisiin useammassa paikassa. Sen vuoksi saatu maksimiarvo on 13, vaikka vastaajia oli vähemmän. Tuloksissa ei ole eroteltu omaa aluettaan arvioivien ja muualla toimivien vastauksia otannan vähyden vuoksi. Saadut tulokset on esitetty kuvassa 15.



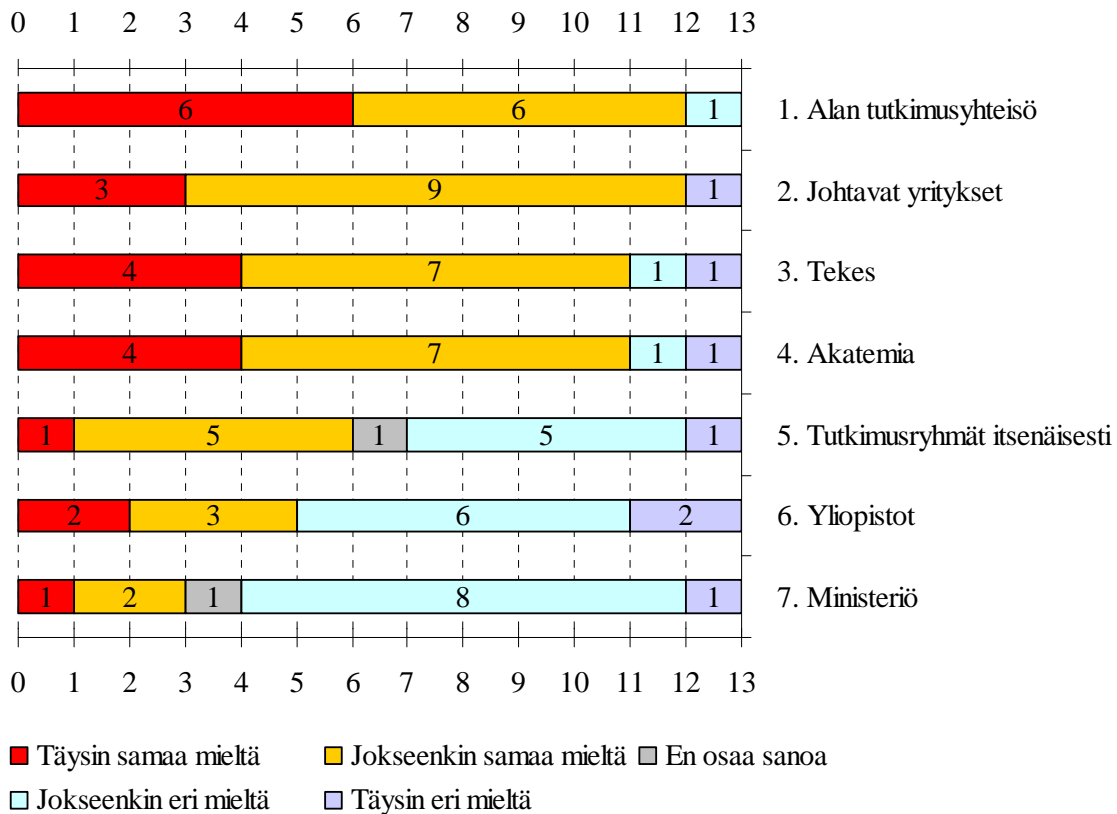
**Kuva 15. Terveysteknologiaan liittyvän osaamisen tarve alueittain jaoteltuna. Vastaajia oli vain 6, joten kaupallistamisosaamisen painottuminen voi johtua otannasta.**

### 6.3 Tutkimuksen ohjaus

Terveysteknologiaan liittyvän materiaalitutkimuksen strategian suunnittelun kannalta mielenkiintoinen kysymys oli, kenen tulisi ohjata strategian kehitystä ja siten Suomessa

tehtävää alan tutkimusta. Koska voimakas ohjausvaikutus on rahoituksella, eli julkisrahoitteisissa tutkimuslaitoksissa on vastattava niihin odotuksiin, mitä yleisö niille asettaa, kysyttiin panelisteilta erikseen, miten rahoitus tulisi organisoida. (Perry, Rainey 1988) Mielipidettä kysyttiin Lausemuotoisilla väitteillä ja vastaukset annettiin asteikolla ”täysin samaa mieltä” – ”täysin eri mieltä”. Tulokset kerättiin kuvaajiin 16 ja 17. Mielipideasteikko on koodattu värein ja palkkien pituus sekä sen päällä oleva luku osoittavat asiasta samaa mieltä olleiden lukumäärän. Kuvien selkeyttämiseksi pysty akselien kategoriat on lyhennetty muodosta, jossa väite esitettiin kyselyn yhteydessä. Lyhenteet on avattu kaavioiden alle alkuperäiseen muotoonsa. Alapuolelle on myös merkitty kohtiin ”muut keinot” tulleet vastaukset.

### Terveysteknologiaturkimuksen ohjaaminen



**Kuva 16. Eri intressiryhmien rooli terveysteknologiaturkimuksen ohjauksessa.**

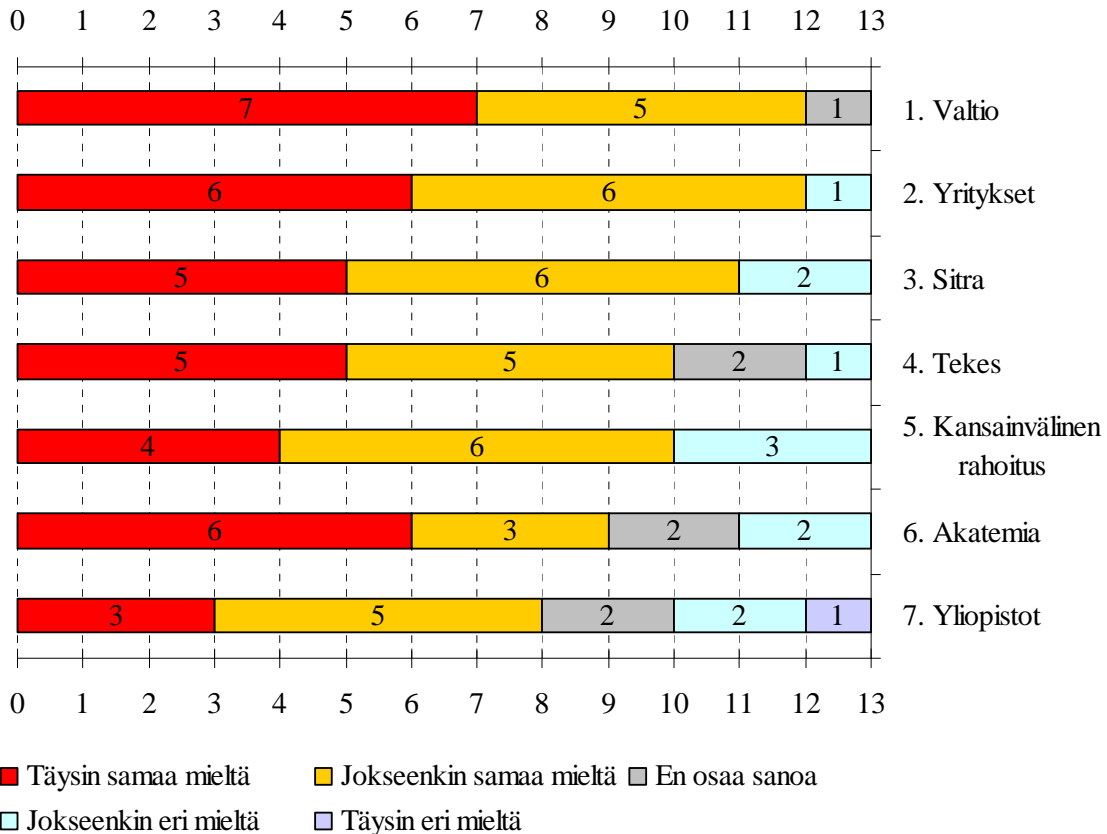
1. Tiettyyn alaan liittyvien tutkimusryhmien (esim. terveysteknologinen materiaalitutkimus) johdon tulisi kokoontua säännöllisesti ja luoda keskenään tutkimuksen yhteiset suuntaviivat.
2. Merkittävimpien yritysten tulisi hyödyntää yliopisto-osaamista enemmän ja ohjata siten tutkimusta.
3. Tekesin kaltaisten soveltavaa tutkimusta rahoittavien organisaatioiden tulisi kartoittaa tulevat tarpeet ja järjestelmällisesti ohjata tutkimus kilpailukykyisiin kohteisiin.

4. Akatemian kaltaisten perustutkimusta rahoittavien organisaatioiden tulisi määrittää kansalliset vahvuudet ja koota tutkimusryhmät niihin perustuen.
5. Kunkin tutkimusryhmän tuli päättää tutkimusprojekteistaan täysin itsenäisesti.
6. Suuret, yksiköiden rajat ylittävät linjaukset tulisi päättää kunkin yliopiston tai tutkimusinstituutin ylimmällä tasolla.
7. Ministeriön tulisi luoda alalle selkeämmät suuntaviivat.

**Muut ohjauskeinot:**

- ”Hyvä tutkimus vie automaattisesti eteenpäin. Liiallinen panostus kangistaa. Pieni on ketterää. Tulisi tarjota kaikille ohjeita ja mahdollisuuksia tuotteiden synnyttämiseen.”
- ”Käytetään Suomen ulkopuolisia mielipidevaikuttajia ajatusten sparraamisessa.”
- ”Terveys-Tekes: oma julkinen rahoittaja joka kilpailee Tekesin ja Akatemian rinnalla.”
- ”Liiallinen keskusjohtoisuus ei aina ole hyvästä.”

**Terveysteknologia-alan mahdolliset rahoittajat**



**Kuva 17. Eri rahoittajien rooli terveysteknologiaturkimukseen panostamisessa.**

1. Valtion tuen tulisi olla suurempi ja tasaisempi vuodesta toiseen.

2. *Yritysten ja yliopistojen yhteistyötä tulisi tiivistää sitouttamalla yrityksiä alan rahoittajiksi.*
3. *Sitran tulisi laajentaa myös yliopistotutkimuksen tukemiseen.*
4. *Tekesin tulisi taata suurempi osuus tutkimushankkeen rahoituksesta.*
5. *Tutkimusryhmien olisi hankittava rahoitus perustelluille tutkimushankkeille kansainvälisistä lähteistä.*
6. *Akatemian tulisi rahoittaa myös soveltavaa tutkimusta terveysteknologia-alalla, koska kaupallistaminen kestää alalla Tekesin tavoitteita pitempään.*
7. *Yliopistojen tulisi kerätä omaa pääomaa, jota käytettäisiin suurien hankkeiden rahoittamiseen.*

**Muut rahoituskeinot:**

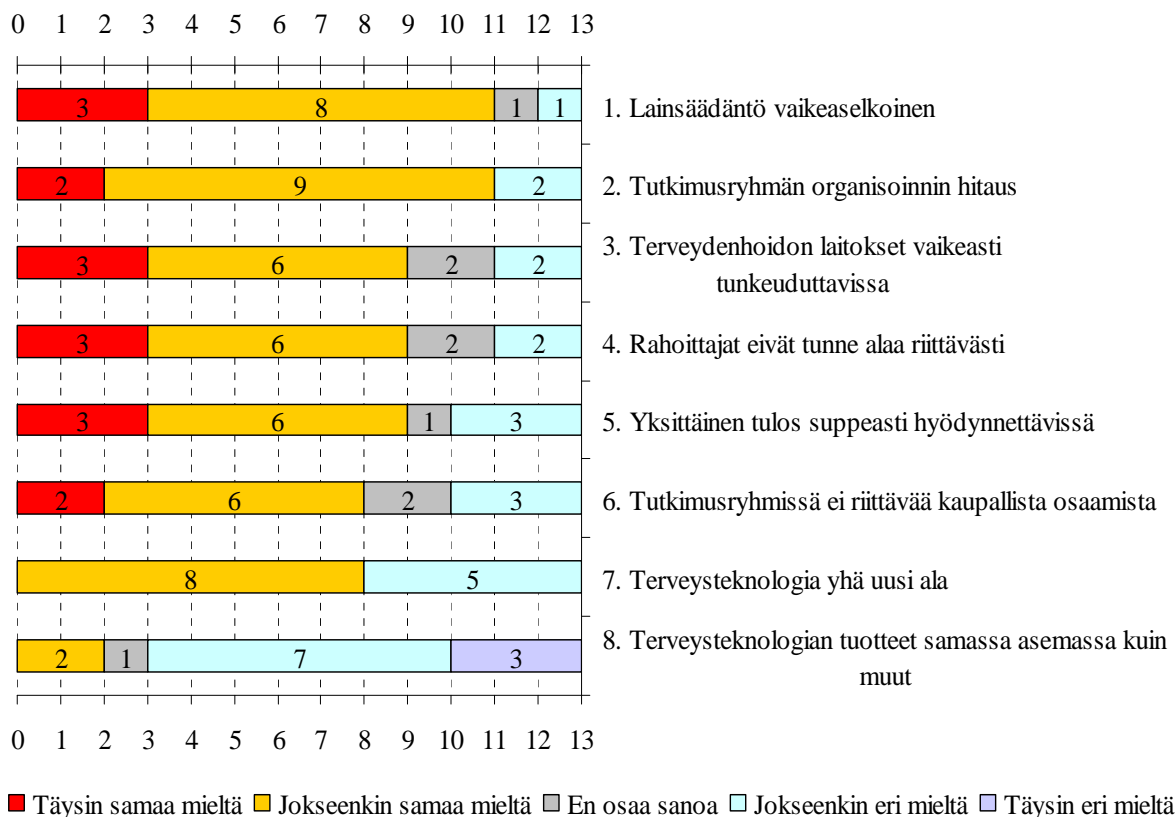
- ”Yritysten ja julkisen tahon yhteisen rahoituksen hyödyntäminen: Soveltavan ja kaupallisiin tuotteisiin tähtäävän tutkimuksen/kehitystyön korostaminen ja tukeminen myös julkisin varoin.”
- ”Edelleenkin pienten ryhmien innovaatioista voi syntyä jotakin merkittävää, ei ”huippuyksiköiden” ”varmoista” ideoista. Siis pientä rahaa liikkeelle ts. säätiöt, yritykset, yksityiset mesenaatit. Jo tutkijanalun palkkaus (ts. 25000/v) innovatiiviseen pieneen ryhmään voi johtaa merkittävään tulokseen”
- ”Yliopistojen omarahoitus pieniin pitkän tähtäimen/suuren riskin hankkeisiin.”

#### **6.4 Terveysteknologian käyttöönoton haasteet**

Terveydenhuollon haasteiden tiedustelun yhteydessä nousi esiin, että terveysteknologian koetut edistysaskelet ovat olleet hitaampia kuin monesti on odotettu. Keskeiseksi syyksi tähän nousi kirjallisuudesta ja panelistien kommentteista terveysteknologian kaupallistamisen haastavuus. Tarkempia syitä kaupallistamisen ongelmille haarukoitiin väitteillä, joita pyydettiin arvioimaan asteikolla ”täysin samaa mieltä” – ”täysin eri mieltä”. Samassa yhteydessä panelisteja pyydettiin arvioimaan menettelyvaihtoehtoja, mikäli tutkimus itsessään ei etene toivottuun tahtiin. Tulokset on esitetty kuvaajissa 18 ja 19, ja niitä tulkitaan samoin kuin kuvaajia 16 ja 17.



### Terveysteknologian hyödynnettävyyden haasteet



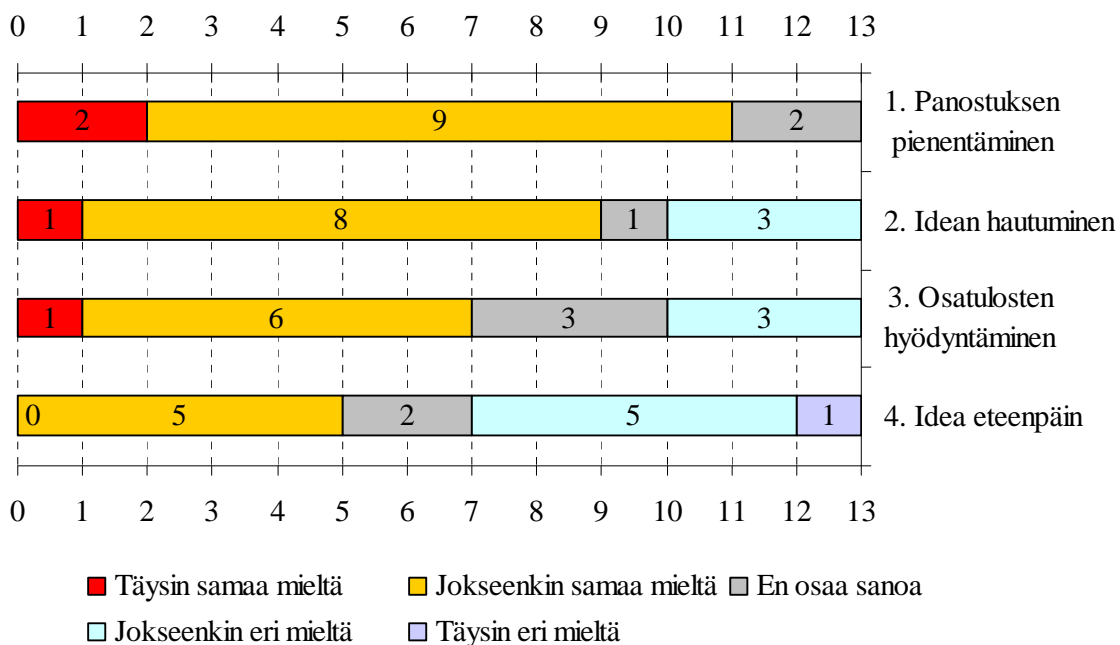
**Kuva 18. Eri tekijöiden merkitys terveysteknologian diffuusiolle asiakkaiden käyttöön.**

1. Lainsäädännön vaatima hyväksyttämispolku ennen myyntiluvan myöntämistä on vaikeaselkoinen ja liian pitkä/monivaiheinen.
2. Tuotteiden kehittäminen vaatii niin monialaisen tutkimus- ja tuotekehitysryhmän, että ryhmän toiminnan organisoinnissa on hitautta.
3. Terveysteknologian laitokset hierarkioineen ovat tunnetusti erityisen vaikeasti tunkeuduttava markkina-alue.
4. Rahoittajat eivät tunne alaa riittävän hyvin, minkä vuoksi rahoitus lopetetaan kriittisellä hetkellä ennen kuin tuote pääsee markkinoille.
5. Terveysteknologiaturkimuksen lopputulokset ovat niin suppeasti hyödynnettävissä, ettei niiden kaupallistaminen onnistu ilman integrointia suurempaan tuotekokonaisuuteen. Integrointityöstä kiinnostunut yritys-kanta on kuitenkin liian pieni Suomen kokoisessa valtiossa.
6. Alan tutkimusryhmissä ei ole riittävästi kaupallista osaamista, jotta tutkimus toteutettaisiin tuotekehitystä silmälläpitäen.
7. Terveysteknologia-ala on yhä niin uusi, että vain harvat sovellukset voidaan johtaa suoraan jo hyvin tunnetusta teknologiasta. Työ alkaa siten useimmiten alusta selvittämällä, mitä erityispiirteitä sovellus tuo mukanaan, ja tämä hidastaa työskentelyä.
8. Terveysteknologian tuotteita ei ole sen vaikeampi saada käyttöön kuin muitakaan teknologisia tuotteita.

### Muita panelistien esittämiä syitä:

- ”Tutkimuksen tuloksia ei osata muuttaa kaupallisiksi tuotteiksi ja mahdollisille kaupallisille tuotteille ei löydetä myyntikanavaa (ei tunneta myyntikanavia). Ei myöskään osata ajatella toimittavan laajemmalla kotimarkkinalla kuin oma maa.”
- ”Perustutkimuksen rahoitusvaje estää pitkäjänteistä työtä”
- ”Kansallisen terveydenhoitolainsäädännön hajanaisuus (pirstaleinen päätöksenteko kuntatasolla, perusterveydenhuollon ja erikoisterveydenhuollon erillinen hallinto)”

### Hitaasti edennyt tutkimus



**Kuva 19. Toimenpiteet, jos tutkimus ei tuota toivottuja tuloksia ennakoidussa aikataulussa.**

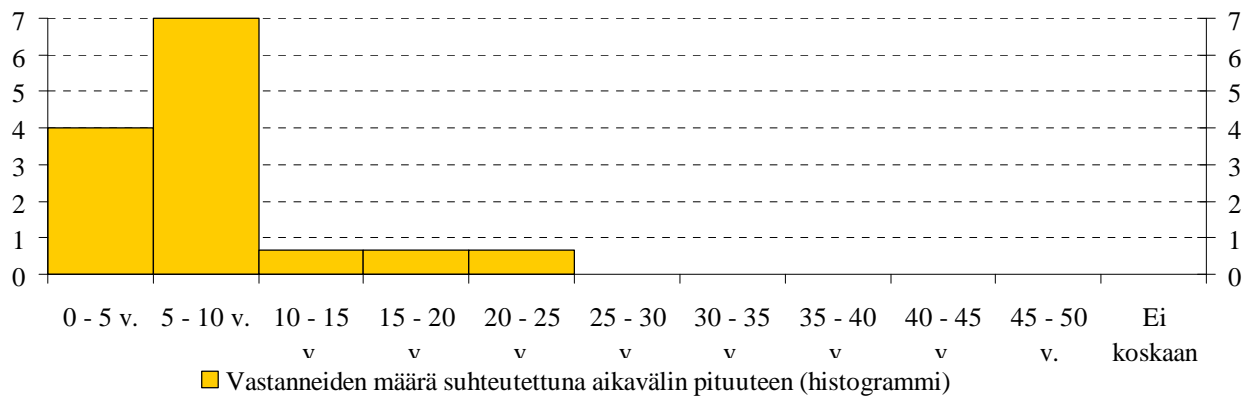
1. Tutkimusta ei hylätä kokonaan, vaan sitä jatketaan pienempimuotoisena saatavilla olevin resurssein.
2. Idea jätetään hautumaan, minkä aikana sen vuoksi ei tehdä aktiivista työtä. Tilaisuuden tullen sitä muokataan ja lopulta järjestetään uusi tilaisuus jatkaa työtä.
3. Tutkimuksen osatulokset (esim. uudenlainen materiaali tai tapa käyttää sitä, bioyhteensopiva paketointimenetelmä tai testausmenetelmä) jatkavat muiden projektien käytössä, mutta itse idea haudataan.
4. Idea myydään eteenpäin taholle, joka kykenee jatkamaan tutkimusta.

## 6.5 Tulevat muutokset

Suoraan materiaalitieteeseen, terveysteknologiaan tai tutkimukseen liittyvien kysymysten lisäksi panelisteja pyydettiin sekä ensimmäisellä kierroksella esittämään käsityksiään terveydenhuoltoon liittyvien alojen muutoksista tulevien 20 vuoden aikana. Näihin sisältyi myös oma osio, jossa pyydettiin arvioita materiaalitutkimuksen

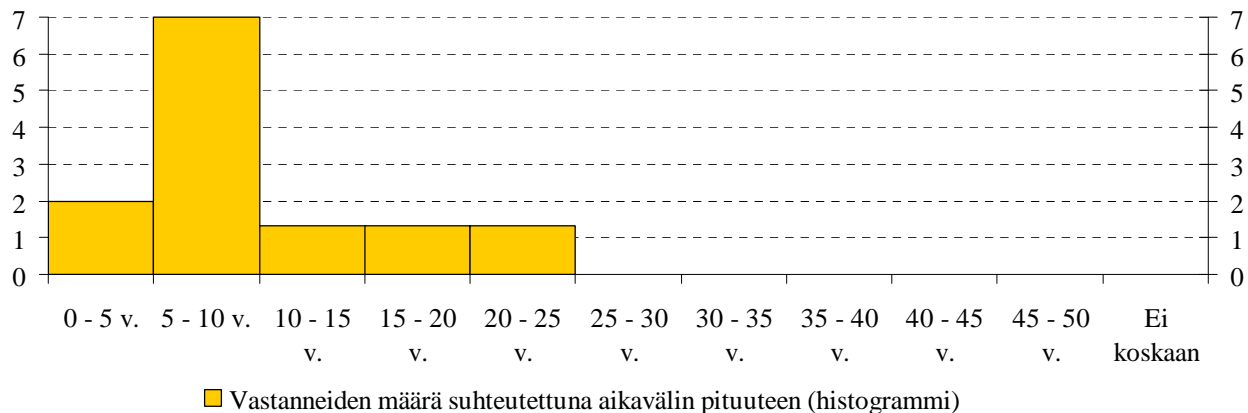
roolin muuttumisesta terveydenhuoltoon liittyen. Osion tavoitteena oli kerätä tietoa siitä, millaisissa mahdollisissa maailmoissa asiantuntijat uskovat tulevaisuudessa toimivansa. Vastauksista koottiin ”miniskenaario”, jonka eri osien toteutusaikatauluja panelistit arvioivat toisella kierroksella. Tulokset on esitetty histogrammeina (kuvat 20a – 20j), joissa aikavälin yksikkö on 5 vuotta. Siten esim. kategorian ”tapahtuu 10 – 25 vuoden päästä”, jonka pituus on 15 vuotta, vastaukset on jaettu 3:lla. Kuvaajan pinta-ala kertoo kyseiseen kategoriaan vastanneiden määrän. Koska arviolle ”Ei koskaan” ei voi antaa numeerista arvoa, merkittiin nämä vastaukset absoluuttisina vastaajamäärinä. Lukuun ottamatta kohtia f, g ja i kaikki panelistit vastasivat kysymyksiin, joten kuvioiden pinta-ala on 13.

**"Potilasrekisterit käytössä klinisen vaikuttavuuden seurannassa"**



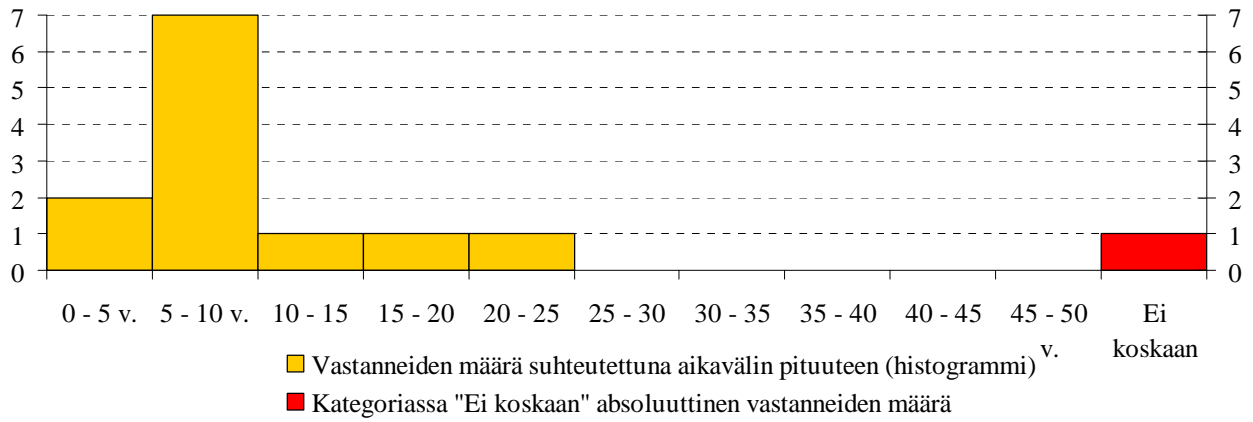
**Kuva 20a. Potilasrekisterejä hyödynnetään klinisesti todistetun tiedon keräämiseen toimenpiteiden vaikuttavuudesta.**

**"Edistyneet toimenpiteet keskitetty asiantuntijalaitoksiin"**



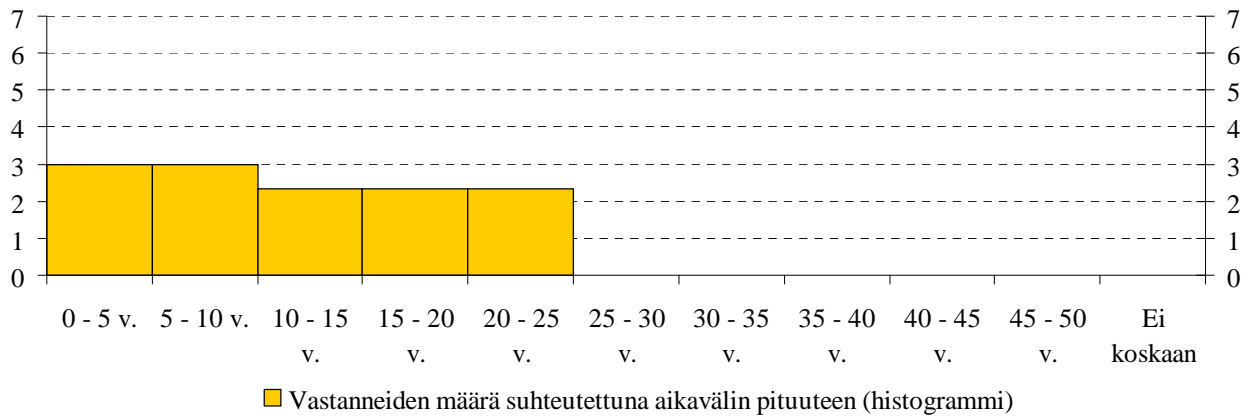
**Kuva 20b. Edistyneet toimenpiteet ja menetelmät on keskitetty asiantuntijalaitoksiin.**

**"Yksityinen sektori tasa-arvoinen terveystalvontarjoaja"**



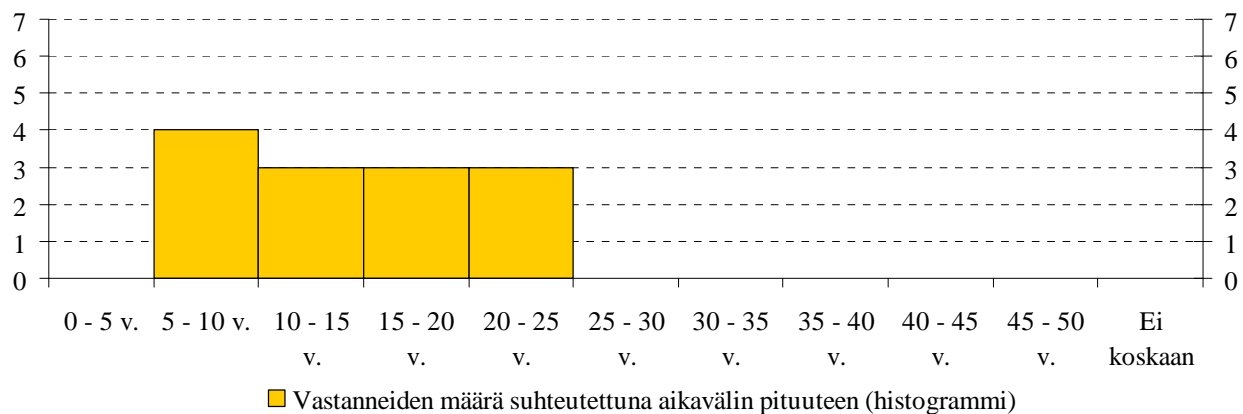
**Kuva 20c. Yksityiset palveluntarjoajat osallistuvat tasa-arvoisesti perusterveydenhuoltoon.**

**"E-health vakiintunut käyttöön"**



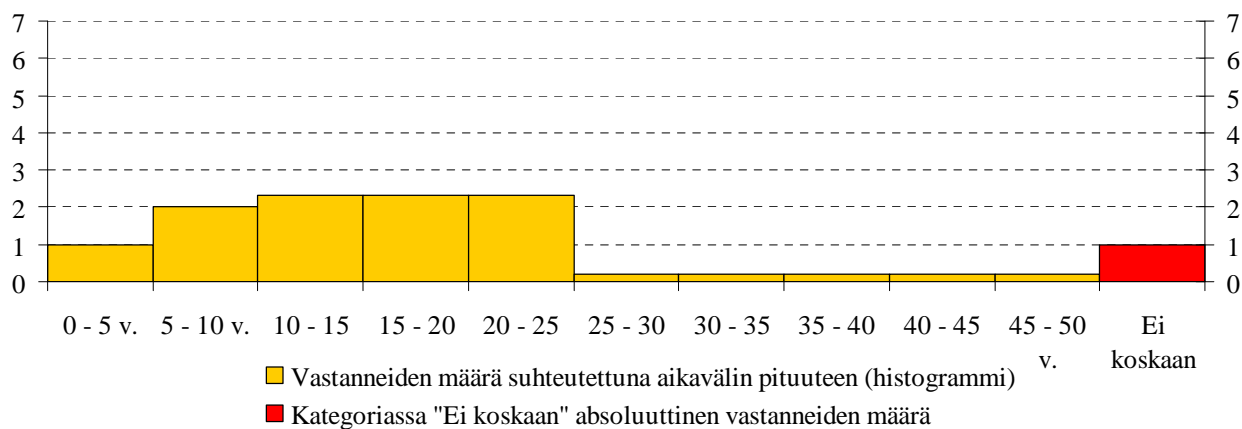
**Kuva 20d. E-health on kiinteä osa itsenäistä kotihoitoa ja terveyttään voi seurata esim. kännykän avulla**

### "Kroonisten potilaiden hoito pääosin etähoitoa"



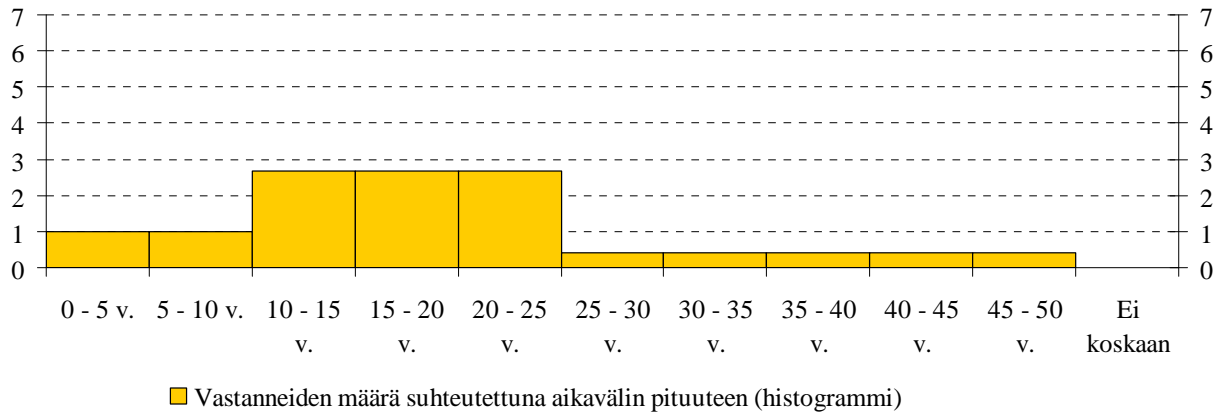
**Kuva 20e. Kroonisten potilaiden hoidon pääpaino on itsenäisessä etähoidossa.**

### "Potilasrekisterit avoimesti saatavilla EU-alueella"



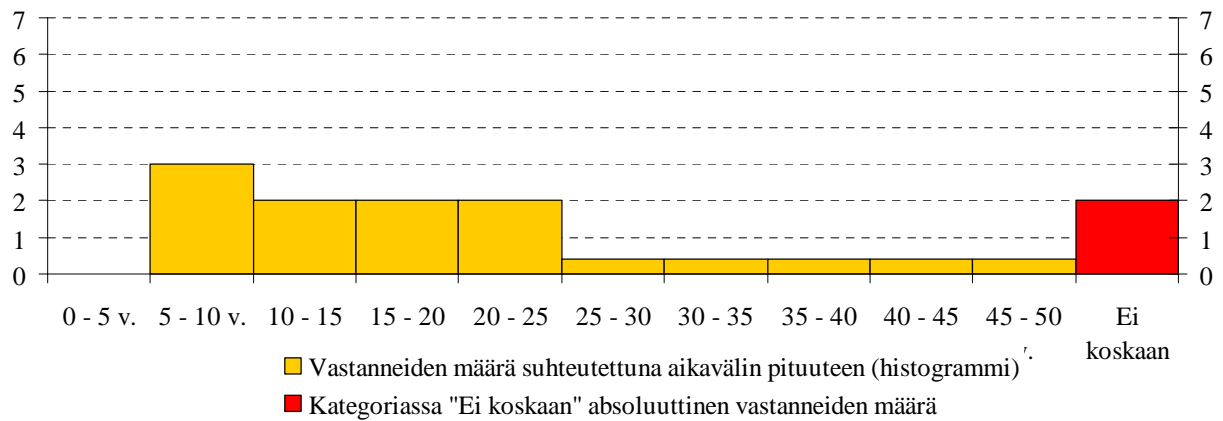
**Kuva 20f. Potilasrekisterien saatavuus on taattu myös valtion rajojen ulkopuolella (EU-alueella), ilman että potilas kantaa tietoa mukanaan.**

**"Kantasolut tasa-arvoinen hoitomuoto esim. lääkkeiden rinnalla"**



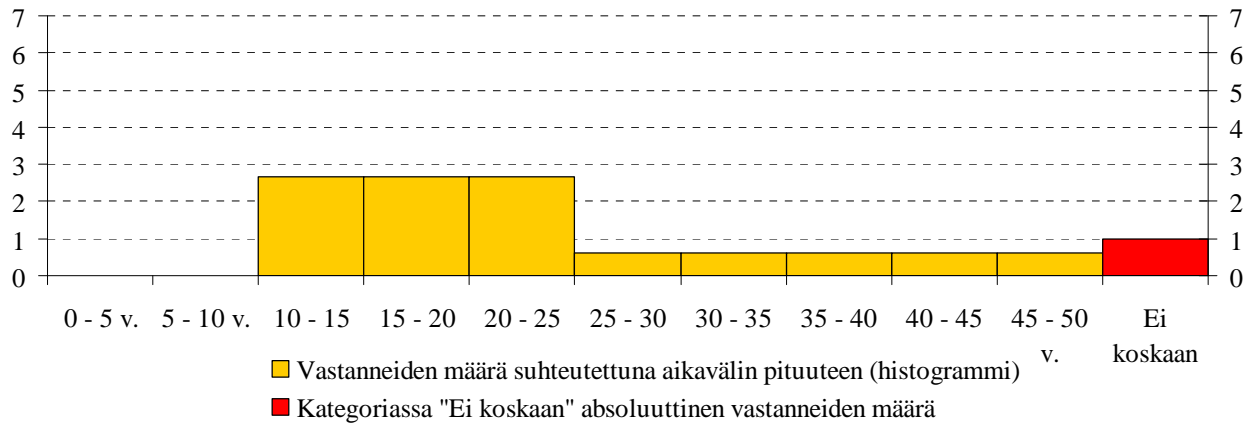
**Kuva 20g. Kantasoluhoito on lääkeshoidon ja kirurgian kanssa tasa-arvoinen hoitomenetelmä.**

**"Terveysteknologiayritykset tarjoavat myös hoitopalveluja"**



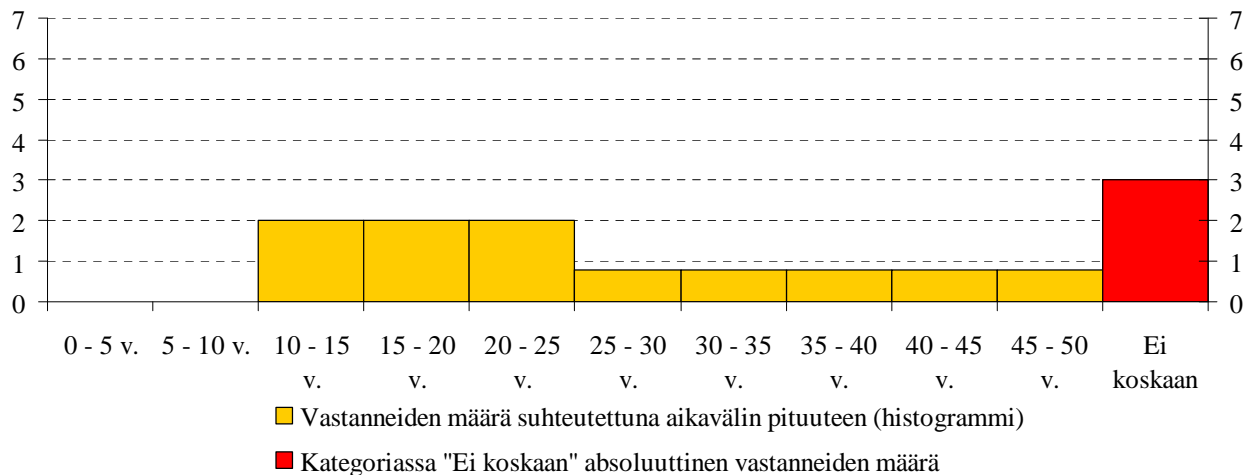
**Kuva 20h. Terveysteknologiayritykset tarjoavat myös terveydenhuoltopalveluja.**

### "Hoitokustannuksista 50 % potilaille"



Kuva 20i. Terveydenhuollon kustannuksista 50 % on potilaan tai vakuutusyhtiön vastuulla.

### "Materiaalitutkijoilla sairaalafysikon kaltainen ammatti"



Kuva 20j. Materiaalitutkijoilla on sairaaloissa oma sairaalafysikoiden kaltainen ammattikunta.

## 7 Pohdinnat

Edellä olevat tulokset antavat kuvan asiantuntijaneelin mielipiteiden jakautumisesta, mutta haastatteluissa ja avointen kysymysten vastauksissa tuli esiin runsaasti kannanottoja, jotka selittävät näitä tuloksia. Tässä luvussa käydään läpi merkittävimmät tulokset ja niiden taustalla olevat perustelut ja sijoitetaan vastaukset myös kirjallisuuskatsausosion mukaiseen perspektiiviin. Kaksi ensimmäistä kappaletta käsittelevät tutkimuskysymysten kannalta keskeisimpiä teemoja ja viimeisessä kappaleessa sivutaan muita haasteita.

## 7.1 Keskeisimmät terveysteknologian tutkimuskohteet

Kenties koko työn tärkein tavoite oli vastata kysymykseen: ”mitkä terveyteen tai terveydenhuoltoon liittyvät ja materiaalitutkimuksen keinoin ratkaistavissa olevat haasteet tarjoaisivat merkittävimpiä mahdollisuuksia suomalaisille materiaalitutkijoille”. Tässä kappaleessa syvennytään tarkemmin paneelin muodostamaan sovellusten tärkeysjärjestykseen tulosluvun kappaleesta 6.1. Lisäksi osiossa arvioidaan perustutkimuksen asemaa Suomen kilpailukyvyn perustana ja toisaalta ulkomaiden markkinoiden valloituksen kannalta. Yleisesti tuloksista esitettiin epäilyksiä, voisiko näin pieni paneeli tuottaa luotettavaa tärkeysjärjestystä. Tämä onkin mahdollinen virhelähde, ja siksi tässä analyysissä tuloksia käsitellään enemmän paketteina ”kolmen kärki”, ”keskimmäiset viisi” ja ”viimeiset viisi”, eikä näiden sisäisille järjestyksille ei anneta suurta painoarvoa. Lisäksi päätelmien kannalta panelistien perustelut ovat olennaisempia kuin itse järjestys.

### 7.1.1 Suomen materiaalitutkijoille mielenkiintoiset sovellukset

Kolmeksi tärkeimmäksi ja materiaalitutkimuksen kannalta mielenkiintoisiksi sovellusalueiksi nousivat *luun ja hampaiden korjaus ja korvaus, lääkeaineannostelu ja ruston korjaus*. Näiden kolmen suhteen kysyttiin panelistien mielipidettä, toimisivatko ne Suomen terveysteknologiaan liittyvän materiaalitutkimuksen strategisina painopistealoina. Muilta osin tärkeysjärjestystä ei erikseen pyydetty kommentoimaan, mutta useimmat asiantuntijat vertasivat listan loppupäähän jääneitä kärkikolmikkoon. Tässä kappaleessa esitellään näitä pohdintoja.

#### Kolmen kärki

Suurin osa paneelistista oli taipuvainen pitämään *luun ja hampaiden korjauksen ja korvauksen, lääkeaineannostelun ja ruston korjauksen* muodostamaa kärkikolmikkoon täysin mahdollisina painotuksina, mutta kukaan ei pitänyt asiaa aivan mustavalkoisena, vaan sekä puoltajilla että vastustajilla oli myönnytyksensä vastakkaiseen suuntaan. Useat kommentoivat, etteivät voisi kieltää kolmikön tärkeyttä, mutta toisaalta niitä pidettiin melko spesifeinä tutkimuskohteina ja epäiltiin, että vain niihin rajautuva strategia olisi liian suppea ja jättäisi ulkopuolelleen runsaasti potentiaalisia tutkimusprojekteja. Useimmat vastustavat kommentit pitivät kolmea sovellusta liian rajoittavana monipuolisen tutkimuksen lähtökohdaksi. Puoltajat pitivät myös kolmen kärkeä selvästi merkittävänä tutkimuskohteina, mutta toisaalta niiden yksittäisiä osia saatettiin pitää vähemmän merkittävänä. Esimerkiksi todettiin, että hampaiden korjaamiseen liittyvää osaamista, tutkimusta ja yritystoimintaa Suomessa on jo nyt runsaasti. Siksi sitä ei pidetty mielenkiintoisena ja tulevaan tähyävänä sovelluskohteena. Sen sijaan luuvaurioiden korjaus ja korvaus nostettiin tulevaisuudessa niin tutkimuksen kuin kaupallistettavissa olevien tuotteidenkin kannalta tärkeäksi temaksi ja kilpailuvaltiksi. Todettiin, ettei suuria luuvaurioita vielä kyetä korjaamaan, mutta tulevaisuudessa rinnakkaisia tuotteita tulisi varmasti olemaan runsaasti. Tätä tulosta tukee myös Max Planck Society'n kappaleessa 2.3.3 esitelty ehdotus, jonka mukaan luuta ja rustoa korjaavien materiaalien teknisen kehityksen tulisi olla yksi tulevaisuuden päähankkeista. Yhdistyksen raportti on kuitenkin jo vuodelta 2001, joten tutkimuskohteen tärkeys on tiedostettu Euroopassa jo pitkään.



(Bonfield, Rühle et al. 2001) Vaikka tutkimusta ja siten kilpailua alalla on siksi runsaasti, eikä voi olla varma, kuka kujanjuoksun markkinoiden ensivalloittajaksi voittaa, panelistit pitivät Suomen asemaa kilpailussa hyvänä. Osaa asiantuntijoista kuitenkin ihmetytti ruston korjauksen nouseminen tärkeysjärjestyksessä, sillä sitä pidettiin ehdotetuista kolmesta pienimpänä keskittymisalueena. Toisaalta tunnustettiin, ettei ruston sairauksien hoitoon ole kunnollisia ratkaisuja, ja siksi se, joka ratkaisun ensimmäiseksi löytää, tulee olemaan merkittävässä etulyöntiasemassa kilpailijoihin nähden.

### **Keskimmäiset ja viimeiset viisikot**

Tärkeysjärjestyksen seuraavat viisi sovellusta olivat ihon, *verisuonien ja virtsarakon korjaus*, *bioanturit*, *in situ -diagnostiikka*, *pinnoitteet terveysteknologian laitteissa* ja *hermostovaurioiden korjaus*. Myös näitä kommentoitiin vastattaessa, voisivatko kolme kärkisovellusta toimia strategisina painopistealueina. Erityisesti nostettiin esiin diagnostiikka, jonka jäämistä kärjestä muutamat asiantuntijat ihmettelivät, sillä ennakointiin ja nopeampaan sairauden tunnistamiseen tähtäävää painotusta pidettiin tulevaisuudessa selvästi yleistyvänä. Paneelilta myös kysyttiin toisen kierroksen avoimessa osiossa erikseen ennakointiin liittyviä materiaalitutkimuksen alueita. Useimmat ehdottivat tähän soveltuviksi tutkimusalueiksi juuri bioelektroniikkaa, diagnostiikkaa ja bioantureita, vaikka mm. kuvantamisen varjoaineetkin mainittiin. Lisäksi uusia diagnostisia hoitomenetelmiä pidetään suomalaisille yrityksille yleisesti ottaen mielenkiintoisena ventialueena ja mahdollisuutena, kuten kappaleessa 3.2.1 todettiin. (Ahjopalo 2007) Tästä huolimatta ennakkoinnin sovellukset eivät keränneet laajaa kannatusta tärkeysjärjestyskysymyksessä. Erääksi syyksi ehdotettiin alaan liittyvää kansainvälistä kilpailua, jonka vuoksi suomalaisten kannattaisi keskittyä muihin alueisiin. Toisaalta epäiltiin, että lähestymistavan kääntäminen hoitavasta ehkäisevään on uusi suuntaus, joka vaatii totuttautumista ja ajatusten työstämistä, ja että useat materiaalitutkijat eivät siksi vielä näe keinoa tarttua aiheeseen. Hieman tämän mielipiteen suuntaisesti useampikin asiantuntija pohti, ettei ennaltaehkäisy kenties kuulu materiaalitutkimuksen kenttään, vaan enemmän esimerkiksi ravitsemustieteiden piiriin. Yksi panelisti myös arveli, ettei implantoitavan elektroniikan edelleenkaan nähdä yleistyvän, ja tämän vuoksi myös paneeli on sijoittanut alan sovellukset listan häntäpäähän. Hänen mukaansa tulevaisuudessa on hyvinkin mahdollista, että pitkäaikaisilla implantoitavilla antureilla seurataan sairauksien kehittymistä, mutta monelle ajatus tuntuu tällä hetkellä mahdottomalta, koska asenne on, ettei elimistöön haluta vierasesineitä. Tällöin ennakkoinnin jääminen listan kärkipäältä ei siis liittyisi niinkään itse ennakkoinnin ja ennaltaehkäisyyn arvostukseen, vaan siihen, ettei bioanturiratkaisujen toteuttamista nähdä käytännössä mahdollisena.

Muutama panelisti olisi nostanut viidestä keskimmäisestä sovelluksesta tärkeämmäksi myös pinnoitteet terveysteknologian laitteissa. Tätä perusteltiin sillä, että käytännössä pinnoiteosaamisesta ja pinnoitteiden kehittämisestä on hyötyä melkein pä kaikkien muiden sovellusten eteenpäinviemisessä. Yleisesti ottaen sovelluslistaa kritisoiitiin sen osalta, ettei tutkimuskohteita välttämättä pidetty vertauskelpoisina juuri päällekkäisyyksien vuoksi. Moni totesi, että luun, hampaiden ja ruston korjaukseen tehtävä tutkimus on monelta osin samanlaista ja että kullakin alueella tehtyjä tuloksia

voitaisiin hyödyntää toisten edistämiseen. Esimerkiksi luun korjaukseen liittyvän tutkimuksen yhteydessä tuotettuja materiaaliratkaisuja voitaisiin käyttää erään asiantuntijan mukaan myös pehmyt- ja sidekudoksen tai jopa hermokudoksen korjauksessa. Samoin bioantureita ja bioMEMSejä eli biologiseen tutkimukseen hyödynnettäviä mikroelektromekaanisia laitteita pidettiin saman kolikon kääntöpuolina ja siksi epäiltiin, että näiden ajautuminen tärkeysjärjestyksessä kauas toisistaan kertoi lähinnä aiheen vieraudesta osalle panelisteja. Viimeiseksi jääneistä viidestä sovelluksesta kommentoitiin lähinnä bioMEMSejä ja stimulointilaitteita, joita pidettiin yllättävän vähän arvostettuina. Stimulointilaitteita todettiin tarvittavan myös kudosteknologisten ratkaisujen kehittämiseen, minkä vuoksi niitä ei olisi nostettu yksinään tärkeäksi tutkimuspainopisteeksi, vaan merkitys syntyisi lähinnä muiden tutkimushankkeiden tukemisesta. Rokotteiden osalta eräs panelisti totesi nostaneensa sen lähinnä humanitaarisista syistä omalla arvoasteikollaan, sillä länsimaissa tulisi kiinnittää enemmän huomiota kehittyvien ja kehitysmaiden tarpeisiin, koska täällä hyödynnettävään hienostuneeseen teknologiaan sikäläisillä terveydenhoitojärjestelmillä ei ole varaa.

### **Tärkeysjärjestyksen kritiikkiä**

Eräs panelisti kiinnitti huomiota ”mukavuushoitojen”, kuten luiden ja rustojen korjauksen korostumiseen järjestyksessä tärkeimpinä, kun esimerkiksi verisuonien korjaus voisi olla hengenpelastava toimenpide. Käytännön tilanteissahan hengenpelastava toimenpide ajaa joka tapauksessa mukavuustoimenpiteen edelle. Toisaalta luvussa 2 esitellyssä Euroopan terveysteknologiasuuntauksia kartoittaneessa tutkimuksessakin sydän- ja verisuonitautien hoitomenetelmiä painotettiin vähemmän kuin esimerkiksi aivojen terveyteen liittyviä. Akateemisen kiinnostuksen vähentyminen alaa kohtaan on siten ollut nähtävissä jo 1990-luvulla. (Wild, Torgersen 2000) Huolestuttavan oloisella trendillä on kuitenkin hopeareunus. Verrattaessa kahta suomalaista tutkimusta, joista toinen tehtiin 1978 – 1980 ja toinen vuosina 2000 – 2001, havaittiin kohonneen kolesterolipitoisuuden, sepelvaltimotaudin ja sydämen vajaatoiminnan harvinaistuneen kahdenkymmenen vuoden aikana niin alle 65-vuotiailla naisilla kuin miehilläkin. Diagnosoitu kohonnut verenpaine puolestaan oli yleistynyt lähinnä hoidon aiheiden (*engl. indications*) lievittymisen vuoksi, mutta mitattu kohonnut verenpaine oli vähentynyt. Hoidon aiheilla tarkoitetaan syitä, joiden vuoksi lääkäri määrää lääkityksen, ja niiden lieventyminen johtaa hoitomääräysten yleistymiseen. Nämä muutokset olivat ilmeisiä siitä huolimatta, että lihavuus oli lisääntynyt kaikissa ikäryhmissä erityisesti miehillä, sillä ylipainosta riippumatta nautitun ruuan laatu ja ravintoarvot ovat parantuneet. Tämä viittaisi siihen, että verenkiertoelinten sairauksien merkitys tulevien eläkeläisten keskuudessa tulee olemaan nykyistä vähäisempi. Sama tutkimus kuitenkin totesi naisten lonkka- ja polvinivelrikon vähentyneen erityisesti raskaan fyysisen työn vähentyessä. Vaikka tulos kyseenalaistaa siten myös rusto- ja luukudoksen korjaukseen liittyvän tutkimuksen tulevan tarpeen, tutkimuksessa ei arvioitu esimerkiksi ylipainon lisääntymisen vaikutusta tulevaan tuki- ja liikuntaelinsairauksien määrään. (Aromaa, Koskinen et al. 2002) Verenkiertoelinten ja tuki- ja liikuntaelinten sairauksien yleistymisen ennakoitua hankaloittaa myös nyt kasvamassa oleva sukupolven elintapojen muokkautuminen. Esimerkiksi 18 – 29 -vuotiaiden ruokailutottumukset

ovat heikentyneet, ja 30 – 44 -vuotiaiden ikäryhmässä syödään kasviksia useammin päivittäin kuin nuorten aikuisten keskuudessa. Nuorista aikuisista jopa 40 % harrastaa terveyttä ylläpitävää liikuntaa korkeintaan kerran viikossa, kun suositus on vähintään kolme kertaa. (Koskinen, Kestilä et al. 2005) Tämä sukupolvi voi siis kääntää sydän- ja verisuonisairauksien myönteisen kehityksen jälleen huonoon suuntaan.

### **7.1.2 Perustutkimuksen asema**

Kysymysten yhteydessä annetun luokittelun (taulukko 3) mukaisesti sovellusten kärkikolmikko kuului perustutkimuspainotteisiin luokkiin, sillä erityisesti kudosteknologiassa ja aktiivisten implanttien kehityksessä perusasioiden selvittämistä pidettiin tärkeänä. Panelisteilta kysyttiin, minkä vuoksi tärkeäksi nähtiin juuri perustutkimusta vaativia sovelluksia. Suurin osa piti ilmiötä luonnollisena. Todettiin, että jotta jotain asiaa pidettäisiin ylipäättään tärkeänä, on lupaavia tuloksia oltava jo syntynyt. Mitä syvemmälle alueessa on menty, sitä enemmän vastaan on kuitenkin tullut myös suuria uusia kysymyksiä, ja siten perustutkimuksen tarve kasvaa aiheen tärkeyden rinnalla. Toisaalta muutama panelisti myönsi varovaisesti, että kyseessä on jossain määrin akateemisen ja kaupallisen näkökulman ero, sillä kaupallistamisen alaan läheisemmin kytköksissä olleiden panelistien tärkeysjärjestyskin poikkesi muusta paneelistista. Useilta panelisteilta tiedusteltiin, voisiko olla mahdollista, että perustutkimuksen painottuminen johtuisi tutkijapainotteisen paneelin halusta työntää kaupallistamisen velvoite kauemmas itsestään. Muutamat pitivät ajatusta mahdollisena ja moni akateeminen panelisti kommentoikin, tosin eri yhteydessä, ettei tutkijoilta saisi vaatia keskittymisen hajauttamista liiaksi mm. kaupallistamisosaamisen haalimiseen. Toisaalta kaupallistamisen etäännyttämisen sijaan yksi panelisti arveli asenteeksi pikemminkin, että akateemisessa maailmassa yksinkertaisesti arvostetaan ehkäpä enemmän juuri perustutkimuksessa syntyviä edistysaskeleita ja ettei soveltavaa tutkimusta pidetä samalla tavalla vaikeana. Hän jatkoi kuitenkin, että vaikka perusteiden on ilman muuta oltava kunnossa, on yksipuolinen panostaminen perustutkimukseen haitaksi, sillä tälle tasolle jäädessään eivät hyvätkään tulokset kasvata kilpailukykyä. Kaupallistamista ajatellen ”soveltava tutkimushan on sitä jo lähempänä eikä niinkään perustutkimus”, panelisti kommentoi. Myös talousneuvoston selvitys osoittaa, että teknologiajohtoinen toimintamalli on ollut Suomessa hallitseva jo pitkään ja selvityksessä esitettiin, että innovointia olisi kehitettävä asiakaslähtöisempään suuntaan. (Talousneuvoston sihteeristö 2006) Niinpä molemmilla painotuksilla on oma arvonsa ja tarpeensa.

Hieman vastakkainasettelusta poikkeavana näkökulmana eräs panelisti totesi, ettei perustutkimusta, soveltavaa tutkimusta ja kaupallistamista tule tarkastella puhtaasti lineaarisena jatkumona. Käytännössä perustutkimuksen tulos voi olla yhtä lailla kaupallistettavissa kuin soveltavankin, ja ero on lähinnä tulosten innovatiivisuudessa. Soveltavan tutkimuksen tuote on yleensä pienempi askel eteenpäin ja sen kekseliäisyyttä rajaa sen historiassa tehdyt oivallukset, kun perustutkimuksesta suoremmin kaupallistettu tuote on lähtökohtansa vuoksi innovatiivisempi ja mullistavampi. Sama ilmiö on nähtävissä myös verrattaessa kansainvälisten suuryhtiöiden ja pienten yritysten tuotekehityksen eroja, joita esiteltiin kappaleessa 3.2.2. Suuryhtiöillä on kenties paremmat mahdollisuudet viedä tuotteitaan eteenpäin,

mutta pienet ovat tutkimuspainotteisempia ja innovatiivisia. (Pammolli, Riccaboni et al. 2005) Niinpä soveltavaan tutkimukseen siirtyminen ei ole ainoa tapa hyödyntää perustutkimuksen tuloksia. Toisaalta useampi asiantuntija totesi, että tutkimuksella on elinkaari, joka etenee puhtaasta perustutkimuksesta soveltavaan. Tällä kaarella kukin tutkimuskohde kulkee omaa tahtiaan, ja panelistien vastausten perusteella kudosteknologian ja aktiivisten implanttien ryhmät ovat parhaillaan kaaren alkupäässä, missä perustutkimukseenkin on panostettava vielä runsaasti. Näidenkin kategorioiden sisällä tosin voi olla sovelluksia, jotka ovat edenneet kaarella pitemmälle. Panostuksessa olisikin oltava tarkkana ja vaadittava, että edistystä kaarella tapahtuu. Eräs asiantuntija totesi, että ellei perustutkimuksen kohde koskaan siirry soveltavaan, ja siten kaupallistamista ja hyödynnettävyyttä lähempänä olevaan ja omilla tuloksillaan seisovaan vaiheeseen, tulee perustutkimusrahoituksesta vain elinkelvottoman toiminnan ylläpitoa. Tällaista tutkimusta täytyisi yhä uudestaan herätellä henkiin perusrahoituksen ja perustutkimuksen turvin, eikä sellainen ole resurssien käytön kannalta järkevää. Kaikkiaan panelistit pitivät pitkäjänteistä perustutkimusta erittäin arvokkaana ja tärkeänä, mutta useimmat sisällyttivät ajatukseen myös, että tutkimustulosten soveltaminen on vähintäänkin yhtä haastavaa ja tärkeää ja että perustutkimuksessakin tulisi olla taka-alalla jo häilyvässä mielikuva, miten tuloksia voitaisiin hyödyntää kaupallisesti.

### 7.1.3 Päätelmät tutkimuskohteista

Panelistien kommentit viittaavat siihen, että saatu tärkeysjärjestys on hyödynnettävissä terveysteknologiaan suuntautuneen materiaalitutkimuksen strategian luomisessa. Kuten moni kommentoi, kolme eniten esille nousutta sovellusta eivät riitä koko Suomen kattavan tutkimuskokonaisuuden ohjaukseen etenkin, koska niistä kaksi voidaan käsittää kudosteknologiaan sisältyviksi osa-alueiksi. Tässä yhteydessä on myös todettava, että paneelin koosta johtuen ilman edustajaa on voinut jäädä jokin muukin biomateriaalitutkimuksen alakategoria, kuin aiemmin työssä mainittu biomimeettisten materiaalien tutkimus. Niinpä tässä työssä on syytä ehdottaa keskittymiskohteita riittävän väljin rajauksin. Tuloksena saatu järjestys antaakin suuntaa tasapainoisen tutkimusportfolion muodostamiseen, jossa yksi jalka on *kudosteknologia* eri alakategorioineen, toinen *lääkeaineannostelu* ja kolmas *bioelektroniikka* perustuen järjestyksessä keskivaiheille nousseiden bioanturien ja *in situ* -diagnostiikan arvostukseen ja kommentteihin niitä koskien. Yhdysvaltalaisessa bioelektroniikkaa koskevassa raportissa todettiin myös, että tällä hetkellä 43 % alan julkaisuista tulee Euroopan alueelta, kun USA:sta tulee n. 20 %. (Walker, Ramsey et al. 2009) Niinpä eurooppalaisilla alan tutkimusryhmillä on mahdollisuus ylläpitää etumatkaa yhdysvaltalaisiin kilpailijoihin, ja EU-maiden välisellä yhteistyöllä sitä voidaan kasvattaa entisestään. Ylipäätään kaikilla kolmella alalla Suomella olisi paneelin mukaan mahdollisuudet onnistua, sillä osaamis pohja täällä on vahva ja kilpailukykyinen.

### Kolmikron kritiikki

Tässä esitetystä kolmijalkaisesta mallista oli tosin eriäviäkin mielipiteitä. Eräs panelisti totesi, ettei nostaisi elektroniikkaa muiden rinnalle painoalueeksi, sillä muiden tutkimuskohteiden, kuten kudosteknologian kasvatuskammioiden kehityksen, kriittinen seuraava askel liittyy juuri elektroniikan ja stimuloinnin kehittämiseen, eikä alaa siten tarvitse korottaa omaksi tutkimusaiheekseen. Hän myös kommentoi, että bioelektroniikka on vähän oma alueensa, joka ei ole niin kytkeytynyt materiaalitieteeseen ja -tekniikkaan. Siksikin se on materiaalitutkimusta koskevalla listalla vähemmän arvostettu. Lisäksi diagnostiikan alaan ja erityisesti kuvantamiseen ja ei-invasiiviseen diagnostiikkaan yritykset ovat panostaneet merkittävästi. Materiaalitutkijoiden kannalta mielenkiintoisissa sovelluksissa nimenomaan *in vitro* -diagnostiikan alalla lienee kuitenkin kehitettävää kilpailusta huolimatta. Toisaalta on hyvä myös muistaa, että ei-invasiivisten diagnostiikkalaitteiden, kuten MRI- ja hammasröntgenlaitteiden, viennissä Suomi on jo osoittanut kilpailukykyä maailmalla. (Pammolli, Riccaboni et al. 2005)

Vastustavan äänen antoi myös toisen panelistin kommentti elämänlaatua parantavien hoitojen korostumisesta hengenpelastavien kustannuksella. Toisaalta kun kiinnitetään huomiota yritysten voimakkaaseen kiinnostukseen sydän- ja verisuonitautien hoitomenetelmiä kohtaan, voidaan todeta, että kilpailu alalla on jo huomattavan kiristynyt. (Steward, Hu et al. 2010) Lisäksi väestönkehityksen huomioiden tulevaisuudessa on yhteiskunnan kannalta kriittistä ylläpitää työssäkäyvän väestön työkykyä, ja odotettavissa on myös entistä parempaa palvelua ja elämänlaatua arvostavien, eläkkeellä olevien kansalaisten lisääntyminen. (Kuusi, Ryyänen et al. 2006) Kenties elämänlaatua parantavia hoitomenetelmiä voidaan kuitenkin hyödyntää portaana myös hengenpelastaviin hoitoihin. Esimerkiksi kudosteknologian sisäisiä painotuksia päätettäessä luiden ja ruston korjauksen tutkimus voisivat olla ensisijaisia kohteita, ja tietämyksen kasvaessa voitaisiin siirtyä tässä työssä muodostetussa tärkeysjärjestyksessä alaspäin sitä mukaa, kun luihin ja rustoon liittyvä tutkimus kypsyy perustutkimusvaiheesta soveltavammalle asteelle. Kuten edellä on todettu, luiden ja ruston korjausta pidetään tärkeänä haasteena myös Suomen ulkopuolella, ja useat panelistit kommentoivat, että näissä sovelluksissa saavutettavat edistysaskelet ovat melko suoraan hyödynnettävissä myös esimerkiksi pehmytkudoksen tutkimuksessa. (Bonfield, Rühle et al. 2001)

### **Muut tutkimuskohteet**

Tärkeysjärjestyksessä loppupäähän jääneet sovellukset eivät nekään välttämättä ole strategisesti huonoja tutkimuskohteita. Useat asiantuntijat huomauttivat, että liiallinen keskittyminen muutamiin sovelluksiin voi johtaa valtavaan resurssien hukkaan, mikäli myöhemmin ilmenee, ettei panostuskohde ollutkaan onnistunut. Eräs panelisti totesi myös, että pienestäkin panostuksesta ja tutkimushankkeesta voi seurata suuria hyötyjä. Lisäksi hän kommentoi, että rahoituksen lisäämisen vaikutukset tutkimuksen tuloksiin saturoituvat lopulta. Vaikka siis sijoitettaisiin yhä suurempia summia suureen tutkimusryhmään, joka keskittyy strategisesti merkittävään tutkimukseen, lopulta sijoituksen lisääminen ei enää paranna tutkimuksen tuottavuutta. Toisaalta ”haulikolla ammuttua” tutkimuspanostuksen jakoa ei sitäkään pidetty toimivana, sillä vaikka pienistä hankkeista voi tulla laadukkaita tuloksia, suuremmista ja pitkäjänteisemmistä

projekteista niitä tulee varmemmin. Niinpä strategisia keskittymiskohteita tulee hakea järjestyksen yläpäästä, mutta loppupään tutkimuskohteet voisivat toimia yksittäisinä sivupolkuina tai varasuunnitelmina, joita työstetään eteenpäin paikallisesti yksittäisten tutkimusryhmien voimin. Tällaisia ovat erityisesti rokotteen ja rokotusmenetelmien tutkimus, jonka onnistuneille tuloksille olisi runsaasti markkinoita kehittyvissä maissa, ja minimaalisen invasiivinen kirurgia, jolle puolestaan on kysyntää ikääntyvien väestöjen maissa. MIS-tekniikka vaatiikin runsaasti kehitystä, kuten kävi ilmi myös kappaleessa 3.3.5., sillä useita lääkäreiden nykyisin käyttämiä endoskopiaalaitteita pidetään yhä kömpelöinä ja alkeellisina. (Marohn, Hanly 2004) Kuten edellä on esitetty, stimulointilaitteiden ja bioMEMSien tutkimus puolestaan ovat muita kehityshankkeita tukevia alueita ja siksi arvokkaita. Ainoastaan keinoelinten kehitystä voidaan haastatteluiden ja kirjallisuuden perusteella pitää suuremmissa mittakaavassa ajankohtaisena vasta myöhemmin, kun kudosteknologian muilla alueilla on saavutettu hyviä tuloksia. Toisaalta tällaisia kauaskantoisia visioita on myös oltava, jotta tunnustetaan ajoissa mahdollisuus edetä seuraavan haasteen pariin. Eräs tällainen tavoite voisi olla kudosteknologisesti valmistettu keinomunuaisen kehittäminen munuaisen vajaatoiminnan hoitomenetelmäksi, sillä tutkimuskohde tunnustettiin tärkeäksi eurooppalaisessa terveysteknologiakartoituksessa ja sairauden nykyiset hoitokustannukset ovat suhteessa sairaiden määrään huomattavan suuret. (Wild, Torgersen 2000, Steward, Hu et al. 2010) Yksi asiantuntija pohti kokonaisuutta, että suuret strategiset linjaukset vaikuttavat turvallisilta keskittymiskohteilta, sillä tutkimusta on jo ollut ja se on tuottanut lupaavia tuloksia. Panostuksen lisääminen tällaisiin aloihin tuottaisi siten samassa suhteessa enemmän tuloksia. Toisaalta pienempien hankkeiden tutkimuskohteet ovat tuntemattomampia. Niillä panostuksen tuotto-odotukset olisivat enemmän suuri riski – suuri palkkio -asteikolla ja siksi pienimuotoinen panostaminen voi osoittautua hyvinkin kannattavaksi, mutta samalla sijoituksen pienuus suojaa suurilta tappioilta.

### **Perustutkimuksen painotus**

Onnistunut teknologian ennakoitihanke edellyttää, että prosessissa löydetään tasapaino teknologian työntönnön (*engl. technology-push*) ja markkinoiden vedon (*engl. demand-pull*) välille. Yleisen mielenkiinnon ohjaamassa perustutkimuksessa teknologiatyöntönnön tulee dominoida, soveltavassa tutkimuksessa puolestaan markkinavedon. Strategisessa tutkimuksessa molempien tulisi olla tasapainossa. Toisaalta mikäli yhteiskunnallistaloudellisten vaatimusten sallitaan määrätä tutkimuksen suuntauksia liiaksi, saatetaan ajautua lyhytnäköisiin ja konservatiivisiin ratkaisuihin. (Martin 1995) Erityisesti nuoret tutkijat ovat nykyään kiinnostuneita markkinavetoisuudesta, joten kauaskantoisen ja innovatiivisen kehityksen asema voi tulevaisuudessa olla entistäkin heikompi. (Bonfield, Rühle et al. 2001) Delfoi-paneelin vastauksissa erityisesti kudosteknologian ja aktiivisten implanttien tutkimus, johon annetun määritelmän mukaan myös lääkeaineannostelu kuului, sijoitettiin perustutkimuksen tarvetta painottavaan luokkaan. Bioelektroniikka puolestaan nähtiin enemmän soveltavaa tutkimusta vaativaksi. Mikäli keskittymiskohteet valitaan siis tämän ehdotuksen mukaan, niin perustutkimus kuin soveltava tutkimuskin tulisivat edustetuiksi. Tämän perusteella voidaan myös antaa suositus, että kudosteknologiaan ja lääkeaineannosteluun liittyvä biotieteellinen ja materiaalien tutkimus painottuisi

enemmän perusasioiden selvittämiseen ja sitä kautta tutkimuksen tavoitteena olisivat nykyhetkellä vaikeasti nähtävissä olevat innovatiiviset ratkaisut. Tavoitteena tulisi myös olla perustutkimuksen tulosten suora kaupallistaminen ja siten näkökulman olisi oltava mielessä jo tutkimusprojektin käynnistysvaiheessa. Sen sijaan bioelektronikan sovelluksiin erikoistuneiden terveysteknologian ja materiaalitutkimuksen ryhmien tulisi kiinnittää erityisesti huomiota markkinoiden tarpeisiin ja kaupallistamisreitteihin ja jo olemassa olevan laadukkaan perustutkimuksen tulosten hyödyntämiseen. Tämä painotus noudattaa myös Suomen työ- ja elinkeinoministeriön laatimaa innovaatiostrategiaa ja mahdollistaa potilaiden huomioimisen hoitopäätöksiä tehtäessä, mikä on globalisaation vaikutuksesta kasvava trendi. (Suomen Työ- ja elinkeinoministeriö 2008, Kvist 2004) Sekä perustutkimuspainotteista että asiakasjohtoisista lähestymistapaa kuitenkin tarvitaan Suomen kilpailukyvyn ylläpitämisessä ja edelleen kehittämisessä.

## 7.2 Keskeiset osaamistarpeet

Kuten kappaleessa 4.3 esitettiin, tulevaisuudentutkimuksen implementoinnin kannalta on olennaista, että teknologian kehitystä kartoitettaessa selvitetään myös tuon kehityksen nostattamia osaamistarpeita. (Uotila, Melkas et al. 2005) Toinen keskeinen tutkimuskysymys olikin ”*minkälaista osaamista keskeisiksi määritettyjen tutkimuskohteiden eteenpäin vieminen vaatii tulevilta materiaalitutkimusryhmiltä*”. Tässä kappaleessa esitellään keskeisimmät osaamiset, joita Delfoi-paneelin mukaan tarvitaan tulevaisuudessa niin materiaalitieteen kuin yleisemmin terveysteknologian alallakin. Osaamislistat kerättiin alkujaan asiantuntijoiden kommentteista ja kirjallisista vastauksista, minkä jälkeen panelisteja pyydettiin toisella kierroksella arvioimaan osaamisen tärkeyttä ja maantieteellistä sijoittumista Suomessa. Tässä yhteydessä on muistettava, että kukin asiantuntija vastaa luontaisesti sen mukaan, mi

### 7.2.1 Materiaaliosaaminen terveysteknologiassa

Osaamisen tärkeyttä kysyttiin kunkin panelistin tärkeimmäksi valitseman tutkimuskohteen mukaan (kuva 9). Likimain valitusta tutkimuskohteesta riippumatta tarpeellisimmiksi osaamisiksi arvioitiin *uusien polymeerien kehittäminen, biologisen ja ei-eloperäisen materiaalin rajapintailmiöiden ymmärtäminen, materiaalien pinnoittamisosaaminen ja materiaalien ominaisuuksien laajamittainen tuntemus*. Jaetulle viidennelle sijalle nousivat *materiaalien mikromittakaavan työistö ja ei-eloperäisten aineiden rajapintailmiöt*. Vaikka uusien polymeerien kehittämistarpeesta oltiin varsin yksimielisiä, eräs panelisti totesi, että ajatus on houkutteleva, mutta käytännössä hän olisi varuillaan. Hänen mukaansa polymeerien ominaisuuksien muokkausosaamista ja siten prosessointiosaamista tarvitaan kyllä tulevaisuudessakin runsaasti, mutta parhaillaan kaupallisesti tarjolla olevat polymeerit tarjoavat tälle jo hyvän pohjan. Hän kyseenalaisti uusien polymeerien kehittämisen kannattavuuden, sillä nykyinen biomateriaalialan yritystoiminta perustuu kahden biopolymeerien päävalmistajan tuotteiden muokkaamiseen prosessoinnin keinoin. Jos Suomessa sitten kehitettäisiin täysin uusia polymeerejä, niiden kaupallistaminen olisi panelistin mukaan vähintäänkin hankalaa, ellei tuotteita sitten myisi jo markkinoita hallitseville jäteille. Muutoin panelisti arvioi, että kilpailutilanne estäisi uusien biopolymeerien pääsyn kaupan hyllyille, vaikka tuotteet olisivatkin laadukkaita. Uudenlaisten polymeerien

kehityksen puolestapuhuja sen sijaan perusteli mielipidettään sillä, että tähän asti polymeerien kehittäminen on ollut pääosin lääkärivetoista ja materiaalit on kehitetty implantteja silmälläpitäen. Sovelluksia on kuitenkin useita, ja tällöin tarvitaan myös erilaisia lähtökohtia. Hän pohti, että jos polymeerit asettuvat bioyhteensopivuudeltaan Gaussin käyrälle, mutta eteenpäin on viety vain muutama ensimmäinen kelvollinen, joka on tullut vastaan, mistä tiedetään, millä kohtaa käyrää oikeastaan ollaan. Rajapintailmiöiden ymmärtämisen tarpeen suhteen asiantuntijoiden rivit olivat yhtenäisemmät. Eräs asiantuntijoista huomautti, että osaamistarpeiden listassa muut vaihtoehdot olivat periaatteessa yhden perinteisen oppiaineen sisällä tuotettavaa asiantuntemusta, mutta biologisen ja elottoman aineen rajapintailmiöiden ymmärtäminen vaatii eniten poikkitieteellisyyttä, eikä sille siksi ole olemassa valmista taitoa, joka perustutkimusta aiheesta tekisi. Panelisti arveli osaamistarpeen nousseen esiin osittain myös tämän aihepiirin sisäänrakennetun tuntemattomuuden vuoksi.

Kahden merkittävimmän jälkeen seuraavaksi korostuneen pinnoittamisosaamisen arveltiin myös liittyvän tarpeeseen kehittää terveysteknologian laitteiden bioyhteensopivuutta. Pohdittiin, että rajapinta- ja pinnoitetutkimuksessa päästäisiin melko nopeastikin eteenpäin, sillä osaamista on jo valmiiksi olemassa. Myös materiaalien ominaisuuksien laaja-alainen tuntemus keräsi kannatusta. Tähän eräs panelisti totesi, ettei edes valinnut koko osaamista, sillä se on niin selviö. Ilman erilaisten materiaalien laajaa tuntemusta ei voida puhua materiaalitieteestä, eikä itseään voi kutsua materiaaliasiantuntijaksi ellei tämä ehto täyty, hän perusteli. Toisaalta tarvetta kommentoitiin hieman huolestuneestikin ja arveltiin, että nykytutkimus nojautuu liiaksi yksittäisten materiaalityöryhmien varaan ja siksi yleisempää materiaalien tuntemusta olisi lisättävä. Viidennelle sijalle jääneet mikromittakaavan työstö ja synteettisten materiaalien rajapintailmiöiden tunteminen eivät erikseen keränneet kommentteja, mutta, kuten Max Planck Societyn arviossakin todettiin, seuraavan vuosisadan merkittävimmät edistysaskeleet tulevat perustumaan aineen nano- ja mikromittakaavan hallintaan, joten tutkimus alueella lisääntynee entisestään. (Bonfield, Rühle et al. 2001) Loppujen vähemmän korostuneiden osaamisten osalta yksi panelisti totesi, ettei niitä saisi unohtaa. Mikäli jokaisessa tutkimusryhmässä ei olisikaan omasta takaa kaikkien esitettyjen alojen asiantuntijoita, tulisi jokaisella ryhmällä olla vähintäänkin tarvittaessa kontakti myös puuttuviin osaamisiin.

### **7.2.2 Terveysteknologian parissa toimivien tutkimusryhmien osaaminen**

Yleisesti terveysteknologia-alan osaaminen ja sen jakautuminen Suomessa eri puolilla sijaitseviin tutkimusryhmiin herätti eniten eriäviä mielipiteitä. Osa panelisteista ylipäätään kummasteli kysymystä, ja piti alan tutkimuksen lähtökohtana, että osaamista on hyvin laaja-alaisesti kaikilla esitetyillä alueilla. Vastauksista kuitenkin voidaan nähdä alueiden profiloituminen hieman eri asiantuntemuksiin (kuvat 10 – 14). Osa asiantuntijoista kannatti profiloitumista, jotta Suomen sisällä ei olisi päällekkäistä tutkimusta, osa puolestaan totesi, että etenkin perustutkimukseen kuuluu kokeiden toistaminen, ja useassa paikassa on väistämättä tehtävä samoja kokeita. Tässä ei ole mitään pahaa, sillä samasta lähtökohdasta voi syntyä erilaisia ideoita. Kaikkia ehdotettuja osaamisia on kuitenkin sijoitettu jonnekin päin Suomea, joten yhteistyötä tehden hyvinkin poikkitieteelliselle ja monipuoliselle tutkimukselle ei pitäisi olla



esteitä. Paneelin näkökulmia yhteistyöstä eri ryhmien välillä esitellään laajemmin kappaleessa 7.3.1.

### **Kaupallistamisosaamisen tarve**

Paneelilta myös kysyttiin, mitä osaamista suomalaisissa tutkimusryhmissä tarvittaisiin enemmän, mutta tähän kysymykseen useimmat jättivät vastaamatta. Kuuden panelistin mielipiteiden joukosta esiin kuitenkin nousi kaupallistamisosaaminen, jonka paremmasta edustuksesta tutkimusryhmissä ajateltiin olevan etua. Tämä noudattelee myös luvussa 2 esiteltyjä osaamistarpeiden muutossuuntauksia, joiden mukaan työelämän ja kulttuuriympäristön muutokset lisäävät tarvetta oman asiantuntemusalansa lisäksi markkinoinnin ja liiketoiminnan osaamiselle. Kuten jo kappaleessa 7.1.2 on mainittu, kaikki eivät kuitenkaan asettaisi kaupallisen osaamisen vaatimusta tutkijoille, joilta jo nykyisellään vaaditaan poikkitieteellistä asiantuntemusta. Nähtiin, että tämä hajauttaisi tutkijoiden keskittymistä liikaa tutkimukseen syventymisestä eikä siten pitkällä tähtäimellä palvelisi laadukasta tutkimuksen eteenpäin viemistä. Eräs panelisti totesi kaupallistamisosaamista olevan runsaasti yrityksissä, minkä vuoksi yliopistojen ja yritysten yhteistyötä lisäämällä osaamista saataisiin eteenpäin. Toisaalta tämä edellyttäisi hänen mukaansa sitä, että yrityksissä nähtäisiin yliopistot myös soveltavan tutkimuksen tuottajina. Nykytilanteessa akateeminen tutkimus on lähes aina liian kaukana kaupallistamisen vaiheesta, eikä yrityksissä siksi kyetä hyödyntämään sitä.

Osa asiantuntijoista kaipasi kaupallistamisosaamista ainakin kohtuullisin määrin myös tutkijoiden tietotaitovalikoimaan. Yritysten lisäksi kaupallistamisosaamista ehdotettiin kerrytettävän ryhmän jäsenille tutkimusprojektien kaupallistamista tukevien rahoituskanavien kautta. Eräs panelisti toivoi tiiviimpää ohjausta rahoittajilta ja jopa henkilökohtaisesti kullekin rahoitettavalle tutkimushankkeelle nimettyä kaupallistamisen neuvonantajaa, jonka tehtävä olisi valvoa hyväksyttämisen ja kaupallistamisen vaiheiden toteutumista alusta lähtien. Toinen haastateltu puolestaan totesi, ettei nykyisin yleinen, ryhmistä erillään ja organisaation ylemmällä tasolla toimiva ”innovaatioiden edistämiskeskus” tehosta tulosten jalostamista tuotteiksi. Hän arvioi tämän erillisen laatikon organisaatiokaaviossa lähinnä lisäävän byrokratiaa sen sijaan, että ratkaisisi ongelman, jonka syyt saattavat hyvinkin olla muualla. Useampi asiantuntija kommentoikin, ettei yliopistoissa tehtävä tutkimus useinkaan noudata standardeja. Kun sitten yritys ottaa kopin jostain hankkeesta, se joutuu usein aloittamaan tekemällä jo tehdyt kokeet uudestaan, mutta tällä kertaa hyväksyttämisen kannalta vaatimusten mukaisesti. Niinpä kaupallistamisen osaamisen puutteen sijaan kyse voikin olla laatujärjestelmien puutteesta ja eräänlaisesta huolimattomuudesta tutkimusta toteutettaessa. Muutamat panelistit myös ehdottivat kaupallistamisen näkökulman lisäämistä osaksi perusopetusta. Erillistä kurssia tähän ei kuitenkaan ehdotettu perustettavaksi, mutta jokaisella materiaalitieteen tai terveystekniikan kursilla voitaisiin käsitellä oma palansa juuri kyseiseen aihealueeseen liittyvistä seikoista.

### 7.2.3 Päätelmät osaamistarpeista

Biologisen ja elottoman aineen rajapintailmiöiden tuntemus koettiin erityisen tärkeäksi osaamiseksi, ja moni piti sitä nykyiseen osaamis pohjaan perustuen hyvin kehityskelpoisena alueena. Kuten kappaleen 2.3.3 biomateriaalien tulevaisuusvisiossa maalattiin, alue voisi olla materiaalitutkijoille mahdollisuus hyödyntää osaamistaan uudella tavalla ja olla siten merkittävämminkin mukana kehon toimintojen mysteerien selvittämisessä. Poikkitieteellisyydessä nähtiin kuitenkin myös haasteita. Yksi asiantuntija pohti, että jos kliinikko tai muu biotieteiden edustaja ja insinööri tekevät tällaisella alalla yhteistyötä, jää työnjako helposti diffuusiksi. Kumpikaan ei oikein tiedä, mikä oma osaaminen ja tietämys tarvitaan ongelman ratkaisemiseen, ja molemmat odottavat herkästi toisiltaan suurempaa asian ymmärrystä. Tällaisessa tilanteessa tutkimus on hidasta. Lääketieteen ja tekniikan asiantuntijoiden yhteistyöhön tulisikin panostaa, jotta tätä hämärää yhteistyön rajapintaa saadaan kavennettua itse rajapintailmiöiden tutkimuksen tieltä.

Yleisesti ottaen moni panelisti kommentoi osaamisia samoin kuin tutkimuskohteita. Osaamisiin siis suhtauduttiin kuin tutkimusaloihin, joille voi hakea rahoitusta, sen sijaan, että niitä olisi pidetty puhtaasti terveysteknologian tutkimuksessa hyödynnettävänä asiantuntemuksena. Tästä kaikesta päätellen ainakin biologisen ja elottoman aineen rajapintailmiöiden ymmärtämistä voidaan pitää toistaiseksi ennemmin itsenäisenä perustutkimuskohteena kuin jo olemassa olevana osaamisena. Tutkimusryhmien olisi siis järjestäydyttävä siten, että asiantuntemusta myös tämällytyypiseen laadukkaaseen tutkimukseen on riittävästi, sillä aiheen korostumisesta päätellen tutkimuksen tuloksena syntyvälle osaamiselle vaikuttaisi olevan suuri tarve kaikissa terveysteknologia-alalla toimivissa materiaalitutkimusryhmissä. Toisaalta pinnoittaminen korostui nimenomaan osaamisena, mutta jäi tutkimuskohteena vähemmän merkittäväksi. Tämän perusteella pinnoittamisosaamista siis on jo nyt melko paljon ja tulevaisuudessa sen hyödyntäminen terveysteknologian suunnittelussa tulee entisestään lisääntymään. Muut korostuneet osaamistarpeet perustuvat jo olemassa oleviin oppiaineisiin. Näidenkin tarve on lähes tutkimuskohteesta riippumaton, sillä osaamisia oli valittu kaikkiin sovelluskategorioiden liittyen kudosteknologiasta aina ennakoivaan diagnostiikkaan saakka. Tästä päätellen kussakin tutkimusryhmässä tulisi olla ainakin yhtä ja mielellään useamman yhdistelmä näistä keskeisistä osaamisista, joihin kuului uusien polymeerien kehittäminen, biologisen ja ei-eloperäisen materiaalin rajapintailmiöiden ymmärtäminen, materiaalien pinnoittamisosaaminen ja materiaalien ominaisuuksien laajamittainen tuntemus. Siten taattaisiin, että tutkimus kohdistuu keskeisiin sovelluksiin ja että tutkimuksen laatu olisi huipputasoisia. Lisäksi näiden osaamisten on näytävä kaikilla ryhmän toimintarintamalla, opetuksessa, perustutkimuksessa ja soveltavassa tutkimuksessa.

### 7.3 Muut esiin nousseet asiat

Noin vuoden verran kestäneen prosessin aikana ilmi tuli materiaalitutkijoille merkittäviä haasteita, jotka eivät suoraan liittyneet alkuperäisiin tutkimuskysymyksiin, mutta keräsivät kuitenkin runsaasti kommentteja. Eniten mielipiteitä keräsi suomalainen tutkimusrahoitusjärjestelmä, jolle ehdotettiin runsaasti parannuskeinoja. Koska korjaavat toimenpiteet ovat kuitenkin kaukana tämän tutkimuksen

vaikutuspiiristä, käydään nämä asiat läpi vain lyhyesti. Keskustelu aiheesta oli kuitenkin niin kiihvasta, ettei mielipiteitä voi ohittaa etenkään, kun tutkimuksen tavoitteena on ollut kartoittaa materiaalitutkimuksen tulevalle kehitykselle merkittäviä tekijöitä. Sen sijaan tutkimusryhmien yhteistyö liittyy läheisesti osaamisen jakautumiseen ja tehokkaaseen hyödyntämiseen Suomen materiaali- ja terveysteknologian tutkimusryhmissä. Tätä aihetta käsitelläänkin ensimmäisenä. Lopussa palataan vielä miniskenaarioihin, joita paneelin kommentteista kerättiin.

### **7.3.1 Yhteistyö ja negatiiviset tulokset**

Osaamisen maantieteelliseen jakautumiseen perehtyessään useat panelistit yllättyivät siitä, miten hyvin alueella toimivien ja muiden vastaukset vastasivat toisiaan. Moni totesi, että ainakin tämän tutkimuksen perusteella eri puolella Suomea toimivat tuntevat toistensa tekemiset melko hyvin. Samalla toimintakentällä työskentelevien tunteminen onkin kriittinen tekijä tiiviin yhteistyön mahdollistamisessa. Toisaalta eräs panelisti totesi, ettei kyse ole aina siitä, ettei tiedettäisi mitä toiset tekevät, vaan ongelma on pikemminkin näiden muiden toimimisessa liian lähellä omaa alaa. Tällöin yhteistyön tukemisen sijaan asetelma kääntyy kilpailulliseksi. Usea asiantuntija koki kuitenkin, että Suomessa yhteistyötä tehdään melko aktiivisesti. Mikäli ongelmia on, nämä liittyvät tiettyjen henkilöiden väliseen kemiaan, mikä puolestaan koettiin luonnolliseksi ja asiaksi, jolle ei oikein voi eikä tarvitsekaan väkisin tehdä mitään. On tosin huomattava, että osa panelisteista jätti vastaamatta kysymykseen, ja he perustelivat päätöstään sillä, etteivät tunne alueellista tutkimustoimintaa riittävän hyvin. Tämä on osaltaan tuonut tulokseen vinoumaa ja tuloksia tarkastellessaan muutama panelisti pitikin kiinni arviostaan, etteivät alan toimijat ole täysin perillä toistensa tekemisistä. Eräs panelisti arvioi, että Suomen luullaan olevan pieni maa, jossa piiritkin ovat pienet, ja tutkimusryhmät luulevat tuntevansa toisensa. Hän jatkoi, että näin ei kuitenkaan ole, vaan saman yliopistonkaan sisällä ei aina tiedetä, mitä naapurissa tehdään tai mitä laitteita muilla ryhmillä on. Jo yhteisten laitteiden käyttö tehostaisi asiantuntijan mukaan resurssien hyödyntämistä. Kansainvälistä yhteistyötä kannattava asiantuntija puolestaan totesi, ettei sillä ole juuri väliä, mihin päin Suomea osaaminen tiettyssä asiassa on keskittynyt, kunhan osaamista on kokonaisuudessaan monipuolisesti. Hän mielsi, että joka tapauksessa toiminta alalla on globaalia, jolloin on hyvä, että vahvuusalueet täydentävät toisiaan ja tuottavat ulkomaihin nähden hyvän kilpailukyvyn ja toisaalta myös houkuttelevat kansainvälisiä yhteistyökumppaneita. Kansainvälisillä projekteilla on vahvistettava kotimaista ja paikallista osaamista. Kokonaisuudessaan yhteistyö miellettiin erityisesti osaamisen yhdistämiseksi. Paneelin vastauksista voidaan siis päätellä, että eri alueille sijoittuneet tutkimusryhmät saavat ja niiden tuleekin erilaistua omiin osaamisiin perustuviin vahvuusalueisiinsa ja tätä kehitystä tulisi erityisesti muutamien panelistien mielestä edistää ja vahvistaa. Yhteistyö sen sijaan rakennetaan tutkimuskohteiden ympärille, jolloin yhteinen tavoite ja riittävän erilaiset osaamiskentät takaavat sen, että työskentely on hyödyllistä kaikille osapuolille, eikä synny kilpailutilannetta. Mikäli jokaisessa tutkimusryhmässä olisi ainakin osin oltava neljää tärkeimmäksi nostettua osaamista (uusien polymeerien kehittäminen, biologisen ja ei-eloperäisen materiaalin rajapintailmiöiden ymmärtäminen, materiaalien pinnoittamisosaaminen ja materiaalien ominaisuuksien

laajamittainen tuntemus), listassa myöhemmin tulleiden osaamisten saatavuus tulisi varmistaa kansallisella yhteistyöllä ja eri alueiden profiloitumisella niiden osalta.

Yhteistyön ongelmien syntyperäksi arveltiin individualistista maailmakuva, joka vaivasi etenkin aiempia tutkijasukupolvia. Tuolloin koettiin, että tutkimusta on osattava tehdä omin voimin, ja jos tämä ei onnistunut, yhteistyötä lähdettiin ehdottamaan toiselle ryhmälle kuin lakki kourassa. Tällaisessa tilanteessa oli helpompaa, kun yhteistyön aloitteentekijä oli rahoittaja, joka lupautuu rahoittamaan tutkimusta vain, mikäli eri tahot suostuvat yhteistyöhön. Akateemisessa ympäristössä ilmenevää individuaalisen maailmankuvan hallitsevuutta saatetaan kuitenkin myös liioitella. Aihetta ei ole juuri tutkittu, mutta eräässä ilmiöön liittyvässä julkaisussa todettiin, että käytännössä niin kutsutut yksilökeskeiset tutkijat olivat itse asiassa varsin valmiita altistamaan tutkimusagendansa vertaistensa arvioille. (Angle, Hudson 1986) Ne, jotka eivät tähän uskaltaneet, raportoivat syiksi muita kuin yksilön päätösvaltaan liittyviä perusteita. Ensinnäkin yliopistojen palkkiojärjestelmä suosii toimintaa, jossa yksilön työpanos on selkeästi nähtävissä. Toiseksi yhteistyötä suunnittelevien intressiryhmien tavoitteet saattavat olla ristiriitaisia, jolloin työskentelyn päämäärästä ei päästä yksimielisyyteen. Kolmas, melko yllättävä pelko oli, että hanke epäonnistuu, jolloin koko ryhmä ja osallistujat yksilöinä yhdistettäisiin epäonnistumiseen. (Angle, Hudson 1986) Niinpä tutkimuksessa löydettiin asenteellisten syiden sijaan konkreettisia ja ratkaistavissa olevia haasteita, joihin vastaamalla yhteistyötä on mahdollista tehostaa. Siten nykytilanteessa yhteistyöhön ”pakottaminen” ei välttämättä ole tarpeen. Eräskin asiantuntija totesi osaamisprofiilien tunnistamisen selvästi viittaavan siihen, että alan toimijat ovat nykyisin hyvin verkottuneet ja tietävät, mistä minkäkinlaisen kumppanin voi saada, jos sellaista tarvitsee. Väkinen ohjatulla yhteistyöllä voikin tällaisessa tilanteessa olla jopa haittavaikutuksia. Eräs panelisti huomautti, että esimerkiksi kansainväliseen yhteistyöhön vaatimus rahoituksen saamiseksi yksittäiselle projektille ei lähestulkoonkaan aina ole kannattavaa. Hänen mukaansa syntyvä konsortio voi olla muodollinen, eikä todellista yhteistyötä tapahdu ja pahimmassa tapauksessa omaa etua tavoittelevat kumppanit jopa haittaavat toisen osapuolen toimintaa.

### **Tutkimusrekisteri-idea**

Eräs yhteistyön mukanaan tuoma selkeä etu olisi turhan samankaltaisen työn vähentäminen ja tiedon nopea leviäminen niin parhaista, kuin huonoksi havaituistakin työskentelymenetelmistä. Kuten edellä on esitetty, hedelmällinen yhteistyö ei kuitenkaan aina onnistu henkilökohtaisista asenteista tai ryhmien kilpailutilanteesta johtuen. Sen vuoksi asiantuntijoilta kysyttiin, miten päällekkäisen ja turhan työn tekemisen voisi ratkaista muilla keinoin. Paneelin pohdintoista muodostui orastava idea hieman kaupallistamiseen liittyvää patenttirekisteriä vastaavasta tutkimusrekisteristä. Rekisterin perusideaksi asiantuntijoille esitettiin, että siihen olisi koottu kaikki aluillaankin olevat tutkimussuunnitelmat jopa ennen ensimmäisenkään julkaisun kirjoittamista ja että sitä hyödynnettäisiin yllättävien yhteistyökumppaneiden etsimiseen ja turhaksi jo jossain todetun työn ehkäisyyn.

Lähes poikkeuksetta panelistit pitivät tutkimusrekisterin toteuttamista hyvin haastavana ja näkivät useita ongelmakohtia. Muutama asiantuntija ilmoitti suoraan, ettei itse

suostuisi osallistumaan tämänkaltaiseen tietokantaan ja eräs totesi, että heidän organisaatiossaan tuollaiseen osallistumisesta annettaisiin jopa yleinen kieltö. Toisaalta moni näki idean myös houkuttelevana, mikäli tietyt pulmat saataisiin ratkaistua. Ensinnäkin tietokannasta todettiin, että kenties kriittisin ongelma on useimpien pelko ideoiden varastamisesta. Kovinkaan moni ei suostuisi osallistumaan rekisteriin, mikäli olisi vaara, että kunnia varastetaan ennen kuin keksijäryhmä on julkaissut tuloksia. Kun tutkimuksesta taas olisi jo artikkeleita, tulokset olisivat kuitenkin jo muutenkin julkisia, jolloin koko tietokannan idea vesittyisi. Toinen huoli oli, että rekisteri olisi juuri niin pätevä kuin sen viimeinen päivitys. Yliopistoja ei mitenkään saataisi motivoitua ylläpitämään omien tutkimus- ja julkaisutietokantojen lisäksi erillistä tutkimussuunnitelmarekisteriä.

Keksintösuojan ja ylläpidon ongelmiin kenties ainoa toimiva ratkaisu olisi antaa rekisterin hallinta- ja ylläpitovastuu mahdollisimman puolueettomalle ulkopuoliselle toimijalle. Esimerkiksi ehdotettiin, että Tekesille tietokannan rakentaminen ei olisi ylitsempäsemätön tehtävä, sillä sinne lähetetään joka tapauksessa alustavassa vaiheessa olevia tutkimussuunnitelmia rahoitushakujen yhteydessä. Sama ylläpitäjä voisi sitten hallitusti jakaa oikeuksia tietokannan käyttöön niille, jotka perustellusti hakevat käyttöoikeutta esimerkiksi oman rahoitushaun yhteydessä, tai vaihtoehtoisesti ylläpitäjä jakaisi tietoa vain siltä osin kuin se liittyy tietoa hakevan tutkimukseen. Toisaalta ehdotettiin myös Wikipedian kaltaista yhteisöllistä rekisteriä, jonka toimivuus perustuisi käyttäjien saamaan etuun muiden kokemuksista heidän jakaessaan tietoa omista kokemuksistaan, ja jossa älykkäät hakukoneet yhdistelisivät samojen ongelmien kanssa painivia yllättävillä tavoilla. Panelisti kommentoi, että vaikka ajatus tuntuisikin nyt mahdottomalta, niin tuskin kukaan kymmenen vuotta sitten olisi Facebookiin uskonut. Muutama vastaaja myös ihmetteli, mitä uutta tällainen rekisteri toisi jo olemassa oleviin tietokantoihin. Yksi panelisti totesi, että mikäli ideasta halutaan toimiva, sen tulisi säästää tutkimuksen suunnittelijoiden aikaa esimerkiksi yhdistämällä useiden eri tietokantojen tiedot samaan hakuun. Toisesta näkökulmasta eräs asiantuntija piti rekisterin selkeimpänä etuna ja erona nimenomaan umpikujaan johtaneiden tutkimusten tunnistamista, sillä näistä ei tehdä julkaisujakaan, joihin muut tietokannat usein perustuvat. Kuten moni kommentoi, epäonnistuneista kokeista ei haluta tiedottaa eikä julkaisuja lukisikaan kukaan. Vielä yhtenä lisävaatimuksena rekisterille eräs asiantuntija pohti, että rekisterin olisi oltava kansainvälinen. Koska toiminta alalla on globaalia ja koska Suomessa verkostot ovat jo melko kattavia, mutta toiminta kokonaisuuteen nähden kuitenkin pientä, ei panelisti nähnyt, että kansallinen rekisteri voisi olla riittävän mielenkiintoinen. Kansainväliseen rekisteriin perehtyvä tutkija saisi sen sijaan runsaasti uutta tietoa ja kohtaisi todennäköisemmin itselleen entuudestaan tuntemattomia tekijöitä.

### **7.3.2 Terveysteknologian tutkimuksen haasteet**

Yksi ensimmäisellä kysymyskierröksellä vastaan tullut haaste terveysteknologiaan painottuvalle materiaalitutkimukselle oli tulosten kaupallistaminen. Syitä on esitetty useita. Ensinnäkin muutosvastarinta terveydenhoidossa on edelleen kovempaa kuin muilla aloilla. Tämä johtuu osaltaan siitä, että lääkäreiden ammattikunta on vanha ja hoitomenetelmissä noudatetaan runsaasti myös perinteitä. Panelistien vastaukset

vahvistivat tätä arviota. Toinen haaste syntyy tekniikan kehittämisen pitkästä kestästä. Paikoitellen tähän on syynä tekniikka itsessään, sillä vastaantulevien uusien ongelmien ratkaisuun voi mennä vuosia. Mitä hienostuneempi teknologia, sen pitempään kehitystyössä kestää. Esimerkiksi mikroelektromekaanisten (MEMS) laitteiden kehitystyössä on havaittu, että tutkimuksen aloituksesta valmiin tuotteen markkinoille tuloon kuluu keskimäärin 17 vuotta. Biotekniikankin aloilla odotettua suuremmat kehitysajat ovat yllättäneet yritykset. Toisaalta, kuten eräs panelisti mainitsi, ensimmäiset transistorin patentit laadittiin jo 1920-luvulla, mutta ensimmäiset tuotteet kyettiin valmistamaan vasta 60-luvulla 40 vuotta teknologian keksimisen jälkeen. Pitkä kehitysprosessi riippuu siis monen tieteenalan rinnakkaisesta etenemisestä, mutta epäilemättä terveysteknologian suuret hyväksytys- ja turvallisuusvaatimukset aiheuttavat osaltaan hitautta kehitystyöhön. Kun tuote sitten on toiminnaltaan luotettava, sen hyväksyttäminen vaatii kliinisten turvallisuusvaatimusten täyttämistä, mutta myös menetelmän vaikuttavuuden ja hyödyllisyyden osoittamista viranomaisille. Lopuksi tuotteen menestymisen kannalta on ratkaisevaa, hyväksyykö Kela sen osaksi korvausjärjestelmää, jotta sen käyttö ei tulisi kohtuuttoman kalliiksi sen enempää terveydenhuoltolaitoksille kuin potilaillekaan. (Ahjopalo 2007)

Kenties eniten kommentoitu tutkimuksen haaste oli kuitenkin tutkimusrahoitus, jolle esitettiin runsaasti parannusehdotuksia. Moni panelisti vaikutti olevan itse asiassa sitä mieltä, että kaupallistettavissa olevia ideoita ja innovatiivisia tutkimusaihioita olisi helppo tuottaa, mutta rahoituksen hankkiminen niille on liian epävarmaa. Useat kommentit koskivat pitkäjänteisyyden puutetta ja sitä, että tehokkaalla panostuksella esimerkiksi Tekesin taholta on saatu alkuun hankkeita, jotka ovat kuitenkin kuihtuneet hankkeen päätyttyä ja rahoituksen loputtua. Moni myös totesi, että koska rahoitus on joka tapauksessa eniten tutkimusta ohjaava tekijä, tulisi nimenomaan rahoittavien organisaatioiden Tekesin ja Akatemian päättää yleiset tutkimuslinjaukset, joihin panostetaan pitkään ja runsaasti. Pienempien projektien ja yllättävien innovaatiomahdollisuuksien turvaamiseksi osa rahoituksesta tulisi kuitenkin korvamerkitä vain lyhyiden ja riskipitoisten hankkeiden käyttöön. Toisaalta kysyttäessä tutkimuksen suunnan luonnollisimpia ohjaajatahoja ensimmäiseksi vaihtoehdoksi paneeli valitsi alan tutkimusyhteisön, toiseksi merkittävimmät yritykset ja vasta näiden jälkeen Tekesin ja Akatemian. On siis selvää, että strategisten ratkaisujen teossa tulee kuunnella tarkoin kahta ensimmäistä tahoja, vaikka käytännössä ohjaukset pysyisivätkin edelleen niiden käsissä, jotka hallitsevat rahavaroja. Ministeriöiden puuttuminen ohjaustyöhön herätti puolestaan runsaasti vastustusta. Eräs panelisti kuitenkin huomautti, että terveysteknologian alaan liittyy valtavasti poliittisia päätöksiä mm. siitä, panostetaanko vain kansantaloudellisesti merkittävien sairauksien hoitoon ja ehkäisyyn vai tutkitaanko myös harvinaisia sairauksia. Nämä päätökset on tehtävä hallituksen taholla ja ne väistämättä vaikuttavat myös tutkimusrahoitukseen. Siksi ministeriöiden kaltaisia tahoja ei saisi unohtaa ohjausjärjestelmiä pohdittaessa. Eräs panelisti oli myös johtanut Singaporen mallin mukaisen, mielenkiintoisen ehdotuksen ohjauksen toteuttamisesta. Mallissa valtio lennättää kerran muutamassa vuodessa ryhmän yleisesti tietyn alan huipuiksi tunnustettuja asiantuntijoita viettämään seminaaria ja aivoriihiä paikallisten tieteilijöiden ja tutkijoiden kanssa. Singaporessa ryhmä on nimetty neuvonantajapaneeliksi, jonka nimet tiedotetaan julkisesti ja johon kuuluu mm. nobelisteja eri puolilta maata. Tuloksena saadaan ideoita parhaista

panostus- ja tutkimuskohteista, joita panelistit voivat ehdottaa ja joita paikalliset tutkijat muokkaavat sikäläiseen tilanteeseen sopivaksi. Tämänkin tyyppinen hanke vaatii poliittista päätöstä, minkä vuoksi se on hankala toteuttaa. Tästä huolimatta Singapore on toteutuksessaan onnistunut.

Rahoituksen käytännön järjestelyihin tarjottiin kahdensuuntaisia ehdotuksia. Ensimmäisenä lähtökohtana oli ajatus vähentää tutkimusrahoituksen hakemiseen liittyvää byrokratiaa. Jos nykyään erillisinä tahoina toimivat rahoittajat yhdistettäisiin ja käytettävät hakuvaatimukset olisivat samanlaiset, tarvitsisi laatia ainoastaan yksi hakemus, joka etenisi organisaatiossa hakemusta parhaiten vastaavalle käsittelijälle. Etuna olisi, että myös osin sekä soveltavan että perustutkimuksen piiriin kuuluville suunnitelmille voitaisiin myöntää tukea siten, että kukin rahoittaja tukisi projektia osittain. Ajatuksen toteutuksen kannalta olisi kuitenkin kriittistä, että rahoittajat yhdistyisivät täysin, sillä muutoin hakemusten siirtely organisaatioiden välillä vain kasvattaisi byrokratiaa. Täysin vastakkaisen mielipiteen esitti eräs panelisti, joka puolestaan kannatti rahoittajien määrän lisäämistä Yhdysvaltalaisen mallin mukaan. Tämän järjestelyn etuna olisi, että rahoituksesta kilpailevien tutkimusryhmien lisäksi myös rahoittajat joutuisivat kilpailemaan parhaista tutkimusprojekteista. Seurauksenaärkevimmin tutkimusta rahoittava taho nousisi esiin, jolloin jalostuisi parempia käytäntöjä esimerkiksi suunnitelmien vaatimusten asettamiseen tai erityyppisten hankekokonaisuuksien valikoimiseen. Samalla riskialttiimpien projektien läpikäyminen hakuprosessista helpottuisi, kun rahoittajat joutuisivat miettimään, tukisiko kilpailija tätä.

### **7.3.3 Tulevat muutokset**

Heti ensimmäisellä Delfoi-kierroksella panelisteilta kysyttiin, miten he uskovat materiaalitieteen roolin terveysteknologia-alalla muuttuvan tulevaisuudessa. Yllättävää kyllä kysymys ei juuri kerännyt kommentteja, vaan yleisesti todettiin merkityksen kasvavan. Sen sijaan opetuksen vaatimusten ennakointiin kasvavan materiaaliasiantuntijoiden tarpeen vuoksi lisäntyvän. Moni arvioi, että poikkitieteellisyys on opetuksessa lisääntyvä, mutta samalla tiedostettiin, ettei täyteen rakennettuihin tutkintovaatimuksiin ole helppo sisällyttää lisää opintoja. Suurin osa panelisteista päätyikin siihen, että laaja-alaiset opinnot perustutkimuksen tasolla antavat hyvän pohjan syventymiselle jatkotutkimuksessa, joka sitten olisi aiempaa useampia tieteenaloja käsittävä. Vaihtoehtona nähtiin myös, että insinöörien koulutuksen laajentamisen sijaan laajennettaisiin lääketieteen koulutusta materiaalitieteen suuntaan. Jatko-opintovaiheessa oleville tai jo valmistuneillekin lääkäreille voisi järjestää koulutustilaisuuksia teknologia-alalla tai insinööreille ja lääkäreille voisi tarjota valikoituja yhteisiä kursseja. Kunnianhimoisimpia toiveita oli, että lääketieteen ja teknologian tutkimusyhteistyö tiivistyisi jopa siinä määrin, että syntyisi uusia yhteisiä kampuksia. Paikoitellen tämänkaltaisia hankkeita on jo toteutettu, joten ajatus ei kuitenkaan ole kaukaa haettu (esim. Lääketieteellisen teknologian instituutti Tampereella). Stanfordin yliopistossa Yhdysvalloissa on onnistuneesti organisoitu jo useina vuosina sekä lääketieteen että teknologia-alan jatko-opiskelijoille yhteinen ohjelma. (Gertner 2005) Ohjelman tavoitteena on perehdyttää opiskelijat innovaatioprosesseihin ja johtamiseen erityisesti terveysteknologian alalla.

Prosessin alussa opiskelijat jaetaan ryhmiin, joissa molemmat asiantuntemusalat ovat edustettuina. Ensimmäisen vuoden alkusysäyksenä on tiivis kurssi, jonka aikana käydään läpi terveysteknologiaan liittyvät patentoinnin, säätelyn, lainsäädännön, etiikan ja rahoituksen erityispiirteet. Tämän jälkeen ryhmä kiertää ensin sairaaloissa ja seuraa tietyn osaston käytännön toimintaprosesseja etsien tarpeita kehitykselle. Vaiheen aikana ideoidaan jopa satoja tarveaihoita. Muutaman kuukauden seurantavaiheen jälkeen ryhmä valikoi aihioista tärkeimmät ja kehittää niistä prototyyppejä. Moni ideoista osoittautuu käyttökelvottomaksi, mutta ajoittain syntyy kaupallistettavia tuotteita ja oppimisprosessina kokonaisuus on joka tapauksessa onnistunut. Vaikka prosessia on hyödynnetty lähinnä tuotekehityksen ja innovaatio- ja kaupallistamisprosessin opetuksessa, ajatus on, että työskentelytapa olisi sovellettavissa myös akateemiseen tutkimukseen.

### **Muutosten vaikutukset terveysteknologiaturkimukseen**

Liitteessä 3 on esitelty ensimmäisen kierroksen vastauksista muodostettu ”miniskenaario” terveydenhuollon organisoinnin muutoksista. Toisella kierroksella asiantuntijoilta kysyttiin, millaisia mahdollisuuksia kyseiset muutokset tuottavat terveysteknologian tutkimukselle ja opetukselle. Kuten edellisestäkin kappaleesta ilmenee, moni päätteli opetuksen ja muutamien kommenttien mukaan myös tutkimuksen poikkitieteellisyyden lisääntyvän, mutta varsinaisesti terveysteknologiaturkimusta ja terveydenhuollon muutoksia yhteenliittäviä mahdollisuuksia tai vaihtoehtoisesti haasteita esitettiin hyvin vähän. Yksi panelisti kommentoi, että yksityisten ja erikoistuneiden sairaalalaitosten perustaminen tarjoaa uudenlaisia mahdollisuuksia tutkimustulosten viemiselle nopeammin klinisiin kokeisiin. Toisen panelistin mukaan on mahdollista, että ennaltaehkäisevien toimenpiteiden onnistuminen voi muuttaa tarvittavien teknologioiden luonnetta tai kehityksen painopisteitä, jos esimerkiksi sydän- ja verisuonitaudit tai tuki- ja liikuntaelinsairaudet vähenisivät. Keskusteluissa moni panelisti kuitenkin kommentoi, etteivät tällaiset muutokset tapahdu nopeasti ja siksi tutkimusryhmät ehtisivät kyllä reagoida tarpeen vähenemiseen. Toisaalta eräs panelisti myös totesi, etteivät sairaudet välttämättä katoa kuin väliaikaisesti. Esimerkiksi tuberkuloosi oli jo kadonnut Suomesta, mutta uudet kannat Venäjällä ovat hiljalleen leviämässä jälleen suomalaistenkin vaivaksi. Vaikka potilaiden vastuulla olevien kustannusten nouseminen tuotiinkin esiin mahdollisena tulevaisuutena, sen toteutumista pidettiin kaukaisena ja epätodennäköisenä. Todennäköisesti siksi sitä ei nähty terveysteknologiakehitykseen vaikuttavana tekijänä. Samanaikaisesti muissa tutkimuksissa on esitetty, että tulevaisuudessa eläkeikäinen väestö tulee vaatimaan entistä parempia palveluja, minkä seurauksena kustannusten jakamiseen ollaan myös valmiimpia. (Kuusi, Rynänen et al. 2006) Tämä tarjonnee myös suomalaiselle huippu-terveysteknologialle kasvavan kysynnän ja tutkimusryhmille uusia sovellusmahdollisuuksia.

Eräs tulevaisuudessa terveydenhuollon prosesseissa mahdollisesti merkittävämpään asemaan nouseva ilmiö, joka ei tullut esiin mahdollisten maailmojen kuvailuissa, oli terveysteknologian arviointi (*engl. health technology assessment, HTA*). Hankkeiden lisääntyminen mainittiin myös luvussa 2. Tällä hetkellä teknologia-arviointia tehdään



usein klinikoiden aloitteesta ja yleisemmin käytetyistä hoitomenetelmistä. Tavoitteena on tunnistaa parhaiten tehoavat hoidot ja tapaukset, joissa hoito on tehokkaimmillaan ja poistaa käytöstä heikosti toimivat tai kustannus-tehokkuussuhteeltaan huonot menetelmät. Nykyään työtä tehdään siten jokseenkin takaperoisesti, sillä teknologia on jo markkinoilla ja käytössä. Tulevaisuudessa HTA:n hyödyntäminen parhaiten hoitojen ja diagnoosimenetelmien valinnassa tulee lisääntymään, ja terveysteknologian hankinnoista päättävät kykenevät arvioimaan yhä paremmin teknologioiden tarpeellisuutta omalle laitokselleen. Lisäksi tavoitteena on, että kehitetään prosesseja, joiden avulla HTA:ssa vastaantulevia puutteita kyetään välittämään myös teknologiainnovaatioiden tekijöille, jotta kyetään kehittämään yhä paremmin tarpeeseen vastaavia menetelmiä. (Johnston 2005) Tällaisen ennakoivan HTA:n mahdollisuuksia selvitetään jo Euroopassa. (Wild, Langer 2008)

## 8 Yhteenveto

Tässä työssä selvitettiin kirjallisuuskatsauksen ja asiantuntijapaneeliin perustuvan Delfoi-menetelmän avulla, mihin terveysteknologian tutkimuskohteisiin suomalaisten materiaalitutkimusryhmien kannattaisi tulevaisuudessa keskittää resurssinsa. Selvästi mielenkiintoa eniten herättävä aihealue olivat erilaiset kudosteknologian menetelmät, kärkekohteenaan luuston suurten vaurioiden ja ruston korjaaminen. Näihin ongelmiin ei tällä hetkellä ole käytössä olevaa, toimivaa hoitoa. Toinen materiaalitieteilijöille erityisen kiinnostava tutkimuskohde on lääkeaineannostelijat, ja kolmanneksi sovellusalueeksi erityisesti muutamien asiantuntijoiden korostamana työssä ehdotettiin bioelektroniikan laitteita. Bioelektroniikan kehitys liittyy läheisesti ennakointiin ja ennaltaehkäisyyn painottuvan terveydenhuollon trendiin. Ehdotetuista keskittymiskohteista kahden ensimmäisen tapauksessa tulisi painottaa laadukasta perustutkimusta ja teknologiajohtoisuutta. Lisäksi prosessin aikana nousi selkeästi esiin tarve rajapintailmiöiden perustutkimuksen lisäämiselle erityisesti biologisen ja ei-eloperäisen materiaalin kohdatessa. Alan laadukas perustutkimus tulee vaatimaan lääketieteen ja materiaalitieteen asiantuntijoiden tiivistä yhteistyötä mahdollisesti jopa samassa tutkimusryhmässä. Toisaalta osa panelisteista ilmaisi huolen, ettei teknologiatutkimuksen tuloksia kyettä kaupallistamaan riittävän tehokkaasti ja teknologian diffuusio yleiseen käyttöön on hidasta tai vaikeasti ennakoitavaa. Samaan aikaan terveysteknologia-arvioinnin parissa tehdään mittavia selvityksiä, jotta heikosti toimivat menetelmät saataisiin pois käytöstä. Tähänkin ongelmaan ratkaisu on teknologioiden kehittäjien ja sen loppukäyttäjien entistä avoimempi yhteistyö tutkimus- ja tuotekehitysryhmissä ja jopa edistyneisiin teknologioihin erikoistuneissa sairaalalaitoksissa. Erityisesti kolmanteen tutkimuskohteeseen eli bioelektroniikkaan keskittyvien ryhmien olisi kiinnitettävä huomiota asiakkaiden tarpeisiin.

Tämän työn tulokset ovat sellaisenaan kaikkien materiaalitutkijoiden käytettävissä ja apuna strategisten päätösten teossa. Työn jatkona voisi olla hedelmällistä laatia avainteknologia-analyysi, joka tavoitteena olisi selvittää, mitkä teknologiat ovat kriittisiä ehdotettujen sovellusalueiden kehittämisen kannalta. Paneelin eniten esiin tuomat osaamistarpeet tutkimuskohteita ajatellen olivat biologisten ja elottomien

materiaalien rajapintailmiöiden tuntemuksen lisäksi uusien polymeerien kehitysosaaminen, materiaalien laajamittainen tunteminen ja materiaalien pinnoitusosaaminen. Näiltä alueilta löytynee siten runsaasti kriittisiä kehitystarpeita. Jatkohankkeeseen tulisi kuitenkin ottaa mukaan myös materiaalitieteen ulkopuolisten tieteenalojen edustajia, jotta muodostettaisiin ongelmakentästä mahdollisimman laaja kuva. Lisäksi voisi olla mielenkiintoista siirtää katse kauemmas kuin 20 vuoden päähän, jolloin olisi mahdollista visioida melko vapaasti tulevia biomateriaalitutkimuksen edistysaskeleita ja pohtia saataisiinko niitä yhteisvoimin siirrettyä nähtävissä olevan tulevaisuuden ulottuville. Mikäli päädyttäisiin kuitenkin pienimuotoisempaan kartoitukseen, mahdollinen tapa toteuttaa tutkimus olisi käynnistää oma selvityksensä kussakin yliopistokaupungissa, jolloin erityishuomiota voisi kiinnittää alueellisten vahvuuksien hyödyntämiseen haasteiden ratkaisussa. Näiden avainteknologia-analyysien lisäksi tarvetta olisi myös laajemman mittakaavan selvitykselle Suomen terveysteknologian tulevaisuudesta. Vaikuttaisi siltä, että Suomessa eri terveysteknologiaturkimuksen suuntaukset saavat kukin sykäyksittäin tukea, mutta pitkäjänteinen toiminta puuttuu, ainakin paneelin jäsenten kommenttien perusteella. Tämä vaatisi radikaalia päätöksentekoa, mihin ei voida ryhtyä ilman kattavaa selvitystä siitä, mitkä teknologiat ovat tulevaisuudessa kipeästi tarpeellisia, mihin suomalainen osaaminen soveltuu parhaiten ja missä aihealueissa olemme kansainvälisesti kilpailukykyisiä. Tekesin Finnsight-projektissakin todettiin, ettei tulevaisuudessa ole enää mahdollista hajauttaa resursseja useiden erikoisalojen kehityshankkeisiin. Kesken on kuitenkin selvitys, mihin hankkeisiin resurssit sitten kannattaisi sijoittaa ja miten.

## 9 Lähteet

- AALTO-YLIOPISTO, 2009. *Aalto-yliopiston strategia*. Suomi: Aaltoyliopisto.
- AARP, 2009. Joint replacement surgeries fuel a growing market.
- AGARWALL, R. and PRASAD, J., 1999. Are Individual Differences Germane to the Acceptance of New Information Technologies? *Decision Sciences*, **30**(2), 361-391.
- AHJOPALO, H., 2007. *Terveen teknologian tekijät - Terveysteknologian toimialaraportti 2007*. Helsinki, Suomi: Terveysteknologian liitto RY - FiHTA.
- AKINS, R., TOLSON, H. and COLE, B., 2005. Stability of response characteristics of a Delphi panel: application of bootstrap data expansion. *BMC Medical Research Methodology*, **5**(1), 37.
- ALASAARELA, E., 2003. *Tulevaisuuden terveysteknologiat ja -järjestelmät*. Suomi: Tekes.
- ALLEN, T.M. and CULLIS, P.R., 2004. Drug Delivery Systems: Entering the Mainstream. *Science*, **303**(5665), 1818-1822.
- ANGLE, H.L. and HUDSON, R.L., 1986. The Minnesota Innovation Research Program (MIRP): Collective Action in an Individualist Culture? NA, ed. In: *Annual Conference of Academy of Management*, 1986, Discussion Paper 57, Strategic Management Research Center, University of Minnesota (August).
- AROMAA, A., KOSKINEN, S., SAARINEN, T., HEISTARO, S., HELIÖVAARA, M., HÄKKINEN, U., IMPIVAARA, O., JOUSILAHTI, P., KNEKT, P., LÖNNQVIST, J., MARTELIN, T., NORDBLAD, A., NOTKOLA, V., REUNANEN, A., RIIHIMÄKI, H., RUUTU, P., SUNDVALL, J., UUTELA, A. ja VARTIAINEN, E., 2002. Terveiden, toimintakyvyn ja työkyvyn kehitys. In: A. AROMAA and S. KOSKINEN, eds, *Terveys ja toimintakyky Suomessa: Terveys 2000 -tutkimuksen perustulokset*. 1. ed. Helsinki, Suomi: Terveiden ja toimintakyvyn osasto, Kansanterveyslaitos, s. 103-125.
- ARULAMPALAM, J., 6.3.2010, 2010-last update, Siemens showcases green credentials [Homepage of Business Times], [Online]. Available: [http://www.btimes.com.my/Current\\_News/BTIMES/articles/20100603001733/Article/\[06/07, 2010\]](http://www.btimes.com.my/Current_News/BTIMES/articles/20100603001733/Article/[06/07, 2010]).
- AULA-MATILA, A., 2000. *Health-Net - kansainvälistä kilpailukykyä ja informaatioteknologian osaamista terveysteknologia-alan PK-yrityksille*. Tampere: Projekti- ja konsultointiyksikkö/TYT.

BACKUS, J., 2010-last update, The Affordable Care Act: Overview [Homepage of U.S. Department of Health & Human Services], [Online]. Available: <http://www.healthcare.gov/law/introduction/index.html> [08/13, 2010].

BELL, W., 2003. *Foundations of Futures Studies: History, Purpose and Knowledge - Volume 1*. 2nd ed. New Brunswick, U.S.A.: Transaction Publishers.

BISHOP, P., HINES, A. and COLLINS, T., 2007. The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight*, **9**(1), 5-25.

BLAGG, C.R., 2008. The renaissance of home hemodialysis: Where we are, why we got here, what is happening in the United States and elsewhere. *Hemodialysis International*, **12**(s1), S2-S5.

BODENHEIMER, T., 2005. High and Rising Health Care Costs. Part 2: Technologic Innovation. *Annals of Internal Medicine*, **142**(11), 932-937.

BONFIELD, W., RÜHLE, M., DOSCH, H., MITTEMEIJER, E.J., VAN DE VOORDE, M.H., BRÉCHET, Y., POMPE, W. and VAN ROSSUM, M., 2001. *European White Book on Fundamental Research in Materials Science*. Munich, Germany: Max Planck Society.

BÖRJESON, L., HÖJER, M., DREBORG, K., EKVALL, T. and FINNVEDEN, G., 2006. Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures*, **38**(7), 723-739.

BRADFIELD, R., WRIGHT, G., BURT, G., CAIRNS, G. and VAN DER HEIJDEN, K., 2005. The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. *Futures*, **37**(8), 795-812.

BRAUN, A., 2005. *Healthcare: Key Technologies for Europe*. Belgium: Directorate - General for Research.

BUTLER, B., 2010. Boston Scientific Teams with Philips, Siemens.

CHERMACK, T.J., LYNHAM, S.A. and RUONA, W.E.A., 2001. A review of scenario planning literature. *Futures Research Quarterly*, **17**(2), 7-32.

CHOATE, M. and BROWN, S.E., 2006. The office in your pocket: Searching for work-life balance in a continuously connected world. *MIT Sloan - News and insights for alumni*.

COFFMAN, B.S., 15.1.1997, 1997-last update, Weak Signal Research - Introduction [Homepage of MG Taylor Corporation], [Online]. Available: <http://www.mgtaylor.com/mgtaylor/jotm/winter97/wsrintro.htm> [14/06, 2010].

COMMITTEE ON COMPARATIVE EFFECTIVENESS RESEARCH PRIORITIZATION, 2009. *Initial National Priorities for Comparative Effectiveness*

*Research*. Washington, D.C., U.S.A.: Board on Health Care Services - Institute of Medicine.

COMMITTEE ON MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, SOLID STATE SCIENCES COMMITTEE, COMMISSION ON PHYSICAL SCIENCES, MATHEMATICS, AND RESOURCES and COMMISSION ON ENGINEERING AND TECHNICAL SYSTEMS, NATIONAL RESEARCH COUNCIL, eds, 1989. *Materials Science and Engineering for the 1990s: Maintaining the Competitiveness in the Age of Materials*. 1st ed. Washington, D.C.: National Academy Press.

COVIDIEN, 2010-last update, Kendall [Homepage of Covidien], [Online]. Available: <http://www.covidien.com/covidien/pageBuilder.aspx?topicID=162487&page=Brands:Kendall> [09/06, 2010].

CURLEY, S.J., BARRET, G., HENDERSON, J., KAUFMANN, M. and LYNCH, M., 2.6.2009, 2009-last update, Cardinal Health Inc. Analyst and Investor Day Meeting [Homepage of Cardinal Health Inc.], [Online]. Available: <http://phx.corporate-ir.net/External.File?item=UGFyZW50SUQ9ODYxNXxDaGlsZEIEPS0xfFR5cGU9Mw==&t=1> [09/06, 2010].

DE MEYRICK, J., 2003. The Delphi method and health research. *Health Education*, **103**(1), 7-16.

DINEEN, J., ISHRAK, O., VACHON, M., WANCHOO, V., EHRENHEIM, P. and BARBER, M., 2009. *GE Healthcare - Healthymagination Investor Update*. United States of America: GE Healthcare.

DRUGDEVELOPMENT-TECHNOLOGY.COM, NA, 2010-last update, Exubera - Inhaled Insulin for Type 1 and Type 2 Diabetes [Homepage of Drugdevelopment-technology.com], [Online]. Available: <http://www.drugdevelopment-technology.com/projects/exubera/> [06/03, 2010].

EDWARDS LIFESCIENCES, 2010-last update, Edwards SAPIEN Transcatheter Heart Valve [Homepage of Edwards Lifesciences LLC], [Online]. Available: <http://www.edwards.com/products/transcathetervalves/sapienthv.htm> [06/03, 2010].

EUROPEAN COMMISSION, 18.5.2010, 2010-last update, University-business dialogue and co-operation [Homepage of Education and Training, European Commission], [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/education/higher-education/doc1261\\_en.htm](http://ec.europa.eu/education/higher-education/doc1261_en.htm) [06/04, 2010].

EUROSTAT, 29.1.2010, 2010-last update, ECHI tool [Homepage of Directorate - General for Health and Consumers], [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_information/dissemination/echi/query/](http://ec.europa.eu/health/ph_information/dissemination/echi/query/) [05/24, 2010].

FAROKHZAD, O.C. and LANGER, R., 2009. Impact of Nanotechnology on Drug Delivery. *ACS Nano*, **3**(1), 16-20.

FDA, U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 27.5.2010, 2010-last update, Food Ingredients and Packaging terms [Homepage of U.S. Food and Drug Administration], [Online]. Available: <http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/ucm064228.htm> [7/6, 2010].

FINS, J.J., 2010. Deep Brain Stimulation: Calculating the True Costs of Surgical Innovation. *Virtual Mentor*, **12**(2), 114-118.

FINS, J.J., 2009. Deep Brain Stimulation, Free Markets and the Scientific Commons: Is It Time to Revisit the Bayh-Dole Act of 1980? *Neuromodulation*.

FLEMINGS, M.C., 1999. WHAT NEXT FOR DEPARTMENTS OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING? *Annual Review of Materials Science*, **29**(1), 1-23.

FRANKLIN, K. and HART, J., 2007. Idea Generation and Exploration: Benefits and Limitations of the Policy Delphi Research Method. *Innovative Higher Education*, **31**(4), 237-246.

GE HEALTHCARE, NA, 2010-last update, Turning X-Rays into Light [Homepage of General Electric Company], [Online]. Available: <http://www.ge.com/innovation/hdct/index.html> [08/06, 2010].

GELIJNS, A.C. and DAWKINS, H.V., eds, 1994. *Medical Innovation at the Crossroads Vol IV - Adopting New Medical Technology*. 1st ed. Washington, D.C., U.S.A.: National Academy Press.

GERTNER, M., 2005. Biomedical Innovation, Surgical Innovation, and Beyond, *The NCIIA 9th Annual Meeting*, March 17-19 2005, NCIIA s. 277-286.

GIDWANI, S. and FAIRBANK, A., 2004. The orthopaedic approach to managing osteoarthritis of the knee. *British Medical Journals*, **329**(21), 1220-1224.

GILLINOV, A.M., BLACKSTONE, E.H. and MCCARTHY, P.M., 2002. Atrial fibrillation: current surgical options and their assessment. *The Annals of Thoracic Surgery*, **74**(6), 2210-2217.

GORDON, T.J., 1994. The Delphi Method. In: J.C. GLENN and T.J. GORDON, eds, *Futures Research Methodology Version 3.0*. 3rd edn. U.S.A.: The Millennium Project.

GORE, M.E., 2003. Adverse effects of gene therapy: Gene therapy can cause leukemia: no shock, mild horror but a probe. *Gene Therapy*, **10**, 4-4.

GRANT, J., HOORENS, S., SIVADASAN, S., VAN HET LOO, M., DAVANZO, J., HALE, L., GIBSON, S. and BUTZ, W., 2005. *Population Implosion? Low Fertility and Policy Responses in the European Union*. Cambridge, United Kingdom: RAND Corporation.

- GREATBATCH, W. and HOLMES, C.F., 1991. History of implantable devices. *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, **10**(3), 38-41, 49.
- GREN, J., 24.3.2010, 2010-last update, Medical Device Industry Assessment Updated [Homepage of Office of Health and Consumer Goods, U.S. Department of Commerce], [Online]. Available: <http://www.trade.gov/td/health/Medical%20Device%20Industry%20Assessment%20FINAL%20II%203-24-10.pdf> [08/06, 2010].
- GWINN, M.R. and VALLYATHAN, V., 2005. Nanoparticles: Health Effects—Pros and Con. *Environmental Health Perspectives*, **114**(12), 1818-1825.
- HAMEL, G. and PRAHALAD, C.K., 1994. Competing for the Future - summary article. *Harvard Business Review*, **72**(4), 122-128.
- HANFT, S., 2009. *Renal Disease Treatments: Products and Therapies*. Wellesley, U.S.A.: BCC Research.
- HAUBER, A. and GALE, E.A.M., 2006. The market in diabetes. *Diabetologia*, **49**(2), 247-252.
- HAUTAMÄKI, A., 2008. *Muutoksen Suomi - Ihmiset muutoksen tekijöinä, instituutiot ihmisten tukijoina*. Helsinki, Suomi: Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra.
- HENSHEL, R.L., 1993. Do self-fulfilling prophecies improve or degrade predictive accuracy? How sociology and economics can disagree and both be right. *Journal of Socio-economics*, **22**(2), 85-104.
- HILTUNEN, E., 2008. The future sign and its three dimensions. *Futures*, **40**(3), 247-260.
- HUEBSCH, N. and MOONEY, D.J., 2009. Inspiration and application in the evolution of biomaterials. *Nature*, **462**(7272), 426-432.
- HUSS, W.R. and HONTON, E.J., 1987. Scenario planning—What style should you use? *Long range planning*, **20**(4), 21-29.
- IMMELT, J.R., 7.5.2009, 2009-last update, Healthymagination [Homepage of General Electric Company], [Online]. Available: [http://www.ge.com/pdf/investors/events/05072009/ge\\_healthymagination\\_overview.pdf](http://www.ge.com/pdf/investors/events/05072009/ge_healthymagination_overview.pdf) [06/04, 2010].
- JOHNSTON, D.J., ed, 2005. *Health Technologies and Decision Making*. 1st ed. Paris, France: OECD Publishing.
- JONES, J. and HUNTER, D., 1995. Qualitative Research: Consensus methods for medical and health services research. *BMJ*, **311**(7001), 376-380.

- KAHN, H., 1979. *World economic development: 1979 and beyond*. 1st edn. U.S.A.: Westview Press.
- KALANTZI, L.E., KARAVAS, E., KOUTRIS, E.X. and BIKIARIS, D.N., 2009. Recent Advances in Oral Pulsatile Drug Delivery. *Recent Patents on Drug Delivery & Formulation*, **3**(1), 49-63.
- KAMPPINEN, M., KUUSI, O. ja SÖDERLUND, S., eds, 2002. *Tulevaisuudentutkimus - Perusteet ja sovellukset*. 1. ed. Helsinki, Suomi: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
- KARIN, M., 2006. Nuclear factor-[kappa]B in cancer development and progression. *Nature*, **441**(7092), 431-436.
- KENSING, F. and MADSEN, K.H., 1991. Generating visions: Future workshops and metaphorical design. In: J. GREENBAUM and M. KYNG, eds, *Design at work: Cooperative Design of Computer Systems*. 1st ed. U.S.A.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., s. 155-168.
- KERE, J., 2001. HUMAN POPULATION GENETICS: Lessons from Finland. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, **2**(September), 103-128.
- KHAKEE, A. and STRÖMBERG, K., 1993. Applying Futures Studies and the Strategic Choice Approach in Urban Planning. *The Journal of the Operational Research Society*, **44**(3), 213-224.
- KLEIN, R., 1996. Diabetic Retinopathy. *Annual Review of Public Health*, **17**(1), 137-158.
- KOSKINEN, S., KESTILÄ, L., MARTELIN, T. ja AROMAA, A., 2005. *Nuorten aikuisten terveys. Terveys 2000-tutkimuksen perustulokset 18–29-vuotiaiden terveydestä ja siihen liittyvistä tekijöistä.* [The health of young adults. Baseline results of the Health 2000 Study on the health of 18 to 29-year-olds and the factors associated with it.]. 7. Helsinki: Terveysten ja toimintakyvyn osasto, Kansanterveyslaitos.
- KREGER, J., NADLER, N.F. and FATTA, R., 2009. *Dentsply International Inc. - Brushing up: Initiating Coverage with an Outperform Rating*. Equity Research edn. Chicago, U.S.A.: William Blair & Company, L.L.C.
- KUHN, T.S., 1996. *The structure of scientific revolutions*. 3rd ed. U.S.A.: University of Chicago press Chicago.
- KUNZ, R., 2010. *Leverage Scale of Scientific Capabilities*. Minneapolis, U.S.A.: Medtronic.
- KURTZ, S.M. and DEVINE, J.N., 2007. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials*, **28**(32), 4845-4869.



KUUSI, O., 2001. *Ikääntyneiden itsenäistä selviytymistä tukeva tulevaisuuspolitiikka ja geronteknologia - Geronteknologia-arvioinnin loppuraportti*. Helsinki, Suomi: Eduskunnan kanslia.

KUUSI, O., 2002. Delfoi-menetelmä. In: M. KAMPPINEN, O. KUUSI and S. SÖDERLUND, eds, *Tulevaisuudetutkimus - Perusteet ja sovellukset*. 1. edn. Helsinki, Suomi: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, pp. 204-225.

KUUSI, O., 1999. *Expertise in the future use of generic technologies: Epistemic and methodological considerations concerning Delphi studies*, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, VATT.

KUUSI, O., RYYNÄNEN, O., KINNUNEN, J., MYLLYKANGAS, M. ja LAMMINTAKANEN, J., 2006. *Suomen terveydenhuollon tulevaisuudet - Tegnologian arvioinnin perusraportti*. Suomi: Tulevaisuusvaliokunta.

KVIST, T., 2004. *Hoidon laatu - potilaiden ja henkilöstön yhteinen asia?*, Kuopion yliopiston yhteiskuntatieteellinen tiedekunta.

LANG, T., 1995. *An Overview of Four Futures Methodologies*. 1st edn. Honolulu, Hawaii: Hawaii Research Center for Futures Studies.

LAU, J.Y.F. and ELEY, T.C., 2010. The Genetics of Mood Disorders. *Annual Review of Clinical Psychology*, **6**(1), 313-337.

LEE, K.H., BLAHA, C.D., GARRIS, P.A., MOHSENI, P., HORNE, A.E., BENNET, K.E., AGNESI, F., BLEDSOE, J.M., LESTER, D.B., KIMBLE, C., MIN, H., KIM, Y. and CHO, Z., 2009. Evolution of Deep Brain Stimulation: Human Electrometer and Smart Devices Supporting the Next Generation of Therapy. *Neuromodulation*, **12**(2), 85-103.

LICITRA, K.A., 3.6.2010, 2010-last update, Ethicon Endo Surgery [Homepage of Johnson & Johnson], [Online]. Available: [http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379707/3638cf2d-d32f-4365-98be-a7a03ad9e3eb/JNJ\\_MDD\\_LICITRA\\_WEB.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379707/3638cf2d-d32f-4365-98be-a7a03ad9e3eb/JNJ_MDD_LICITRA_WEB.pdf) [09/06, 2010].

LINSTONE, H.A., 1977. II. SHIFTING FOUNDATIONS: 1. Introduction. In: H.A. LINSTONE and W.H.C. SIMMONDS, eds, *Futures Research: New Directions*. 1st ed. Massachusetts, U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, pp. 29-31.

LINSTONE, H.A. and TUROFF, M., eds, 1975. *The Delphi method: techniques and applications*. Electronic reproduction ed. Massachusetts: Addison-Wesley.

LIPPONEN, H. ja VIITAMO, E., 2003. *Suomen kilpailukyky ja toimintaympäristö – kansainvälinen vertailu*. Helsinki, Suomi: Kauppa- ja teollisuusministeriö.

- LOZANO, A.M., MAYBERG, H.S., GIACOBBE, P., HAMANI, C., CRADDOCK, R.C. and KENNEDY, S.H., 2008. Subcallosal Cingulate Gyrus Deep Brain Stimulation for Treatment-Resistant Depression. *Biological psychiatry*, **64**(6), 461-467.
- LUTZ, W., 2008. Europe's changing population in a global context. *European View*, **7**(2), 237-245.
- MAHONEY, M., 3.6.2010, 2010-last update, DePuy [Homepage of Johnson & Johnson], [Online]. Available: [http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379704/c26b84e5-aac6-4f48-9d4e-1d81ff560758/JNJ\\_MDD\\_MAHONEY\\_WEB.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379704/c26b84e5-aac6-4f48-9d4e-1d81ff560758/JNJ_MDD_MAHONEY_WEB.pdf) [09/06, 2010].
- MÄKELÄ, M., LAPPALAINEN, M. ja ORRE, S., 1997. *TERVEYDENHUOLLON ERILLISREKISTERIT: Selvitys Suomessa ylläpidettävistä valtakunnallisista ja alueellisista potilasrekistereistä*. Suomi: FinOHTA.
- MALMIVAARA, A., KOTILAINEN, E., LAASONEN, E., POUSSA, M., RASMUSSEN, M. ja KUNNAMMO, I., 1998. Alaselän sairauksien hoitosuositus. *Duodecim*, **114**(19).
- MARKETSANDMARKETS, 2010. *Global Dental Implants Market (2010 - 2015)*. U.S.A.: MarketsandMarkets.
- MAROHN, C.M.R. and HANLY, C.E.J., 2004. Twenty-first century surgery using twenty-first century technology: Surgical robotics. *Current surgery*, **61**(5), 466-473.
- MARTIN, B.R., 1995. Foresight in Science and Technology. *Technology Analysis & Strategic Management*, **7**(2), 139.
- MARTINEZ, F.O., HELMING, L. and GORDON, S., 2009. Alternative Activation of Macrophages: An Immunologic Functional Perspective. *Annual Review of Immunology*, **27**(1), 451-483.
- MARTINEZ-LAVIN, M., INFANTE, O. and LERMA, C., 2008. Hypothesis: The Chaos and Complexity Theory May Help our Understanding of Fibromyalgia and Similar Maladies. *Seminars in arthritis and rheumatism*, **37**(4), 260-264.
- MEDICAL NEWS TODAY, 2010. Doncaster & Bassetlaw Upgrades Its Breast Imaging Services with Six Digital Units, UK.
- MIETTINEN, R., HYYSALO, S., LEHENKARI, J. ja HASU, M., 2003. *Tuotteesta työvälineeksi? Uudet teknologiat terveydenhuollossa*. 1. ed. Saarijärvi, Suomi: Gummerus Kirjapaino Oy.
- MILES, I., 2002. *Appraisal of alternative methods and procedures for producing regional foresight*. Brussels, Belgium: European Commission.

MØLDRUP, C., MORGALL, J.M. and ALMARSDÓTTIR, A.B., 2002. Perceived risk of future drugs—a Danish citizen Delphi. *Health, Risk & Society*, **4**(1), 5-17.

PALARAN, W., 2010. GE Healthcare Forms Strategic Alliance with Cardiovascular Genomic Diagnostic Company, CardioDX.

PAMMOLLI, F., RICCABONI, M., OGLIALORO, C., MAGAZZINI, L., BAILO, G. and SALERNO, N., 2005. *Medical Devices, Competitiveness and Impact on Public Health Expenditure*. Rome, Italy: CERM - Competitiveness, Markets, and Regulation.

PARK, J.B. and BRONZINO, J.D., eds, 2003. *Biomaterials: Principles and Applications*. 1st ed. United States of America: CRC Press LLC.

PARKINSON, R.L.J., 22.2.2009, 2009-last update, Addressing Critical Healthcare Challenges Worldwide - Baxter International Inc. 2009 Annual Report [Homepage of Baxter International Inc.], [Online]. Available: [http://www.baxter.com/downloads/investors/reports\\_and\\_financials/annual\\_report/2009/BaxterAR\\_2009.pdf](http://www.baxter.com/downloads/investors/reports_and_financials/annual_report/2009/BaxterAR_2009.pdf) [09/06, 2010].

PATTERSON LORENZETTI, J., 1.1.2010, 2010-last update, Market Analysis: Endoscopy [Homepage of Medical Dealer Publishing], [Online]. Available: <http://www.mdpublishing.com/article.aspx?ArticleID=355> [06/02, 2010].

PAUL, M., 3.6.2010, 2010-last update, Diabetes Care [Homepage of Johnson & Johnson], [Online]. Available: [http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379701/46935a03-8195-4a9b-af4d-953ef2849091/JNJ\\_MDD\\_PAUL\\_WEB.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379701/46935a03-8195-4a9b-af4d-953ef2849091/JNJ_MDD_PAUL_WEB.pdf) [09/06, 2010].

PEARSON, M., 2009. *Disparities in health expenditure across OECD countries: Why does the United States spend so much more than other countries?* Paris, France: Health Division, OECD.

PERRY, J.L. and RAINEY, H.G., 1988. The Public-Private Distinction in Organization Theory: A Critique and Research Strategy. *The Academy of Management Review*, **13**(2), 182-201.

POPPER, R., 2008. How are foresight methods selected? *Foresight*, **10**(6), 62-89.

PORTER, M.E., 1996. What is Strategy? *Harvard Business Review*, **74**(6), 61-78.

PRNEWswire, U.B.M., 12.5.2010, 2010-last update, West Wireless Health Institute and GE Healthcare to collaborate on Technology and Educational Initiatives [Homepage of PRNewswire Association LLC.], [Online]. Available: <http://www.prnewswire.com/news-releases/west-wireless-health-institute-and-ge-healthcare-to-collaborate-on-technology-and-educational-initiatives-93586224.html> [06/04, 2010].

RAPO, M., 2009. Suomella edessä haastavat ajat. *Tieto&trendit*, -(8), ?-? + 7.

RAPO, M. ja TARKOMA, J., 30.9.2009, 2009-last update, Väestöennuste 2009 - 2060 [Homepage of Tilastokeskus], [Online]. Available: [http://www.stat.fi/til/vaenn/2009/vaenn\\_2009\\_2009-09-30\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/vaenn/2009/vaenn_2009_2009-09-30_tie_001_fi.html) [05/28, 2010].

REIBER, G.E., PECORARO, R.E. and KOEPESELL, T.D., 1992. Risk Factors for Amputation in Patients with Diabetes Mellitus. *Annals of Internal Medicine*, **117**(2), 97-105.

ROBINS, J.S., 2008. *Mergers & acquisitions in the medical device industry : an exploration of factors influencing valuation*, Harvard University - MIT Division of Health Sciences and Technology.

ROPO, A., ERIKSSON, M., SAUER, E., LEHTIMÄKI, H., KESO, H., PIETIKÄINEN, T. ja KOIVUNEN, N., 2005. *Jaetun johtajuuden särmät*. 1st edn. Jyväskylä, Suomi: Talentum Media Oy.

ROSEN, M., 2009. Global Medical Device Industry: Solid Growth, with Mid-West Companies Leading the Way! .

ROSEN, M., 2008. Global medical device market outperforms drug market growth.

RUSCKOWSKI, S., 7.5.2009, 2009-last update, Philips Healthcare Overview [Homepage of Philips Healthcare], [Online]. Available: [http://www.philips.com/shared/assets/Downloadablefile/Investor/02\\_rusckowski\\_0705\\_09.pdf](http://www.philips.com/shared/assets/Downloadablefile/Investor/02_rusckowski_0705_09.pdf) [06/04, 2010].

SALO, I., 2005. Terveysterrori uhkaa hyvinvointiasi. *Talouselämä*, .

SCHALLER, R.R., 1997. Moore's law: past, present and future. *Spectrum, IEEE*, **34**(6), 52-59.

SCHOEMAKER, P. and TOMCZYK, M.S., eds, 2006. *The Future of BioSciences: Four Scenarios for 2020 and Beyond...* 1st ed. Philadelphia, U.S.A.: William and Phyllis Mack Center for Technological Innovation.

SCHWARZ, O.J., 2008. Assessing the future of futures studies in management. *Futures*, **40**(3), 237-246.

SHARPE, B., PARY, V., DUBHATHAIGH, R. and BARTER, T., 2007. *Foresight Tackling Obesities: Future Choices - Future Trends in Technology and Their Impact on Obesity*. U.K.: Government Office for Science - Foresight.

SIMMONDS, W.H.C., 1977. I. PROLOGUE: 2. The Nature of Futures Problems. In: H.A. LINSTONE and W.H.C. SIMMONDS, eds, *Futures Research: New Directions*. 1st ed. Massachusetts, U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, s. 13-26.

SINGH, T., 2009. EMEA "more measured" than "overly cautious" FDA - TOPRA.

SKULMOSKI, G.J., HARTMAN, F.T. and KRAHN, J., 2007. The Delphi Method for Graduate Research. *Journal of Information Technology Education*, **6**(NA), 1-21.

SNEED, M., 3.6.2010, 2010-last update, Vision Care [Homepage of Johnson & Johnson], [Online]. Available: [http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379700/38b0772c-522b-48d3-a134-ae435e876b85/JNJ\\_MDD\\_SNEED\\_WEB.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379700/38b0772c-522b-48d3-a134-ae435e876b85/JNJ_MDD_SNEED_WEB.pdf) [09/06, 2010].

STEARNS, L., BOORTZ-MARX, R., DU PEN, S., FRIEHS, G., GORDON, M., HALYARD, M., HERBST, L. and KISER, J., 2005. Intrathecal Drug Delivery for the Management of Cancer Pain - A Multidisciplinary Consensus of Best Clinical Practises. *Journal of Supportive Oncology*, **3**(6), 399-408.

STEWART, K., HU, K. and WISNIEWSKI, R., 2010. *Medical Supplies & Devices: 2010 Boot Camp Primer*. Equity Research, New York, U.S.A.: Credit Suisse.

STRUKOV, D.B., SNIDER, G.S., STEWART, D.R. and WILLIAMS, R.S., 2008. The missing memristor found. *Nature*, **453**(7191), 80-83.

SUOMEN AKATEMIA, 2006. *Suomen Akatemian Strategia*. 1. ed. Suomi: Suomen Akatemia.

SUOMEN AKATEMIA ja TEKES, 2009-last update, FiDiPro lyhyesti [Homepage of Suomen Akatemia ja Tekes], [Online]. Available: <http://www.fidipro.fi/pages/etusivu/fidipro-lyhyesti.php> [5/20, 2010].

SUOMEN TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ, 2008. *Valtioneuvoston innovaatiopoliittinen selonteko eduskunnalle*. 1. ed. Suomi: Suomen Työ- ja elinkeinoministeriö.

TALOUSNEUVOSTON SIHTEERISTÖ, 2006. *Suomen vastaus globalisaation haasteeseen: Talousneuvoston sihteeristön globalisaatioselvitys – OSA II*. Suomi: Valtioneuvoston kanslia.

TEKES, 2008a. *Ihminen, terveys ja ympäristö: Valinnat tulevaisuuden rakentamiseksi*. Suomi: Tekes.

TEKES, 6.11.2008, 2008b-last update, Liiketoimintaosaamisen barometri 2008 [Homepage of Tekes], [Online]. Available: [http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Luotsi/fi/Dokumentti\\_arkisto/Viestinta\\_ja\\_aktivointi/Julkaisut/Raportti\\_barometrin\\_tuloksista190208.pdf](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Luotsi/fi/Dokumentti_arkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/Raportti_barometrin_tuloksista190208.pdf) [08/06, 2010].

TENDICK, F., SASTRY, S.S., FEARING, R.S. and COHN, M., 1998. Applications of micromechatronics in minimally invasive surgery. *Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on*, **3**(1), 34-42.

THOLEY, G., DESAI, J.P. and CASTELLANOS, A.E., 2005. Force Feedback Plays a Significant Role in Minimally Invasive Surgery - Results and Analysis. *Annals of Surgery*, **241**(1), 102-109.

TILASTOKESKUS, 2003. *Kuolemansyyt: Vuoden 2003 kuolemansyytiedot valmistuneet*. Suomi: Tilastokeskus.

TOURÉ, N., 2009. *Maaraportti - Intia*. Suomi: Finpro.

UOTILA, T., MELKAS, H. and HARMAAKORPI, V., 2005. Incorporating futures research into regional knowledge creation and management. *Futures*, **37**(8), 849-866.

VALERIANI, N.J., 3.6.2010, 2010-last update, Ortho Clinical Diagnostics [Homepage of Johnson & Johnson], [Online]. Available: [http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379703/59289b6c-3767-46c5-b47d-516bf0964ea1/JNJ\\_MDD\\_VALERIANI\\_WEB.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/JNJ/934478144x0x379703/59289b6c-3767-46c5-b47d-516bf0964ea1/JNJ_MDD_VALERIANI_WEB.pdf) [09/06, 2010].

VALTAKUNNALLINEN TERVEYDENHUOLLON EETTINEN NEUVOTTELUKUNTA (ETENE), 2004. *Autonomia ja heitteillejätö - eettistä rajankäyntiä*. Helsinki: Suomen sosiaali- ja terveysministeriö.

VANAC, M., 6.3.2010, 2010-last update, Philips Healthcare Investing \$33M in Cleveland R&D Center [Homepage of MedCity News], [Online]. Available: <http://www.medcitynews.com/2010/06/philips-healthcare-investing-33m-in-cleveland-rd-center/> [06/04, 2010].

VÄYRYNEN, R. ja SAARNIVAARA, V., 2006a. *FinnSight 2015 - Tieteen, teknologian ja yhteiskunnan näkymät*. Helsinki, Suomi: Suomen Akatemia, Tekes ja Verkkotie Oy.

VÄYRYNEN, R. ja SAARNIVAARA, V., 2006b. *FinnSight 2015: Tieteen, teknologian ja yhteiskunnan näkymät - tiivistelmä*. Suomi: Suomen Akatemia ja Tekes.

VEHMANEN, M., 2008. Kaikki hyvin terveyspolitiikassa? .

WALKER, G.M., RAMSEY, J.M., CAVIN, R.K., HERR, D.J.C., MERZBACHER, C.I. and ZHIRNOV, V., 2009. *A Framework for Bioelectronics: Discovery and Innovation*. North Carolina, U.S.A.: Semiconductor Electronics Division, National Institute of Standards and Technology.

WANG, J., 2008. Electrochemical Glucose Biosensors. *Chemical reviews*, **108**(2), 814-825.

WANLESS, D., 2002. *Securing Our Future Health: Taking a Long Term View*. London, U.K.: Her Majesty's Treasury.

WARE, A. and KELLY, B., 2008. Product liability and reuse of medical devices. *Feature*, **October**(199), 14-16.

WARREN, J. and RESMAN, C., 2.6.2010, 2010-last update, New Data in *The New England Journal Of Medicine* Show Medtronic Deep Brain Stimulation Provides Sustained Motor Function Improvement in Parkinson's Disease [Homepage of Medtronic, Inc.], [Online]. Available: [http://www.medtronic.com/Newsroom/NewsReleaseDetails.do?itemId=1275506511602&lang=en\\_US](http://www.medtronic.com/Newsroom/NewsReleaseDetails.do?itemId=1275506511602&lang=en_US) [09/06, 2010].

WEINGAND, D.E., 1995. Futures Research Methodologies: Linking Today's Decisions with Tomorrows Possibilities, A. SERNIKKI, ed. In: *Libraries of the Future*, 1995, 61st IFLA Council and General Conference ppNA.

WHO, NA, 2010-last update, Prevalence of diabetes worldwide [Homepage of World Health Organization], [Online]. Available: [http://www.who.int/diabetes/facts/world\\_figures/en/](http://www.who.int/diabetes/facts/world_figures/en/) [06/02, 2010].

WIENER, J.M. and TILLY, J., 2002. Population ageing in the United States of America: implications for public programmes. *International Journal of Epidemiology*, **31**(4), 776-781.

WILD, C. and LANGER, T., 2008. Emerging health technologies: Informing and supporting health policy early. *Health Policy*, **87**(2), 160-171.

WILD, C. and TORGERSEN, H., 2000. Foresight in medicine: Lessons from three European Delphi studies. *The European Journal of Public Health*, **10**(2), 114-119.

WILÉN, J., 2008. *Maaraportti Israel*. Helsinki, Suomi: Finpro.

ZAPIAIN, N.G., 2007. *Medical Devices in Europe - Market Overview*. U.S.A.: U.S. Department of Commerce.

## 9.1 Kuvalähteet

BEST VOLLEYBALL EQUIPMENT, 21.3.2010, 2010-last update, Volleyball Girls Shorts. Available: <http://www.best-volleyball-equipment.com/images/low-rise-volleyball-shorts-calvin-klein-365-cotton-seamless-boysshorts.jpg> [7/5, 2010].

MEDTRONIC, 2010a-last update, Activa RC Deep Brain Neurostimulator [Homepage of Medtronic, Inc.], [Online]. Available: <http://professional.medtronic.com/products/activa-rc-deep-brain-neurostimulator/index.htm> [06/04, 2010].

MEDTRONIC, 2010b-last update, Features of the Minimed Paradigm REAL-time Insulin Pump and Continuous Glucose Monitoring System [Homepage of Medtronic Minimed, Inc.], [Online]. Available: <http://www.medtronic-diabetes-me.com/Features-MiniMed-Paradigm-REAL-Time.html> [06/04, 2010].

NATIONAL INSTITUTE FOR AGING, 4.11.2008, 2008-last update, File:NIA human brain drawing.jpg [Homepage of Wikimedia Commons], [Online]. Available:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NIA\\_human\\_brain\\_drawing.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NIA_human_brain_drawing.jpg) [06/04, 2010].

WIKIPEDIA, 4.6.2010, 2010-last update, Heart [Homepage of Wikipedia], [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Heart> [06/04, 2010].



## Liitteet

<b>Paneelin jäsenet</b>		
<b>Nimi</b>		<b>Organisaatio</b>
Franssila Sami	Professori	Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, Mikro- ja nanotekniikan laitos
Haimi Suvi	Vanhempi tutkija	Tampereen yliopisto, Solu- ja kudosteknologiakeskus Regea
Hupa Mikko	Professori	Åbo Academi, Kemianteeniikan laitos
Ikonen Tuija	Ylilääkäri	Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, HALO-ohjelma
Jämsä Timo	Professori	Oulun yliopisto, Lääketieteen tekniikan laitos
Kivilahti Jorma	Emeritusprof.	Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, Elektroniikan laitos
Pohjonen Jouni	Toimitusjohtaja	Medix Laboratoriot Oy
Renkonen Risto	Professori	Helsingin yliopisto, Haartman-instituutti
Seppälä Jukka	Professori	Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, Biotekniikan ja kemian tekniikan laitos
Sievi-Korte Mika	Ryhmäpäällikkö	Tekes, COMBIO-ohjelma
Tuukkanen Juha	Professori	Oulun yliopisto, Anatomian ja solubiologian laitos
Ylänen Heimo	Professori	Tampereen teknillinen yliopisto, Biolääketieteen tekniikan laitos
Välimaa Tero	Johtaja	Finn-Medi Tutkimus Oy, BioneXt-Tampere

<b>Ensimmäiseen kierrokseen osallistuneet</b>		
<b>Nimi</b>		<b>Organisaatio</b>
Miettinen Susanna	Ryhmän johtaja	Tampereen yliopisto, Solu- ja kudosteknologiakeskus Regea
Teriö Heikki	R&D Manager	Karolinska University Hospital, Department of Biomedical Engineering

Ensimmäisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

## **Materiaalitieteen mahdollisuudet terveysteknologia-alalla – Suomen asemoituminen**

Viimeisen vuosisadan aikana väestön keskimääräinen eliniänodote kääntyi länsimaissa jyrkkään nousuun. (Enderle, Blanchard et al. 2000) Suurelta osin kunnia tästä kuului terveysteknologian nopealle edistymiselle. Kehityksen nostamista odotuksista huolimatta terveydenhuollon ongelmat eivät ole merkittävästi vähentyneet, vaan lähinnä muuttaneet muotoaan. Nyt yhteiskunnan haasteita ovat väestön ikääntymiseen liittyvät krooniset sairaudet, ylipainon mukanaan tuomat rasitteet sekä potilaiden määrän räjähdysmäinen kasvu hoitojen tullessa hiljalleen yhä terveempien ulottuville. (OECD Health Project 2005) Lisäksi globalisaatio on tuonut köyhien maiden terveysongelmat yhä lähemmäs teollisuusmaita, ja globaaleihin ongelmiin kiinnitetään siksi enenevässä määrin huomiota. (Fauci 2007) Ongelmakenttään haetaan edelleen ratkaisuja terveysteknologian keinoin, ja lähestymistapoja on useita aina geeniteknologiasta radiologiaan. Tämän selvityksen tavoitteena onkin hahmotella, miten **materiaalitutkimus** (ks. määritelmä kuvassa 1) nivoutuu yhteen terveysteknologian ja terveydenhuollon tutkimuksen kanssa. Sen vuoksi on selvitettävä, **millainen materiaaalialan osaamiskokonaisuus vastaa terveysteknologian tarpeisiin parhaiten.**

Terveydenhuollossa jo nyt selvästi näkyvät oireet, kuten kustannusten kasvu sekä pidentyvät leikkausjonot, luovat painetta tuottaa nopeasti sovellettavissa olevaa tutkimusta. Myös yritysyhteistyön lisääntyminen yliopistoissa vahvistaa tätä ilmiötä. Aalto-yliopiston\* tutkimusarvioinnissa tutkimustulosten yhteiskunnallista vaikuttavuutta pidettiin korkeana, mutta vain n. 33 % uuden yliopiston yksiköistä ylsi erittäin hyvälle tai kiitettävälle kansainväliselle tasolle tieteellisen vaikuttavuuden osalta. Lisäksi tieteellisesti vaikuttavat ja yhteiskunnallisesti vaikuttavat tutkimustulokset eivät syntyneet samoissa laitoksissa, vaan tyypillistä oli menestyä jommallakummalla saralla. (Krause, Saaristo et al. 2009) Vastaavaa oli havaittavissa syyskuussa 2009 pidetyssä Medical Physics and Biomedical Engineering World Congressissa Münchenissä, missä pääosa tutkimuksesta voitiin laskea kuuluvaksi soveltavaan tutkimukseen. (International Union for Physical and Engineering Sciences in Medicine, IUPESM 2009) Vaikka näistä yksittäisistä signaaleista ei välttämättä kannata vetää lopullisia johtopäätöksiä alan perustutkimuksen tilasta, herää kysymys, olisiko siihen sittenkin panostettava enemmän. Poikkitieteellisenä ja innovatiivisena alana terveysteknologia vaatii taustalleen vahvaa perustutkimusta, mutta missä määrin ja keiden voimavarat tulisi keskittää hitaasti hedelmää kantavan tieteen tekemiseen?

Terveysteknologiaan keskittyvät materiaaliosajat ovat siinä mielessä erikoisessa asemassa, että vielä hiljattain varsinaisen materiaalitieteen rooli lääketieteen ja terveydenhuollon alalla on pohjautunut lähinnä erilaisten hoito- ja diagnostiikkateknologioiden kehityksen tukemiseen. Erityisesti polymeerien myötä biomateriaalit tieteenalana ottivat aimo askelen eteenpäin, ja lääketieteellinen toimenpide tai hoito on sittemmin voinut perustua pitkälti materiaalin ominaisuuksiin, kuten

---

\* Aalto-yliopisto on Helsingin kauppakorkeakoulusta, Taideteollisesta korkeakoulusta ja Teknillisestä korkeakoulusta muodostettu uusi yliopisto, joka aloittaa toimintansa 1.1.2010.

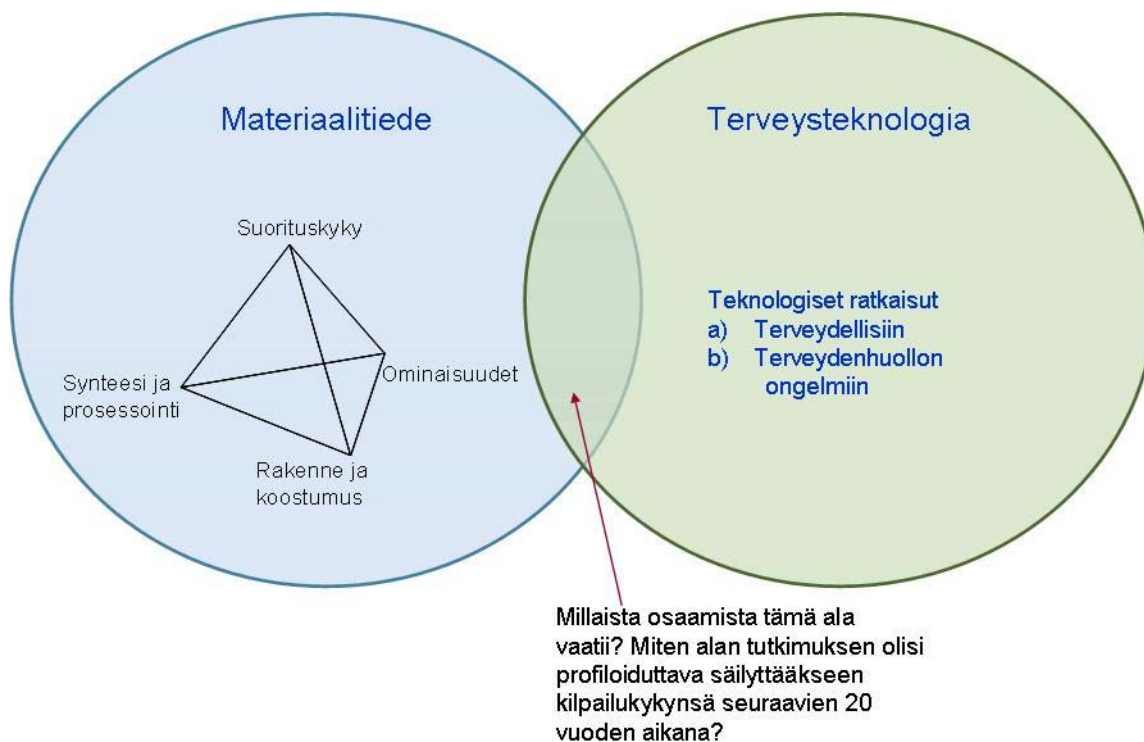
## Ensimmäisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

biohajoavien ommellankojen tapauksessa. (Ratner, Hoffman et al. 1996) Tämä on nostanut nimenomaan materiaaliosaajien tarvetta terveysteknologia-alalla. MIT:n materiaalitieteen ja -tekniikan laitoksen perustaja professori Flemings (Flemings 1999) toteaa kuitenkin artikkelissaan, että bioteknologian myötä myös materiaalitutkimus itsessään on siirtynyt hiljalleen niiden käsiin, joita ei perinteisesti ole pidetty materiaalitieteilijöinä. Hänen mukaansa materiaalitutkimuksen asiantuntijoiden on siksi entistäkin tärkeämpää määrittää ja vahvistaa alaansa. Voisiko yksi ratkaisumahdollisuus tähän olla, että **materiaalitieteen roolia terveysteknologiassa selkeytettäisiin vahvistamalla perustutkimuksen tasoa?**

Viimeisenä huomiona biologinen käyttöympäristö rajoittaa toiminta-alueen lähinnä kudoksen kannalta vaarattomiin materiaaleihin. Polymeerit ovat epäilemättä keskeisiä terveysteknologian kehityksessä vielä tulevaisuudessakin, sillä tieteellisessä mielessä niissä riittää kehitettävää. Esimerkiksi kudosteknologian ja jatkuvan lääkeaineannostelun tarpeisiin polymeerit ja niiden valmistusprosessit on hallittava yhä tarkemmin. Vuonna 1994 tehdyssä Materiaalien tulevaisuus -tutkimuksessa arvioitiin – tuolloin rohkeiksi koetuissa ennusteissa – juuri polymeerien nousevan ihmiskunnalle merkittävimäksi raaka-aineryhmäksi metallien rinnalle vuoteen 2020 mennessä. (Kuusi 1994) Toisaalta metallit ovat säilyneet kestävyytensä ansiosta yhtenä tärkeimmistä implanttimateriaaleista näihin päiviin asti, ja vaikka polymeerien tulevaisuus tällä hetkellä näyttääkin hyvin valoisalta, oma vaaransa on biomateriaaliosaamisen profiloitumisessa liiaksi tietyn materiaalityypin varaan. Tästä varoitettava esimerkki on nähtävissä 1980-luvun Yhdysvalloissa, kun metalliteollisuuden heikentynyt talous ajoi myös materiaalitieteen opiskelijamäärät alas. (Flemings 1999)

Tässä tutkimuksessa on tavoitteena ottaa kantaa, **millainen materiaalien kehitystyö ja millainen materiaaliosaaminen on olennaista terveysteknologian kannalta tulevien 20 vuoden aikana ja miten suomalaiset osaajat sijoittuvat alan tekijöiden keskuudessa.** Näitä kysymyksiä pohdittaessa on merkitystä toisaalta sillä, mikä on terveysteknologian todennäköinen tulevaisuus, mutta mielekästä on pitää mielessä myös, millainen skenaario olisi toivottava. Aikajana on valittu siten, että se tukee toiminnan ohjautumista jo lähitulevaisuuden päätösten kautta. Käsite terveysteknologia tulisi tässä yhteydessä ajatella mahdollisimman laajassa mielessä, koska kuten alussa esiteltiin haasteet, joihin sen keinoin haetaan ratkaisuja, kattavat moninaisen ongelmakentän. Kuitenkin tämän selvityksen ulkopuolelle rajataan epäsuorasti terveyteen vaikuttavat aihealueet, joihin kuuluu esimerkiksi ympäristötutkimus, ja lisäksi elintarviketutkimus on tämän tutkimuksen ulkopuolella. Oheinen kuva selvittää käsiteltävän teeman rajausta.

## Ensimmäisen Delfoi-kierroksen kyselylomake



**Kuva 21.** Selvityksen laajuus materiaalitieteen ja terveysteknologian kentässä. Materiaalitiede voidaan määrittellä oheisen tetraedrin mukaisesti, jolloin siihen kuuluvat 1) aineen koostumuksen ja rakenteen tutkimus, 2) materiaalien suorituskyvyn ja luotettavuuden tutkimus käytännön olosuhteissa, 3) materiaalien atomirakenteen mukaisten ominaisuuksien tutkimus ja 4) niiden synteisien ja prosessien tutkimus, joilla materiaaleja valmistetaan.

Ensimmäisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

**Lähteet:**

ENDERLE, J., BLANCHARD, S. and JOSEPH, B., eds, 2000. *Introduction to biomedical engineering*. 1 edn. USA: Elsevier Science.

FAUCI, A.S., 2007. The expanding global health agenda: a welcome development. *Nature medicine*, **13**(10), 1169-1171.

FLEMINGS, M.C., 1999. WHAT NEXT FOR DEPARTMENTS OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING? *Annual Review of Materials Science*, **29**(1), 1-23.

INTERNATIONAL UNION FOR PHYSICAL AND ENGINEERING SCIENCES IN MEDICINE, IUPESM, 2009-last update, program for 11th international congress of the IUPESM - medical physics and biomedical engineering world congress 2009 - for the benefit of the patient [Homepage of International Union for Physical and Engineering Sciences in Medicine, IUPESM], [Online]. Available: [http://www.wc2009.org/world-congress-2009/programs/final\\_program/Pages/Sessions.aspx#18129](http://www.wc2009.org/world-congress-2009/programs/final_program/Pages/Sessions.aspx#18129) [09/29, 2009].

KRAUSE, O., SAARISTO, A., SIVENIUS, P. and LEHTOVAARA, K., 2009. *Aalto University Research Assessment Exercise 2009: Panel Reports*. Helsinki, Finland: Helsinki School of Economics, University of Art and Design Helsinki and Helsinki University of Technology.

KUUSI, O., 1994. *Materiaalit murroksessa*. Helsinki, Finland: VATT-julkaisu 16.

OECD HEALTH PROJECT, 2005. **Health Technologies and Decision Making**. 1st edn. OECD Publishing.

RATNER, B.D., HOFFMAN, A.S., SCHOEN, F.J. and LEMONS, J.E., eds, 1996. *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*. 1st edn. California, USA: Academic Press.

## Ensimmäisen Delphi-kierroksen kyselylomake

**Kysymykset ensimmäiselle kierrokselle:****Terveysteknologia:**

1. Mitkä yhteiskunnalliset sairaudet tai terveydenhuollon ongelmat olisivat mielestänne kiireellisimpiä ratkaista?

2. Mitä terveysteknologia-alan tutkimusta on, jonka tuloksena saavutettavat edut ovat panostukseen nähden vähäiset? Mahdollisia etuja ovat mm. hoidon tai diagnoosin nopeutuminen, niiden täsmällisyys ja tehokkuus sekä kustannusten lasku, ja panostuksella tarkoitetaan esimerkiksi rahoitusta, tutkimusryhmien määrää sekä tutkimukseen käytettyä aikaa.

3. Missä terveydenhuollon sovelluksissa tai menetelmissä ei ole tapahtunut merkittävää kehitystä viimeisen 15 – 20 vuoden aikana?

4. Mitä terveysteknologia-alan kansainvälistä kilpailukykyä tukevia ominaisuuksia on Suomen (tai nykyisen asuinmaanne) lainsäädännössä, infrastruktuurissa tai ylipäättään tutkimusryhmien toimintaympäristöissä?

## Ensimmäisen Delphi-kierroksen kyselylomake

**Terveysteknologiaan keskittyvä materiaalitiede:**

5. Mitkä materiaalit ovat tulevaisuuden terveysteknologian kannalta keskeiset ja missä sovelluksissa?

6. Mikä materiaalitutkimuksen osa-alue (rakenteen ja koostumuksen, synteetin ja prosessoinnin, ominaisuuksien, sekä suorituskyvyn ja luotettavuuden tutkimus) on tulevaisuudessa terveysteknologian kehityksen kannalta merkittävässä asemassa?

7. Kääntäen edellisiin, millaiset terveydenhuollon ja lääketieteen sovellukset vaativat ensisijaisesti materiaaliteknistä kehitystä, jotta syntyisi uusia innovaatioita ja tuotteita?

8. Millainen osaamistausta tai -profiili tulisi olla (bio-)materiaalitieteen ja terveysteknologian rajapinnassa toimivilla tutkimusryhmillä?

## Ensimmäisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

**Tulevaisuuden skenaariot:**

9. Millaisena näette terveydenhuollon organisoinnin sekä siihen liittyvät sidosryhmät 20 vuoden päästä, pitäen mielessä toivottavan ja todennäköisen kehityskulun?

10. Millaisena näette materiaalitieteen ja -tekniikan tulevaisuuden terveysteknologia-alan tutkimushaaran 20 vuoden päästä?

11. Mihin toimenpiteisiin olisi ryhdyttävä, jotta edellä kuvailemiinne toivottaviin tulevaisuusskenaarioihin päästäisiin?



## Ensimmäisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

**Taustatietoa:**

12. Miten määrittelisitte asiantuntemuksenne terveysteknologia-alaan liittyen?

13. Mitä organisaatiota tai ryhmää edustatte vastauksissanne? (Esim. oma työpaikka, koulutustausta tai ammattiryhmä)

14. Mitä näkökulmaa seuraavista edustatte vastauksissanne?

A. Sivustaseuraava

- Tarkkailette kehitystä pyrkien pitämään omat toiveenne erossa arviosta. Suhtaudutte tulevaan todennäköisenä tapahtumaketjuna, johon ette juuri tule vaikuttamaan.

B. Tulevaisuuden tekijä

- Näette jonkin kehityskulun todennäköisenä ja toivottavana asiana, jonka puolesta aiotte myös tehdä töitä omalta osaltanne.

C. Uhkiin varautuva

- Näette kehityskulun jossa kaikki, mikä voi mennä huonosti, myös menee. Ennakoimiinne uhkiin varautuminen voisi kääntää ne mahdollisuuksiksi.

D. Mahdollisuuksiin tarttuva

- Näette käsiteltävässä asiassa paljon mahdollisuuksia, joihin tulisi tarttua rohkeasti, jotta toivottu tulevaisuus voisi toteutua. Riski epäonnistua on kuitenkin suuri.

Perustelu (tarvittaessa):

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

**1 Johdanto**

Materiaalitutkimuksen tulevaisuutta terveysteknologia-alalla kartoittaneeseen ensimmäiseen kyselykierrokseen saatiin kaikkiaan 14 vastausta. Osallistuneista asiantuntijoista jokainen on työssään vähintään ajoittain tekemisissä terveysteknologisten ratkaisujen kanssa. Puolet sijoittuvat asiantuntemukseltaan materiaalitutkijoiden joukkoon ja neljällä on lääketieteen tai muun ei-teknisen alan koulutus. Suurin osa toimi tutkijoina tai professoreina eri tutkimuslaitoksissa ja kolme edistää alan liiketoimintaa esimerkiksi yritysjohtajana tai rahoittajana. Lähes kaikki kyselyyn osallistuneet kokivat osallistuvansa aktiivisesti alan tulevaisuuden toteuttamiseen. Ainoastaan kaksi ilmoitti seuraavansa tulevaa kehityskulkua tavalla tai toisella sivusta.

Ensimmäisen kierroksen tarkoitus oli kerätä kommentteja ja ajatuksia terveysteknologia-alaan ja materiaalitutkimukseen liittyvistä aihepiireistä rajoittamatta näkökulmia tai vastausten muotoilua liiaksi. Toisella kyselykierroksella tavoitteena on tarkentaa edellisen kierroksen aikana saatuja vastauksia ja kohdistaa kiinnostus tiettyihin ilmenneisiin aiheisiin. Siksi jo esitettyjen kysymysten läpikäyminen uudestaan toisella kierroksella ole tarkoituksenmukaista. Niinpä tekstin rakenne ja järjestys on koottu uudenlaiseen asuun tutkimuksen toiseen vaiheeseen. Kappaleet on karkeasti jaoteltu neljään osioon, joiden jokaisen perässä on oma kysymyskokonaisuutensa. Kappaleessa 2 käsitellään terveysteknologiaalle aiemmin asetettuja odotuksia, kappaleessa 3 pohditaan alan nykytilaa, kappaleeseen 4 on kerätty tulevaisuuskuvaus ja kappaleeseen 5 niiden pohjalta ehdotettuja toimenpiteitä, joihin olisi ryhdyttävä seuraavaksi.

**2 Terveysteknologiaalle asetetut odotukset**

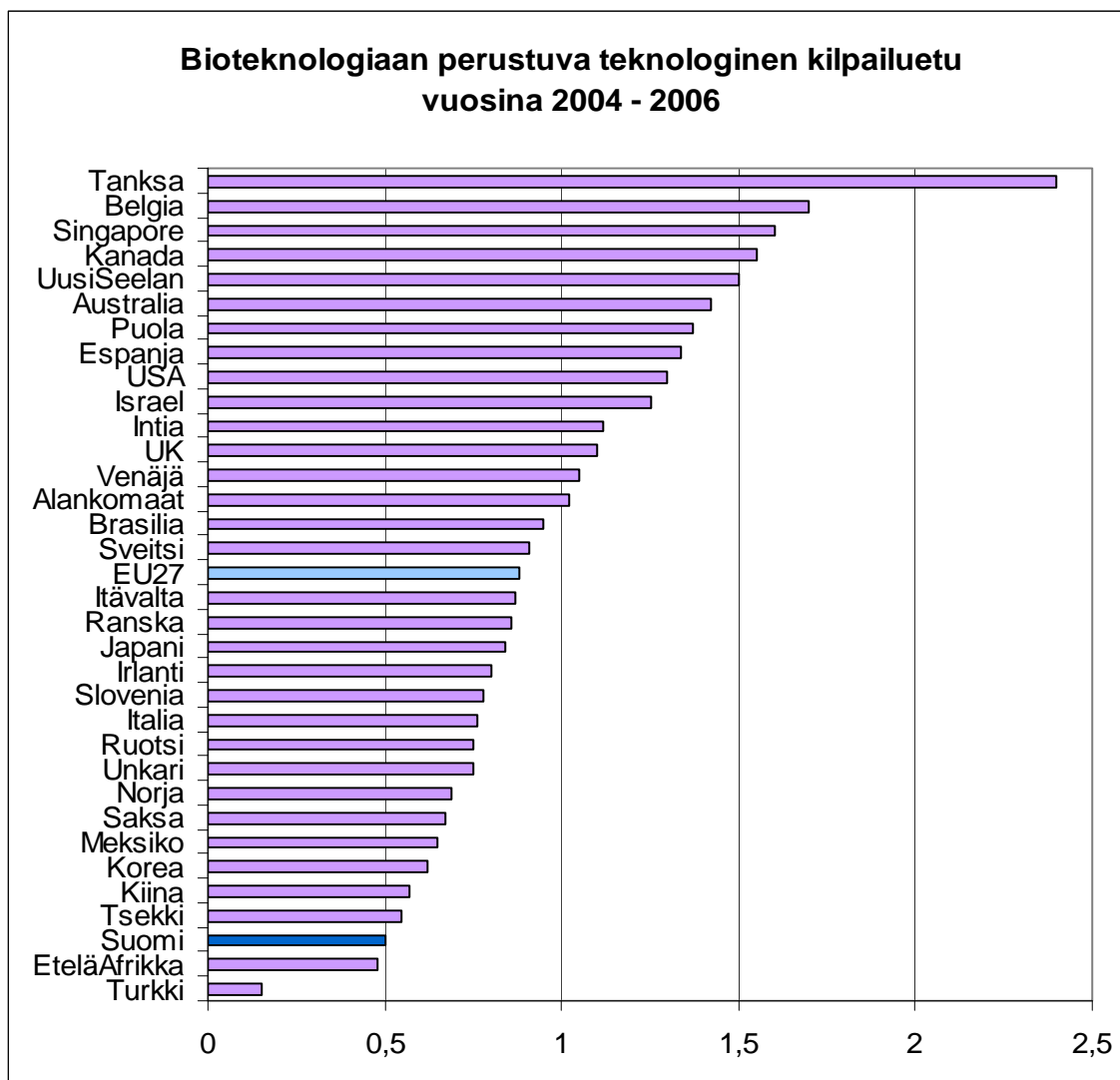
Terveysteknologia-alan nostattamia odotuksia ja jo toteutuneita saavutuksia esiintyi monien eri kysymysten vastauksissa. Esimerkiksi kysymykset panostukseen nähden vähän tuloksia tuottaneesta terveysteknologia-alan tutkimuksesta (kysymys 2), ja viimeisen 15 – 20 vuoden aikana vain vähän edistyneistä sovelluksista tai menetelmistä (kysymys 3) kirvoittivat ajatuksia niin saavutetuista tutkimuksen etapeista kuin yhä läpimurtoaan odottavien tuotteiden tuotekehityksestäkin. Esimerkiksi uusien polymeerien sekä niiden sovellusten kehittämisen nähtiin edistyvän nopeasti ja myös geeniperimän ja lääkkeiden vaikutusten tutkimisessa oli menestytty. Näiden tutkimustulosten eteenpäin viemisessä esimerkiksi genetiikkaan perustuvaan täsmälääkitykseen asti ei sen sijaan olla edetty toivottua tahtia. Lisäksi pohdittiin, että potilaan monitoroinnissa käytettävien mittalaitteiden ulkonäkö, tehokkuus ja koko ovat kyllä muuttuneet ja analogisesta tiedosta on siirrytty digitaaliseen talletukseen, mutta laitteiden käyttäjän kannalta muutokset eivät ole olleet merkittäviä. Esimerkiksi mittaustulosten tulkinta on edelleen hankalaa.

Eräs panelisti kommentoi aihetta: ”Luulisin että kaikkien alojen edustajien mielestä juuri heidän alansa on kehittynyt merkittävästi tuossa [15 – 20 vuoden] aikavälissä. Tietyissä mielessä he ovat tietenkin oikeassa, - - mutta terveydenhuollolle sillä ei ehkä ole samaa merkitystä kuin kokonaan uusien menetelmien kehittämisellä - -.” Moni vastaaja totesikin, ettei suoranaisia magneettikuvantamisen kaltaisia kehitysharppauksia ole saavutettu. Varsinaisia terveysteknologiatiilastoja ei ole juuri saatavilla, mutta bioteknologia-alan,

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

joka keskittyy solujen tai niiden osien toimintojen teknologiseen hyödyntämiseen, odotusten toteutumattomuudesta on ollut enemmän puhetta. Nykyistä terveysteknologiaturkimuksen arvostusta ei varmastikaan auta, että bioteknologia-alan luomat odotukset ovat monin paikoin olleet tuloksia suuremmat, ainakin julkisen keskustelun mukaan (Mikkonen 2004). Samansuuntaisia oireita nähdään OECD:n julkaisemista bioteknologiatilastoista, joissa oli verrattu esimerkiksi bioteknologian ja muiden teknologioiden ansioista saavutettua kilpailuetua. Kuvaajasta 1 nähdään, kuinka suuri osa kunkin valtion keksintöjentuottokapasiteetista sijoittuu bioteknologia-alalle kaikkien valtioiden keskiarvoon verrattuna. Vain Tanska erottuu edukseen aktiivisena bioteknologia-alan patentoijana, ja sen patenteista 15,7 % on bioteknologiaan liittyviä. (van Beuzekom, Arundel 2009) Kaikkiaan paneelin vastauksista ilmeni, että terveysteknologia-alaa vaivaa uusien teknologioiden käyttöönoton hitaus, mikä osaltaan selittää klinikoiden tai asiakkaiden ja tutkijoiden näkökulmaeroa. Tieteellisesti ja teknisesti edistystä on tapahtunut paljonkin, mutta käytäntöjen leviäminen terveydenhuollon laitoksiin on ollut puutteellista.

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake



**Kuva 22. Kunkin valtion bioteknologia-alan PCT (Patent Co-operation Treaty) -patenttihakemusten määrä suhteutettuna kyseisen maan PCT-patenttihakemusten kokonaismäärään ja edelleen verrattuna kaikkien bioteknologia-alan PCT-patenttihakemusten määrään suhteutettuna kaikkien PCT-patenttihakemusten kokonaismäärään. Tilastossa ovat mukana kaikki valtiot, joiden PCT-patenttihakemusten määrä ylittää 250 aikavälillä 2004 – 2006. (van Beuzekom, Arundel 2009)**

Teknologioiden käyttöönoton haasteellisuuden lisäksi muita vastauksissa erikseen mainittuja, kehitystä kaipaavia alueita olivat perinteiset menetelmät ja instrumentit interventioissa, ennaltaehkäisy ja geriatria, kliiniset implantit, potilaiden monitorointi ja terveydenhuollon organisointi. Perinteisistä hoidoista esimerkiksi munuaisten vajaatoiminnan, diabeteksen, allergioiden ja erilaisten tulehdustautien hoidot eivät olleet juuri muuttuneet. Yksi panelisti puolestaan huomautti vanhusten hoidon ja erityisesti Alzheimerin sekä dementian hoidon alkavan vasta oireiden jo ilmaannuttua. Muissakin vastauksissa ajatus oireiden hoidon vanhanaikaisuudesta ja uudistamistarpeesta esiintyi eri muodoissa. Implanttien osalta mm. hammasmateriaalien kehityksen koettiin edenneen heikosti esimerkiksi paranemisen nopeuttamisen ja bakteerikontaminaatioiden ehkäisemisen osalta. Myös suuret kudolvauriot ovat yhä haasteellisia korjata.

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

Diagnostiikassa ja potilaiden seurannassa pitkään puhuttaneet langattomuus, nopeus ja tehokkuus antavat edelleen odottaa käytännön toteutuksiaan. Lopulta moni pohti terveydenhuollon organisoinnin puutteiden sekä rahoituksen ongelmien aiheuttavan hoitojen jonoutumista. Vaikka teema on tämän selvityksen ulkopuolella, hoitojen jonoutuminen ja kustannusten nousu ovat ongelmia, joihin ei voida vastata millään yksittäisellä teknologisella uudistuksella. Tässä mielessä terveydenhuolto-organisaation on muutettava ajan myötä, mikä puolestaan vaikuttaa myös terveysteknologia-alan toimintakenttään.

**Kysymyksiä kappaleesta 2**

1. Miksi terveysteknologian tuotteita on vaikea saada laajamittaiseen käyttöön? Voitte merkitä alla olevien väitteiden perään, oletteko asiasta samaa vai eri mieltä.

a. Terveysteknologia-ala on yhä niin uusi, että vain harvat sovellukset voidaan johtaa suoraan jo hyvin tunnetusta teknologiasta. Työ alkaa siten useimmiten alusta selvittämällä, mitä erityispiirteitä sovellus tuo mukanaan, ja tämä hidastaa työskentelyä.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Tuotteiden kehittäminen vaatii niin monialaisen tutkimus- ja tuotekehitysryhmän, että ryhmän toiminnan organisoinnissa on hitautta.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Lainsäädännön vaatima hyväksyttämispolku ennen myyntiluvan myöntämistä on vaikeaselkoinen ja liian pitkä/monivaiheinen.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Alan tutkimusryhmissä ei ole riittävää kaupallista osaamista, jotta tutkimus toteutettaisiin tuotekehitystä silmälläpitäen.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Terveydenhoidon laitokset hierarkioineen ovat tunnetusti erityisen vaikeasti tunkeuduttava markkina-alue.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Rahoittajat eivät tunne alaa riittävän hyvin, minkä vuoksi rahoitus lopetetaan kriittisellä hetkellä ennen kuin tuote pääsee markkinoille.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

g. Terveysteknologian tuotteita ei ole sen vaikeampi saada käyttöön kuin muitakaan teknologisia tuotteita.	Täysin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	Jokseenkin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	En osaa sanoa <input type="checkbox"/>	Jokseenkin eri mieltä <input type="checkbox"/>	Täysin eri mieltä <input type="checkbox"/>
h. Terveysteknologiaturkimuksen lopputulokset ovat niin suppeasti hyödynnettävissä, ettei niiden kaupallistaminen onnistu ilman integrointia suurempaan tuotekokonaisuuteen. Integrointityöstä kiinnostunut yritys-kanta on kuitenkin liian pieni Suomen kokoisessa valtiossa.	Täysin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	Jokseenkin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	En osaa sanoa <input type="checkbox"/>	Jokseenkin eri mieltä <input type="checkbox"/>	Täysin eri mieltä <input type="checkbox"/>
i. Muu syy. Mikä?	Täysin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	Jokseenkin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	En osaa sanoa <input type="checkbox"/>	Jokseenkin eri mieltä <input type="checkbox"/>	Täysin eri mieltä <input type="checkbox"/>

2. Mitä tapahtuu tutkimukselle ja/tai tuotekehitykselle, joka ei johda tuloksiin määräajassa? Voitte merkitä alla olevien väitteiden perään, oletteko asiasta samaa vai eri mieltä.

a. Idea myydään eteenpäin taholle, joka kykenee jatkamaan tutkimusta.	Täysin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	Jokseenkin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	En osaa sanoa <input type="checkbox"/>	Jokseenkin eri mieltä <input type="checkbox"/>	Täysin eri mieltä <input type="checkbox"/>
b. Tutkimuksen osatulokset (esim. uudenlainen materiaali tai tapa käyttää sitä, bioyhteensopiva paketointimenetelmä tai testausmenetelmä) jatkavat muiden projektien käytössä, mutta itse idea haudataan.	Täysin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	Jokseenkin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	En osaa sanoa <input type="checkbox"/>	Jokseenkin eri mieltä <input type="checkbox"/>	Täysin eri mieltä <input type="checkbox"/>
c. Idea jätetään hautumaan, minkä aikana sen vuoksi ei tehdä aktiivista työtä. Tilaisuuden tullen sitä muokataan ja lopulta järjestetään uusi tilaisuus jatkaa työtä.	Täysin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	Jokseenkin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	En osaa sanoa <input type="checkbox"/>	Jokseenkin eri mieltä <input type="checkbox"/>	Täysin eri mieltä <input type="checkbox"/>
d. Tutkimusta ei hylätä kokonaan, vaan sitä jatketaan pienimuotoisempina saatavilla olevin resurssein.	Täysin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	Jokseenkin samaa mieltä <input type="checkbox"/>	En osaa sanoa <input type="checkbox"/>	Jokseenkin eri mieltä <input type="checkbox"/>	Täysin eri mieltä <input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
e. Muu. Mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Miten voitaisiin taata, että tutkimuksen aikana ilmenneistä ajatusvirheistä tai huonoista käytännöistä saadut tutkimusryhmän sisäiset opit eivät katoasi tutkimusprojektin lakkauttamisen jälkeen ja välittyisivät myös ryhmän ulkopuolelle?

### 3 Terveysteknologian ja materiaalitieteen nykytavoitteet

Ratkaisua kiireellisesti kaipaaviin ongelmiin (kysymys 1) listattiin odotetusti hyvinvointiyhteiskunnan kansantaloudellisesti merkittävimmät terveysongelmat, jotka liittyvät huonoihin ja yltäkylläisiin elämäntapoihin sekä väestön ikärakenteeseen. Näihin kuuluvat mm. syövät, degeneratiiviset taudit, tuki- ja liikuntaelinten häiriöt, sydän- ja verisuonitaudit, aineenvaihdunnan sairaudet ja diabetes. Lisäksi tulehdustaudit nostettiin esiin yhtenä tutkimuksen painopistealueena sekä Helsingin yliopiston lääketieteellisessä tiedekunnassa että HUS:ssa. Suurin osa edellä mainituista terveydenhuollon haasteista on toki ollut runsaasti esillä jo pitkään, kuten edellisestä osiostakin kävi ilmi, ilman että mennyt terveysteknologiatutkimus olisi tuonut niihin pysyvää helpotusta. Juuri toimivien ratkaisujen ja mullistavien innovaatioiden viipymisen vuoksi ne tulevat olemaan myös nykyistä ja tulevaa tutkimusta ajava voima vielä pitkään.

Merkittävä ja useille vastauksille yhteinen teema oli ennakointi, jota pidettiin tulevaisuuden painotuksena myös teknologiasovelluksia ajatellen, kun tähän asti on hallinnut oireiden hoitoon perustuva hoito. Teemaan liittyen mm. elintapa- ja ikääntymiseen liittyvien sairauksien hoidossa yhtenä tärkeimmistä tekijöistä pidettiin tautien ehkäisyä ja varhaista diagnostiikkaa. Toisaalta ennakointiin sisällytettiin myös tuleviin tarpeisiin vastaaminen kehittämällä sosiaali- ja terveydenhuoltojärjestelmää. Tarpeellisenä pidettiin esimerkiksi kroonisten potilaiden itsehoitomahdollisuuksien tukemista ja lisäämistä niin geriatrian kuin aineenvaihdunnan sairauksienkin alueilla. Globalisaation myötä uutena terveysuhkana nähtiin lisäksi pandemiat, joihin tulevaisuudessa on osattava varautua. Ennakointi on siten nousemassa yhä tärkeämmäksi osaksi terveydenhuoltoa. Terveysteknologian keinoin on perinteisesti tartuttu vasta oireiden ilmaantumisen jälkeisiin haasteisiin. Tulevaisuudessa tälläkin alalla on huomioitava myös ennaltaehkäisy yhtenä terveydenhuollon strategisena tavoitteena.

Kysymyksissä 5 ja 7 pyydettiin pohtimaan, mitkä materiaalityypit tulevat olemaan terveysteknologian kannalta merkittäviä ja missä sovelluksissa. Materiaalitutkijoiden näkökulmasta mielenkiintoisia sovelluskohteita nousikin esiin runsaasti ja monipuolisilta aloilta. Materiaalialan haasteena pidettiin esimerkiksi irtoavia tekoniveliä ja implantteja, jotka ovat niin taloudellisesti kuin inhimillisestikin etenkin yksilölle suuria ongelmia. Tekonivelten yleistyessä myös niiden kansantaloudellinen merkitys korostuu. Myös

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

miniatyrisointiin uskottiin olevan apua materiaaliteknisestä tutkimustyöstä. Runsaasti esillä olleiden biohajoavien ja -aktiivisten polymeerien, komposiittien sekä keraamien lisäksi erikseen mainittiin sähköä johtavat polymeerit ja komposiitit, superelastiset ja muistimateriaalit sekä valon johtamiseen tai johtumiseen soveltuvat materiaalit. Vaikka koettiin, että tulevaisuudessa implantit pyritään valmistamaan yhä useammin biohajoavista materiaaleista, muutamissa vastauksissa todettiin metallien säilyttävän asemansa vielä pitkään. Oheiseen taulukkoon 1 on kerätty ehdotettuja materiaaliiryhmiä sovelluskohteittain jaoteltuina.

**Taulukko 2. Materiaalit ja niiden sovellukset listattuna siinä muodossa, jossa ne esiintyvät tutkimuksen ensimmäisen kierroksen vastauksissa. Osa materiaaleista voitaisiin mahdollisesti yhdistää muihinkin sovelluksiin kuin taulukkoon on merkitty.**

Erialaisten materiaalien tai materiaaliominaisuuksien tarve terveysteknologian sovelluksissa	Luun ja hampaiden korjaus	Pehmytkudoksen korjaus	Hermostovaurioiden korjaus	Ruston korjaus	Lääkeaineannostelu	In situ diagnosointi	Istutettavat stimulaattorit/aktuaattorit	Minimaalisen invasiivinen kirurgia	Kudosteknologia	Pinnoitteet	Miniatyrisointi**
Biomimeettiset materiaalit*											
Metallit	x										
Polymeerit (huokoiset ja elastiset)				x							
Keraamit (ml. lasit ja polymeerien yhdistelmäaerit)	x	x					x	x			
Metallien ja keraamien komposiitit	x						x	x			
Biologiset (bioperäiset) materiaalit	x	x							x		
Biohajoavat (polymeerit ja keraamit)	x	x				x			x		
(Bio)aktiiviset materiaalit	x	x				x	x				
Inertit materiaalit	x										
Superelastiset ja älymateriaalit	x	x							x		
Nanomateriaalit ja mikropartikkelit						x				x	
Adjuvantit											x
Hydrogeelit					x						
Sähköä johtavat polymeerit ja komposiitit						x	x	x	x		
Valoa johtavat materiaalit									x		
Eri materiaalien yhdistäminen							x	x			

Biomimeettisiä materiaaleja mainittiin tarvittavan ”useisiin käyttötarkoituksiin”.

\*\* Miniatyrisointi mainittiin materiaalitutkimusta koskeväksi silloin, kun sovelluksen pienentäminen on materiaalista riippuvaista.

Kysymykseen 6 materiaalitieteen eri osa-alueiden asemasta yleisin toteamus oli, että kaikkia tutkimussuuntia tarvitaan terveysteknologian monipuolisessa ja tehokkaassa kehittämisessä eikä niistä mikään ansaitse erikoisasemaa. Rakenteen ja koostumuksen tutkimus voidaan kuitenkin määritellä pääosin perustutkimukseksi, jossa selvitetään erilaisten alkuaineyhdisteiden ominaisuuksia. Tällöin ensimmäisen kierroksen vastaukset sijoittuvat luontevimmin muihin kategorioihin. Synteesin ja prosessoinnin osaamista tarvitaan esimerkiksi huokoisten ja kimmoisten polymeerien kehittämiseen



## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

kudosteknologian tarpeisiin, nano- ja mikromittakaavan rakenteiden valmistukseen ja polymeeritieteessä ylipäättään. Todettiin myös, että suomalaisen kilpailukyvyyn kannalta keskeistä on juuri olemassa olevien biomateriaalien kehittäminen ja prosessointiosaaminen. Ominaisuuksien hallinnan osaamista vaatii puolestaan materiaalien pintaominaisuuksien kontrollointi sekä kokonaisuudessaan materiaalien hallittu työstö valmiiksi laitteiksi. Suorituskyvyn ja luotettavuuden osaajia todettiin tarvittavan erityisesti koottaessa laitteita useista erilaisista materiaaleista. Materiaalien yhdistäminen ja sen osaaminen koettiin tärkeäksi, koska ei pidetty realistisena, että esimerkiksi tulevaisuuden toiminnalliset implantit voitaisiin valmistaa yhdestä ainoasta materiaalista. Kommentoitiin myös, että olemassa olevien materiaalien hyödyntämistä voidaan tehostaa, kun niiden yhdistämisen seuraukset ymmärretään. Lisäksi mainittiin, että erityisesti kuormaa kantavien istutteen suorituskyvyn on säilyttävä materiaalien yhdistelystä ja syklisestä rasituksesta huolimatta.

**Kysymyksiä kappaleesta 3**

4. Mitkä sovellukset ovat (materiaalitutkimuksen kannalta) mielenkiintoisimpia tai tärkeimpiä toteuttaa mahdollisimman pian? Voitte merkitä oheiset sovelluskohteet tärkeysjärjestykseen 1 - 14 (1 kiinnostavin, 14 vähiten tärkeä). Voitte myös jättää merkitsemättä tarpeettomat (0).

a. Luun ja hampaiden korjaus (kudosten korjaaminen/korvaaminen)	0
b. Ihon, verisuonten ja virtsarakon korjaus (kudosten korjaaminen/korvaaminen)	0
c. Keinoelimet (kudosten korjaaminen/korvaaminen)	0
d. Ruston korjaus (kudosten korjaaminen/korvaaminen)	0
e. Hermostovaurioiden korjaus (kudosten korjaaminen/korvaaminen)	0
f. Lääkeaineannostelu (aktiiviset implantit)	0
g. Bioanturit (aktiiviset implantit)	0
h. Stimulointilaitteet (bioelektroniikka)	0
i. <i>In situ</i> -diagnosointi (bioelektroniikka)	0
j. BioMEMS (bioelektroniikka)	0
k. Minimaalisen invasiivinen kirurgia	0
l. Rokotteet ja rokottamismenetelmät	0
m. Pinnoitteet terveysteknologian laitteissa	0
n. Muu. Mikä?	0

5. Mitä materiaaliosaamista edellisessä kysymyksessä tärkeimmäksi valitsemanne sovellus kaipaa? Merkitkää listaan 1 – 5 kohtaa (rasti ruutuun).

a. Uudenlaisten polymeerien kehitys	<input type="checkbox"/>
b. Uudenlaisten keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
c. Uudenlaisten komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
d. Uudenlaisten metalliseosten kehitys	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

e. Biomateriaalien prosessointi edullisesti muuttamatta niiden ominaisuuksia	<input type="checkbox"/>
f. Materiaalien työstö valmistusprosessin jälkeen	<input type="checkbox"/>
g. Materiaalien mikromittakaavan työstö	<input type="checkbox"/>
h. Eri materiaaliryhmien ominaisuuksien laajamittainen tunteminen	<input type="checkbox"/>
i. Materiaalien pinnoitteiden kehitys	<input type="checkbox"/>
j. Materiaalien luotettava yhdistäminen	<input type="checkbox"/>
k. Aineiden rajapintailmiöiden tunteminen	<input type="checkbox"/>
l. Biologisen ja elottoman aineen rajapintailmiöiden tunteminen	<input type="checkbox"/>
m. Muu. Mikä?	<input type="checkbox"/>

6. Missä määrin eri sovelluksia ajatellen on painotettava perustutkimusta? Osa vastauksissa ilmenneistä sovelluksista, jotka on listattu taulukossa 1 ja kysymyksessä 4, on tähän kysymykseen yhdistetty suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Alla olevassa taulukossa on esitelty lyhyet määritelmät yhdistetyille sovelluksille.

**Taulukko 3. Kysymystä 6 varten yhdistettyjen sovellusten ryhmittely.**

Kudosten korjaaminen ja korvaaminen	Sisältää kudosis- ja kantasoluteknologiset sovellukset. Kysymyksen 4 sovelluksista luun, hampaiden, pehmytkudoksen, ruston ja hermokudoksen korjaus sekä keinoelimet.
Aktiiviset implantit	Elimistöön implantoitavat laitteet, jotka suorittavat jonkin aktiivisen työn ja korjaavat siten elimistöä tai sen toimintaa. Kysymyksen 4 sovelluksista lääkeaineannostelijat ja bioanturit.
Bioelektroniikka	Kehonulkoiset ja -sisäiset laitteet, jotka vaativat toimiakseen elektroniikkaa. Kysymyksen 4 sovelluksista bioMEMS, <i>in situ</i> -diagnostiikka ja stimulointilaitteet.

- a. Kudosten korvaaminen ja korjaaminen

i. 0 – 25 %	<input type="checkbox"/>
ii. 25 – 50 %	<input type="checkbox"/>
iii. 50 – 75 %	<input type="checkbox"/>
iv. 75 – 100 %	<input type="checkbox"/>

- b. Aktiiviset implantit

i. 0 – 25 %	<input type="checkbox"/>
ii. 25 – 50 %	<input type="checkbox"/>
iii. 50 – 75 %	<input type="checkbox"/>
iv. 75 – 100 %	<input type="checkbox"/>

- c. Bioelektroniikka

i. 0 – 25 %	<input type="checkbox"/>
ii. 25 – 50 %	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

iii. 50 – 75 %	<input type="checkbox"/>
iv. 75 – 100 %	<input type="checkbox"/>

## d. Minimaalisen invasiivinen kirurgia

i. 0 – 25 %	<input type="checkbox"/>
ii. 25 – 50 %	<input type="checkbox"/>
iii. 50 – 75 %	<input type="checkbox"/>
iv. 75 – 100 %	<input type="checkbox"/>

## e. Rokotteet ja rokottamismenetelmät

i. 0 – 25 %	<input type="checkbox"/>
ii. 25 – 50 %	<input type="checkbox"/>
iii. 50 – 75 %	<input type="checkbox"/>
iv. 75 – 100 %	<input type="checkbox"/>

## f. Pinnoitteet terveysteknologian laitteissa

i. 0 – 25 %	<input type="checkbox"/>
ii. 25 – 50 %	<input type="checkbox"/>
iii. 50 – 75 %	<input type="checkbox"/>
iv. 75 – 100 %	<input type="checkbox"/>

## g. Muu. Mikä?

i. 0 – 25 %	<input type="checkbox"/>
ii. 25 – 50 %	<input type="checkbox"/>
iii. 50 – 75 %	<input type="checkbox"/>
iv. 75 – 100 %	<input type="checkbox"/>

## 7. Millaisiin ennakkointia ja sairauksien ehkäisyä tukeviin sovelluksiin materiaalitieteen ja -tekniikan keinoin olisi mahdollista pureutua?

**4 Tulevaisuuden skenaarit**

Ensimmäisen kierroksen kysymyksissä 9 ja 10 keskityttiin terveystieteen tulevaisuuskuviin maalaamiseen. Eri panelistit painottivat vastauksissaan eri asioita, mutta yksityisten palveluntarjoajien aseman vahvistuminen ja kustannusten jakautuminen tasaisemmin potilaiden, kunnan ja vakuutusyhtiöiden välille oli useille vastauksille yhteinen taustataajatus. Asiantuntijoiden arvioimista palasista voidaankin muodostaa kokonaisuus, jonka osat eivät juuri riitele keskenään. Ensinnäkin potilaiden määrän kasvaessa hoitoja aletaan priorisoida. Samalla muodostuu erikoistuneita yksiköitä, jotka keskittyvät yhteen lääketieteelliseen hoitomuotoon tai toimintaan. Näistä esimerkkeinä annettiin diagnosointiin ja ennaltaehkäisevään seulontaan erikoistuneet laitokset tai edistyneitä solutason hoitoa tarjoavat tai kudosteknologiaa hyödyntävät yksiköt. Diagnosointikeskuksia perustetaan erityisesti lääketieteen painopisteen siirtyessä sairauden hoidosta ennaltaehkäisyyn. Samalla elämänkaaren loppupään hoito kevenee ja

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

hoito tai sairauden ehkäisy siirtyy enemmän asiakkaan kotiin. Erikoistuneet sairaalat voivat olla hieman nykyisiä kauneusklinikoita muistuttaen yksityisiäkin, mutta yksityiset palveluntarjoajat siirtyvät myös perusterveydenhuollon alueelle. Seurauksena asiakkaita lähellä oleva perusterveydenhuolto vahvistuu, ja siihen sisällytetään esimerkiksi dialyysin kaltaisia, rutiininomaisia erikoistoimenpiteitä. Lisäksi erikoislaitteiden valmistajat valtaavat uuden markkina-alueen siirtymällä palveluntarjoajiksi yksityissairaaloiden joukkoon. Olemassa olevien potilasrekisterien ja tietokantojen hallintajärjestelmät kehittyvät ja eroavat rekisterit yhtenäistyvät. Samalla toimenpiteiden vaikuttavuuden seuranta helpottuu. IT-järjestelmien kehittyminen parantaa myös itsenäisen kotihoidon mahdollisuuksia. Potilastietoja saatetaan käden ulottuville jopa yli maiden rajojen, ja ylipäätään kansainvälisyys terveydenhuollon alalla lisääntyy. Tätä suuntausta EU tukee yhteistoiminnallaan.

Euroopan yhteisöjen komission (2007) terveysstrategia vuosiksi 2008 – 2013 määrittelee toiminnan puitteita terveyden edistämiseksi EU:n alueella. Terveysteknologia-alan toiminnan kannalta on merkittävää, että terveys on strategiassa nostettu yhdeksi välineistä, joilla EU:n kasvu, työllisyyttä ja innovaatiotoimintaa olisi mahdollista edistää. Tällä pyritään lisäämään terveydenhuoltojärjestelmiin tehtäviä investointeja. Myös ensimmäisen kierroksen vastausten joukossa oli toive, ettei terveysmenoja nähtäisi vain kustannuksena vaan sijoituksena toisaalta kansainväliseen kilpailuun ja toisaalta ihmiseen, jonka halutaan säilyttävän työkykynsä mahdollisimman pitkään. Komission strategiassa oli monin paikoin samansuuntaisia ajatuksia, jollaisia paneelissakin on nostettu esiin. Julkaisussa painotetaan mm. ennaltaehkäisevän hoidon tärkeyttä, ja keskeisiksi keinoiksi tähän nähtiin genomitutkimuksen, bioteknologian ja sähköisen terveydenhuollon kehittäminen. Ehkäpä tärkeintä on lopulta sen näkökulma, että terveyteen ja terveyspalveluihin liittyvää yhteistyötä on kannustettava niin tieteenalojen kuin valtioidenkin rajojen yli.

Materiaalitieteen ja -tekniikan tulevaisuudesta terveysteknologian saralla todettiin yleisimmin sen roolin olevan tulevaisuudessa entistäkin merkittävämpi. Tämä on järkeenkäypää, sillä materiaalithan ovat käytännössä kaikkien teknologisten laitteiden rakennuspalikoita ja biologisessa käyttöympäristössä erityisen keskeisiä. Toisaalta täsmällisempiä arvioita tuon roolin luonteesta ei muutamaa esimerkkiä lukuun ottamatta haluttu tai nähty tarpeelliseksi kertoa. Sen sijaan materiaalitutkijoiden tulevasta asemasta ja tutkimuksen organisoinnista esitettiin monisanaisempia kuvauksia. Lääkäreiden ja tutkijoiden yhteistyön ennakoitiin tiivistyvän. Jos edistyksellisiä hoitoja todella ryhdytään tulevaisuudessa keskittämään omiin sairaalayksiköihinsä, olisi tämä luonteva väylä tutkijoille osallistua läheisemmin kliiniseen työhön. Yleisesti pohdittiinkin, että tekniikan alalta siirtyy yhä enemmän asiantuntijoita osaksi sairaalahenkilökuntaa. Materiaalitutkijoille povattiin samankaltaista asemaa kuin sairaalafyysikoilla on nyt, etenkin kudosteknologiaan erikoistuneissa yksiköissä. Ylipäätään arveltiin, että materiaalitutkimus ja kudosteknologia tulevat sitoutumaan kiinteämmin yhteen ja että yhä useampi implantti tulee olemaan tavalla tai toisella elävä. Tämäkin osaltaan vaatii materiaalitieteilijöiden parempaa integroitumista lääketieteen tutkimusryhmiin. Myös muiden teknisten alojen ja materiaalitieteen tutkijoiden välinen yhteistyö on paneelin mukaan lisääntymässä. Mahdolliseksi nähtiin materiaalitieteen nivoutuminen läheisemmäksi osaksi esimerkiksi anturiteknoologiaa. Tätä ajatusta vasten vaikuttaa myös

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

todennäköiseltä, että perusmateriaalien kehityksen lisäksi merkittäväksi osaamiseksi nousee materiaalien yhdistämisen ja mallintamisen asiantuntemus sitä mukaa, kun siirrytään toiminnaltaan monipuolisten materiaalikokonaisuuksien ja älymateriaalien räätälöintiin terveysteknologisen sovelluskohteensa mukaisesti.

***Kysymyksiä kappaleesta 4***

8. Missä aikataulussa uskotte seuraavien tulevaisuuden tilanteiden toteutuvan?

a. Yksityiset palveluntarjoajat osallistuvat tasa-arvoisesti perusterveydenhuoltoon.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

b. Edistyneet toimenpiteet ja menetelmät on keskitetty asiantuntijalaitoksiin.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

c. Kroonisten potilaiden hoidon pääpaino on itsenäisessä etähoidossa.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

d. Terveystieteiden kustannuksista 50 % on potilaan tai vakuutusyhtiön vastuulla.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

e. Potilasrekisterien saatavuus on taattu myös valtion rajojen ulkopuolella (EU-alueella), ilman että potilas kantaa tietoa mukanaan.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

- f. E-health on kiinteä osa itsenäistä kotihoitoa ja terveyttään voi seurata esim. kännykän avulla.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

- g. Potilasrekisterejä hyödynnetään kliinisesti todistetun tiedon keräämiseen toimenpiteiden vaikuttavuudesta.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

- h. Terveysteknologiayritykset tarjoavat myös terveydenhuoltopalveluja.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

- i. Kantasoluhoido on lääkehoidon ja kirurgian kanssa tasa-arvoinen hoitomenetelmä.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

- j. Materiaalitutkijoilla on sairaaloissa oma sairaalafysikoiden kaltainen ammattikunta.

i. 5 vuoden sisään	<input type="checkbox"/>
ii. 5 – 10 vuotta	<input type="checkbox"/>
iii. 10 – 25 vuotta	<input type="checkbox"/>
iv. 25 – 50 vuotta	<input type="checkbox"/>
v. Ei koskaan	<input type="checkbox"/>

9. Millaisia mahdollisuuksia edellä esitetty tulevaisuudenkuva tuo terveysteknologian tai materiaalitekniikan tutkimukselle ja opetukselle?

--

## 5 Tarpeelliset toimenpiteet

Useimpien panelistien vastauksen sijoittuivat tutkimusrahoituksen ongelmakohtiin, kun kysyttiin, mitä tulisi tehdä, jotta toivottaviin tulevaisuusskenaarioihin päädyttäisiin ja jotta tulevaisuudessa terveysteknologialle asetetut odotukset saataisiin myös toteutettua. Eräs panelisti kommentoi, että ” -- terveysteknologia-alan tutkimuspanostukset Suomessa ovat yleensä ottaen pienet. Saavutettavat edut ovat todennäköisesti yleisesti ottaen odotettua pienemmät johtuen siitä, että nämä niukat varat ovat pirstaleisesti kohdennettuja pieniin yksittäisiin hankkeisiin.” Moni totesikin, että tutkimuskohteet tulisi yksittäisen valtion tasolla hakea systemaattisemmin. Olisi tunnistettava kansallisen terveysteknologiaturkimuksen vahvuudet ja panostettava erityisesti perustutkimus niihin. Suomessa keihäänkärkiä tulisi olla korkeintaan viisi ja tutkimusohjelmilla tulisi olla pitkän tähtäimen tavoitteet, jotka eivät saisi perustua yritysten senhetkisiin kehityshankkeisiin, vaan jotka valmistelisivat tulevia kokonaan uudenlaisia kehitysideoita. Mahdollisiksi tutkimuksen suuntaa 20 vuoden tähtäimellä ohjaaviksi tahoiksi esitettiin esimerkiksi TEKES:tä ja Akatemiaa. Vaikka keskittäminen koettiin tarpeelliseksi, tilannetta pidettiin sikäli kriittisenä, ettei uusien keskusten perustamiselle olisi enää aikaa, jos halutaan saavuttaa kansainvälistä menestystä alalla. Tällöin resurssit olisi suunnattava olemassa oleviin keskuksiin ja niihin tulisi integroida olennaiset irrallaan olevat erikoisosajat. Suomalaisen yliopistojen pelättiin myös olevan eriarvoisia eurooppalaisiin yliopistoihin nähden, kun kilpaillaan kansainvälisten yritysten yhteistyökumppanuudesta.

Maantieteellinen hajanaisuus ja tutkimushankkeiden pienuus nähtiin selvästi asiana, jota tulisi välttää. Mielipide on yhteinen koko Euroopan alueella, sillä EU:n komission strategiavalmisteluihin liittyviin kyselyihin osallistuneet edustajat toivoivat harvinaisten sairauksien hoitojen kehittämisen siirtyvän enemmän EU:n yhteisten organisaatioiden asiaksi. Siten jäsenmaissa voitaisiin keskittyä kansantaloudellisesti merkittävämpien haasteiden ratkaisuun. (European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General 2007) Tämä toteuttaisi myös tasa-arvoisen hoidon strategista tavoitetta, sillä kuten paneelissakin kommentoitiin, olisi eettisesti arveluttavaa johtaa tutkimus ja sen rahoitus pois ponnistuksista, joilla ei ole valtion sisällä useampia loppuasiakkaita kuin ehkäpä yksi muutamassa vuodessa. Toimenpiteeksi hajanaisuutta vastaan tarjottiin yhteistyötä useiden eri toimijoiden välillä. Terveysteknologia-alalla lähtökohtana tulisi olla yhteisen ongelman määrittely, jonka ratkaisemiseksi koottaisiin suuri tutkimusryhmä olennaisilta osaamisalueilta. Tällaisissa ryhmissä myös tutkimusprojektin alkupään ja loppupään osaaminen kohtaisivat paremmin, mikä edistäisi idean kehittämistä tuotteeksi ja lopulta sen ottamista kliiniseen käyttöön. Esimerkiksi materiaalien synteesi- ja prosessiosajien välisen yhteistyön tiivistäminen ehkäisisi suunnittelupöydälle palaamista sen jälkeen, kun kehitetyn materiaalin todettaisiin olevan lähes mahdotonta valmistaa suunnitellulla massaprosessilla. Ylipäätään nähtiin, että tutkimus tehostuisi, jos materiaalitutkimuksen pitkän aikavälin tavoitteet olisivat alalle yhteiset. Tutkimusryhmien ohella pidettiin tärkeänä myös tutkimuksen ja opetuksen välistä yhteistyötä. Todettiin, että tulevien osajien kouluttaminen ensiluokkaisilla oppilaitoksissa on ensiarvoisen tärkeää, ja heidät tulisi kouluttaa insinööritieteiden ehdoilla lääketieteen sovelluksia silmällä pitäen.

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

**Kysymyksiä kappaleesta 5**

**10.** Kenen tulisi vastata terveysteknologiaturkimuksen rahoituksen tarpeeseen? Voitte merkitä alla olevien väitteiden perään, oletteko asiasta samaa vai eri mieltä.

a. Valtion tuen tulisi olla suurempi ja tasaisempi vuodesta toiseen.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. TEKES:n tulisi taata suurempi osuus tutkimushankkeen rahoituksesta.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Akatemian tulisi rahoittaa myös soveltavaa tutkimusta terveysteknologia-alalla, koska kaupallistaminen kestää alalla TEKES:n tavoitteita pitempään.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Sitran tulisi laajentaa myös yliopistotutkimuksen tukemiseen.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Yritysten ja yliopistojen yhteistyötä tulisi tiivistää sitouttamalla yrityksiä alan rahoittajiksi.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Tutkimusryhmien olisi hankittava rahoitus perustelluille tutkimushankkeille kansainvälisistä lähteistä.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Yliopistojen tulisi kerätä omaa pääomaa, jota käytettäisiin suurien hankkeiden rahoittamiseen.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Muu rahoituskeino. Mikä?	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

**11. Kenen tulisi ohjata (Suomessa) terveysteknologian tutkimuksen suuntaa? Voitte merkitä alla olevien väitteiden perään, oletteko asiasta samaa vai eri mieltä.**

a. Ministeriön tulisi luoda alalle selkeämmät suuntaviivat.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. TEKES:n kaltaisten soveltavaa tutkimusta rahoittavien organisaatioiden tulisi kartoittaa tulevat tarpeet ja järjestelmällisesti ohjata tutkimus kilpailukykyisiin kohteisiin.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Akatemian kaltaisten perustutkimusta rahoittavien organisaatioiden tulisi määrittää kansalliset vahvuudet ja koota tutkimusryhmät niihin perustuen.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Merkittävimpien yritysten tulisi hyödyntää yliopisto-osaamista enemmän ja ohjata siten tutkimusta.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Kunkin tutkimusryhmän tuli päättää tutkimusprojekteistaan täysin itsenäisesti.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Tiettyyn alaan liittyvien tutkimusryhmien (esim. terveysteknologinen materiaalitutkimus) johdon tulisi kokoontua säännöllisesti ja luoda keskenään tutkimuksen yhteiset suuntaviivat.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Suuret, yksiköiden rajat ylittävät linjaukset tulisi päättää kunkin yliopiston tai tutkimusinstituutin ylimmällä tasolla.	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
h. Muu ohjauskeino. Mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Mitä vahvoja osaamisalueita voidaan tunnistaa Suomessa maantieteellisesti eri puolilla terveysteknologia-alalla toimivissa tutkimusryhmissä?

a. Oulu

b. Kuopio

c. Tampere

d. Turku

e. Pääkaupunkiseutu

13. Mitä voisivat olla tulevaisuudessa terveysteknologia-alalla Suomelle merkittävät erikoistumisalueet, jotka yhdistäisivät eri alueiden vahvuuksia?

14. Millaista osaamista on Suomessa maantieteellisesti eri puolille sijoittuneissa tutkimusryhmissä? Lähtöoletuksena on, ettei terveysteknologian tutkimusta ole mahdollista tehdä ilman sovelluskohteeseen syventynyttä kliinikkoa, minkä vuoksi osaaminen puuttuu listalta. Muuten sillä on vain kyselyssä tähän mennessä esiintuotuja asiantuntijoita.

a. Oulu

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisyjärjestelmien ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

## b. Kuopio

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisyjärjestelmien ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

## c. Tampere

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisyjärjestelmien ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

## d. Turku

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisyjärjestelmien ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

## e. Pääkaupunkiseutu

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisyjärjestelmien ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

15. Millaista osaamista tarvittaisiin Suomessa maantieteellisesti eri puolille sijoittuneissa tutkimusryhmissä, jotta niiden osaamisalueet vahvistuisivat entisestään? Lähtöoletuksena on, ettei terveysteknologian tutkimusta ole mahdollista tehdä ilman sovelluskohteeseen syventynyttä kliinikkaa, minkä vuoksi osaaminen puuttuu listalta. Muuten sillä on vain kyselyssä tähän mennessä esiintuotuja asiantuntijoita.

## a. Oulu

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisyjärjestelmien ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

## b. Kuopio

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisyjärjestelmien ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

## c. Tampere

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisyjärjestelmien ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>
-------------------	--------------------------

## d. Turku

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisympäristöjen ja IPR-oikeuksien asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

## e. Pääkaupunkiseutu

i. Polymeeritekniikka	<input type="checkbox"/>
ii. Metallien tuntemus	<input type="checkbox"/>
iii. Keraamien kehitys	<input type="checkbox"/>
iv. Komposiittien kehitys	<input type="checkbox"/>
v. Eri materiaalien välisten reaktioiden ymmärtäminen	<input type="checkbox"/>
vi. Kudosteknologiaosaaminen	<input type="checkbox"/>
vii. Kliininen tutkimus	<input type="checkbox"/>
viii. Eläinkokeiden asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
ix. Solubiologia	<input type="checkbox"/>
x. Lääkeosaaminen	<input type="checkbox"/>
xi. Nano- ja mikrosysteemitekniikan osaaminen	<input type="checkbox"/>
xii. Mekaniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiii. Elektroniikkaosaaminen	<input type="checkbox"/>
xiv. Kuvantamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xv. ”Softa” ja e-Health -osaaminen	<input type="checkbox"/>
xvi. Mallinnus	<input type="checkbox"/>
xvii. Hyväksyttämisympäristöjen ja IPR-	<input type="checkbox"/>

## Toisen Delfoi-kierroksen kyselylomake

oikeuksien asiantuntemus	
xviii. Kaupallistamisen asiantuntemus	<input type="checkbox"/>
xix. Muita. Mitä?	<input type="checkbox"/>

- 16.** Minkä/mitkä asiat näette suurimmaksi esteeksi sille, että materiaalitieteen ja tekniikan terveysalaan liittyvälle tutkimukselle saataisiin valtion sisällä yhteiset suuntaviivat ja että tutkimuksen pirstaleisuutta pieniin yksittäisiin hankkeisiin voitaisiin vähentää?

**Viitteet**

EUROOPAN YHTEISÖJEN KOMISSIO, 2007. Valkoinen kirja, Yhdessä terveyden hyväksi: EU:n strateginen toimintamalli vuosiksi 2008 - 2013. KOM(2007) 630 lopullinen edn. Brussels, Belgium: Euroopan yhteisöjen komissio.

EUROPEAN COMMISSION, HEALTH AND CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL, 2007. *Summary Report of the responses to Health in Europe: A Strategic Approach Discussion Document for a Health Strategy*. Brussels, Belgium: European Commission.

MIKKONEN, A., 2004. *Biolinnan Roope-setä*. Helsinki, Finland: Talouselämä.

VAN BEUZEKOM, B. and ARUNDEL, A., 2009. *OECD Biotechnology Statistics 2009*. OECD: OECD.