

Toni Ahlqvist, Tuomo Uotila & Vesa Harmaakorpi

## Kohti alueellisesti juurrutettua teknologiaennakointia

Päijät-Hämeen klusteristrategiaan sovitettu ennakointiprosessi



VTT PUBLICATIONS 667

**Kohti alueellisesti juurrutettua  
teknologiaennakointia**  
**Päijät-Hämeen klusteristrategiaan sovitettu  
ennakointiprosessi**

Toni Ahlqvist

VTT

Tuomo Uotila & Vesa Harmaakorpi

Lappeenrannan teknillinen yliopisto



ISBN 978-951-38-7079-9 (nid.)

ISSN 1235-0621 (nid.)

ISBN 978-951-38-7080-5 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1455-0849 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

**JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER**

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland  
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 5888

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 5888

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland  
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 5888

Toimitus Anni Repo

Edita Prima Oy, Helsinki 2007

Ahlqvist, Toni, Uotila, Tuomo & Harmaakorpi, Vesa. Kohti alueellisesti juurrutettua teknologiaennakointia. Päijät-Hämeen klusteristrategiaan sovitettu ennakointiprosessi [Towards regionally embedded technology foresight. A foresight process adapted to the cluster strategy of Päijät-Häme]. Espoo 2007. VTT Publications 667. 107 s. + liitt. 7 s.

**Avainsanat** regional foresight, embedded foresight, technology foresight, technology signals, cluster, cluster strategy, region of Päijät-Häme, regional innovation activities, practice-based innovation activities

## Tiivistelmä

Ennakointitoiminnalla on merkittävä rooli innovaatiotoiminnan tukemisessa ja purettaessa esim. alueellisessa kehityksessä esiintyvää polkuriippuvuutta. Ennakointitoiminnan yhtenä haasteena on kuitenkin useissa tutkimuksissa mainittu se, että ennakkoinnin tuloksia ei riittävässä määrin kyetä hyödyntämään alueellisessa päätöksenteossa. Tässä julkaisussa tarkastellaan tapoja toteuttaa alueellista teknologiaennakointia sekä myös pohditaan tapoja, joilla teknologian ennakoitotoiminnan tuottamaa tietoa voidaan jalkauttaa alueelliseen innovaatiojärjestelmään tukemaan alueella toteutettavia innovaatioprosesseja. Esimerkkita-pauksena kuvataan Päijät-Hämeessä 2005 toteutettu alueellinen teknologian ennakointiprosessi, jonka lähtökohtana toimi alueella elinkeinopolitiikan kehittämisen pohjaksi laadittu alueellinen klusteristrategia. Siinä alueen elinkeino-toiminnan kehittämisen kärkiklustereiksi on nostettu ympäristö-, vilja-, puu- ja asumis- sekä mekatroniikkaklusterit.

Julkaisussa arvioidaan Delfoi-menetelmän avulla kolmen geneerisen teknologia-alan kehitystä (ICT, nano- ja bioteknologia). Teknologia-alojen tulevaisuutta koskevat arviot kytetään alueen klusteristrategiaan. Tarkastelu toteutetaan hyödyntäen avainteknologia-aloihin liittyviä ns. teknologiasignaaleja, jotka on kerätty käyttäen lähteenä pääasiassa MIT Technology Review -lehteä. Asiantuntija-arvioista on myös yhteenvedonomaaisesti syntetisoitu tarkasteltavia teknologioita hyödyntäviä potentiaalisia sovellusaihioita, jotka ryhmiteltiin seuraavasti: ubiikit informaatioteknologiat, terveydenhuolto, nanosovellukset, funktionaaliset materiaalit, materian prosessointi, sensorteknologiat ja hybriditeknologiat. Julkaisun lopuksi käsitellään alueelliseen teknologian ennakointiin liittyviä kehittämis- ja jatkotutkimustarpeita ja luonnostellaan alustavia toimintamalliehdotuksia, joiden avulla ennakoitityöskentelyllä kerättyä tietoa voidaan hyödyntää nykyistä paremmin hyödyntämään alueellisissa innovaatioprosesseissa.

Tarkasteltava alueellinen teknologian ennakointiprosessi on osa laajempaa, Päijät-Hämeessä toteutettavaa alueellisten innovaatioympäristöjen tutkimusohjelmaa. Tutkimusohjelman toteuttamista johtaa Lappeenrannan teknillisen yliopiston Lahden yksikkö.

Ahlqvist, Toni, Uotila, Tuomo & Harmaakorpi, Vesa. Kohti alueellisesti juurrutettua teknologia-ennakointia. Päijät-Hämeen klusteristrategiaan sovitettu ennakointiprosessi [Towards regionally embedded technology foresight. A foresight process adapted to the cluster strategy of Päijät-Häme]. Espoo 2007. VTT Publications 667. 107 p. + app. 7 p.

**Keywords** regional foresight, embedded foresight, technology foresight, technology signals, cluster, cluster strategy, region of Päijät-Häme, regional innovation activities, practice-based innovation activities

## Abstract

Foresight can have a significant role in supporting innovation activities and breaking for example path-dependence tendencies connected to regional development trajectories. However, according to many recent studies one major challenge facing foresight activities is that the results of those activities are not fully utilized in regional decision-making. In this publication we are presenting one way of carrying out regional technology foresight and also illustrating, how the information produced during foresight process can be “re-rooted” back into regional innovation system to support the innovation processes carried out in the region. As a case example we are using a regional technology foresight process, which was carried out in Päijät-Häme in 2005. The starting point of that foresight process was the cluster based development strategy, which was formulated few years earlier. In that cluster based development strategy environment-, grain-, wood-, living- and mechatronics clusters were selected as regional keyclusters and given “a spearhead-status” in development activities.

We are assessing the future development of three generic technologies (ICT, nano- and biotechnologies) using Delphi-approach. The future related assessments are also connected to regional cluster strategy. The assessment was conducted utilizing so called technology signals, which were related to those three generic technologies. Technology signals were collected mainly from MIT Technology Review. We have also synthesized potential application ideas which could utilize the studied technologies. The expert information gathered during the Delphi was used in synthetization process. The application ideas were categorized into following classes: ubiquitous information technologies, healthcare, nanoapplications, functional materials, processing of material, sensor technologies and hybrid technologies.

In the end of this publication we have brought up some needs and suggestions for further research in regional technology foresight and we have also made some proposals how the information gathered in foresight processes could be better utilized in regional innovation processes. The case example, regional technology foresight process in Päijät-Häme, is part of a wider research program of regional innovation environment. The program is led and coordinated by Lappeenranta University of Technology, Lahti Unit.



# Alkusanat

Alueellisten resurssien hyödyntäminen on alueellisen kilpailukyvyn ytimessä. Olemassa olevien resurssien kilpailukyky joutuu kuitenkin jatkuvasti koetukselle ja vanhat kilpailukyvyn lähteet ehtyvät: tarvitaan jatkuvaa uudistumista tulevaisuuden tuulia haistellen. Teknologiaennakointi voi tuoda merkittävän avun alueellisen resurssipohjan uudistamiseen ja alueellisen kilpailukyvyn kehittämiseen. Ennakoinnin avulla pyritään hahmottamaan kuvaa tulevasta ja erityisesti varautumaan yllättäviin käännteisiin ja murrosilmiöihin.

Alueellisen teknologiaennakoinnin toteutusprosesseja on usein arvosteltu niiden kyvyttömyydestä ottaa huomioon alueen erityispiirteet tarvittavan tulevaisuustiedon määrittelyssä ja tiedon sovellettavuudessa alueen kehittämiseen. Liian monet teknologiaennakointiraportit on koettu käyttäjille vieraksi, ja ne ovat jääneet hyllyille pölyttymään. Kuitenkin todellinen hyöty saadaan vasta kun usein hyvinkin abstrakti tulevaisuustieto saadaan absorboitua käytännön innovaatioprosesseihin.

Tässä julkaisussa hahmottelemme alueellisesti juurrutettua teknologiaennakointiprosessia, joka pitää sisällään kolme vaihetta: 1) alueellisen toimintaympäristön arvioinnin, 2) sen pohjalta valittujen teknologiasignaalien määrittämisen ja niiden analyysin sekä 3) tulevaisuustiedon absorboinnin alueellisiin innovaatioprosesseihin. Tätä kokonaisuutta kutsutaan resurssipohjaiseksi tulevaisuuden tutkimukseksi. Julkaisu pyrkii avaamaan tietä kohti uudenlaista käsitystä teknologiaennakoinnista: kyse ei ole vain erillisestä arviointiprosessista vaan elimellisestä osasta alueellista strategiatyötä ja käytännön innovaatioprosessien tukemisesta.

Helsingissä 12.12.2007

Tekijät

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	3
Abstract .....	5
Alkusanat .....	7
1. Johdanto .....	11
2. Alueellisesti juurrutettu ennakointi ja alueelliset klusterit .....	13
2.1 Alueet ja innovaatiopolitiikka .....	13
2.2 Aluekehityksen polkuja .....	15
2.3 Alueellinen tietoperusta ja juurrutettu ennakointi .....	18
2.4 Klusteristrategia ja Porterin timanttimalli .....	22
2.5 Klusterien alueelliset kehityspolut .....	25
3. Päijät-Häme teknologiaennakoinnin kohteena .....	29
3.1 Alueelliset elinkeino- ja teknologiastrategiat .....	29
3.2 Päijät-Hämläinen innovaatiopolitiikka .....	31
4. Päijät-Hämeen juurrutettu ennakointiprosessi .....	36
4.1 Ennakointiprosessin kuvaus .....	36
4.2 Teknologioiden evolutiiviset kehityskulut ja teknologiasignaalit .....	38
5. Ensimmäinen Delfoi-kierros .....	41
5.1 Teknologiasignaalien merkittävyys .....	41
5.2 Vaikutusten suuntautuminen .....	45
5.3 Sovellusaihiot .....	51
5.3.1 Ubiikit informaatioteknologiat .....	52
5.3.2 Terveystieteet .....	58
5.3.3 Nanosovellukset .....	62
5.3.4 Funktionaaliset materiaalit .....	66
5.3.5 Materialien prosessointi .....	68
5.3.6 Sensoriteknologiat .....	69
5.3.7 Hybriditeknologiat .....	72

6. Toinen Delfoi-kierros .....	76
6.1 Teknologiasignaalien sovellusalat.....	76
6.2 Sovellusten potentiaalisen toteutumisen ajoittaminen.....	83
6.3 Spesifit sovellusalat.....	91
7. Yhteenveto ja jatkopohdintoja.....	95
Lähdeluettelo .....	100

#### Liitteet

Liite A: Hämeen (ml. Päijät-Häme ja Kanta-Häme) avaintoimialat,  
niihin liittyvät teknologiat ja osaamisalueet

Liite B: Hämeen (ml. Päijät-Häme ja Kanta-Häme) kehittyvät toimialat ja  
avaintoimialoja tukevat toimialat

Liite C: Ensimmäisen Delfoi-kierroksen paneeli

Liite D: Toisen Delfoi-kierroksen paneeli



# 1. Johdanto

Globaalin talousjärjestelmän eri osien välinen keskinäisriippuvuus on 1980-luvulta lähtien tihentynyt ja monimutkaistunut. Syynä tähän ovat osaltaan informaatioteknologian luomat jatkuvan kommunikaation ja vuorovaikutuksen mahdollisuudet, joissa talouden toiminta muuttuu toisaalta entistä paikka- ja aika-riippumattommaksi ja toisaalta alueellisesti eriytyneemmäksi (Ahlqvist 2006). Toinen syy löytyy talouden verkostoituneista toimintamalleista, joissa toimijat pyrkivät keskittymään ydinosaamiseen ja hajauttavat tämän osaamisen ulkopuolella olevat toiminnot alihankkijoille. Kyseessä on siis vertikaalinen disintegraatio (Scott 1988). Sen vastapainona on muutaman viime vuoden aikana esimerkiksi elektroniikkateollisuudessa alkanut nousta toimijoita, jotka pyrkivät suuryrityksille perinteisempään vertikaaliseen integraatioon eli kokonaisten arvoketjujen sisäistämiseen. Myös nämä yritysten ja muiden toimijoiden moninaistuvat toimintamallit lisäävät globaalin talousjärjestelmän kompleksisuutta entisestään (Ahlqvist 2005a; 2005b).

Jos talousjärjestelmän toimintamallit ovat moninaistuneet ja kasautuvat vaikutukset tihentyneet, samalla myös talousjärjestelmässä vaikuttamaan pyrkivät toimijat ovat moninaistuneet ja niiden määrä on kasvanut. Talousjärjestelmän toimijoiksi yritysten, muiden organisaatioiden ja kansallisvaltioiden rinnalle ovat nousseet 1980-luvulta lähtien erityisesti alueet. 1990-luvulla on puhuttu monin eri termein alueiden renessanssista, ja tuolloin sillä viitattiin erityisesti Euroopassa tapahtuvaan kansallisvaltioiden sisäisten alueiden verkottumiseen. 2000-luvulla on toisaalta tapahtunut voimakkaita valtioiden välisiä talousjärjestelmän painopisteiden muutoksia talouden dynaamisen terän siirtyessä kohti Aasiaa, erityisesti ”maailman tehdasta” Kiinaa ja monilla aloilla ketterästi kasvavaa Intiaa. Kehityskulku on johtanut talouden toiminnan voimakkaaseen painottumiseen kohti Aasiaa.

Alueiden korostuminen talouden toiminnan keskeisenä peruselementtinä on johtanut myös siihen, että alueiden toimijoilla on kasvavia tarpeita ennakoita ja luoda tulevaisuussuuntautuneita strategioita alueen kehitykselle osana globaalia talousjärjestelmää. Alueellisia tulevaisuusstrategioita voi toteuttaa kahdella tavalla: Ensiksi voidaan pyrkiä tunnistamaan menestyneiden alueiden toimintamalleja ja imitoimaan niitä. Tällöin voidaan puhua ”Piilaakso-syndroomasta”, jossa alueellisista strategioista tulee toistensa hiilikopioita. Strategiasta seuraa aluetalouden toimintamallien paradoksaalinen yksiuotteistuminen. Toiseksi strategioita voidaan

toteuttaa alueellisesti juurruttaen ja ennakoiden. Tämä tarkoittaa sitä, että alueellisen strategiatyön analyysit ja toimitasuositukset pyritään sitomaan alueen toiminnalliseen kehykseen. Tällöin strategiatyö perustuu alueella jo olemassa oleviin vahvuuksiin ja toimintamalleihin ja pyrkii siten tehostamaan näiden toimintamallien proaktiivista herkkyyttä ja tulevaisuussuuntautuneisuutta. Tämä strategia ei pyri imitointiin, vaan etsii alueellista ainutlaatuisuutta.

Tässä julkaisussa kuvailemme ennakoinnin mallin, joka on resurssipohjainen ja juurrutettu tiettyyn alueelliseen ja organisatoriseen kehykseen. Kutsumme lähestymistapaa alueellisesti juurrutetuksi teknologiaennakoinniksi. Päijät-Hämeessä se on yksi osa verkostoja palvelevaa innovaatiopolitiikkaa. Alueellisesti juurrutetussa teknologiaennakoinnissa tarkastelu perustuu tietyn alueellisen tai organisatorisen kokonaisuuden näkökulmaan. Tämä näkökulma kytketään makrotason kehityskulkuihin pyrkien luomaan ymmärrettävä ja kehystetty näkemys tietyn alueen tai organisaation mahdollisista tulevaisuudentiloista. Julkaisun empiirisenä esimerkkinä käytämme Päijät-Hämeessä vuonna 2005 toteutettua ennakointiprosessia, jossa klusteristrategia on taustoittanut tarkasteltavien teknologioiden valintaa. Tämän jälkeen teknologioiden kehityksestä esitetyt arviot on palautettu erilaisin tavoin takaisin aluekehykseen, esimerkiksi innovaatioesessioiksi kutsumiemme kehittämistyökalujen avulla.

## **2. Alueellisesti juurrutettu ennakointi ja alueelliset klusterit**

### **2.1 Alueet ja innovaatiopolitiikka**

Kansainvälisen taloudellisen kilpailun koveneminen ja edistysaskeleet eri teknologiasektoreilla, etenkin informaatioteknologiassa, ovat sysänneet liikkeelle taloudellisia kehityssyklejä, joissa yritysten ja sitä kautta myös kansantalouksien kilpailukyky on pitkälti riippuvainen niiden kyvystä tuottaa innovaatioita. Kun aiemmissa innovaatioiden synnyn lineaarisuutta korostaneissa teorioissa innovaatioiden luonne ymmärrettiin tutkimus- ja kehitystyön kysynnän ja tarjonnan eräänlaisina automaattisina tuotteina, uudet ajatukset ovat tuoneet esiin yhteiskuntapolitiikan merkityksen innovaatioprosessien tukijana ja mahdollistajana (ks. Harmaakorpi 2004). Talouden toiminnan globalisoituminenkaan ei ole vähentänyt alueellisuuden ja paikallisuuden merkitystä, pikemminkin päinvastoin. Globaalisti toimivat yritykset keskittyvät yrityksen sisäisessä toiminnassa yhä enemmän ja enemmän yrityksen perusasioihin ja ydinosaan. Samalla niiden tarve hankkia yrityksen ulkopuolelta omaa toimintaa tukevaa ja täydentävää osaamista kasvaa. Tämän suuntainen kehitys on ollut osaltaan vaikuttamassa siihen, että alueellinen näkökulma tuli Suomen innovaatiopolitiikkaan 1980-luvulla (Nieminen 2004: 15; Lemola 2004: 116–118). Näkökulma on vakiintunut 1990-luvun aikana.

Yksi keskeinen suomalaisen innovaatiopolitiikan kehitys- ja tarkastelutaso on alueellinen. Tämä alueiden esiinmarssi ei luonnollisestikaan ole vain suomalainen ilmiö. Aluetason tutkimuskysymysten parissa ovat viime vuosina työskennelleet mm. evolutionäärisen ja institutionaalisen taloustieteen edustajat, verkostotutkijat, innovaatio- ja oppivien systeemien tutkijat sekä erilaisten sosiologian tutkimussuuntausten edustajat (Storper 1997; Törnqvist 1998). Aluetaso nähdäänkin yhä enenevässä määrin soveltuvana tarkastelutasona, kun halutaan edistää taloudellista, sosiaalista, kulttuurista ja poliittista toimintaa, jolla lisätään kansalaisten hyvinvointia. Kilpailuedun tekijät ovat vahvasti kytköksissä alueilla sijaitsevien instituutioiden kykyyn luoda ja prosessoida tietoa nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä (Nonaka & Reinmöller 1998: 401–433). Kysymys on suuressa määrin monitoimijaisista oppimisprosesseista.

Tieto ja oppimiskyky ovat oppivan talouden kilpailukyvyn kriittisiä osatekijöitä. Erityisesti merkittävää on kyky oppia ja poisoppia, ei niinkään tietovarannon suuruus. Tieto itsessään voidaan nähdä pikemminkin prosessina kuin varantona (Lundvall & Borrás 1999; Kébir & Crevoisier 2002). Innovaatiot nähdään keskeisenä kilpailukyvyn lähteenä oppivassa taloudessa niin kansainvälisellä, kansallisella kuin alueellisellakin tasolla. Innovaatioita syntyy epälineaaristen prosessien seurauksena, ja ne ovat tiukasti sidoksissa sosiaaliseen ja taloudelliseen toimintaan sekä interaktiivisiin kollektiivisen oppimisen prosesseihin (Lundvall 1992; Asheim 1999; Salmenkaita 2004). Alueellisesta näkökulmasta innovaatiot nähdään usein paikallisesti tai alueellisesti sidoksissa olevana prosessina, joka toteutuu alueellisen innovaatiojärjestelmän puitteissa (Storper 1997). Alueellinen innovaatiojärjestelmä muodostuu erilaisista innovaatioverkostoista, joille tyypillistä on, että

1. ne ovat usein erilaisten toimijoiden muodostamia heterogeenisiä ryhmiä, joissa on edustettuina yrityksiä, yliopistoja, teknologiakeskuksia ja kehittämisorganisaatioita sekä nykyään myös erilaisia julkisen sektorin organisaatioita
2. niillä on yhteinen visio ja toiminnan tavoitteet
3. ne ovat rakenteellisesti löyhempiä kuin yksittäisen yrityksen innovaatioverkostot tai useammankin yrityskumppanin muodostamat innovaatioverkostot (ks. esim. Harmaakorpi & Melkas 2005; Harmaakorpi 2006).

Teknologisen muutoksen nopeus, innovaatioprosessien monimutkaisuus ja moniulotteisesti verkottunut toimintaympäristö asettavat suuria vaatimuksia alueelliselle innovaatiotoiminnalle. Tässä ympäristössä toimivat tarvitsevat työkaluja, joiden avulla voidaan kasvattaa alueen innovaatiokyvykkyyttä, visionääristä kyvykkyyttä ja johtajuutta, lisätä alueen verkostoihin sitoutunutta sosiaalista pääomaa ja sitä kautta edesauttaa oppimista innovaatioympäristössä. Alueellisen innovaatiojärjestelmän kannalta keskeisiä haasteita ovat seuraavat (Uotila, tulossa):

- Miten voidaan kytkeä tulevaisuusorientoitunutta tietoa ja tietämystä osaksi alueellista tiedon luomisen ja johtamisen prosessia?
- Miten voidaan edistää luottamuksen ilmapiiriä ja sosiaalista koheesiota alueellisissa innovaatioverkostoissa?



- Miten saadaan muodostettua riittävät tiedon ja tietämyksen hallinnan rakenteet innovaatioverkostoihin?
- Miten ja millaista tietoa näissä verkostoissa tulisi välittää?

Edellä esitetyt kysymykset painottavat tulevaisuusorientoituneen tiedon merkitystä alueellisessa innovaatiojärjestelmässä. Vaikka tulevaisuutta koskevan tiedon merkitystä tulee korostaa, on syytä muistaa, että alueiden kehityspolut ovat vahvasti polkuriippuvia. Tästä syystä ei ole mahdollista rakentaa robusteja alueen kehittämiseen tähtääviä strategioita ilman alueen lähtötilanteen, resurssien ja resurssikonfiguraatioiden tuntemusta (Scott 1998). Alueellisista resurssivaroista lähtevän kehittämisenäkökulman mukaisesti alueen kestävä kilpailukyky on johdettavissa nimenomaan alueella vaikuttavien resurssivarojen erilaisista kombinaatioista ja siitä, että ajan myötä kyetään aikaansaamaan uutta toimintaympäristöä vastaavia resurssikonfiguraatioita (Teece, Pisano & Shuen 1997; Eisenhardt & Martin 2000). Resurssikonfiguraatioiden uudentamisessa tarvitaan alueellista dynaamista ja visionääristä kyvykkyyttä, joka osaltaan on estämässä alueellisten lukkiutumien syntymistä ja mahdollistamassa sen, että huomina voi olla jotain muutakin kuin tulevaisuuteen jatkuva eilinen.

## 2.2 Aluekehityksen polkuja

Aluekehitysteoriassa ja evolutiivisessa talousteoriassa on keskusteltu paljon alueen polkuriippuvuudesta ja ”lock-in”-efekteistä. Keskeinen johtopäätös näistä keskusteluista on ollut se, että kun alue lukkiutuu tiettyyn polkuun, on suuntaa hyvin vaikea muuttaa (ks. esim. Grabher 1993). Tämä johtuu siitä, että alueelliset toimintatavat, alueelliset instituutiot ja niitä ylläpitävät alueelliset organisaatiot muuttuvat hyvin hitaasti. Lisäksi alueelliset perusteknologiat voivat olla äärimmäisen vastustuskykyisiä muutokselle. Mikäli alueen elinkeinorakenne nojaa esimerkiksi suuria kiinteitä investointeja vaativaan teknologiaan, alue saattaa olla tämän teknologian suhteen hyvin polkuriippuva. Toisaalta polkuriippuvat aluetaloudet voivat kehittyä myös kohtuullisen joustavasti, mikäli alueen institutionaaliset rakenteet eivät jäykisty liikaa.

Batthelt ja Boggs (2003) käyttävät käsitettä ”alueellinen kehityspolku” (*regional development path*) kuvaamaan tilannetta, jossa alueella olevia teknologisia tra-

jektoreita ei voida selkeästi luonnehtia yhdeksi alueelliseksi kehityslinjaksi. Tämän sijaan he väittävät, että alueelliset kehityspolut rakentuvat useista toistensa kanssa limittäisistä teknologista kehityslinjoista (Bathelt & Boggs 2003: 267). Lähtökohtana on ajatus, että alueita voidaan tarkastella niiden teknologisten ja organisatoristen rakenteiden kautta. Tällöin alueita voi lähestyä ”toimijoina”, vaikkei alueen tarkastelu toimijana yksiselitteistä olekaan. Voidaan puhua myös alueellisista kompetensseista (*regional competence*), jotka voidaan määritellä alueellisten toimijoiden ja tuotantorakenteiden kokonaisuudeksi.

Alueellisten kehityspolkujen tunnistamisen perusteella voidaan luoda näkemyksiä aluetalouden kehityksen ideaalityypeistä. Esimerkiksi Gertler (2003) on tehnyt toimivan aluetalouden ideaalityyppien luokittelun. Hänen mukaansa talousmaantieteellisestä tutkimuskirjallisuudesta on löydettävissä kolmenlaisia aluetalouden ideaalityyppejä. Ensimmäinen ideaalityyppi korostaa ”viejkeitä paikkoja” (*charmed places*), joissa on erityisen suotuisa alueellinen kulttuuri. Viehkeisiin paikkoihin lukeutuvat Gertlerin mukaan tutkimukset ns. kolmannen Italian artesaani- ja vaatetusteollisuudesta, jossa avoin verkostomainen kulttuuri on synnyttänyt uudenlaisen joustavan tuotannon toimintamallin. Kyse on alueen teollisten toimijoiden sisäsyntyisestä erityisen suotuisasta alueellisesta kulttuurista. Toinen esimerkki on Baden-Württembergin mekaaninen teollisuus ja auto-teollisuus, joiden menestys on perustunut ostajien ja myyjien vertikaaliseen sekä kilpailijoiden horisontaaliseen yhteistyöhön, jota alueen institutionaaliset hallintoelimet ovat tukeneet. Kolmas esimerkki on kaikkien viehkeiden paikkojen arkkityyppi, Kalifornian Piilaakso. Siellä alueellisen toimintakulttuurin sanotaan perustuvan uusien yritysten erittäin nopeaan muodostamiseen, yrittäjyyteen, epäonnistumisen sietämiseen sekä työpaikkojen ja informaation tehokkaaseen kiertoon eri yritysten välillä. Saxenianin (1994) mukaan Piilaaksolle ominainen piirre on ihmisten aluetta ja ammattikuntaa kohtaan tuntema lojaalisuus, joka ylittää ihmisten yrityksiä kohtaan tunteman lojaalisuuden.

Toinen talousmaantieteellisen kirjallisuuden ideaalityyppi on ”kovan onnen paikat” (*hard luck cases*). Ne ovat historiallisesti menestyneitä alueita, jotka ovat talouden rakennemuutosten myötä pudonneet kehityssyklissä. Niihin lukeutuvat esimerkiksi Saksan Ruhrin laakso sekä Massachusettsin Route 128, joiden alueellisten kulttuurien sanotaan synnyttäneen jäykkiä ja hierarkkisia rakenteita sekä asenteita, jotka muodostavat ylitsepääsemättömiä muureja alueellisiin polkuihin.

Kolmas ideaalityyppi on ns. ”parannuksen paikat” (*reclamation projects*). Niillä Gertler viittaa talouden syklien kannalta perifeerisiin alueisiin ja potentiaalsiin aluekehityksen kohteisiin, jotka eivät ole missään vaiheessa juurikaan menestyneet. Leimallista näille alueille ovat liian vähäinen alueellinen verkottuneisuus sekä huonosti kehittynyt yhteistyökulttuuri. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei alueilla ei olisi yritetty synnyttää yhteistoimintaa. Enemminkin se viittaa siihen, että yhteistoiminta ei ole sisäistynyt osaksi alueellista kulttuuria siten, että se toimisi ilman julkisen vallan sanktioiden uhkaa tai julkisen vallan tukitoimia. Alueellisen yhteistyökulttuurin rakentaminen on tasapainoilua täysin avoimen ja osittain suljetun systeemin välillä; toiminnan pitäisi olla riittävän suljettua, jotta se tuottaisi taloudellisesti merkittäviä etuja osallistujille, mutta samalla sen tulisi olla riittävän avointa, jotta uudet ideat ja toimijat voivat tuulettaa jatkuvasti kehittyviä luutumia.

Bathelt ja Boggs (2003: 271–272) huomauttavat, että useat aluekehityksen mallit eivät ota huomioon sitä, että alueet voivat uudistaa ja ”uudelleenkeksiä” itsensä. Uudelleen keksiminen viittaa siihen, että alueen kompetenssien järjestelmää tarkastellaan uudella tavalla ja siihen kohdistetaan voimakkaita uudistustoimenpiteitä. Bathelt ja Boggs kritisoivat samaten talousteoreettisia malleja siitä, että ne eivät ota huomioon laajempaa yhteiskuntapoliittista viitekehystä. Olemassa olevat mallit eivät huomioi murrosten mahdollisuuksia ja epäjatkuvuuksien vaikutuksia aluelauden rakenteisiin. Bathelt ja Boggs tähdentävät, että aluelaudet selviävät laajoista yhteiskuntapoliittisista kriiseistä useimmiten institutionaalisten ja organisatoristen kokeilujen kautta. Edellä mainittuun viitaten voisi todeta, että alueiden organisatorisia kokeiluja on toistaiseksi tutkittu kohtuullisen vähän, joskin muutamia esimerkkejä tutkimuskirjallisuudesta on paikannettavissa (esim. Heidenrich 2005). Toinen keskeinen tutkimustematikka liittyy organisaatioiden ja instituutioiden uudistumiskyvyn tutkimukseen. Yhteiskunnallista ja organisatorista uudistumiskykyä käsitelleissä tutkimuksissa keskeinen argumentti liittyy sosiaaliseen pääomaan ja sosiaalisiin innovaatioihin. Keskeinen johtopäätös on se, että organisaatioiden uudistumiskyky on ratkaisevasti sidoksissa organisaatioiden sisältämään sosiaaliseen pääomaan. Organisaatiot uudistuvat sen kautta, miten organisaatioiden sosiaaliset verkostot, niiden keskeiset rakenteet, kykenevät muuttumaan (ks. esim. Hämäläinen & Heiskala 2004; Stähle 2004).

## 2.3 Alueellinen tietoperusta ja juurrutettu ennakointi

Alueellisesti juurrutetun ennakkoinnin lähtökohtana on tunnistaa alueen tietoperustan keskeiset elementit. Tietoperustalla tarkoitamme tässä niitä alueellisia käytäntöjä ja tapoja, joilla uutta tietoa tuotetaan alueen toimijoiden tarpeisiin. Tietoperusta on eräänlainen alueen instituutioiden ja toimijoiden toiminnan yhteistulos, dynaaminen kyvykkyys, jonka perusteella uusi tieto kytkeytyy osaksi alueen toimintaa. Tätä tutkimusta on taustoittanut Asheimin ja Coenenin (2005; 2006) muotoilema alueellisen tietoperustan malli. He ovat tunnistaneet alueellisissa innovaatiojärjestelmissä kaksi toisistaan eroavaa tietoperustaa. Tämän jaottelun perusteella voidaan arvioida ja eritellä alueellisten innovaatiojärjestelmien tietoperustojen toimintaa. Nämä tietoperustat ovat analyyttinen tietoperusta ja synteettinen tietoperusta (taulukko 1).

*Taulukko 1. Synteettinen ja analyyttinen tietoperusta (Asheim & Coenen 2005).*

Synteettinen tietoperusta	Analyyttinen tietoperusta
<ul style="list-style-type: none"><li>• Innovointi tapahtuu soveltamalla tai kombinoimalla jo olemassa olevaa tietoa.</li><li>• Keskeistä sovellettu ja ongelmalähtöinen tieto, joka perustuu insinööritaitoon ja induktiivisiin tiedon tuottamisen prosesseihin.</li><li>• Vuorovaikutteinen oppiminen asiakkaiden ja toimittajien välillä.</li><li>• Tietoperusta pohjautuu hiljaiseen tietoon: konkreettisiin tuotteisiin sidottu tietotaito, ammattitaito ja käytännöt.</li><li>• Pääasiassa inkrementaalisia innovaatioita.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Innovointi tapahtuu tuottamalla uutta tietoa.</li><li>• Keskeistä tieteellinen tieto, joka useimmiten perustuu deduktiivisiin tiedon tuottamisen prosesseihin sekä formaaleihin malleihin.</li><li>• Tutkimusyhteistyö yritysten T&amp;K-yksiköiden ja tutkimusorganisaatioiden välillä.</li><li>• Tietoperusta pohjautuu koodattuun tietoon: dokumentaatio tieteellisissä julkaisuissa, raporteissa ja patenttien kuvauksissa.</li><li>• Enemmän radikaaleja innovaatioita.</li></ul>

Analyyttinen tietoperusta tarkoittaa sellaista alueellista järjestelmää, jossa tieteellisesti tuotettu tieto on keskeisessä asemassa ja jossa tiedon formaali tuottaminen perustuu oleellisesti tieteellisiin prosesseihin tai formaaleihin malleihin. Asheimia ja Coenien mukailleen analyyttiseen tietoperustaan pohjautuvia teollisuudenaloja ovat esimerkiksi bioteknologia ja informaatioteknologia. Näissä kummassakin teollisuudenalassa sekä perustutkimus että systemaattinen tuotekehitys ovat teollisuuden kannalta ensisijaisia aktiviteetteja. Analyyttisessä tietoperustassa koodatulla tiedolla on keskeisempi rooli kuin synteettisessä tietoperustassa. Koodatun tiedon merkitys korostuu, koska alueellisen innovaatiojärjes-

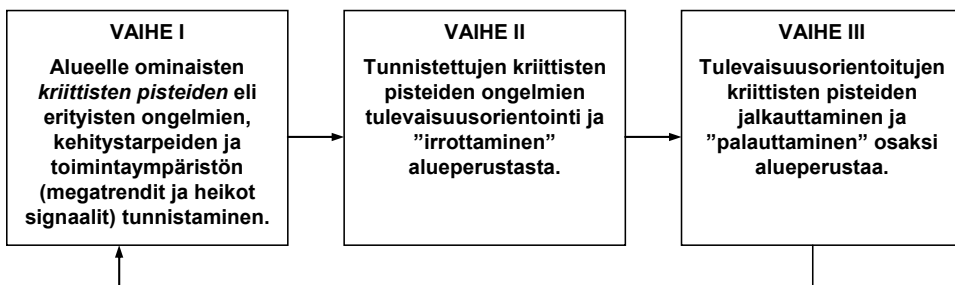
telmän toimijat 1) hyödyntävät tieteellisiä julkaisuja tietopanoksinaan, 2) soveltavat tieteellisiä menetelmiä omassa tiedon tuotannossaan ja tuotekehityksessään sekä 3) soveltavat formaaleja tiedon organisoinnin tapoja tuotekehityksessään, esimerkkeinä tutkimusraportit, tietokannat tai patenttikuvaukset (Asheim & Coenen 2005). Edellä mainittu ei kuitenkaan tarkoita sitä, että hiljainen tieto olisi analyttisessä tietoperustassa merkityksetöntä (ks. Nonaka et al. 2000). Ennemminkin tämä tarkoittaa sitä, että analyttisessä tietoperustassa hiljainen tieto pyritään sulauttamaan osaksi dokumentointiin perustuvia tiedon kartuttamisen menetelmiä.

Synteettinen tietoperusta tarkoittaa sellaista alueellista järjestelmää, jossa uuden tiedon tuottaminen ei ole kovinkaan keskeisessä asemassa. Alueellisen kilpailukyvyyn taustalla on pikemminkin jo olemassa olevan tiedon soveltaminen tai uudenlainen kombinointi. Tiedon soveltaminen ja kombinointi liittyvät usein erilaisten praktisten tuotannollisten ongelmien ratkaisuun, jonka toimija toteuttaa yhdessä asiakkaiden ja tuotannollisten toimittajien kanssa. Esimerkiksi kone- ja laivanrakennusteollisuus ovat Asheimin ja Coenenin mukaan esimerkkejä synteettiseen tietoperustaan pohjautuvista teollisuudenaloista. Tiedon tuottaminen perustuu pitkälti induktiivisiin prosesseihin, kuten testaukseen, simulointiin tai käytännön tuotannossa tehtyihin eksperimentteihin. Keskeisessä roolissa on hiljaisen tiedon operationalisointi tekemällä, kokeilemalla ja vuorovaikuttamalla. Analyttiseen tietoperustaan verrattuna järjestelmässä liikkuu suhteellisesti enemmän konkreettiseen tuotantoon sidottua kokemusperäistä tietoa. Tästä syystä innovaatio toiminta on pääasiassa inkrementaalista ja perustuu lähinnä jo olemassa olevien yritysten toimintaan. Spin off -yritykset ovat harvinaisempia synteettisen tietoperustan järjestelmissä kuin analyttisen tietoperustan järjestelmissä (Asheim & Coenen 2005; 2006; Asheim et al. 2005).

Synteettiseen tietoperustaan pohjautuvissa alueellisissa innovaatiojärjestelmissä teollisen kehittämissä politiikan painopisteen tulisi suuntautua ennen muuta olemassa olevan teollisen rakenteen vahvistamiseen ja hiljaiseen tietoon perustuviin teknologisten kehityslinjojen tukemiseen (Asheim & Coenen 2005). On kuitenkin syytä huomata, että tämän kaltaiset kehittämistoimet saattavat vahvistaa alueen negatiivista polkuriippuvuutta ja lukkiutumia (Tödtling & Trippel 2005). Toimenpiteet saattavat vahvistaa alueen lyhyen aikavälin kyvykkyyksiä, mutta rajoittaa pitkän aikavälin teknologisten optioiden tunnistamista (Könnölä et al. 2007). Asheim ja Cooke (1999: 172) ovat myös todenneet, että pääasiassa hiljai-

sen tiedon siirtäminen pk-yritysten välillä saattaa aiheuttaa liiallisia jäykkyyksiä moniulotteisesti vuorovaikutteisessa kilpailuympäristössä. He ehdottavat ratkaisuksi formaalien instituutioiden muodostamista, joiden tehtävänä olisi toimia analyttisen tiedon tulkitsijoina sekä muodostaa kumppanuuksia suurten yritysten, yliopistojen, tutkimuslaitosten, välittäjäorganisaatioiden sekä julkisen sektorin organisaatioiden kanssa.

Alueen tietoperustan määrittelyn jälkeen alueellisesti juurrutetun ennakkoinnin toinen vaihe on systemaattinen tulevaisuustyöskentely, jolla pyritään vaikuttamaan alueen kehityspolun suuntaan ja alueen rakenteelliseen uudistumiskykyyn. Tällöin voidaan puhua tulevaisuuden tekemisestä strategiatyöskentelyn kautta (ks. Kaivo-oja 2003). Alueen strategisen ennakkointiprosessin voi tiivistää kuvassa 1 esitetyllä tavalla. Ensimmäisessä vaiheessa tunnistetaan alueelle ominaiset kriittiset pisteet eli erityiset ongelmat, kehitystarpeet ja toimintaympäristön elementit (megatrendit ja heikot signaalit), jotka liittyvät alueen taloudellisiin kehityspolkuihin ja tietoperustaan. Toisessa vaiheessa nämä kriittiset pisteet irrotetaan alueperustasta ja suunnataan tulevaisuuteen eli tulevaisuusorientoidaan alueen ulkopuolisten signaalien, esimerkiksi asiantuntija-arvioiden avulla. Alueperustasta irrottaminen on tärkeä vaihe erityisesti synteettisen tietoperustan alueilla. Kolmannessa vaiheessa tulevaisuusorientoidut kriittiset pisteet juurrutetaan takaisin alueelle, osaksi alueellista strategiatyötä.



*Kuva 1. Alueellisesti juurrutetun ennakkointiprosessin vaiheita.*

Keskeistä alueen strategiatyössä on luoda visio, tavoitetilä, johon alueelliset toimijat voivat sitoutua. Vision työstäminen voi tapahtua monella tavalla. Se voidaan toteuttaa työpajapohjaisesti, jolloin tietty määrä avaintoimijoita kutsutaan työpajaan muodostamaan visiota. Vision voi koota myös iteratiivisella pro-

sessilla, joka voi tapahtua esimerkiksi kyselyjen tai sosiaalisen median työkalujen avulla. Tällöin vision pohjaksi kerätään aineistoa. Vision perustaksi tehdään suunnattuja haastatteluja organisaation keskeisille sidosryhmille ja organisaation tuottamien palveluiden käyttäjille. Haastattelujen perusteella muodostetaan näkemys organisaation tuottamien palveluiden suunnasta ja rakennetaan visio. Visioon perustuen siirrytään seuraavaan kokonaisuuteen, joka koskee organisaation kompetenssiperustan analysointia. Kompetenssit määritellään käytännössä alueen sisäisten kompetenssien ja toimintaympäristön kartoituksena. Sisäinen kompetenssi ja alueen sosiaalinen pääoma selvitetään alueen toimijoille suunnatuilla haastatteluilla. Toimintaympäristöä voidaan tarkastella sovelletulla benchmarking-tekniikalla, jolla kartoitetaan alueen keskeisten kilpailijoiden kompetenssit. Kun kompetenssikonaisuus on kartoitettu, laaditaan organisaatiolle tulevaisuusorientoitunut, visionäärinen strategia, joka perustuu trendi-, visio- ja kompetenssikonaisuuksiin.

Prosessi alkaa alueeseen vaikuttavien trendien tunnistamisella. Trendien tunnistaminen tapahtuu käytännössä kolmen prosessin kautta: megatrendianalyysi, heikkojen signaalien analyysi ja alueellisen kulttuurin vahvuudet ja heikkoudet paikantava analyysi. Megatrendit ovat laajoja ja globaalisti vaikuttavia ilmiöitä tai kehityslinjoja, jotka voivat sisältää monenlaisia, jopa vastakkaisia, ilmiöitä, mutta jotka kuitenkin muodostavat koherentin kokonaisuuden (Mannermaa 1998: 5). Taulukosta 2 voi havaita, että megatrendit ovat ilmiöitä, joilla on sekä suuri vaikutus että suuri toteutumistodennäköisyys. Megatrendien lisäksi trendikonaisuudessa tulee analysoida ja arvioida organisaatioon keskeisesti vaikuttavia heikkoja signaaleja. Heikot signaalit ovat Mannermaata (2004: 113) mukaillen ilmiöitä, jotka ovat ”oraalla” ja joilla ei yleensä ole selvästi tunnistettavaa menneisyyttä. Ne eivät ole aiemmin ”olleet olemassa”, tai niitä ei ainakaan ole tiettyssä kontekstissa tunnistettu. Heikot signaalit sijoittuvat taulukossa 2 esitetyssä matriisissa osaan ”pieni toteutumistodennäköisyys ja suuri vaikutus”. Megatrendien ja heikkojen signaalien analyysin lisäksi tarvitaan analyysiä, jossa kootaan yhteen organisaation sisällä kollektiivisesti vaikuttavat ajatusrakenteet. Nämä uskomukset ja näkemykset yhdistetään perustaksi, josta muodostetaan prosessin seuraava kokonaisuus eli visio.

*Taulukko 2. Tulevaisuusilmiöiden todennäköisyys–vaikuttavuus-kenttä (Mannermaa 2004: 44).*

	Pieni vaikutus	Suuri vaikutus
Pieni toteutumistodennäköisyys	<i>Merkityksetön kohina</i>	<i>Heikot signaalit</i>
Suuri toteutumistodennäköisyys	<i>Tavanomaiset trendit</i>	<i>Megatrendit</i>

## 2.4 Klusteristrategia ja Porterin timanttimalli

Klusteriajattelu, siten kuin siihen nykyisin yleensä viitataan, on lähtöisin Michael Porterin vuonna 1990 kirjassaan *The Competitive Advantage of the Nations* julkistamista kansakuntien kilpailukykyä koskevista tutkimuksista. Klusterilla tarkoitetaan tässä viitekehyksessä yritysten muodostamaa verkostoa, jossa osaaminen, vuorovaikutus ja yhteistyösuhteet tuottavat merkittävää etua verkoston liiketoiminnan tietyille osalle (Lahti 1994: 103). Klusterin sanotaan tuottavan synergiaetuja ("1+1=3"). Porter (1990) korostaa klusterilähestymistavassaan verkostoitumisen tuomia etuja kansainvälisen kilpailukykyyn luomisessa ja tehostamisessa. Porter näkee, että kansainvälisesti menestyksekkäät yritykset ovat erittäin verkostoituneita. Klusteritaloudessa verkostoitumisella on kaksi ulottuvuutta: verkostoitumisen laajuus ja tiedon virtaus verkostossa (Rosenfeld 1997: 9). Verkostoitumisen laajuus – yritysten määrä, erikoisresurssien määrä, asiakkaiden läheisyys, kilpailijat ja osien tuottajat – on tärkeä klusterin kilpailukyvyille, mutta Rosenfeldin mukaan yhtä tärkeää systeemin toiminnalle on erilaisen tiedon virtaus klusterin eri toimijoiden välillä.

Keskeinen tekijä alueellisen klusterin dynamiikassa on sosiaalinen ekologia: miten tiedon virtaus, osaaminen, teknologisten innovaatioiden omaksuminen, pääoma ja muut klusterin kehityksen kannalta oleelliset tekijät ovat rakenteistuneet alueelle, miten alueen sosiaalinen infrastruktuuri edesauttaa tiedon kulkua ja kasautumista ja miten alue uudistaa itseään kilpailun kautta synnyttäen uusia yrityksiä ja uusia innovaatioita. Tutkijat korostavat, että kiihtyvän informaation-siirron aikana pysyvää kilpailuetua tuo aluesidonnainen, spatiaalisesti juurtunut tieto, joka ei ole helposti sovellettavissa tai liikuteltavissa (Malmberg & Maskell 1997: 28; Storper 1997). Toimiva klusteri ei siten ole vain tuotannollisesti verkostoitunut. Kilpailukykyyn luomisessa on keskeistä verkoston toimijoiden välinen synergia, eri tasoilla toimiva tiedonsiirto ja vuorovaikutus yritysten ja eri

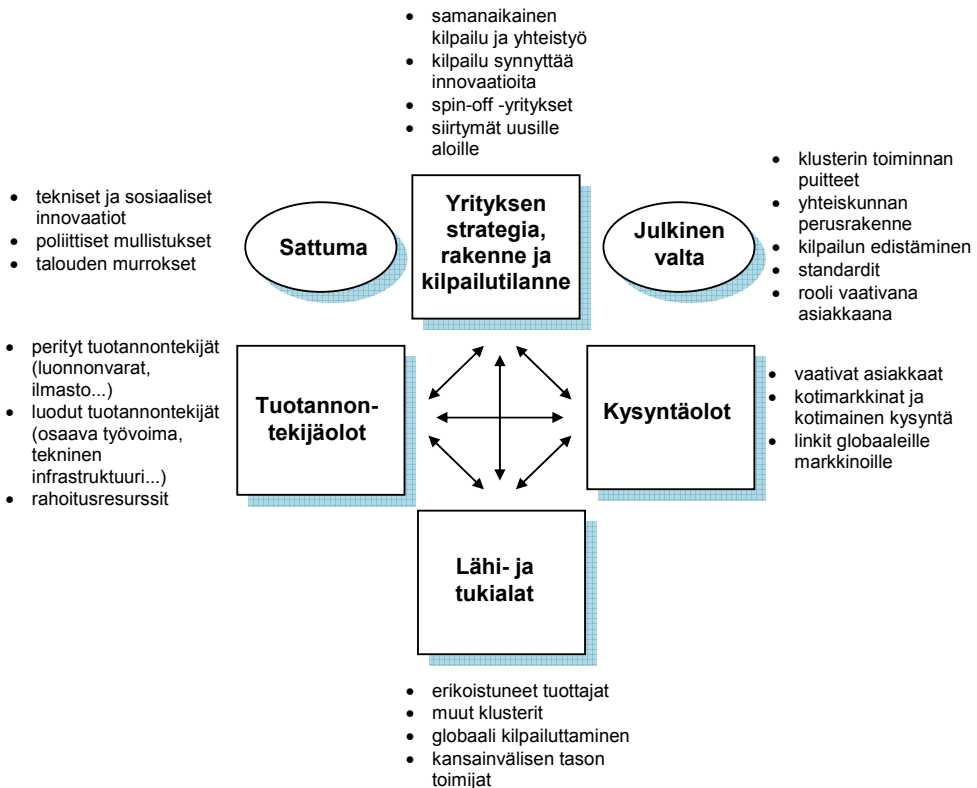


alueellisten organisaatioiden välillä. Tärkein avain kilpailuetuihin on siis klusterin toimintadynamiikka, ei jonkin yksittäisen yrityksen koko tai tuotannollinen kapasiteetti (Rosenfeld 1997: 10).

Klusteriajattelun yhteydessä kilpailukykyä voidaan analysoida yritysten, klusterien, alueiden ja kansantalouksien tasolla. Stenlundin (1997: 25) mukaan kilpailukyvyyn arvioinnissa tulisi kiinnittää huomiota ”kriittisiin arvoelementteihin”, jotka vaihtelevat eri tarkastelutasoilla. Kansantaloudellisella tasolla klusterin kriittisiä arvoelementtejä ovat menestyneimmät innovaatiot, tavaramerkit ja erilaiset sopimusjärjestelmät. Yrityksen tasolla kriittinen arvoelementti on ydinosaaminen. Porter näkee klusterin kilpailukyvyyn perustan muodostuvan mikrotalouden tasolla. Yritys voi luoda kilpailukykyä kustannustehokkaan tuotannon tai oman tuoteinnovaation pohjalle. Klusteri on kilpailukykyinen, jos yritysten välinen kilpailu ja vuorovaikutus tuottavat synergiaetuja yli yritys- ja toimialarajojen. Kansantaloutta voidaan pitää kilpailukykyisenä, mikäli se tarjoaa sellaisen infrastruktuurin ja tuotantontekijät, että kilpailukykyiset yritykset ja klusterit ovat kiinnostuneita sijoittamaan toimintojaan kyseiseen maahan.

Julkisella vallalla on suuri merkitys kansallisten talouksien kehityksessä globaalitaloudessa. Castellsin (1996: 89–90) mukaan kansainvälisen talouden keskinäisriippuvuuden ja avoimuuden takia valtioiden tulisi osallistua alueidensa kehittämiseen eikä antautua täysin markkinavoimille. Erityisesti informaatioteknologioiden kohdalla Castells uskoo julkisen vallan vaikutuksen olevan keskeinen avain kehitykseen: suuret tutkimusohjelmat, valtion tukemat markkinat ja toisaalta teknologisen luovuuden aikaansaama innovaatiokyky ovat menestyksen avaintekijöitä.

Klusteriajattelun vahvuutena on sen keskittyminen taloudessa jo olemassa oleviin rakenteisiin ja alueellisesti eri toimijoita yhdistäviin voimatekijöihin. Toimialojen rajoja rikkovat vahvuudet korostuvat, ja lisääntynyt vuorovaikutus voi saada aikaan uusia kombinaatioita, joita voivat olla esimerkiksi bioelektroniikka tai nanoteknologian sovellukset biotekniikassa (ks. Ahlqvist 2003a; 2003b). Klusterissa korostuvat toimialojen ja yritysten väliset kytkennät, eivät niinkään niiden väliset erot. Lahti (1994) näkee klusterin monimutkaisen verkostorakenteen suojana globaalia kilpailua vastaan, koska verkoston tuomat edut voi saavuttaa vain toinen verkosto.



Kuva 2. Porterin timanttimalli (muokattu lähteestä Porter 1990).

Klusteroitumisen etuja ei tule kuitenkaan korostaa kritiikittä. Eräät tutkijat ovat sitä mieltä, että klusteroituminen voi toisinaan olla kansallisen tai alueellisen kilpailukyvyyn menettämisen taustalla. Tällöin klusteroituneet yritykset ovat muodostuneet sulkeutuneiksi systeemeiksi (Hassink 1997: 6). Klustereiden epäonnistumisen taustalta voi löytää erilaisia tekijöitä. Paikallisen ja kansallisen kilpailun kiihtyminen voi aiheuttaa klustereiden heikentymisen. Yhteistyön ja vuorovaikutuksen ei tulisi synnyttää liian sitoutuneita ja sisäänlämpiäviä systeemeitä, koska tällöin innovatiivisuus menetetään ja paikalliseen klusteriin sidoksissa olevat instituutiot voivat muuttua liian staattisiksi ja vanhoja rakenteita säilyttäväiksi. Viranomaiset ja koulutusinstituutiot voivat edistää liiaksi jo muodostuneiden rakenteiden säilyttämistä, jolloin tärkeä osa innovatiopotentiaalia menetetään. Pk-yritykset eivät myöskään saisi sitoutua liian tiukasti suuriin veturiyrityksiin. Suurten yritysten vetämät verkostot muodostuvat nopeasti vain yksisuuntaisesti riippuvaisiksi, jolloin pienet ja keskisuuret yritykset toimivat ainoastaan staattisina alihankkijoina

eikä innovointia lisäävää vuorovaikutusta esiinny. Klusterin avaintuotteiden laske-  
nut kysyntä voi myös ratkaisevasti heikentää klusterin kilpailukykyä (klusteriajat-  
telun kritiikistä ks. esim. Penttinen 1994a; 1994b). Klustereihin kuuluvia yrityksiä  
voidaan tutkia niin kutsutun Porterin timantin avulla (esim. Hernesniemi et al.  
1995). Porterin timantin esitämme kuvassa 2.

## 2.5 Klusterien alueelliset kehityspolut

Alueellinen läheisyys on keskeinen tekijä klusterien kilpailukyvyyn muodostumi-  
sessa (Hassink 1997: 4–5). Yritykset, jotka menestyvät kansainvälisesti, ovat  
usein voimakkaasti verkostoituneita aluetalouden tasolla. Klusteroituminen alue-  
taloudessa helpottaa epävirallisen informaation kasautumista, joka taas parantaa  
kansainvälistä kilpailukykyä. Tuotannolliset keskuksat synnyttävät klusteroi-  
tuessaan spin-off-rakenteita, jotka edistävät paitsi uusien yritysten syntymistä  
myös erilaisten teknologioiden leviämistä klusterin rakenteisiin. Maantieteelli-  
nen läheisyys helpottaa yrityksen tuotannon horisontaalista ja vertikaalista ha-  
jauttamista. Maantieteellinen läheisyys myös stimuloi kilpailua alueen yritysten  
kesken ja lisää siten alueen elinvoimaisuutta. Lisäksi maantieteellinen keskitty-  
minen lisää yritysten rahoitusta paikalliseen tutkimukseen ja lisää yritysten pai-  
noarvoa erikoistuneiden tuotantotekijöiden, kuten erikoiskoulutuksen ja tutki-  
muslaitosten, syntymisessä.

Rosenfeld (1997) esittää klusteriluokittelun, jossa klusterit on jaettu progressiivi-  
sesti kolmeen eri ryhmään: *Toimivat klusterit* ovat enemmän kuin osiensa sum-  
ma ja tuottavat rajapinnoille kasvualustan uusille klustereille. Toimivassa kluste-  
rissa sosiaalinen ympäristö edesauttaa voimakasta tiedon- ja kokemusten siirtoa  
sekä uusien innovaatioiden, verkostorakenteiden ja spin-off-yritysten syntymis-  
tä. Toimivien klustereiden suurin etu on kollektiivinen oppimisprosessi, jossa  
jäsenet oppivat toisiltaan tehokkaasti uutta ja toisaalta poistavat tehokkaasti van-  
hanaikaisia, innovaatioita estäviä järjestelmiä (Rosenfeld 1997: 10). Voimak-  
kaan klusterin ydin on suuri joukko avaintuotteita valmistavia ja keskenään kil-  
pailuvia yrityksiä (Mäenpää & Luukkainen 1994: 7). *Latentit klusterit* ovat usein  
rakentuneet toimivan klusterin tai suuren transnationaalisen yrityksen ympärille  
eivätkä vielä ole muodostuneet omaksi klusterikseen. Ydinjoukkona on pääasi-  
assa pieniä, mutta nopeasti kasvavia yrityksiä, jotka alkavat siirtyä laajempaan  
tuotediversifointiin ja laajemmille markkinoille. Vuorovaikutussuhteet ja kiinteät

synergiat ovat kehityksessä, mutta mahdollisuuksia ei käytetä täysin hyväksi. Syytä tähän voivat olla esimerkiksi kommunikointia vaikeuttava sosiaalinen ympäristö sekä yritysten yhteisen vision puute (Rosenfeld 1997: 10). *Potentiaalisissa klustereissa* tietyt tekijät voivat toimia, mutta kriittisen massan tai tiettyjen avaintekijöiden puute estää klusterin kehitystä. Yritysten välinen vuorovaikutus on verrattain heikkoa, ja yritykset ovat kapeasti fokusoituneita ja tyydyttävät lähinnä seudullista ja maakunnallista kysyntää.

Klusterien kehitykseen vaikuttaa joukko eri tekijöitä, joiden kautta klusterin ”voimaa” voidaan ”mitata”. Rosenfeld (1997) luokittelee 12 klusteridynamiikkaan vaikuttavaa tekijää, jotka esittelemme taulukossa 3.

*Taulukko 3. Klusterin menestykseen vaikuttavat tekijät (Rosenfeld 1997).*

<b>Tekijät</b>	<b>Tekijöiden luonne</b>
<b>Tuotekehityskapasiteetti</b>	Onko klusterin käytettävissä korkeatasoista tutkimusta tuotekehitykseen ja ongelmien ratkaisuun, esimerkiksi tutkimuslaitoksia tai yksittäisiä tutkijoita?
<b>Tiedot ja taidot</b>	Osuvatko työvoiman taidot ja klusterin tarpeet yhteen? Onko alueella sekä teknisiä suorittajia että alaan liittyvää yleistä tietotaitoa?
<b>Osaamisen kehitys</b>	Kehitetäänkö alueella klusterin tarpeita tyydyttävää osaamista? Onko alueella teknis-taloudelliseen muutokseen soveltuvaa koulutusta?
<b>Tuottajien läheisyys</b>	Sijaitsevatko primääri- ja sekundäärituottajat sekä raaka-ainelähteet lähellä? Liikkuuko tieto tehokkaasti asiakasyrityksiin?
<b>Pääoman saatavuus</b>	Tuntevatko pankit ja rahoittajat klusterin yritykset ja toimialan? Löytyykö riittävää riskirahoitusta ja alkupääomaa uusien mahdollisuuksien hyödyntämiseen?
<b>Erikoistuneiden palvelujen saatavuus</b>	Onko alueella erikoistuneita palveluja tuottavia keskuksia, esimerkiksi teknologia- ja yrityskeskuksia? Onko alueella yksityisiä erikoispalveluja, esimerkiksi muotoilua, talous- ja lakikonsultointia?
<b>Koneiden ja osien rakentajat</b>	Onko alueella laaja-alaista vuorovaikutusta esimerkiksi tuotteiden rakentajien, suunnittelijoiden, osien tuottajien ja ohjelmistojen tekijöiden välillä?
<b>Verkottumisen intensiteetti</b>	Tekevätkö klusterin yritykset yhteistyötä? Millä tavoin? Kuinka usein? Onko niillä yhteistä tuotekehitystä, markkinointia ja ongelmanratkaisua?
<b>Sosiaalinen infrastruktuuri</b>	Minkälainen infrastruktuurallinen rakenne alueella on? Onko klusterilla vuorovaikutusta julkisen hallinnon instituutioiden kanssa? Minkälaisia virallisia ja epävirallisia kontaktiverkkoja alueella on?
<b>Yrittäjähenkki</b>	Miten paljon klusteri tuottaa spin-off-yrityksiä? Kuinka vetovoimainen klusteri on ulospäin?
<b>Innovaatioaktiviteetit</b>	Kuinka nopeasti uudet tuotantoteknologiat omaksutaan, kuinka nopeasti niitä kehitetään? Kuinka tehokkaasti uudet tuotteet, prosessit ja palvelut ilmaantuvat klusteriin?
<b>Jaettu visio ja johtajuus</b>	Ajattelevatko yritykset itseään ”systeeminä”? Onko yhteisiä tavoitteita ja suunnitelmia? Onko tulevaisuuden visioita?

Klusteri voidaan esimerkiksi edellä olevia teemoja mukailien purkaa auki tutkimuskysymyksiksi, joiden avulla klusterin tulevaisuudennäkymiä voidaan arvioida

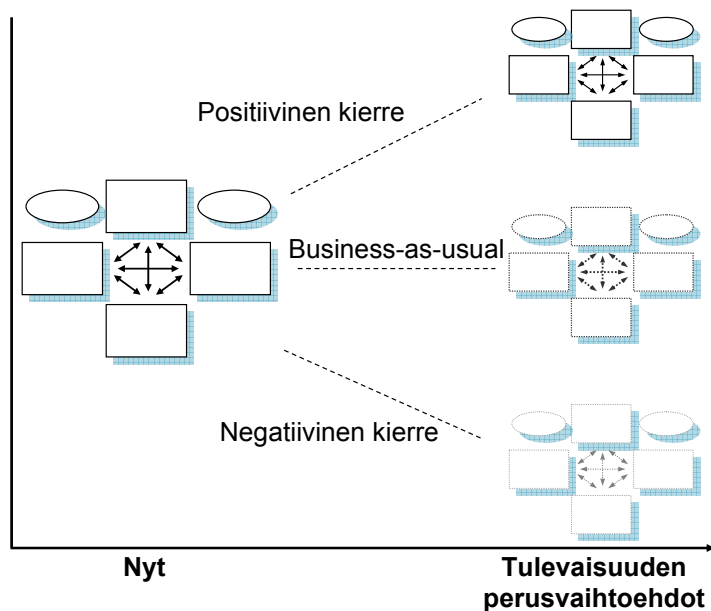
(ks. Mannermaa & Ahlqvist 1998; Ahlqvist & Mannermaa 1999). Näin timantti ”tulevaisuusorientoidaan” eli tuotetaan arvioita klusterin eri osien kehityskulusta tietyllä tulevaisuuden aikavälillä. Toinen oleellinen tulevaisuusorientoitunut arvioinnin kohde on klusterin verkostorakenne ja linkit eli klusterin toiminnalliset yhteydet ja kanavat tulevaisuudessa. Klusterin tulevaisuuden kehitysnäkymiä voi arvioida erilaisilla tutkimusmetodeilla, esimerkiksi panos–tuotos-mallilla ja Delfoi-menetelmällä, ja käyttäen erilaisia aineistoja, esimerkiksi tilastoaineistoa, haastatteluaineistoa ja arkistomateriaalia. Kiinnostavin lopputulos saadaan monesti aikaan yhdistelemällä erilaisia metodeja ja aineistoja.

Klusterin kehityssuuntien arvioimiseen soveltuu myös Virtasen ja Hernesniemen (2005: 11) tekemä klusterin evoluution malli, jonka avulla klusterin kehitystä voidaan arvioida kehkeytyvänä prosessina. Klusterin evoluution ensimmäinen vaihe on klusterin syntymä esiasteina toimivien verkostorakenteiden kautta. Toisessa vaiheessa klusterin toiminta johtaa joko klusterin vahvistumiseen tai heikentymiseen. Evoluution kolmannessa vaiheessa klusteri alkaa muuttua: klusteriin alkaa muodostua uusia verkostorakenteita, se voi alkaa sulautua yhteen muiden klusterien kanssa tai sitten se hajoaa.

Klusterin tulevaisuuksia voi hahmottaa myös kuvassa 3 esitetyllä potentiaalisia kehityspolkuja kuvaavalla yksinkertaistetulla mallilla. Klusterin jatkuvan kehitystoiminnan laiminlyönti johtaa jo lyhyellä aikavälillä näyttäytyvään negatiiviseen kierteseen, jossa klusterirakenteet alkavat Virtasen ja Hernesniemen (2005) evoluutiomallin terminologiaa käyttäen joko hajota tai sulautua toisiin klustereihin. Business-as-usual-strategia johtaa usein myös negatiiviseen kierteseen pitkällä aikavälillä. Business-as-usual-strategiassa klusterin yritykset tekevät jatkuvaa inkrementaalista kehitystyötä sekä pienimuotoisia parannuksia olemassa oleviin ”varman markkinan” tuotteisiin. Business-as-usual-strategiassa ei kuitenkaan pyritä laaja-alaiseen uudistustoimintaan, joka on positiivisen kehityskierteen perusta.

Klusterin positiivisen kierteen perustana on useimmiten proaktiivinen, tulevaisuussuuntautunut strategia. Klusterin positiivisen kierteen taustalla voi olla periaatteessa ainakin kolme strategista toimintamallia. Ensimmäinen on uusien teknologioiden soveltaminen tuotteissa ja tuotantoprosesseissa. Uuden teknologian soveltaminen pohjautuu useimmiten jo olemassa olevien liiketoimintamallien terävöittämiseen. Toinen strateginen toimintamalli on kiipeäminen arvoverkos-

tossa kohti korkeamman arvontuon tuotteita sekä uusien arvoverkkoarakenteiden aktiivinen etsiminen. Tässä toimintamallissa klusterin toimijat pyrkivät jatkuvasti löytämään uusia, korkeamman arvontuon tuotteita ja asiakassegmenttejä. Kolmas strateginen toimintamalli on tuotannon uudistaminen radikaalin innovaatiotoiminnan avulla. Tällöin tavoitteena ei ole pelkästään tuotteiden terävöittäminen tai tuotantoprosessien tehostaminen, vaan koko liiketoimintamallin muuttaminen. Radikaali innovaatiotoiminta voi kohdistua joko täysin uudenlaisen teknologian käyttöönottoon tai soveltamiseen, uudenlaiseen palveluinnovaatioon tai markkinainnovaatioihin, joissa kenties jo olemassa oleville tuotteille etsitään uusia markkinasegmenttejä.



Kuva 3. Klusterin potentiaaliset kehityspolut ja strategiset vaihtoehdot.

Tarkastelimme edellä alueellisesti juurrutetun ennakoinnin teoriaperustaa. Tämän lisäksi kuvasimme yleisesti ennakoivan tarkastelutavan yhdistämistä klusteristrategioihin ja erityisesti Porterin timanttimalliin. Seuraavaksi otamme askeleen kohti empiiristä tapausesimerkkiämme ja siirrymme tarkastelemaan Päijät-Hämeen klustereihin perustuvia elinkeino- ja teknologiastrategioita.

## **3. Päijät-Häme teknologiaennakkoinnin kohteena**

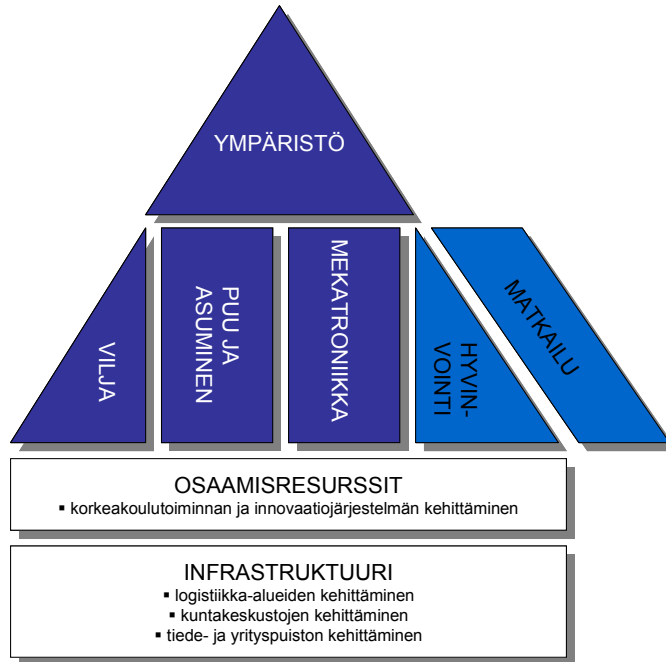
### **3.1 Alueelliset elinkeino- ja teknologiastrategiat**

Sellaisilla alueilla, joilla ei ole omaa yliopistoa, ei yleensä ole käytössään riittäviä resursseja radikaalien innovaatioiden aikaansaamiseksi. Toisaalta esimerkiksi Päijät-Hämeessä on yliopistokeskuksen (ml. yhteydet emoyliopistoihin) ja ammattikorkeakoulujen avulla erinomaiset mahdollisuudet luoda toimivat innovaatiopolitiikan toimintatavat. Päijät-Hämeessä on keskitytty niin sanotun ”verkostoja palvelevan innovaatiopolitiikan” luomiseen (Schienstock & Hämäläinen 2001). Poliitiikan avulla kehitetään alueellista innovaatiojärjestelmää ja sen verkostoja niin, että pystytään yhteistoiminnassa hyödyntämään alueen resurssipohja sekä yksityisen että julkisen sektorin hyväksi. Alueellisen resurssipohjan kapeuden vuoksi erityistä huomiota on kiinnitettävä ylläalueelliseen verkostoitumiseen, jotta saadaan tarvittava osaaminen alueelle (Harmaakorpi 2004).

Lahden alueen elinkeinostrategiassa keskeisessä asemassa on klusterilähtöinen elinkeinojen kehittäminen. Kehittämisaalueet on jaoteltu alueen nyt jo vahvoihin klustereihin sekä kehittyviin, tulevaisuuden kasvualoihin. Tämänhetkiseksi alueen vahvoiksi klustereiksi on tunnistettu ympäristö-, vilja-, mekatroniikka- sekä puu- ja asumisklusteri. Näistä ympäristöklusteri on selkeästi asetettu kehittämisen keihäänkärjeksi (ks. kuva 4). Alueelle on jo rakentunut Suomen toiseksi merkittävin ympäristöliiketoimintakeskittymä, sillä Lahden alueen kehittämissyhtiön mukaan Lahden alueella tehdään kaikkiaan 10 % koko Suomen ympäristöliiketoiminnasta. Lahden alueen ympäristöalan erikoisosaamista ovat julkisen sektorin vesistöhoito-osaaminen, kansainvälinen projektikokemus sekä maaperä-, jäte- ja kierrätysosaaminen. Ympäristöklusteriin liittyvän kehittämistoiminnan painopisteinä ovat 1) ympäristötekniikan ja sen kaupallistamisen kehittäminen, 2) yritysten toimintaympäristön kehittäminen, 3) verkostoitumisen ja yhteistyön lisääminen sekä 4) yrityslähtöisen koulutus-, tutkimus- ja kehittämistoiminnan kasvattaminen.

Tulevaisuuden kasvualoiksi on alueella tunnistettu hyvinvointi ja matkailu, muotoilu, logistiikka sekä kauppa ja palvelut. Klustereiden kehittämistä tukevat

osaamisen sekä alueen infrastruktuurin kehittämiseen suunnattavat panostukset. Näistä mainittakoon muun muassa Kujalan alueen logistiikkakeskittymä.



*Kuva 4. Päijät-Hämeen klusteripohjainen elinkeinojen kehittämismalli.*

Päijät-Hämeen keskeisiä toimialoja ja niihin liittyviä avainteknologioita on tarkasteltu Hämeen alueellisessa teknologiastrategiassa vuonna 2003 sekä sen päivitysosassa vuonna 2007. Keskeiset strategian laadinnassa mukana olleet toimialat olivat elektroniikkateollisuus, tieto- ja viestintäteknologia eli ICT (ei sisällä media- ja viestintäaloja), kone- ja laitteollisuus (metalliteollisuus), mekaaninen metsäteollisuus (puutuoteteollisuus ja mekaaninen puu), muoviteollisuus, elintarviketeollisuus, energiateollisuus (sisältää jätteen- ja biopolton), ympäristöteollisuus (sisältää jätteenkäsittelyn) ja logistiikka (taulukko 4).

Kehittämistoimenpiteiden ja -panostusten kohdentamiseksi toimialat jaoteltiin teknologiastrategiassa avaintoimialoihin, kehittyviin toimialoihin ja tukitoimialoihin. Avaintoimialoja teknologiastrategian mukaan ovat kone- ja laitteollisuus (metalli), mekaaninen metsäteollisuus, muoviteollisuus ja elintarviketeollisuus. ICT- ja elektroniikka-alojen merkittäväkään kasvu ei korvaa avaintoimi-



alojen mahdollista volyymin laskua. Avaintoimialojen kehittyminen on kuitenkin vahvasti sidoksissa siihen, miten elektroniikka-, ICT- ja ympäristöteollisuusalojen osaaminen kehittyy. Ne toimivat osaltaan kasvun mahdollistajina. Avaintoimialoihin liittyvät osaamis- ja teknologia-alueet esitämme liitteissä A ja B.

*Taulukko 4. Päijät-Hämeen tärkeimmät toimialat (Hämeen alueellisen teknologiastrategian päivitys 2007).*

Toimiala	Vuosi	Toimipaikkoja	Henkilöstö	Liikevaihto M€	Henkilöstö/ toimipaikka	Liikevaihto/ henkilöstö
<b>Metalliteollisuus</b> (TOL 27, 28, 29, 34, 35)	2003	516	6 416	953	12,4	149
	2005	511	6 261	1 154	12,3	184
<b>Elintarviketeollisuus</b> (TOL 01, 02, 05, 15)	2003	305	2 270	453	7,4	199
	2005	302	2 045	463	6,8	227
<b>Logistiikka</b> (TOL 60, 61, 62, 63, 641)	2003	834	3 531	292	4,2	83
	2005	819	3 505	356	4,3	102
<b>Mekaaninen metsäteollisuus</b> (TOL 20, 361)	2003	259	5 115	709	19,7	139
	2005	248	4 791	829	19,3	173
<b>Muoviteollisuus</b> (TOL 252)	2003	48	1 927	288	40,1	149
	2005	51	2 276	346	44,6	152
<b>ICT</b> (TOL 642, 721, 722, 723, 724, 726)	2003	142	1 214	268	8,5	221
	2005	140	1 118	239	8,0	214
<b>Elektroniikka</b> (TOL 30, 31, 32, 33)	2003	68	742	105	10,9	141
	2005	68	663	104	9,8	157
<b>Energia</b> (TOL 40)	2003	28	361	221	12,9	613
	2005	25	292	177	11,7	607
<b>Ympäristö</b> (TOL 37, 90)	2003	39	226	35	5,8	156
	2005	47	348	109	7,4	313
<b>Yhteensä</b>	2003	2 239	21 802	3 324	9,7	152
	2005	2 211	21 289	3 779	9,6	177

### 3.2 Päijät-Hämeläinen innovaatiopolitiikka

Lahti on merkittävä kaupunkiseutu ja myös yksi 1900-luvun suurimmista teollisista menestystarinoista maassamme. Monet tunnetuimmista teollisista brändeistämme ovat lähtöisin Lahden alueelta, joka on lisäksi suurin Helsingin metropolialueeseen kiinteästi liittynyt kaupunkiseutu. Lahti on kuitenkin myös ainoa kokoluokkansa kaupunkiseutu, jolla ei ole omaa yliopistoa. Oman yliopiston puute ei ole voinut olla vaikuttamatta alueen kehittämissäpolitiikkaan. Turan ja Harmaakorven (tulossa) mukaan Lahden alue on alueellisen kehittämissäpolitiikan

näkökulmasta tietynlainen kummajainen suomalaisessa kaupunkiverkossa. Toisaalta se on liian suuri ja sijainniltaan keskeinen perinteiselle aluepolitiikalle, mutta samalla osaamisresurssien suhteellisen vähäisyyden vuoksi se ei ole voinut lähteä rakentamaan ”itseriittoista” innovaatiojärjestelmää samassa laajuudessa kuin vastaavankokoiset tai hieman pienemmätkin kaupunkiseudut (Tura & Harmaakorpi, tulossa). Valtakunnallisesta näkökulmasta Lahti näyttäytyy juuri tästä syystä usein väliinpuotoajana, koska se ei sijoitu kaupunkiverkon standardiluokituksiin kovinkaan hyvin. Tätä koon ja osaamisresurssien epäsuhtaa Tura ja Harmaakorpi kutsuvat ”Lahden paradoksiksi”. Paradoksia havainnollistavat myös taulukossa 5 esitetyt luvut.

*Taulukko 5. Suomalaisten kaupunkiseutujen vertailua (Tura & Harmaakorpi, tulossa, alkup. Tilastokeskus 2005).*

	Alueen väestö	Ammatti-korkea-koulutuksessa, osuus 15 v täyttäneistä	Yliopisto-koulutuksessa, osuus 15 v täyttäneistä	Korkeasteen tutkinnon suorittaneet, osuus 15 v täyttäneistä	T&K, milj. €	€/asukas	T&K-indeksi (koko maa = 100)
Seutukunnat	henkilöä	%	%	%			
Helsinki	1 224 257	3,2	6,1	33,3	2 212,1	1806,9	181,7
Jyväskylä	163 390	4,7	10,3	27,4	180,8	1 106,6	124
Kuopio	118 050	5,6	6,2	27,3	101,2	857,3	82,6
Lahti	169 386	3,5	0,1	21,5	43,3	255,6	23,2
Imatra-Lappeenranta	109 791	3,1	6,0	21,2	77,8	708,6	
Oulu	202 898	3,9	9,2	29,7	663	3 267,7	336,4
Tampere	313 748	2,9	9,9	28,2	793,8	2530,1	248,1
Turku	290 524	3,3	8,8	26,8	315	1 084,2	107,1
Vaasa	88 798	6,9	9,3	27,4	88,3	994,4	94,3

Alueellisen elinvoimaisuuden turvaamiseksi Lahden alueella ja Päijät-Hämeessä on lähdetty kehittämään ja soveltamaan käytäntölähtöisen ja verkostoja palvelevan innovaatiopolitiikan mallia (ks. tarkemmin Harmaakorpi & Tura, tulossa). Sen tehtävänä on luoda toimintamallit, joilla innovatiivisuuden esteitä poistetaan ja tarvittava osaaminen tuodaan innovaatioprosessien tueksi (ks. tarkemmin Harmaakorpi & Tura, tulossa). Keskeinen osa alueellista innovaatiopolitiikkaa

on tukea yksityisen ja julkisen sektorin uudistumista sekä uusien yritysten syntymistä alueelle. Alueellisen innovaatiostrategian tehtävänä on siis tukea innovaatiotoiminnan avulla muissa strategioissa esitettyjen tavoitteiden toteutumista.

Alueellisen innovaatiopolitiikan tulisi

- edistää alueen toimijoiden ymmärrystä innovatiivisuuden lähteistä
- edistää alueen innovaatiojärjestelmän yhteistoimintakykyä
- uudistaa innovaatioiden avulla alueen vahvoja klustereita
- synnyttää uutta yritystoimintaa alueelle erityisesti spin-offeista
- tehostaa alueen julkisen palvelurakenteen innovatiivista uudistumista
- edistää tietämyksen ja teknologian siirtoa alueen ulkopuolelta
- luoda mekanismeja, joilla luovuuden esteitä pystytään kumoamaan
- seurata alueen kannalta tärkeiden teknologioiden kehitystä ja auttaa soveltamaan niitä alueella.

Alueellisen innovaatiopolitiikan visiona on

luoda Lahden kaupunkiseudusta nykyaikaisen verkostomaisen innovaatiotoiminnan mallialue, jossa alueen innovaatioresurssit ovat tehokkaassa yhteistoiminnallisessa käytössä ja jossa alueen innovaatiokyvykkyys ja innovaatioiden määrä ovat huipputasoa.

Tämän vision saavuttamiseksi alueellisen innovaatiopolitiikan avulla edistetään seuraavia tavoitteita (Lahden kaupunkiseudun innovaatioympäristön kehittämissstrategia 2005):

1. Vahvistetaan alueen keskeisiä klustereita ja julkisen sektorin toimialoja sekä horisontaalisia osaamisaloja tukemalla teema- tai sektoriperustaisten innovaatioverkostojen kehittymistä.
2. Organisoidaan alueen innovaatioympäristö tehokkaasti määrittelemällä verkostoja palvelevan innovaatiopolitiikan eri kehittäjäorganisaatioiden tehtävät ja roolit.

3. Tehostetaan alueellisten ja ylläalueellisten osaamisresurssien kehittymistä ja hyödyntämistä kytkeällä alueen korkeakoulutoiminta tiiviisti verkostoja palvelevan innovaatiopolitiikan toimintamalliin.

Tärkeänä osana toimintaan liittyy alueellisen innovaatiokyvykkyyden lisäämiseksi Päijät-Hämeessä käynnistetty alueellisten innovaatioympäristöjen tutkimusohjelma. Tutkimusohjelmaa rahoittaa Etelä-Suomen lääninhallitus, ja sen päävastuullisena toteuttajana on Lappeenrannan teknillisen yliopiston Lahden yksikkö. Tutkimustyö on kiinteässä yhteydessä Päijät-Hämeen alueellisen innovaatioympäristön kehittämistyöhön. Ohjelman avulla tuetaan vastausten löytämistä seuraaviin Päijät-Hämeen alueellisen innovaatioympäristön rakentamisen kannalta keskeisiin käytännöllisiin kysymyksiin:

- Kuinka innovaatiotoimintaa edistäviä verkostoja voidaan synnyttää?
- Miten innovaatioympäristöä ja sen kehitystä tulisi johtaa ja hallita?
- Millainen innovaatioympäristön rakenne ja toimijoiden roolitus edistäisi parhaiten alueen yritysten ja julkisyhteisöjen innovaatiotoimintaa?
- Millaista sisäistä dynamiikkaa innovaatiotoimintaa harjoittavissa yrityksissä, julkisyhteisöissä ja verkostoissa tarvitaan innovaatioiden synnyttämiseksi?

Tutkimusohjelmaa toteutetaan kolmessa toisiinsa limittyvässä temaattisessa tutkimuslinjassa:

### **Innovaatioprosessien synty ja dynamiikka**

- Monitoimijaisten innovaatioverkostojen rakentuminen
- Kollektiivisen oppimisen muodostuminen innovaatioprosesseissa
- Luottamuksen ja sosiaalisen pääoman muodostuminen innovaatioprosesseissa
- Asiantuntijuuden rakentuminen innovaatioprosesseissa
- Julkisen sektorin innovaatioprosessit

### **Innovaatioympäristöjen institutionaalinen rakenne**

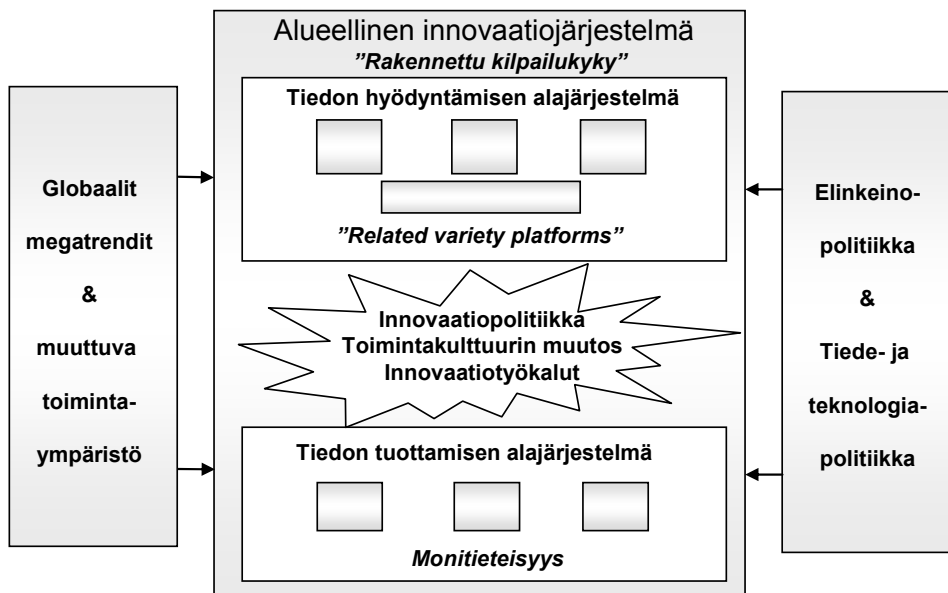
- Innovaatioympäristöjen rakenteellinen organisoituminen

- Yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen rooli osana innovaatioympäristöjä
- Välittäjä- ja kehittäjäorganisaatioiden rooli osana innovaatioympäristöjä

### Alueelliset innovaatiopolitiikat

- Oppivan talouden innovaatiopolitiikat
- Innovaatioympäristöjen johtaminen ja tulevaisuustiedon muodostuminen
- Aluehallinto innovaatiopolitiikan toteuttajana

Ohjelmassa painotetaan erityisesti sellaisia tutkimuskysymyksiä, jotka asettuvat usean tieteenalan yhtymäkohtaan tai välimaastoon. Tutkimushankkeen teoreettisen viitekehyksen esitämme kuvassa 5.



Kuva 5. Innovaatioympäristöjen tutkimusohjelman teoreettinen viitekehys.

Käytännön tasolla tutkimusohjelma koostuu useista eri osahankkeista, joista tässä raportoitava alueellinen teknologianennakointihanke on yksi. Sen toteuttamista ovat taustoittaneet alueella aiemmin laadittu teknologiastrategia ja klusterilähtöinen elinkeinojen kehittämisstrategia.

## 4. Päijät-Hämeen juurrutettu ennakointiprosessi

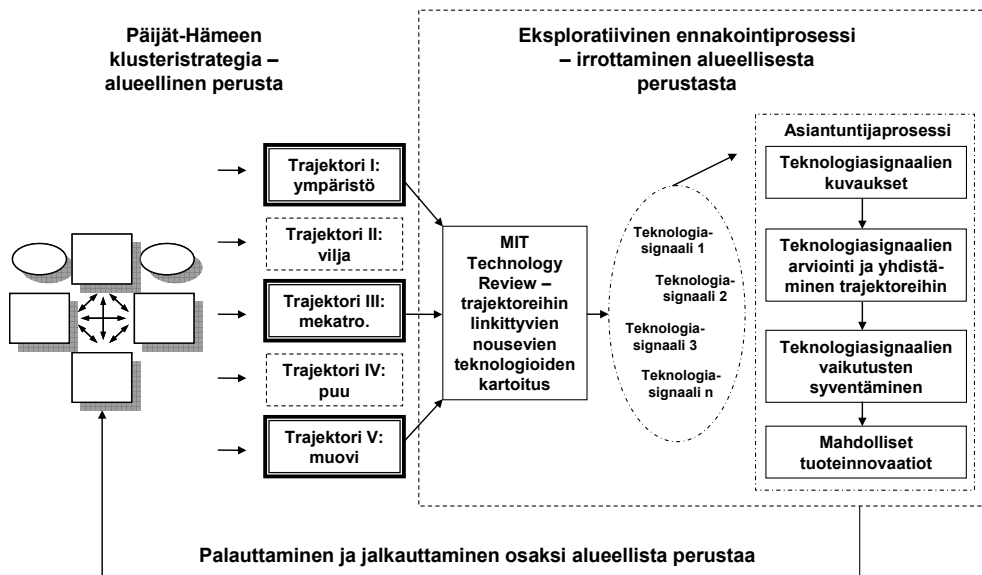
### 4.1 Ennakointiprosessin kuvaus

Hankkeen tavoitteena oli rakentaa avoin, tulevaisuutta luotaava teknologiaennakointiprosessi (kuva 6). Prosessin rajat ja suunnat määriteltiin luvussa 3.1 kuvatus alueellisen klusteristrategian perusteella. Ennakoitivaiheessa teknologiasignaalien määrittäminen irrotettiin alueperustasta – teknologiasignaalien aihiot kerättiin pääasiassa MIT Technology Review -lehden nousevia teknologioita ja tutkimussuuntia kartoittavasta osiosta. Tämän jälkeen aihiot luokiteltiin ja osa niistä karsittiin pois liiallisen ”futuristisuuden” vuoksi. MIT Technology Review -aineistosta olisi noussut vielä huomattavankin paljon ”futuristisempia” teknologiasignaaleja kuin tutkimukseen valitsemamme teknologiasignaalit. Kaikki lehden kuvailemat nousevat teknologiasignaalit ovat kuitenkin teemoja, joita jo aktiivisesti tutkitaan tai kehitellään eri puolilla maailmaa. Karsinnan perusteella pyrimme suuntaamaan ennakointiprosessin polttopisteen mahdollisimman osuvasti sellaisiin teknologiasignaaleihin, joilla on potentiaalisia kytkentöjä Päijät-Hämeen klusteristrategiaan. Teknologiasignaalien valinnan perusteena oli kolme kriteeriä: niiden tuli olla 1) ”riittävän” tulevaisuusorientoituneita, 2) hybridisiä ja 3) riittävän konkreettisia, jotta niistä yleensä voitiin esittää mielekkäitä arvioita. Toinen keskeinen valinnan kriteeri perustui näkemykseen teknologioiden konvergenssista, ja signaalien valinnalla pyrittiin korostamaan tulevaisuudessa voimistuvaa teknologioiden yhdistymistä, niiden hybridistä luonnetta.

Teknologiasignaalien alustavan valinnan jälkeen päädyttiin 40–50 teknologiasignaaliin, minkä jälkeen karsintaa jatkettiin tutkimusryhmässä ja tutkimuksen johtoryhmässä. Useiden iteraatiokierrosten jälkeen päädyttiin seuraavaan ratkaisuun: evaluoidaan kohtuullisen laaja kokoelma teknologiasignaaleja (33 kappaletta) kolmelta teknologiasektorilta (informaatioteknologia, nanoteknologia ja bioteknologia). Nämä 33 teknologiasignaalia muodostivat tutkimuksen perusjoukon, jonka suhteen ennakointiprosessia alettiin suorittaa.

Ennakoinnissa sovellettiin Delfoi-menetelmää alueellisesti kehystettynä (ks. Mannermaa & Ahlqvist 1998; Ahlqvist & Mannermaa 1999). Delfoi on laajalti käytetty ja melko perinteinen tulevaisuudentutkimuksen metodi (Kuusi 1999;

Ahlqvist 2003a; 2003b). Sen kolme periaatetta ovat yksinkertaistetusti oletus asiantuntijuudesta, iteraatiot kyselykierrosten välillä sekä suhteellinen riippumattomuus ajasta ja paikasta (Mannermaa 1991). Delfoin filosofiaan kuuluu palautteen antaminen asiantuntijoille, minkä jälkeen vastauksia on mahdollista muuttaa tai muotoilla. Käytännössä tämä tapahtuu usein suorittamalla vähintään kaksi empiiristä Delfoi-kierrosta.



Kuva 6. Tutkimusprosessi: alueellisen ennakoinnin ja teknologiaennakoinnin yhdistäminen.

Delfoi-menetelmä on luonteeltaan asiantuntijamenetelmä, jossa arviot ja päätelmät pohjautuvat asiantuntijoiden kollektiivisiin arvioihin tarkastelun kohteena olevasta ilmiöstä. Näitä kollektiivisia arvioita voidaan pitää luotettavampana päätelmien perusteena kuin yksittäisten asiantuntijoiden esittämiä yksittäisiä arvioita (Johnson & King 1988; Masini 1993). Menetelmään sisältyvän asiantuntumuksen merkityksen korostamisen takia Delfoi-paneelin muodostaminen on yksi tämän metodin haasteellisimpiä vaiheita (ks. Kuusi 1999). Tärkeää on, että paneelin jäsenet edustavat riittävää asiantuntemusta tutkimuksen kohdealueelta. Paneelin muodostamisessa ja nimeämisessä on useita mahdollisia menettelytapoja. Tässä tutkimuksessa paneeli rakennettiin käymällä läpi sellaisten tutkimusorganisaatioiden www-sivuja, jotka tekevät tutkimusta valittuihin teknologiasig-

naaleihin liittyvillä aihealueilla, ja valitsemalla näiden tutkimusorganisaatioiden www-sivuilta potentiaaliset vastaajat. Näin ollen paneelin koostumus on tiede- ja tutkimuspainotteinen. Kaiken kaikkiaan paneeliin valittiin 300 vastaajaa Suomesta ja ulkomailta. Tämänäköisellä paneelin muodostamisella kyettiin alueelliseen ennakoitiprosessiin integroimaan alueen ulkopuolista osaamista, minkä katsottiin olevan tärkeää murrettaessa alueella kenties olemassa olevia ”ajatuksellisia lukkiutumia” (Harmaakorpi & Uotila 2006).

Ensimmäisen Delfoi-kierroksen tavoitteena oli arvioida tarkasteluun valittujen teknologiasignaalien merkittävyyttä ja niiden vaikutuksia eri sektoreille sekä kytkä mahdollisia sovellusaiheita kyseisiin signaaleihin. Ensimmäisellä Delfoi-kierroksella saatiin hyväksyttävissä olevat vastaukset 62 asiantuntijalta (liite C).

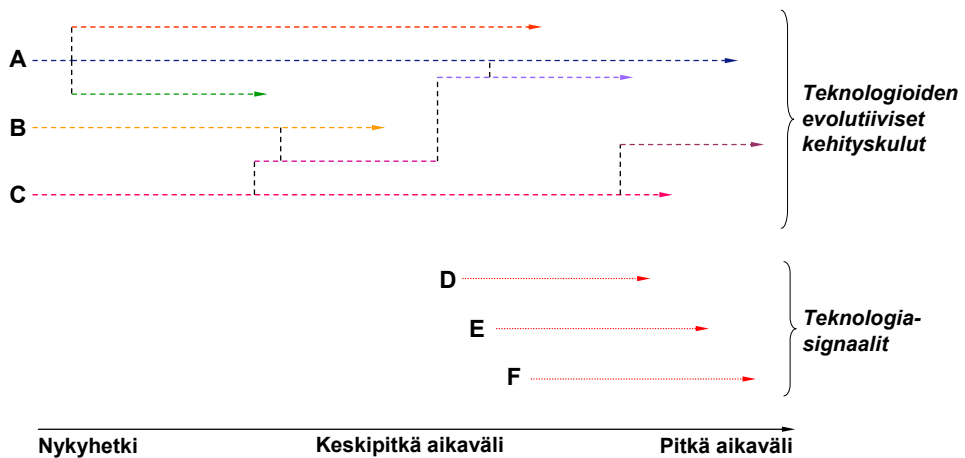
Toinen Delfoi-kierros keskittyi viiteen teknologiasignaaliin, jotka ensimmäisellä kierroksella arvioitiin keskeisimmiksi. Ensimmäisenä tavoitteena oli syventää näkemyksiä teknologiasignaalien yleisistä sovellusaloista. Toisena tavoitteena oli syventää viiden keskeisimmän ja mielenkiintoisimman teknologiasignaalin alueellisia vaikutuksia kytkemällä signaalien arviointeja Päijät-Hämeen klusteristrategiasta kiteytetyille sovellusaloille. Vaikka signaalit pyrittiin kytkemään alueelliseen kontekstiin sovelluspotentiaalien kautta, sovelluspotentiaalit mahdollistavat myös yleisempien johtopäätösten tekemisen. Sovelluspotentiaalit eivät siis kerro vain Päijät-Hämeen alueellisista ominaispiirteistä, vaan ne ovat samanaikaisesti sekä alueellisia että yleisiä. Kolmantena tavoitteena oli saada lisänäkemyksiä mahdollisista tuote- ja liiketoimintainnovaatioista, jotka hyödynsivät ensimmäisen kierroksen perusteella keskeisiksi nousseita teknologiasignaaleja. Toiseen, luonteeltaan kohdennetumpaan, kyselykierrokseen osallistui 49 asiantuntijaa (liite D).

## **4.2 Teknologioiden evolutiiviset kehityskulut ja teknologiasignaalit**

Tulevaisuudessa potentiaalisesti nousevia teknologioita voi lähestyä kahden kategorian kautta (kuva 7). Evolutiiviset teknologiat syntyvät inkrementaalisen kehitystyön ja teknologialinjojen yhdistelmien, fuusioiden, kautta. Oletuksena on, että teknologioiden linkkiytymistä voi tapahtua periaatteessa koska tahansa ja myös hyvin yllättävien kehityslinjojen välillä. Kuvassa 7 esitetyt teknologiat



A, B ja C ovat esimerkkejä evolutiivisista teknologioiden kehityskuluista. Teknologioiden evolutiiviset kehityskulut voi rinnastaa luvussa 2.3 käsittelemäämme Asheimin ja Coenenin (2005) alueellisen tietoperustan malliin. Oletamme, että synteettisen tietoperustan omaavilla alueilla teknologioiden kehityskulut ovat pääasiassa inkrementaalisia ja evolutiivisia. Teknologiat kehittyvät pienten parannusten ja teknologialinjojen yhdistämisen kautta. Toisen teknologiakategorian muodostavat teknologiasignaalit (D, E ja F). Teknologiasignaalit muodostuvat pääasiassa tieteellisen perustutkimuksen tuloksina. Näin ollen ne ovat kytköksissä Asheimin ja Coenenin (2005) määrittelemään analytyttiseen tietoperustaan. Teknologiasignaalit ovat potentiaalisia teknologia-aihoita, joihin liittyy huomattavaa epävarmuutta, mutta joilla toteutuessaan voi olla merkittäviä vaikutuksia.



Kuva 7. Teknologioiden evolutiiviset kehityskulut ja teknologiasignaalit (Ahlqvist et al. 2007).

Alueellisesti juurrutetun ennakkoinnin näkökulmasta teknologiasignaalit ovat uusia ja nousevia teknologia-aihoita, joilla on pitkän aikavälin vaikutuspotentiaalia tietystä yhteisöllisestä kehiksestä ja tietystä alueperustasta käsin tarkasteltuna. Alueellisesti juurrutetulla ennakkoinnilla voidaan luoda kytköksiä synteettisen tietoperustan ja analytyttisen tietoperustan tuottaman tiedon välille ja siten kiinnittää analytyttistä tietoa synteettiseen tietoperustaan. Tässä julkaisussa määrittelemämme teknologiasignaalit edustavat Päijät-Hämeen klusteristrategian ja päijäthämäläisten toimijoiden näkökulmasta heikkoja teknologiasignaaleja: ne ovat alueellisten toimijoiden näkökulmista uusia tai ainakin melko kaukana toi-

mijoiden arkisen toiminnan horisonteista, ja niillä on potentiaalisia vaikutuksia alueen toimijoiden tuotannolliseen toimintaan. Teknologiasignaalien valinnan perusteina olivat siten niiden pitkällä aikavälillä nähtävissä olevat potentiaaliset kytkenät Päijät-Hämeen alueen toimijoiden suunnitteluun, tutkimukseen ja kehitykseen, tuotantoon sekä liiketoimintaan. Tämän lisäksi arviointiin määritelty teknologiasignaalit olivat ”hybriditeknologioita”, jotka yhdistivät erilaisia teknologisia ideoita.

## 5. Ensimmäinen Delfoi-kierros

Ensimmäisen kierroksen tavoitteena oli arvioida teknologiasignaaleja, jotka oli muodostettu MIT Technology Review -lehdestä kerättyyn aineistoon perustuen. Teknologiasignaaleihin muokattiin kuvaukset, jotka karakterisoivat teknologiasignaalin sisältöä ja potentiaalisia sovelluskohteita. Teknologiasignaalit valittiin ja niiden kuvausten sisällöt muokattiin iteratiivisessa prosessissa, johon osallistui projektin tutkijat sekä projektin johtoryhmä. Ensimmäisellä Delfoi-kierroksella arvioinnin kohteina olivat teknologiasignaalien merkittävyys ja niiden vaikutukset eri sektoreille. Tämän lisäksi ensimmäisellä kierroksella kerättiin avoimin vastauksin erityisiä sovellusaihtioita, joita analysoidaan aluvuossa 5.3. Huomattavaa ensimmäisen kierroksen vastauksissa on asiantuntijoiden antama runsas palaute avoimiin kysymyksiin<sup>1</sup>. Kumpikin kyselykierros toteutettiin vuonna 2005, joten aineistoa tulee arvioida ennen muuta esimerkkinä teknologiaennakoinnin yhdistämisestä alueperustaan. Useat tutkimuksessa käsitellyt teknologiasignaalit ovat kuitenkin niin tulevaisuussuuntautuneita, että signaalien ajankohtaisuus on yhä korkea.

### 5.1 Teknologiasignaalien merkittävyys

Kuvissa 8 ja 9 esitämme asiantuntijapaneelin arviot tässä tutkimuksessa tarkasteltavien teknologiasignaalien merkittävyydestä (teknologiasignaalien lista kuvien jälkeen). Yleisenä huomiona arvioista voisi todeta sen, että arviot olivat keskimäärin melko varovaisia. Osaltaan tämä johtunee asiantuntijapaneelin koostumuksesta, joka oli hyvin tutkijapainotteinen. Toisaalta tämä johtunee, ”suodatusprosessista” huolimatta, teknologiasignaalien haastavuudesta ja tulevaisuusorientaatiosta. Tämä näkyi mm. siinä, että informaatioteknologiaan kytkeytyneet signaalit näyttivät olevan helpompia arvioida kuin tulevaisuusorientoituneemmat nano- tai bioteknologian signaalit. Nano- ja bioteknologian tutkimustyö on epävarmempaa ja tuotteistaminen vaikeampaa (ks. Ahlqvist 2003a; 2003b; 2005). Kuten kuvista voi havaita, arviot olivat melko varovaisia ja teknologiasignaalien välinen vaihtelu oli hyvin pientä. Viisi merkittävimäksi arvioitua teknologiasignaalia olivat

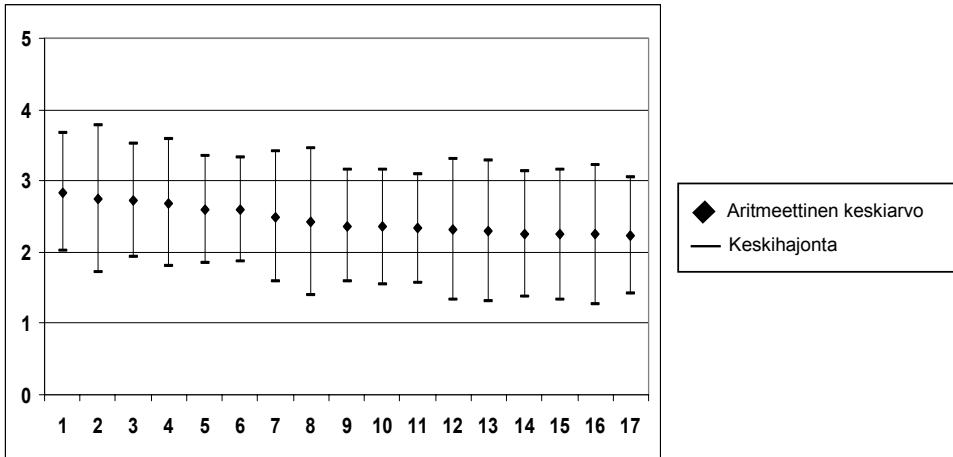
---

<sup>1</sup> Avoimiin kysymyksiin saatua palautetta erityisesti tiedon laadun näkökulmasta tarkastellaan kahdessa artikkelissa (Uotila & Melkas 2007; Melkas & Uotila 2007).

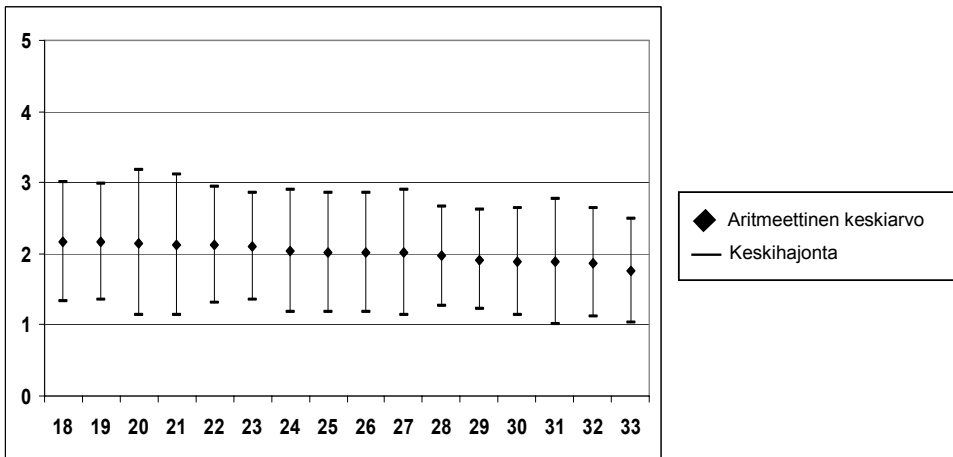
1. hain ihon rakennetta jäljittelevä, korkeaa painetta kestävä pintamateriaali, joka toimisi esimerkiksi lentokoneissa ja sukellusveneissä
2. älykännykät, jotka antavat hoito-ohjeita ja lääkitysohjeita ja voivat tarvittaessa olla yhteydessä lääkäriin
3. fotolitografia, orgaanisten nanorakenteiden "painaminen" keinomateriaalipinnoille
4. nanoelektroniikka tai molekylaarinen elektroniikka, joka mahdollistaa orgaanisten solujen ja elektroniikan yhdistelmät, "kyborgikoneet"
5. tehostettu todellisuus (*augmented reality*), joka mahdollistaa virtuaalisten objektien lisäämisen todelliseen ympäristöön. Voidaan käyttää esimerkiksi tehtaiden toimintojen, pintakäsittelyn tai tuotteiden suunnittelussa.

Viisi vähiten merkittäväksi arvioitua teknologiasignaalia olivat seuraavat:

29. Rakennetussa ympäristössä ja tuotannossa hyödynnetään yleisesti ns. integroitua informaatioteknologiaa, joka ei vaadi erillistä päätettä (reagoi liikkeisiin ja puheeseen) ja mahdollistaa tehokkaan kommunikaation ja vuorovaikutuksen. Integroitu teknologia on periaatteessa läsnä kaikkialla.
30. Tehokkaat ja elastiset aurinkokennot, jotka mahdollistavat aurinkoenergian laajamittaisen ja tehokkaan hyväksikäytön. Voidaan käyttää esimerkiksi rakennusten pintamateriaalina.
31. Nanotason magnetismiin perustuva tietokoneiden muisti, joka tekee mahdolliseksi tallettaa suuria määriä informaatiota molekyylikokoisiin laitteisiin.
32. Piihin perustuvat "soluakut" ja mikrokokoiset dieselturbiinit, joita voidaan käyttää esimerkiksi kännyköiden ja tietokoneiden akkujen korvikkeena. Akut ovat hyvin pienikokoisia ja mahdollistavat laitteiden jatkuvan kovan käytön ilman lataamista.
33. Tehokkaita, kohdennettuja lääkkeitä käytetään esimerkiksi syövän hoitoon siten, että lääkitys kohdistuu ainoastaan syöpäsoluihin. Esimerkki kohdennetusta lääkityksestä ovat nanopartikkelit, jotka hyökkäävät syöpäsoluun ja joita voidaan kauko-ohjatusti lämmittää. Syöpäsolut tuhoetaan "keittämällä" nanopartikkeleita.



Kuva 8. Teknologiasignaalien merkittävyyden arviointi, osa 1. 5 = erittäin merkittävä ... 1 = ei lainkaan merkitystä. Teknologioiden kuvaukset jäljempänä olevassa listassa.



Kuva 9. Teknologiasignaalien merkittävyyden arviointi, osa 2. 5 = erittäin merkittävä ... 1 = ei lainkaan merkitystä. Teknologioiden kuvaukset jäljempänä olevassa listassa.

Kuvien 8 ja 9 arvioiden mukaan järjestetyt teknologiasignaalien kuvaukset esitämmme seuraavassa listassa:

1. Hain ihon rakennetta jäljittelevä, korkeaa painetta kestävä pintamateriaali, joka toimisi esimerkiksi lentokoneissa ja sukellusveneissä.
2. Älykännykät, jotka antavat hoito-ohjeita ja lääkitysohjeita ja voivat tarvittaessa olla yhteydessä lääkäriin.
3. Fotolitografia, orgaanisten nanorakenteiden "painaminen" keinomateriaalipinnoille.
4. Nanoelektroniikka tai molekylaarinen elektroniikka, joka mahdollistaa orgaanisten solujen ja elektroniikan yhdistelmät, "kyborgikoneet".
5. Tehostettu todellisuus (*augmented reality*), joka mahdollistaa virtuaalisten objektien lisäämisen todelliseen ympäristöön. Voidaan käyttää esimerkiksi tehtaiden toimintojen, pintakäsittelyn tai tuotteiden suunnittelussa.
6. Kustannustehokkaat nanomanipulaattorit, jotka ovat yhä useampien teollisuusyritysten saatavilla. Nanomanipulaattorit ovat laitteita, joilla voi liikutella atomeja ja muokata materiaa nanometrien tarkkuudella.
7. Nanolangat, joiden avulla voidaan rakentaa nanokokoisia laboratorioita, tehokkaita tietokoneita ja muistijärjestelmiä. Langat johtavat elektroneja tehokkaasti ja kuumentumatta.
8. Aivo-tietokone-käyttöliittymät, jotka mahdollistavat suoran linkin aivoista johonkin laitteeseen. Mahdollistaisivat esimerkiksi keinoitekoisten raajojen käytön.
9. Hämähäkin seitin ominaisuuksia nanotasolla jäljittelevät materiaalit. Kuituja voisi valmistaa ilman kuumuutta, korkeaa painetta tai kemikaaleja. Kuidut ovat kestävämpiä, kimmoisampia ja joustavampia kuin tällä hetkellä valmistettavat. Voisi hyödyntää esimerkiksi siltojen kaapeleissa, suojarusteissa ja lääketieteellisissä ompeleissa.
10. Ohjelmistov Sovellukset, jotka pystyvät jäljittämään kognitiotason muutoksia. Voivat esimerkiksi varoittaa, jos sairaus etenee tai kohtausta on tulossa.
11. Kvanttimekaniikkaa hyödyntävät mikrolaserit, joilla voidaan tehdä materiaaleista ja muodoista tarkkoja malleja ja visualisointeja.
12. 3G-tekniologian mahdollistama nopea tekstin ja kuvien siirto lisää yksityisten ja julkisten palvelujen saavutettavuutta.
13. Henkilökohtainen genomiikka (*personal genomics*), joka mahdollistaa yksilön genomien luennan ja lääkityksen räätälöinnin täysin sopivaksi.
14. Hiiliinanoputkista (*carbon nanotubes*) voidaan rakentaa huippukestäviä materiaaleja ja kuituja, jotka kestävät äärimmäistä venymistä katkeamatta. Sähkölaitteissa nanoputkia voidaan käyttää estämään vaurioita ja pidentämään laitteiden käyttöikää.
15. Kehittynyt puheen- ja liikkeen tunnistus mahdollistaa tietojärjestelmien täydellisen ohjaamisen puheella tai eleillä.
16. Langattomien verkkojen käyttö kotihoidon tukena – voidaan esimerkiksi pitää kirjaa potilaan liikkeistä ja oppia hänen tapojaan.
17. Nanokoneet, jotka pystyvät pilkkomaan ja käsittelemään materiaaleja, esimerkiksi pilkkomaan eri materiaaleihin perustuvaa jätettä. Voisivat toimia esimerkiksi ongelmajätteen muuttamisessa joksikin vähemmän ongelmalliseksi jätteeksi.
18. Hajautettu tiedonsäilytys (*distributed data storage*) ja laajojen tietoverkkojen (esimerkiksi GRID) hallinta, joka mahdollistaa suurten tietomassojen säilyttämisen ja suuren laskentatehon käytön miltei täysin riippumatta maantieteellisestä sijainnista.
19. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa tuotantojärjestelmien ja tuotteiden interaktiivisen virtuaalisen suunnittelun.
20. Nanotransistorit, jotka voivat perustua yhteen elektroniin. Mahdollistavat erittäin nopeiden ja nanoskaalalla toimivien tietokoneiden ja tietojärjestelmien suunnittelun.

21. Tietokoneistettu terveydenhuolto, joka mahdollistaa etälääketieteen. Etälääketiede mahdollistaa teoriassa esimerkiksi New Yorkissa sijaitsevan lääkärin suorittaman leikkauksen fyysisesti Pariisissa sijaitsevalle potilaalle. Etälääketiede voi olla myös pitkäaikaista etähoitoa. Etähoito perustuu siihen, että osa potilaalta otettavista perusteista tehdään omatoimisesti ja toisaalla sijaitseva lääkäri analysoi tulokset ja tekee johtopäätökset.
22. Älymateriaalit, jotka muuttavat ominaisuuksiaan olosuhteiden (kuumuuden, valon tai kemiallisten olosuhteiden) muuttuessa. Esimerkiksi säilöntälaatikko, joka muuttaa ominaisuuksiaan ilman ja sisällön muutosten mukaan.
23. Uudet materiaalit, jotka tuottavat ja prosessoivat valoa, tulevat korvaamaan kuparista tehdyt johteet esimerkiksi informaation siirtoteknologioissa ja näyttöpäätteissä. Esimerkinä mikrofluidiikkaan perustuvat optiset kuidut (*microfluidic optical fibers*).
24. Nanosensorit, jotka jäljittävät atomitasoista liikettä. Nanosensoreita voidaan käyttää esimerkiksi elintarvikkeissa varoittamaan pilaantumisen merkeistä, teollisuudessa pintamateriaalien tasaisuuden mittauksessa ja varoittamaan ennalta tuotteiden rikkoutumisesta tai sairaanhoidossa varoittamaan kehittyvästä sairaudesta.
25. Nanokokoisia koneita käytetään esimerkiksi tautien diagnostiikassa, lääkkeiden annostelussa ja elintoimintojen seurannassa.
26. Biosensorit, jotka kiertävät elimistössä ja tekevät spesifejä analyysejä molekyyli tasolla.
27. Virtuaalisoluverkot, jotka mahdollistavat lääkkeiden vaikutusten mallinnuksen ennen käyttöönottoa. Kasvattavat huomattavasti lääkkeitä mahdollisuuksia nousta kaupalliselle tasolle asti.
28. Langattomat sensoriverkot, joita voidaan käyttää teollisessa tuotannossa muutosten ja laadun valvonnassa. Sensoriverkot valvovat automaattisesti koko tuotantoprosessia mikrotasolta koko prosessin hallintaan asti.
29. Rakennetussa ympäristössä ja tuotannossa hyödynnetään yleisesti ns. integroitua informaatio-tekniikkaa, joka ei vaadi erillistä päätettä (reagoi liikkeisiin ja puheeseen), mahdollistaa tehokkaan kommunikaation ja vuorovaikutuksen. Integroitu teknologia on periaatteessa läsnä kaikkialla.
30. Tehokkaita ja elastiset aurinkokennot, jotka mahdollistavat aurinkoenergian laajamittaisen ja tehokkaan hyväksikäytön. Voidaan käyttää esimerkiksi rakennusten pintamateriaalina.
31. Nanotason magnetismin perustuva tietokoneiden muisti, joka tekee mahdolliseksi tallettaa suuria määriä informaatiota molekyylikokoisiin laitteisiin.
32. Piihin perustuvat "soluakut" ja mikrokokoiset dieselturbiinit, joita voidaan käyttää esimerkiksi kännyköiden ja tietokoneiden akkujen korvikkeena. Akut ovat hyvin pienikokoisia ja mahdollistavat laitteiden jatkuvan kovan käytön ilman lataamista.
33. Tehokkaita, kohdennettuja lääkkeitä käytetään esimerkiksi syövän hoitoon siten, että lääkitys kohdistuu ainoastaan syöpäsoluihin. Esimerkki kohdennetusta lääkityksestä ovat nanopartikkelit, jotka hyökkäävät syöpäsoluun ja joita voidaan kauko-ohjatusti lämmittää. Syöpäsolut tuhoetaan "keitämällä" nanopartikkeleita.

## 5.2 Vaikutusten suuntautuminen

Kuvassa 10 esitämme arviot teknologiasignaalien vaikutuksista. Kuvassa 10 vaikutusten suuntautuminen on jaettu 33 signaalin joukosta valittuihin ns. IT-teknologiasignaaleihin, joita on määritelty tässä yhteydessä 12 (ks. kuvan 10 jälkeen oleva lista). Vaikutusten kohteet määriteltiin lyhyesti Päijät-Hämeen klusteristrategian avainaloihin perustuen. Vaikutusten kohteita määriteltiin kaikkiaan yhdeksän kappaletta:

- muoviteollisuus (esimerkiksi materiaalinkehitys, muottiteknologia, lämpömuovaus ja kierrätysteknologiat)
- metsäteollisuus (esimerkiksi huonekaluteollisuus, levyteollisuus ja pintakäsittelytekniikat)
- terveydenhuolto yleensä (esimerkiksi uudet hoitoratkaisut, infrastruktuuri yms.)
- vanhusten hoito (esimerkiksi uudet hoitoratkaisut, etähoito yms.)
- mekatronikka (esimerkiksi automaatioteollisuus, ohutlevytuotanto, teräsrakennus ja materiaalien tuotanto)
- vapaa-aika (viihde, matkustaminen yms.)
- elintarviketeollisuus (esimerkiksi leipomoteollisuus, juomateollisuus, maidonjalostus, lihateollisuus ja elintarviketeollisuuteen liittyvä bioteknologia)
- asuminen (esimerkiksi rakennustekniikka ja infrastruktuuri)
- ympäristöala (esimerkiksi jätteiden käsittely, kierrätys, ympäristöanalytiikka ja ympäristöbioteknologia).

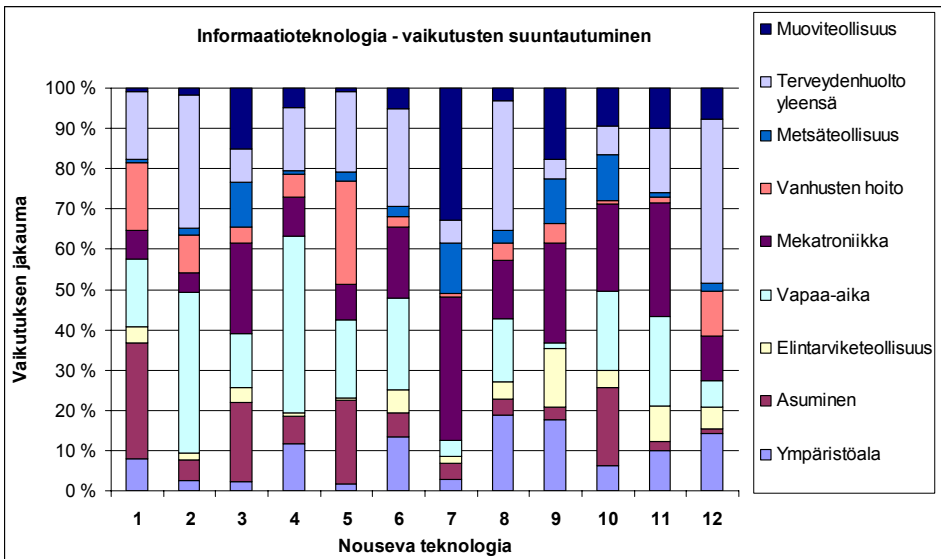
Vaikutusten arviointi tapahtui yksinkertaisesti valitsemalla kaksi vaikutuksen kohdetta ensimmäisen kierroksen kyselylomakkeen yhteydessä. Ensimmäisellä kierroksella ei vielä pyydetty arvioimaan vaikutusten suuntautumista tarkemmin, koska halusimme muodostaa yleisen kuvan teknologiasignaalien vaikutusten suunnista. Vaikutusten suuntien arviointi lomakekyselyssä osoittautui ”kaksiteräiseksi miekaksi”: joidenkin teknologiasignaalien vaikutusten arviointi osoittautui hedelmällisemmäksi kuin toisten. Syinä tähän ovat todennäköisesti teknologiasignaalien kuvaukset sekä vaikutusten kohteiden yleisyys. Teknologiasignaalien kuvauksissa käytimme esimerkkejä signaalin elävöittämisiksi ja selventämiseksi. Kuvauksilla oli kausaalinen yhteys vaikutusten arviointiin: esimerkkinä nostetut kuvailut ohjasivat useassa tapauksessa myös asiantuntijoiden arvioita. Vaikutuksen kohteet määriteltiin ensimmäisellä kierroksella vastaamisen nopeuttamiseksi melko yleisellä tasolla. Kun tämä yleisyysaste yhdistyi jo aiemmin kuvaamaamme teknologiasignaalin ”futuristisuuteen”, lopputuloksena oli se, että ”laajat” vaikutusten suunnat, kuten vapaa-aika tai terveydenhuolto, nousivat useissa signaaleissa oleellisiksi vaikutusten kohteiksi. Edellä mainituista syistä emme esitä tässä kymmenen ns. bioteknologiasignaalin vaikutusten suuntautumisia, koska kaikissa arvioissa ylikorostuivat terveydenhuollon ja vanhusten hoidon suunnat.

Kuvassa 10 esitetyn ensimmäisen IT-teknologiasignaalin (integroitu informaatioteknologia) arvioitiin suuntautuvan ensisijaisesti asumiseen. Keskeisiksi vaikutusten suunniksi arvioitiin myös vapaa-aika, vanhusten hoito ja terveydenhuolto yleensä. Toisen IT-teknologiasignaalin, jossa korostettiin mobiilitekno-



gian mahdollistamaa julkisten palvelujen uudenlaista saavutettavuutta, vaikutusten arvioitiin näkyvän ensisijaisesti vapaa-ajan aktiviteettien ja terveydenhuollon kohdalla. Kolmannen IT-teknologiasignaalin (virtuaaliodellisuus tuotantotoiminnassa) vaikutusten suunniksi arvioitiin ennen muuta mekatroniikka, asuminen, muoviteollisuus ja metsäteollisuus. Neljännen IT-teknologiasignaalin (uudet akkuteknologiat) vaikutusten suunnat painottuivat vapaa-aikaan. Myös ympäristöalan ja terveydenhuollon arvioitiin olevan keskeinen vaikutusten suunta. Viidennen IT-teknologiasignaalin (tietojärjestelmien ohjaaminen puheella ja liikkeillä) vaikutusarviot kohdistuivat melko tasaisesti vanhusten hoitoon, vapaa-aikaan, terveydenhuoltoon ja asumiseen.

Kuudennen IT-teknologiasignaalin (nanomuisti) vaikutukset jakautuivat samaten kohtuullisen tasaisesti. Erityisesti ympäristöalan ja terveydenhuollon arvioitiin hyötyvän uudeltaisesta suuren kapasiteetin muistiteknologiasta. Seitsemännen IT-teknologiasignaalin (mikrolaserit) arvioitiin suuntautuvan pääasiassa mekatroniikan ja muoviteollisuuden aloille. Kahdeksannen IT-teknologiasignaalin (hajautettu tiedonsäilytys) arvioitiin suuntautuvan etupäässä ympäristöalaan, mekatroniikkaan ja terveydenhuoltoon. Yhdeksännen IT-teknologiasignaalin (langattomat sensoriverkot) vaikutusten nähtiin asiantuntijapaneelin arvioissa kohdistuvan ympäristöalaan, mekatroniikkaan ja muoviteollisuuteen. Kymmenennen IT-teknologiasignaalin (tehostettu todellisuus) arvioitiin suuntautuvan asumisen, mekatroniikan ja metsäteollisuuden aloille. Yhdennentoista IT-teknologiasignaalin (nanotransistorit) arvioitiin suuntautuvan ennen kaikkea mekatroniikkaan. Kahdennentoista IT-teknologiasignaalin (nano- ja molekyläärinen elektroniikka) vaikutusten nähtiin asiantuntijapaneelin arvioissa suuntautuvan etupäässä terveydenhuollon alalle.



Kuva 10. IT-teknologiasignaalien vaikutusten arvioitu suuntautuminen.

### IT-teknologiasignaalit

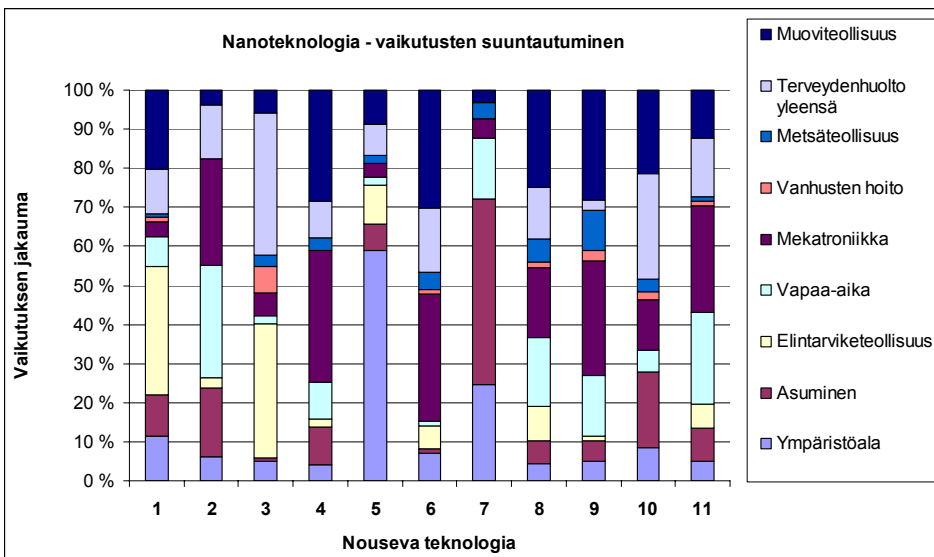
1. Rakennetussa ympäristössä ja tuotannossa hyödynnetään yleisesti ns. integroitua informaatioteknologiaa, joka ei vaadi erillistä päätettä (reagoi liikkeisiin ja puheeseen) mutta mahdollistaa tehokkaan kommunikaation ja vuorovaikutuksen. Integroitu teknologia on periaatteessa läsnä "kaikkialla".
2. 3G-teknologian mahdollistama nopea tekstin ja kuvien siirto lisää yksityisten ja julkisten palvelujen saavutettavuutta.
3. Virtuaalimallitus mahdollistaa tuotantojärjestelmien ja tuotteiden interaktiivisen virtuaalisen suunnittelun.
4. Piihin perustuvat "soluakut" ja mikrokokoiset dieselturbiinit, joita voidaan käyttää esimerkiksi kännyköiden ja tietokoneiden akkujen korvikkeena. Akut ovat hyvin pienikokoisia ja mahdollistavat laitteiden jatkuvan kovan käytön ilman lataamista.
5. Kehittynyt puheen- ja liikkeen tunnistus mahdollistaa tietojärjestelmien täydellisen ohjaamisen puheella tai eleillä.
6. Nanotason magnetismin perustuva tietokoneiden muisti, joka tekee mahdolliseksi tallettaa suuria määriä informaatiota molekyylikokoisiin laitteisiin.
7. Kvanttimekaniikkaa hyödyntävät mikrolaserit, joilla voidaan tehdä materiaaleista ja muodoista tarkkoja malleja ja visualisointeja.
8. Hajautettu tiedonsäilytys (*distributed data storage*) ja laajojen tietoverkkojen (esimerkiksi GRID) hallinta, joka mahdollistaa suurten tietomassojen säilyttämisen ja suuren laskentatehon käytön miltei täysin riippumatta maantieteellisestä sijainnista.
9. Langattomat sensoriverkot, joita voidaan käyttää teollisessa tuotannossa muutosten ja laadun valvonnassa. Sensoriverkot valvovat automaattisesti koko tuotantoprosessia mikrotasolta koko prosessin hallintaan asti.
10. Tehostettu todellisuus (*augmented reality*), joka mahdollistaa virtuaalisten objektien lisäämisen todelliseen ympäristöön. Voidaan käyttää esimerkiksi tehtaiden toimintojen, pintakäsittelyn tai tuotteiden suunnittelussa.

11. Nanotransistorit, jotka voivat perustua yhteen elektroniin. Mahdollistavat erittäin nopeiden ja nanoskaalalla toimivien tietokoneiden ja tietojärjestelmien suunnittelun.

12. Nanoelektroniikka tai molekylaarinen elektroniikka, joka mahdollistaa orgaanisten solujen ja elektroniikan yhdistelmät, ”kyborgikoneet”.

Kuvassa 11 vaikutusten suuntautumisesta on jaettu 33 signaalin joukosta ns. nanoteknologiasignaaleihin, joita on määritelty tässä yhteydessä 11 (ks. kuvan 11 jälkeen oleva lista). Vaikutusten suuntautumisalat on määritelty samoin kuin kuvassa 10. Ensimmäisen nanoteknologiasignaalin (älymateriaalit) vaikutusten arvioitiin suuntautuvan pääasiassa elintarviketeollisuuteen sekä jossain määrin ympäristöalalle ja muoviteollisuuteen. Toisen nanoteknologiasignaalin (uudet materiaalit) vaikutusten nähtiin asiantuntijapaneelin arvioissa kohdistuvan vapaa-aikaan, mekatroniikkaan ja asumiseen. Kolmannen nanoteknologiasignaalin (nanosensorit) arvioitiin vaikuttavan ennen muuta elintarviketeollisuuteen ja terveydenhuoltoon. Neljännen nanoteknologiasignaalin (nanoputket) nähtiin asiantuntijapaneelin arvioissa kohdistuvan mekatroniikkaan ja muoviteollisuuteen. Viidennen nanoteknologiasignaalin (nanokoneet) arvioitiin vaikuttavan ensisijaisesti ympäristöalaan. Kuudennen nanoteknologiasignaalin (nanomanipulaattorit) nähtiin asiantuntijapaneelin arvioissa vaikuttavan erityisesti mekatroniikkaan ja muoviteollisuuteen.

Seitsemännen nanoteknologiasignaalin (aurinkokennot) vaikutusten arvioitiin kohdistuvan ympäristöalaan ja asumiseen. Kahdeksannen nanoteknologiasignaalin (fotolitografia) nähtiin asiantuntijapaneelin arvioissa kohdistuvan mekatroniikkaan ja muoviteollisuuteen. Yhdeksännen nanoteknologiasignaalin (biomimeettinen hain ihon rakennetta jäljittelevä materiaali) vaikutusten nähtiin kohdistuvan pääasiassa mekatroniikkaan ja muoviteollisuuteen. Kymmenennen nanoteknologiasignaalin (biomimeettinen hämähäkin seitin kuiturakennetta imitoiva materiaali) arvioitiin asiantuntijapaneelin arvioissa vaikuttavan asumiseen, terveydenhuoltoon ja muoviteollisuuteen. Yhdennentoista nanoteknologiasignaalin (nanolangat) vaikutusten arvioitiin suuntautuvan vapaa-aikaan, mekatroniikkaan, terveydenhuoltoon ja muoviteollisuuteen.



Kuva 11. Nanoteknologiasignaalien vaikutusten arvioitu suuntautuminen.

### Nanoteknologiasignaalit

1. Älymateriaalit, jotka muuttavat ominaisuuksiaan olosuhteiden (kuumuuden, valon tai kemiallisten olosuhteiden) muuttuessa. Esimerkiksi säilöntälaatikko, joka muuttaa ominaisuuksiaan ilman ja sisällön muutosten mukaan.
2. Uudet materiaalit, jotka tuottavat ja prosessoivat valoa, tulevat korvaamaan kuparista tehdyt johdot esimerkiksi informaation siirtoteknologioissa ja näyttöpäätteissä. Esimerkkinä mikrofluidiikkaan perustuvat optiset kuidut (*microfluidic optical fibers*).
3. Nanosensorit, jotka jäljittävät atomitasoista liikettä. Nanosensoreita voidaan käyttää esimerkiksi elintarvikkeissa varoittamaan pilaantumisen merkeistä, teollisuudessa pintamateriaalien tasaisuuden mittaamisessa ja varoittamaan ennalta tuotteiden rikkoutumisesta tai sairaanhoidossa varoittamaan kehittyvästä sairaudesta.
4. Hiiliinanutkista (*carbon nanotubes*) voidaan rakentaa huippukestäviä materiaaleja ja kuituja, jotka kestävät äärimmäistä venymistä katkeamatta. Sähkölaitteissa nanoputkia voidaan käyttää estämään vaurioita ja pidentämään niiden käyttöikää.
5. Nanokoneet, jotka pystyvät pilkkomaan ja käsittelemään materiaaleja, esimerkiksi pilkkomaan eri materiaaleihin perustuvaa jätettä. Voisivat toimia esimerkiksi ongelmajätteen muuttamisessa joksikin vähemmän ongelmalliseksi jätteeksi.
6. Kustannustehokkaat nanomanipulaattorit, jotka ovat yhä useampien teollisten yritysten saatavilla. Nanomanipulaattorit ovat laitteita, joilla voi liikutella atomeja ja muokata materiaa nanometrien tarkkuudella.
7. Tehokkaat ja elastiset aurinkokennot, jotka mahdollistavat aurinkoenergian laajamittaisen ja tehokkaan hyväksikäytön. Voidaan käyttää esimerkiksi rakennusten pintamateriaalina.
8. Fotolitografia, orgaanisten nanorakenteiden "painaminen" keinomateriaalipinnoille.
9. Hain ihon rakennetta jäljittelevä pintamateriaali, joka toimisi esimerkiksi lentokoneissa ja sukellusveneissä.
10. Hämähäkin seitin ominaisuuksia nanotasolla jäljittelevät materiaalit. Kuituja voisi valmistaa ilman kuumuutta, korkeaa painetta tai kemikaaleja. Kuidut ovat kestävämpiä, kimmoisampia ja joustavam-

pia kuin tällä hetkellä valmistettavat. Voisi hyödyntää esimerkiksi siltojen kaapeleissa, suojarusteissa ja lääketieteellisissä ompeleissa.

11. Nanolangat, joiden avulla voidaan rakentaa nanokokoisia laboratorioita, tehokkaita tietokoneita ja muistijärjestelmiä. Langat johtavat elektroneja tehokkaasti ja kuumentumatta.

## 5.3 Sovellusaihiot

Tässä luvussa esitämme teknologiasignaaleihin linkitettyjen sovellusaihioiden analyysin. Sovellusaihiot kerättiin ensimmäisellä Delfoi-kierroksella asiantuntijoiden antamista avoimista vastauksista. Sovellusaihiot on luokiteltu kolmeen kokonaisuuteen: laitteet, sovellukset/palvelut sekä teknologiasignaalin problematiikka. *Laitteet* viittaavat konkreettisuonteisiin sovelluksiin, joita käytetään jonkin määritellyn toiminnon toteuttamiseen. *Sovellukset/palvelut* viittaavat geneerisempiin ideoihin ja palveluihin tai kehityssuuntiin, jotka voivat korostua teknologiasignaalin toteutumisen johdosta. *Problematiikka*-kokonaisuuteen on koottu tiivistetyksi näkemyksiä, joissa korostettiin teknologiasignaalin sovellusten yhteiskunnallisia ulottuvuuksia. Tulee huomata, että jäljempänä olevissa luokittelussa esitämme ainoastaan ne sovellusalat ja sovellusmahdollisuudet, jotka mainittiin aineistossa. Analyysi ei siksi ole kaikenkattava ja saattaa sisältää puutteita. Analyysiä ei ole täydennetty muista lähteistä siksi, että halusimme painottaa asiantuntijaryhmän näkemystä. Pyrimme muodostamaan tämän asiantuntijaryhmän näkemyksiä mukailevan tulevaisuudenkuvan (liite C).

Teknologiasignaalit ja sovellusaihiot on jaettu seitsemään ryhmään: ubiikit informaatioteknologiat, terveydenhuolto, nanosovellukset, funktionaaliset materiaalit, materiaalin prosessointi, sensoriteknologiat ja hybriditekhnologiat. Teknologiasignaalien jaottelussa painotettiin teknologioiden konvergenssia ja uusien potentiaalisten teknologiakokonaisuuksien muodostumista. Tämän vuoksi tarkastelussa ei sovellettu traditionaalisempia jakoja esimerkiksi informaatioteknologiaan, bioteknologiaan ja nanoteknologiaan, vaikka niitä muualla julkaisussa käytetäänkin. Ryhmien muodostaminen tähdentää mahdollisuutta uusien sosio-tekhnisten kokonaisuuksien rakentumiseen eri teknologioiden rajapinnoilla. Teknologiasignaaleissa painottui eritoten informaatioteknologian rooli teknologisenä perustana uusille innovaatioille sekä teknologioiden hybridisoituminen eli yhdistyminen ja konvergenssi.

Teemme seuraavassa lyhyet luonnehdinnat kustakin teknologiasignaali- ja sovellusaihioryhmästä. Ubiikit informaatioteknologiat viittaavat teknologiasignaaleihin, joiden sovellusala on toimintaympäristöön integroitu informaatioteknologia. Tässä ryhmässä teknologioilla on erityisen laajat sovellusmahdollisuudet. Ubiikit informaatioteknologiat liittyvät ennen kaikkea ”ubiikkiyhteiskunta”-ajatteluun, jossa informaatioteknologian nähdään olevan kaikkeen inhimilliseen toimintaan ja ihmisen käyttämiin tiloihin liittyvä komponentti. Terveystieteiden teknologiasignaalit korostivat ennen muuta terveydenhuollon tarpeisiin sovellettua informaatioteknologiaa sekä tutkimuksessa että kotihoidon tukena. Seuraava ryhmä on nimeltään nanosovellukset. Tässä kategoriassa tarkasteltavat teknologiasignaalit käsittelevät nanoteknologian tulevaisuuden sovelluksia. Teeman funktionaaliset materiaalit alle on koottu erilaisia tulevaisuudessa mahdollisten materiaalien ratkaisujen seurauksia. Funktionaaliset materiaalit -teema korostaa myös biomimetikan mahdollisuuksia tulevaisuuden materiaalisissa ratkaisuissa. Sensoriteknologioihin on sisällytetty teknologiasignaalit, jotka painottavat sensorijärjestelmien rakentamista niin informaatioteknologian kuin nanoteknologiankin avulla. Sensoriteknologioita ja -verkkoja voi käyttää hyväksi niin ubiikkiympäristöissä, teollisuudessa kuin terveydenhuollossakin. Viimeinen teknologiasignaali-ryhmä on ns. hybriditekniikat, joissa painottuvat erilaiset teknologiayhdistelmät.

### **5.3.1 Ubiikit informaatioteknologiat**

Taulukossa 6 esitämme ensimmäisen ubiikkiin informaatioteknologiaan luokitellun teknologiasignaalin, integroidun informaatioteknologian. Integroitu IT -signaalissa korostuivat laitteina rakenteisiin kytkettävät sensorikalvot, jotka voisivat toimia integroidun IT:n perusrakenteena. Toisena potentiaalisena perusrakenteena ovat kaksisuuntaisen yhteyden mahdollistavat sulautetut näytöt. Puheohjautuvuus voisi asiantuntijanjärjestelmien perusteella olla yksi tapa ohjata integroituun IT:hen pohjautuvia ratkaisuja. Tämän mahdollistaisivat myös käyttöliittymät, joilla voisi tuottaa tekstiä ilman näppäimistöä. Keskeinen ominaisuus ratkaisuille on sulautuvuus: ratkaisujen tulisi olla muokattavissa käyttäjien tarpeiden mukaan. Toinen keskeinen ominaisuus olisi käyttäjän tarpeiden ennakoiva oppiminen.

Integroidun IT:n sovellusalat voivat olla hyvin moninaiset. Arvioiden mukaan keskeisimmät sovellusalat ovat älyrakennukset ja älykodit, jotka voisivat olla muuttuvasti toiminnallisia esimerkiksi liikuntarajoitteisille henkilöille. Tähän teknologiasignaaliin liittyvät esimerkiksi älykkäästi säätyvät asumisratkaisut, kuten lämpötilan säätyminen automaattisesti alhaisemmaksi tai valojen sammuminen, kun talossa ei ole ihmisiä. Eräs panelisti ehdotti vanhusten hoidossa sovellettavaksi ”reaaliaikaisen kaksisuuntaisen videoyhteyden mahdollistavaa kommunikaatiosovellusta, jonka käyttöliittymänä vanhuksella voi olla esimerkiksi makuuhuoneen seinään upotettu näyttö”. Rakennuksiin sulautettu informaatioteknologia viittaa ennen muuta lämmitys-, valaistus- ja hälytysjärjestelmiin sekä muuttuviin tilaratkaisuihin (esim. siirrettävät seinärakenteet). Toinen keskeinen sovellusala on terveydenhuolto, erityisesti tiedonkeruun ja raportoinnin järjestelmät ja erilaiset monitorointiratkaisut.

Tämän lisäksi integroitu IT voisi toimia turvajärjestelmissä (esimerkiksi kulunvalvonnassa) sekä viihdeteollisuudessa (pelit, interaktiiviset julisteet). Kiinnostava ehdotus liittyi elintarviketeollisuuden logistiikkaan: eräs vastaaja visioi ”lentävää kauppakassia” eli itseohjautuvaa ja itsekuormaavaa ostoskäräy. Integroitu IT voisi toimia myös laajemmin synkronoitujen liikennejärjestelmien suunnittelussa. Tämän lisäksi integroitu IT voisi toimia prosessiteollisuudessa, teollisessa muotoilussa ja suunnittelussa. Myös aktiivinen ja visuaalinen kaupunkisuunnittelu voisi tulla kyseeseen: integroitu IT mahdollistaisi erilaisten holografisten taideteosten istuttamisen kaupunkikuvaan. Luokassa ”teknologiasignaalin problematiikka” korostettiin integroidun IT:n luomaa laaja-alaisen valvonnan mahdollisuutta. Monitoroinnin ja valvonnan mahdollisuudet tekevätkin integroidun IT:n soveltamisen haasteelliseksi myös yhteiskuntapoliittisesti. Samalla kun teknologian käyttöönottoa harkitaan, tulisi käydä laaja-alaista ja moniäänistä keskustelua sen käyttötarkoituksista, eduista ja haitoista.

Taulukko 6. Ubiikit informaatioteknologiat: integroitu informaatioteknologia.

TEKNOLOGIASIGNAALI		
Rakennetussa ympäristössä ja tuotannossa hyödynnetään yleisesti ns. integroitua informaatioteknologiaa, joka ei vaadi erillistä päätettä (reagoi liikkeisiin ja puheeseen) sekä mahdollistaa tehokkaan kommunikaation ja vuorovaikutuksen. Integroitu teknologia on periaatteessa läsnä kaikkialla.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensorikalvot asuntojen rakenteisiin ja niihin liittyvät ohjelmistot</li> <li>• Kaksisuuntaisen yhteyden mahdollistavat laitteet, esim. seinään upotettavat näytöt</li> <li>• Puheella ohjautuvat laitteet, esim. sairaaloissa, kotona (valot, keittiö)</li> <li>• Oppivat rakenteet ja materiaalit &gt; oppii ja sopeutuu asukkaan/käyttäjän tarpeisiin</li> <li>• Tietokoneet/käyttöliittymät, joilla voi tuottaa tekstiä ilman näppäimistöä</li> <li>• Sulautetut multimediaratkaisut &gt; muokattavat käyttöliittymät (ulkoasu, kieli, toiminnallisuus jne.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Älykosisovellukset &gt; esim. liikuntarajoitteiset henkilöt, vanhukset</li> <li>• Asuntoon upotettu informaatioteknologia &gt; lämmitys-, valaistus- ja hälytysjärjestelmät</li> <li>• Terveystieteidenhuolto &gt; tiedonkeruujärjestelmät, monitorointi, raportointi</li> <li>• Prosessiteollisuuden valvontatekniikat</li> <li>• Turvallisuusjärjestelmät, esim. kulunvalvonta</li> <li>• Viihdeteollisuus &gt; pelit, interaktiiviset ja "elävät" julisteet yms.</li> <li>• Elintarviketeollisuuden logistiikka &gt; "lentävä kauppakassi" eli itseohjautuva ja kuormaava ostoskärry</li> <li>• Graafinen suunnittelu ja teollinen muotoilu</li> <li>• Taiteilijoiden, esimerkiksi kuvanveistäjien, tuotosten hyödyntäminen visuaalisina objekteina rakennetussa ympäristössä</li> <li>• Liikennejärjestelmät &gt; esimerkiksi laajat ja synkronoidut logistiset ratkaisut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laaja-alaisen valvonnan mahdollisuus ja sen poliittiset ja eettiset seuraukset</li> </ul>

Taulukossa 7 esittelemme toisen ubiikin informaatioteknologian signaalin, joka liittyy virtuaalitodellisuuteen. Delfoi-kierroksella esitettiin kaksi laitteeksi luokiteltavaa sovellusaihiota ja kaikkiaan 15 yleisemmiksi sovelluksiksi tai palveluiksi luokiteltavaa aihiota. Laitteista ensimmäinen on miniatyyriset robotit, jotka tekevät joko kaupassa tai kotona yksilöllisiä kolmiulotteisia kappaleita metallijauhasta. Tällä laitteella voisi olla huomattavia mahdollisuuksia myös teollisessa käytössä. Toinen laite on digitaalipeili, joka helpottaisi räätälöityjen tuotteiden suunnittelua. Esimerkiksi asusteissa mitat ja rakenteet tulisivat automaattisesti huomioon otetuiksi, samaten kännykänkuorista ja autonkoreista saisi valmistettua mittatarkkoja malleja.

Teknologiasignaalin sovellukset ja palvelut ovat Delfoi-paneelia mukaillen moninaiset. Ensimmäinen sovellusala on teollisessa muotoilussa ja suunnittelussa. Teollisessa muotoilussa virtuaalitodellisuutta voisi soveltaa kolmiulotteisten



mallien työstämiseen, arkkitehtuurissa taas esim. virtuaalikävelyyn suunniteltavassa talossa. Myös työkoneiden käyttökoulutuksessa olisi sovellusmahdollisuuksia. Terveystieteissä virtuaalitodellisuutta voisi soveltaa esimerkiksi CT- ja MRI-kuvista tehtyyn malliin potilaasta ja esimerkiksi harjoitella ja suunnitella kirurgisen operaation etukäteen. Virtuaalitodellisuudella on laajat mahdollisuudet myös etähoidossa, etädiagnostiikassa, psykoterapiassa ja kaikenlaisessa kuntoutuksessa. Myös molekyyli- ja lääketieteellinen tutkimus sekä tekoraajojen ja nivelten valmistus voisi soveltaa tätä. Virtuaalitodellisuus voisi toisaalta muuttua ”elämysteollisuudeksi”. Kulttuuriteollisuus ja turismi voisivat myös eri tavoin hyötyä virtuaalitodellisuudesta. Syntyisi kulttuuristen tuotteiden ”etäkulutusta”. Yksi panelisti ennakoivat turismin muuttuvan tulevaisuudessa radikaalisti virtuaalitodellisuuden soveltamisen seurauksena:

Tourism will mean a different thing to what we currently regard as tourism. Travel is extensively organised more carefully since real and virtual information can be compared and experienced in advance – people will choose to concentrate on their top preferences, wherever and whatever these may be – but only choose to visit a region or site physically when they are very sure about the benefits of a real experience.

*Taulukko 7. Ubiikit informaatioteknologiat: virtuaalitodellisuus.*

<b>TEKNOLOGIASIGNAALI</b>	
<b>Virtuaalitodellisuus mahdollistaa tuotantojärjestelmien ja tuotteiden interaktiivisen virtuaalisen suunnittelun.</b>	
<b>LAITTEET</b>	<b>SOVELLUKSET/PALVELUT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miniatyriset robotit kaupassa/kotona valmistavat yksilöllisiä 3D-kappaleita metallijauhasta</li> <li>• Digitaalipeili &gt; lasermittaus ja virtuaalimallinnus auttavat tilaamaan räätälöityjä tuotteita, esim. asusteet, kännykänkuoret, autonkorit...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teollinen muotoilu muovi- ja metsäteollisuudessa</li> <li>• Arkkitehtuuri &gt; esim. virtuaalikävely suunnitteilla olevassa talossa</li> <li>• Työkoneiden käyttökoulutus</li> <li>• Kirurgien leikkausten suunnittelu &gt; perustuu CT- tai MRI-kuvista tehtyyn malliin potilaasta</li> <li>• Videoneuvottelu 3D-tilassa</li> <li>• Sisustussuunnittelu &gt; esim. asiakkaalle tehtävä virtuaalimalli sisustusratkaisuista</li> <li>• Interaktiivinen räätälöityjen erikoist tuotteiden valmistus &gt; esim. lentokoneteollisuus, komposiitit</li> <li>• Asuminen ja sisustaminen kokonaisvaltaisena ”elämysteollisuutena”, johon on linkitetty myös viihde- ja hyvinvointiteollisuuden ratkaisut &gt; ratkaisut voisi suunnitella virtuaalisesti etukäteen</li> <li>• Etähoito, mielenterveyden diagnosointi, psykoterapia, kuntoutus ja opetus</li> <li>• Tekonivelten suunnittelu ja soveltaminen</li> <li>• Neurosairauksien etädiagnosointi</li> <li>• Molekylaarinen mallinnus ja suunnittelu, esim. yksilöllinen lääkitys</li> <li>• Kuljetuspalvelujen personoitu suunnittelu &gt; eri kuljetusmuodot, ”joukkotaksit”, palvelut yms.</li> <li>• Alueen matkailuvalltien korostaminen turismin tukemiseksi</li> <li>• Kulttuuristen tuotteiden ”etäkulutus”</li> </ul>

Kolmas ubiikin informaatioteknologian signaali painottaa käyttöjärjestelmien muutosta puheella ja eleillä ohjailtavaksi (taulukko 8). Signaaliin liittyvänä oleellisimpana ”laitteena” nähtiin käyttäjän tarpeisiin adaptoituvat rakennukset. Adaptoituminen voi tarkoittaa esimerkiksi valaistuksen tai lämpötilan sopeuttamista ja ohjailtavuutta tai tilojen muunneltavuutta. Esimerkiksi liikunta- tai näkörajoitteiset henkilöt hyötyisivät huomattavasti erilaisista ohjausjärjestelmistä, jotka mahdollistaisivat ovien avaamisen ja tilojen muunneltavuuden. Eräs vastaaja korosti, että tulevaisuudessa teknologiset ratkaisut ovat käyttäjän liikkeisiin ja eleisiin adaptoituvia. Eleohjaus täydentää puheohjausta ja perinteistä näyttöpääteohjausta. Puheentunnistusta voisi käyttää vartiointi- ja turvajärjestelmissä tallennusjärjestelmänä. Tämän lisäksi etähoidossa voisi soveltaa puheohjausta.

*Taulukko 8. Ubiikit informaatioteknologiat: puheentunnistus.*

TEKNOLOGIASIGNAALI		
Kehittynyt puheen- ja liikkeen tunnistus mahdollistaa tietojärjestelmien täydellisen ohjaamisen puheella tai eleillä.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakennukset, jotka adaptoituvat fyysisiin ja henkisiin tarpeisiin &gt; esim. valaistus voi muuttua käyttäjän liikkeiden mukaan</li> <li>Houses adapt to our physical and emotional needs rather than just adapt to the climate e.g. mood lighting is suggested according to our preferences, which do not need to be articulated verbally or explicitly or by moving control instruments but instead are recognised automatically by our actions and movement patterns</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asumista helpottavat ohjausjärjestelmät &gt; liikunta- tai näkörajoitteiset henkilöt hyötyisivät esim. ovien avaamisen ohjaamisesta puheella</li> <li>Voi soveltaa lähes kaikkeen, missä tarvitaan käyttöliittymää &gt; kommunikoivat käyttöliittymät</li> <li>Vartiointi liiketunnistuksen avulla &gt; voitaisiin "kuunnella" ja tunnistaa puhe ja tallentaa se, jos siinä on jotain epäilystä härttävää</li> <li>Etähoito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puheohjaus ei ole tällä hetkellä vielä lähellä teknologiasignaalin kuvailemaa "täydellistä ohjaamista"</li> <li>Ovatko valmistajat kiinnostuneita kehittämään puheohjaussovelluksia myös pienille kieliryhmille?</li> </ul>

Neljäs ubiikin informaatioteknologian kenttään liittyvä signaali on hajautettu tiedonsäilytys, joka tässä viittaa suurten tietomassojen tallentamiseen palasina useille eri koneille laitteiden verkottuneisuutta hyödyntämällä (taulukko 9). Näin tietoa voisi käyttää lähes maantieteellisestä sijainnista riippumatta. Samalla käytössä olisi huomattava määrä laskentatehoa. Hajautettu tiedonsäilytys mahdollistaisi sellaisten tehokkaiden taskutietokoneiden rakentamisen, jotka voisivat samalla toimia henkilökorttina ja tunnisteena. Eräs vastaaja näki, että keskeisin seuraus teknologiasignaalin realisoitumisesta olisi mahdollisuus rakentaa lääkedynamiikkasimulaattori, joka mallintaisi lääkkeiden vaikutuksia ihmiskehossa. Simulaattori olisi hyödyllinen esimerkiksi tuotetestausvaiheessa oleville lääk-

keille. Muutenkin asiantuntija-arvioissa korostettiin terveydenhuollon ja biotieteiden sovelluksia. Hajautettu tiedonsäilytys voisi edistää esimerkiksi tilastollista tutkimusta, DNA- ja proteiinirakenteiden tutkimusta ja systeemibiologista tutkimusta siksi, että se mahdollistaa huomattavan isojen aineistomassojen kompleksisten vuorovaikutusten analyysin. Hajautetun tiedonsäilytyksen arvioitiin myös edesauttavan keskitettyjen tietojärjestelmien syntymistä terveydenhuollossa. Arvioissa korostui myös muunlainen tutkimus ja tuotekehitys, esimerkkinä moottorien suunnittelu. Yleisesti voisi todeta, että nimenomaan laskentatehoa vaativien kompleksisten vuorovaikutusten mallinnuksessa järjestelmä olisi tehokas. Teknologiasignaalin problematiikassa korostui se, että hajautettu tiedonsäilytys voi mahdollistaa sekä positiivisia että negatiivisia kehityskulkuja. Hajautettu tiedonsäilytys mahdollistaa esimerkiksi henkilöön ja identiteettiin liittyvien tietojen ”ikuistamisen”: koska tieto hajautuu, menneisyyttä ei voi enää pyyhkiä pois. Tulevaisuudentutkija Mannermaa on maininnut tämän olevan eräs keskeisin tietoyhteiskuntaa muista yhteiskuntavaiheista erottava tekijä (ks. Mannermaa 2003; Ahlqvist 2003b).

*Taulukko 9. Ubiikit informaatioteknologiat: hajautettu tiedonsäilytys.*

TEKNOLOGIASIGNAALI		
Hajautettu tiedonsäilytys ( <i>distributed data storage</i> ) ja laajojen tietoverkkojen (esimerkiksi GRID) hallinta, joka mahdollistaa suurten tietomassojen säilyttämisen ja suuren laskentatehon käytön miltei täysin riippumatta maantieteellisestä sijainnista.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikrotaskutietokone &gt; kortti tai ranneke, jossa henkilötiedot</li> <li>• Lääkedytämösimulaattori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sähköiset potilastietojärjestelmät</li> <li>• Bioinformatiikka &gt; DNA-/proteiinirakenteiden tutkimus</li> <li>• Systeemibiologinen tutkimus</li> <li>• Tietoturvallisuuden ja tietosuojan kannalta oleellinen</li> <li>• Keskitetty hallinto terveydenhuoltoon</li> <li>• Moottorien suunnittelu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekniikkaa, kuten muitakin tekniikoita, voidaan käyttää positiivisesti tai negatiivisesti &gt; edistämään joko uuden tiedon syntymistä tai valvontayhteiskunnan rakentumista</li> </ul>

Viides ja viimeinen tässä tutkimuksessa ubiikkeihin informaatioteknologioihin luettava signaali liittyy 3G-tekniologian ja vastaavien ratkaisujen mahdollistamaan nopeaan tiedon siirtoon (taulukko 10). Koska teknologiasignaali oli selkeä tähän hetkeen kytkeytyvä elementti (3G), kirjoitti se useita kommentteja tekniologian muutoksesta ja 3G-tekniologian vaihtumisesta joksikin muuksi tekniologian ”sukessiivisessä” kehityskaaressa. Todettiin esimerkiksi, että 3G on voimakkaasti 2000-luvun alkuun kiinnittynyt teknologinen ratkaisu, eräänlainen

astinlauta uusille ratkaisuille. Tästä syystä pitkäaikaisiksi tarkoitettuja ratkaisuja ei asiantuntijanäkemyksen mukaan tulisi perustaa tähän teknologiaan. Teknologiasignaalin toteutumisesta seuraavat potentiaaliset laitteet ovat ainakin kuvapuhelin ja terveydenhoitoon liittyvä diagnostiikkamoduuli, jonka voisi yhdistää kännykkään. Diagnostiikkamoduuli tekisi skannauksia kantajansa terveydentilasta ja antaisi tarpeen mukaan ohjeita tai ottaisi yhteyden lääkäriin. Teknologiasignaaliin liittyvät sovellukset ja palvelut ovat laajoja. Teknologiasignaali mahdollistaisi maailmanlaajuiset kunnossapito- ja laiteasennusprojektit, erilaiset mobiilit kuvantamis- ja diagnoosimenetelmät sekä matkustamiseen ja vapaa-aikaan liittyvät palvelut. Yksi kiintoisa ehdotus liittyi mobiileihin tunnistus- ja analyysitekniikoihin, joita sovellettaisiin erityisesti rikostutkinnassa. Menetelmiin kuuluisivat esimerkiksi kuvanvälitys, hahmon-, haju-, sormenjälki- ja DNA-tunnistus.

*Taulukko 10. Ubiikit informaatioteknologiat: 3G ja julkiset palvelut.*

TEKNOLOGIASIGNAALI		
3G-tekniikan mahdollistama nopea tekstin ja kuvien siirto lisää yksityisten ja julkisten palvelujen saavutettavuutta.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terveydenhoitoon liittyvä diagnostiikkamoduuli kännykkään + ohjelmistot ja palvelut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sähköinen asiointi laajassa merkityksessä, niin 3G-tekniikalla kuin muillakin</li> <li>• Maailmanlaajuiset kunnossapito- ja laiteasennusprojektit</li> <li>• Kuvantamismenetelmät ja diagnoosit</li> <li>• Laaja-alaiset tietokannat</li> <li>• Vapaa-aika</li> <li>• Matkustaminen &gt; neuvonta, uutispalvelut</li> <li>• Etähoito ja diagnostiikka</li> <li>• Tunnistusjärjestelmät rikostutkintakäyttöön &gt; kuvanvälitys, hahmon-, haju-, sormenjälki- ja DNA-tunnistus</li> <li>• Turvallisuuspalvelut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3G ei ole teknologia, johon ratkaisut pitkällä aikavälillä perustuvat &gt; vuoteen 2030 mennessä se on vanhentunutta</li> <li>• 3G voimakkaasti 2000-luvun alkuun kiinnittynyt teknologinen ratkaisu, se on astinlauta uusille ratkaisuille</li> </ul>

### 5.3.2 Terveydenhuolto

Taulukossa 11 esitämme kolme terveydenhuoltoon luokiteltua teknologiasignaalia. Nämä nimetään lyhentäen seuraavasti: henkilökohtainen genomiikka, etälääketiede ja älykännykät. Henkilökohtaisen genomiikan nähtiin mahdollistavan henkilökohtaisen terveystieteen. Terveystieteen pitäisi sisältää tietoja genomista

ja mahdollistaisi lääkityksen personoinnin, räätälöinnin henkilökohtaisten geneettisten ominaisuuksien perusteella. Oleellisiksi sovelluksiksi ja palveluiksi arvioitiin ennen muuta lääketieteellinen diagnostiikka, sairauksien ehkäisy ja yleensä terveyteen liittyvät täsmäsovellukset. Genomiikka voisi mahdollistaa potilaan terveydentilan kokonaisvaltaisen analyysin, jossa genotyyppi voitaisiin yhdistää tietämykseen elintapojen ja ympäristön vaikutuksista. Teknologiasignaalin ongelmallisena seuraamuksena voisi olla ihmisten luokittelu niihin, joilla on ”hyvä” ja parantaville toimenpiteille suotuisa genomi, ja niihin, joilla on ”huono” eli pitkällä aikavälillä parantumattomaan sairauteen johtava genomi.

*Taulukko 11. Terveydenhuolto: henkilökohtainen genomiikka, etälääketiede ja älykännykät.*

TEKNOLOGIASIGNAALI		
Henkilökohtainen genomiikka ( <i>personal genomics</i> ), joka mahdollistaa yksilön genomin luennan ja lääkityksen räätälöinnin täysin sopivaksi.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Henkilökohtainen terveyst kortti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnostiikka</li> <li>Sairauksien ehkäisy</li> <li>Täsmäpalvelut &gt; täsmälääkitys, täsmäravinto...</li> <li>Potilaan kokonaisvaltaisen "terveystilan" analysointi &gt; elintavat, ympäristö...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luokittelun vaarat &gt; "huonot" ja "hyvät" genomit</li> </ul>
TEKNOLOGIASIGNAALI		
Tietokoneistettu terveydenhuolto, joka mahdollistaa etälääketieteen. Etälääketiede mahdollistaa teoriassa esimerkiksi New Yorkissa sijaitsevan lääkärin suorittaman leikkauksen fyysisesti Pariisissa sijaitsevalle potilaalle. Etälääketiede voi olla myös pitkäaikaista etähoitoa. Etähoito perustuu siihen, että osa potilaalta otettavista perustesteistä tehdään omatoimisesti ja toisaalla sijaitseva lääkäri analysoi tulokset ja tekee johtopäätökset.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etähoito &gt; soveltuu erityisesti perifeerisille alueille tai high end -lääketieteeseen, kuten teknologiasignaalin esimerkeissä</li> <li>Kroonisten sairauksien seuranta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ihmiskontakti ja luottamus keskeistä terveydenhoidossa &gt; etälääketiede voi toimia seurannan välineenä</li> <li>"Etäoperointi" kansantaloudellisesti vähemmän merkittävää kuin etähoito</li> </ul>
TEKNOLOGIASIGNAALI		
Älykännykät, jotka antavat hoito-ohjeita, lääkitysohjeita ja voivat tarvittaessa olla yhteydessä lääkäriin.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Täsmähoito</li> <li>Diagnostiikka</li> <li>Ensiapu</li> </ul>	

Toinen taulukossa 11 esitetty teknologiasignaali on tietokoneistetun terveydenhuollon mahdollistama etälääketiede. Erityiset sovellusalat ovat etähoitossa ja kroonisten sairauksien seurannassa. Problemaattisia ovat etälääketieteen vie-

raannuttavat vaikutukset. Kontakti ja luottamus ovat keskeisiä hoidon mahdollistavia ”työkaluja” lääketieteessä, ja tässä mielessä etälääketiede olisi ensisijaisesti seuranta mahdollistava ratkaisu. Samaten arvioitiin, että teknologiasignaalia tarkentavassa osassa kuvattu ”etäoperointi” jäänee huomattavan marginaaliseksi etälääketieteen ratkaisuksi. Kolmannen teknologiasignaalin älykännyköiden arvioitiin toimivan ennen kaikkea täsmähoidon ja diagnostiikan apuvälineenä sekä ensiavun ohjeistajana. Teknologiaan yhdistetyt ”ohjeistavat” ja kontrolloivat ominaisuudet saattavat kuitenkin herättää ennemminkin vastarintaa kuin hyväksyntää. Eräs vastaaja kommentoi sarkastisesti: ”Siinä vaiheessa kun puhelin alkaa ohjeistaa isäntänsä käytöstä, se päättyy luultavasti suoraan roskikseen.”

Taulukossa 12 esittelemme seuraavat kolme terveydenhuoltoon luokiteltavaa teknologiasignaalia ja niiden arvioidut vaikutukset. Ensimmäinen näistä koskee virtuaalisoluverkkoja, joiden keskeiseksi sovellusalaksi määriteltiin lääkkeiden vaikutuksen mallinnus. Eräs vastaaja määritteli virtuaaliverkon seuraavasti: ”Virtuaaliverkoksi voidaan [kutsua] systeemibiologista lähestymistapaa, jossa pyritään ymmärtämään koko solun toimintaa.” Sama vastaaja totesi myös, että virtuaaliverkkoa tehokkaampi ja nopeampi lähestymistapa on molekyyli- ja solutasoinen seulonta (proteomiikka, genomiikka, metabolomiikka jne.). Myös toinen vastaaja kommentoi, että virtuaalisoluverkolla tulee olemaan marginaalinen merkitys lääkkeiden kaupallistamisessa:

[Innovation will have a] [v]ery small impact on society. How much human drug testing has cost for society in the past 100 years? Very little. And how large portion does the R&D form of this cost? Quite a lot. Maybe we should develop solutions to eliminate animal testing, and to verify plant pesticides before testing on actual plants...

Virtuaalisoluverkoilla arvioitiin olevan sovelluspotentiaalia erityisesti aivojen toiminnan mallinnuksessa ja simuloinnissa. Tämän arvioitiin johtavan uudenlaisiin neuroverkkoratkaisuihin. Toinen keskeinen sovellusala oli terveystaustat, funktionaaliset elintarvikkeet ja niiden vaikutusten spesifi mallintaminen. Kolmantena sovelluksena mainittiin uudet biolaskennan menetelmät, jotka perustuisivat ihmisestä tehtävään ”piimalliin” (eli tietokonesimulaatioon). Keskeiseksi probleemaksi arvioitiin systeemibiologisen ymmärryksen hidaskarttuminen. Suurin osa perustutkimuksesta on vielä tekemättä ja iso osa oleellisista kysymyksistä asettamatta.

Aivo–tietokone-käyttöliittymät olivat seuraava arvioitu terveydenhuollon teknologiasignaali. Teknologiasignaalin toteutumisen arvioitiin mahdollistavan sellaisten kirjoituslaitteiden tuotannon, joiden käyttöliittymä perustuisi ”aivoliittymään”. Muita mahdollisuuksia ovat aistielinproteknologiasignaalit, joita voisi kehittää ja mahdollisesti myös käyttää virtuaalitodellisuuteen perustuen. Samaten olisi mahdollista kehittää erilaisia robotoituja raajaproteeseja, joiden käyttöä voisi harjoittaa virtuaalitodellisuudessa. Asiantuntijat esittivät esimerkkejä myös sovelluksista, jotka mahdollistaisivat työskentelyn ihmisille vaarallisissa ympäristöissä, esimerkiksi steriilitiloissa. Teknologiasignaalin oleellinen ongelma on kuitenkin siinä, että toistaiseksi varsinkin proteeseilla on pienet niche-markkinat, jotka eivät välttämättä houkuttele massiivisia investointeja.

*Taulukko 12. Terveydenhuolto: virtuaalisoluverkot, aivo–tietokone-käyttöliittymät ja nanokoneet.*

<b>TEKNOLOGIASIGNAALI</b>		
<b>Virtuaalisoluverkot, jotka mahdollistavat lääkkeiden vaikutusten mallinnuksen ennen käyttöönottoa. Kasvattaa huomattavasti lääketeiden mahdollisuuksia nousta kaupalliselle tasolle asti.</b>		
<b>LAITTEET</b>	<b>SOVELLUKSET/PALVELUT</b>	<b>PROBLEMATIIKKA</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aivojen toiminnan mallinnus &gt; aivojen toimintaperiaatteen hyödyntäminen tietotekniikassa</li> <li>Terveysvaikutteiset elintarvikkeet</li> <li>Biolaskenta systeemibiologisen tasolla &gt; ihmisen ”piimalli”, jolla testataan lääkkeen vaikutuksia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Systeemibiologisen ymmärryksen karttuminen hidasta</li> </ul>
<b>TEKNOLOGIASIGNAALI</b>		
<b>Aivo–tietokone-käyttöliittymät, jotka mahdollistavat suoran linkin aivoista johonkin laitteeseen. Mahdollistaisivat esimerkiksi keinotekoisien raajojen käytön.</b>		
<b>LAITTEET</b>	<b>SOVELLUKSET/PALVELUT</b>	<b>PROBLEMATIIKKA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kirjoituslaitteet, jotka perustuvat aivo–tietokone-käyttöliittymään</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aistielinproteknologiasignaalit &gt; virtuaalitodellisuus</li> <li>Raajan proteknologiasignaali, jota vauva oppii käyttämään samaan aikaan ja vastaavasti kuin terveitä raajojaan</li> <li>Sovellukset, joissa ihmisen läsnäolo on ei-toivottua tai mahdotonta &gt; vaaralliset ympäristöt, leikkaukset, steriilit tilat...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pienet ja erikoistuneet niche-markkinat &gt; Kuka investoisi tutkimukseen?</li> </ul>
<b>TEKNOLOGIASIGNAALI</b>		
<b>Nanokokoisia koneita käytetään esimerkiksi tautien diagnostiikassa, lääkkeiden annostelussa ja elintoimintojen seurannassa.</b>		
<b>LAITTEET</b>	<b>SOVELLUKSET/PALVELUT</b>	<b>PROBLEMATIIKKA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>”Keinotekoinen valkosolu”</li> <li>Insuliinin annostelija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terveydenhuolto &gt; hoidon teho, hoidon personointi</li> </ul>	

Kolmas teknologiasignaali kuvailee diagnostiikassa sovellettavia nanokokoisia koneita. Keskeisiä sovelluksia olisivat keinotekoinen valkosolu ja insuliinin annostelija. Keskeiset sovellukset suuntautuvat asiantuntija-arvioiden perusteella personointiin.

### 5.3.3 Nanosovellukset

Nanosovellusten kategoriaan on yhdistetty futuristisemmat sovellusaihiot, joiden toteutumisen todennäköisyys ja aikajänne ovat kohtuullisen epävarmoja. Kuitenkin toteutuessaan näillä sovelluksilla voi olla huomattavia vaikutuksia useilla aloilla. Ensimmäiset nanoteknologian sovelluksia painottavat teknologiasignaalit esitämme taulukossa 13. Nanolangoilla arvioitiin olevan potentiaalia tehokkaiden tietokoneiden sekä yleensä elektroniikan ja informaatioteknologian suunnittelussa. Yksi mahdollinen sovellusala tulevaisuudessa voi olla suprajohteet.

Toinen taulukossa 13 esitetty teknologiasignaali on nanotransistorit. Arvioissa painotettiin transistorien hyödyntämistä täsmälääkityksessä, esimerkiksi nanorobotteina. Toinen nanotransistorien soveltamiskohde voisi olla tehokkaat ja alhaisen energiankulutuksen VLSI-ratkaisut. Nanotransistoreita voi hyödyntää laajalti elektroniikassa ja informaatioteknologiassa, tutkimusoperaatioissa ja teknologian miniatyrisoinnissa.

Kolmas taulukossa 13 esitetty teknologiasignaali liittyy hiilinanoputkiin. Hiilinanoputkia voisi käyttää monenlaisten laitteiden suunnitteluun. Paneeli ehdotti mm. täsmälääkitykseen ja diagnostiikkaan käytettäviä sensorijärjestelmiä, avaruushissejä, erityisraskaita haarniskoja ja lähes suprajohtavia sähköjohtoja. Sovelluksina ja palveluina esitettiin materiaalien kehitystä, sähkölaitteiden turvallisuuden parantamista, rakennusteknologian kehittämistä (esim. nanoputkista valmistettavat materiaalit) ja urheiluvälineiden valmistusta.



Taulukko 13. Nanosovellukset: langat, transistorit ja putket.

TEKNOLOGIASIGNAALI		
<p><b>Nanolangat, joiden avulla voidaan rakentaa nanokokoisia laboratorioita, tehokkaita tietokoneita ja muistijärjestelmiä. Langat johtavat elektroneja tehokkaasti ja kuumentumatta.</b></p>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehokkaat henkilökohtaiset ja kannettavat tietokoneet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suprajohde (tulevaisuudessa)</li> <li>• Elektroniikka</li> <li>• Informaatioteknologia</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
<p><b>Nanotransistorit, jotka voivat perustua yhteen elektroniin. Mahdollistavat erittäin nopeiden ja nanoskaalalla toimivien tietokoneiden ja tietojärjestelmien suunnittelun.</b></p>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanorobotit &gt; täsmälääkitys</li> <li>• Matalaenergia VLSI -ratkaisut (<i>very large scale integration</i>), jossa yhdistetään suuri määrä transistoreita samaan siruun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terveystieteet</li> <li>• Tutkimus &gt; laskenta</li> <li>• Miniatyrisointi</li> <li>• Elektroniikka</li> <li>• Ympäristöanalytiikka</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
<p><b>Hiilinanoputkista (<i>carbon nanotubes</i>) voidaan rakentaa huippukestäviä materiaaleja ja kuituja, jotka kestävät äärimmäistä venymistä katkeamatta. Sähkölaitteissa nanoputkia voidaan käyttää estämään vaurioita ja pidentämään laitteiden käyttöikää.</b></p>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erilaiset sensorit (esim. kehon sisäiset kasvainten etsijät, asumiseen liittyvät sensorit)</li> <li>• Lääkkeiden annostelu</li> <li>• Avaruusteknologian sovellukset ("avaruushissit")</li> <li>• Puolustusteollisuus (esim. superkevyet haarniskat)</li> <li>• Lähes suprajohdat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiaalien kehitys ja siihen liittyvät toiminnot</li> <li>• Sähkölaitteiden turvalliseen ja pitkään käyttöikänsä liittyvät sovellukset</li> <li>• Rakennusteknologia</li> <li>• Urheiluvälineiden tuotanto uusilla materiaaleilla</li> </ul>	

Toinen nanoteknologian kooste on taulukossa 14. Ensimmäinen teknologiasignaali liittyy lämmitettäviin nanopartikkeleihin. Teknologiasignaaliin annettun suuntiman mukaisesti laitteina ja sovelluksina esitetyt ehdotelmat liittyivät täsmälääkitykseen, lääkkeiden suuntaamisen optimointiin ja personointiin. Teknologia tulee olemaan laajassa mittakaavassa marginaalinen, mutta joidenkin tautien hoitona keskeinen. Eräs vastaaja kommentoi asiaa seuraavasti:

Näitä kehitetään todennäköisesti vain hyvin pienelle sovellusalalle (joillekin syöville) sellaisenaan. Lääkkeen kohdentaminen sinänsä on tärkeää, mutta taudin tuhoaminen nanopartikkeleilla (jotka eivät siis ole erillisiä vaikuttavia molekyyliä tässä tapauksessa) ei todennäköisesti tule olemaan yleispätevä keino.

Taulukkoon 14 on koottu myös arviot magnetismiin perustuvaan muistiin ja nanopartikkeleihin liittyvistä signaaleista. Magnetismiin liittyvässä teknolo-

giasignaalisissa hahmoteltiin ratkaisua, jossa molekylaarisiin laitteisiin voisi tallentaa informaatiota. Teknologiasignaalin arvioitiin toteutuessaan olevan sovellettavissa taskutietokoneissa, biosirujen informaatiotallennuksessa, miniatyyri- sissä prosessoreissa ja erilaisissa sulautetuissa järjestelmissä antureina, jotka tallentavat jatkuvasti sijaintitietoa ja muistavat tapahtumat, joissa ovat olleet mukana. Yleisimpinä sovellusaloina voisivat olla elektroniikka, informaatiotek- nologia, mekatroniikka, ympäristötutkimus ja multimedia. Yksi vastaaja kom- mentoi, että sovellukset ovat lähes rajattomat, koska informaatioteknologia on tulevaisuudessa yhteiskunnallisia toimintoja laajasti tukeva geneerinen teknolo- gia. Esimerkkejä sovelluksista ovat tiedon jäljitykseen liittyvät sovellukset, sen- soriverkkoon liitetyn hajautetun tiedonkeruun järjestelmät, suuret kolmiulotteiset kuvatietokannat, kvantitatiivisten aineistojen analysointi, 3D-viihde, pelit ja elokuvat. Keskeisenä ongelmana tässä teknologiasignaalisissa, kuten muissakin nanoteknologiaan liittyvissä arvioissa, on se, että ”nanoon” liittyy tällä hetkellä huomattavasti hypeä. Ei ole selvää näkemystä, mikä on lopulta mahdollista ja miten kauan sovellusten tuottaminen kestää.

Magnetismiin perustuvaa muistia (taulukko 14), erityisesti mikäli se olisi kus- tannustehokas, sovellettaisiin todennäköisesti erilaisissa elinympäristöömme sulautetuissa tietojärjestelmissä. Tämä saattaisi johtaa tietoyhteiskunnassa jo tällä hetkellä ongelmaksi muodostuneen informaatiotulvan ylitsevuotamiseen. Erilaisten tietojärjestelmien harkitsematon käyttö voi johtaa siihen, että kansalai- set joutuvat alistumaan jatkuvaan, pääosin epärelevantin informaation ristituleen. Tähän viitaten eräs vastaaja esitti relevantin kommentin:

We are already flooded with information. Will the quality of life really rise when there is e.g.  $10^{20}$  times more? Multimedia quality (image, audio) has exceeded or will soon exceed human perception abilities, and the amount of information available has already exceeded human conceivability. When the amount of information increases, it will be more important to invent mechanisms to limit the amount of information delivered to humans, and increase the quality, reliability, relevance – and significance with respect to other information and the physical world – of the delivered information, for humans to be able to make efficient use of it, rather than becoming confused.

Erilaisten tietojärjestelmien käyttämän tiedon tarkoituksenmukaisuutta tulisi jatkuvasti arvioida kriittisesti. Keskeisiä jokaisen järjestelmän kohdalla suunniteltuja kysymyksiä ovat esimerkiksi seuraavat: Kenelle ja mihin tarkoituksiin järjestelmä on tarkoitettu? Minkälaista tietoa sen tulisi tuottaa? Mitä toiminnallisia hyötyjä järjestelmästä on? Mitä haittavaikutuksia? Millä tavoin se mahdollisesti vaarantaa ihmisten yksityisyyttä?

*Taulukko 14. Nanosovellukset: magnetismiin perustuva muisti ja nanopartikkelit.*

TEKNOLOGIASIGNAALI		
<p><b>Tehokkaita, kohdennettuja lääkkeitä käytetään esimerkiksi syövän hoitoon siten, että lääkitys kohdistuu ainoastaan syöpäsoluihin. Esimerkki kohdennetusta lääkityksestä ovat nanopartikkelit, jotka hyökkäävät syöpäsoluun ja joita voidaan kauko-ohjatusti lämmittää. Syöpäsolut tuhoetaan ”keittämällä” nanopartikkeleita.</b></p>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Täsmälääkityslaitteet, jotka kohdentavat sijainnin, ajan ja annostuksen suhteen ja samalla optimoivat ja personoivat lääkityksen tehokkuuden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Myös muut taudit, esim. sydänsairaudet</li> <li>Personoitu täsmälääkitys kompleksisille taudeille</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
<p><b>Nanotason magnetismiin perustuva tietokoneiden muisti, joka tekee mahdolliseksi tallettaa suuria määriä informaatiota molekyylikokoisiin laitteisiin.</b></p>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taskutietokoneet</li> <li>Biosirujen informaatiotallennus ”on site” ja hyödyntäminen</li> <li>Miniatyriset prosessorit &gt; ”ambient processors”</li> <li>Sulautetut laitteet ja anturit, jotka tallentavat jatkuvasti sijaintitietoa ja muistavat tapahtumat, joissa ovat olleet mukana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniikka</li> <li>Tiedon jäljitykseen liittyvät sovellukset</li> <li>Järjestelmät hajautettuun tiedonkeruuseen ja varastointiin &gt; voisi olla kytketty sensoriverkkoon, joka kerää suuria määriä tietoa</li> <li>Suuret kolmiulotteiset kuvatietokannat</li> <li>Multimedia</li> <li>Numeronmurskaukseen vaadittavat muistikapasiteetit</li> <li>Monitorointi terveydenhuollossa ja saadun informaation tallennus sekä sen perusteella tehtävä ohjaus (esim. lääkeannostelu)</li> <li>3D-viihde, virtuaalitodellisuuden viihdesovellukset, pelit, elokuvat</li> <li>Terveydenhuollossa mahdollisuudet laajojen aineistojen tallentamiseen ja analysointiin</li> <li>Mekatroniikka</li> <li>Ympäristötutkimus</li> <li>Erittäin tehokas ja ympäristöystävällinen tiedontalletusjärjestelmä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>”Nanoon” liittyy paljon hypeä &gt; ei ole vielä selvää, mikä on mahdollista ja millä aikavälillä</li> </ul>

### 5.3.4 Funktionaaliset materiaalit

Funktionaalisiin materiaaleihin voi luokitella yhteensä viisi teknologiasignaalia. Taulukossa 15 esitämme koosteen biomimeettisiä materiaaleja koskevista signaaleista, joiden teemoina olivat hain ihoa jäljittelevä, painetta kestävä materiaali ja hämähäkin seitin rakennetta imitoivat kuidut. Panelistit arvioivat, että hain ihoa jäljittelemällä voitaisiin rakentaa painetta kestäviä materiaaleja, jotka osittain voisivat korvata öljypohjaiset materiaalit. Materiaaleilla olisi todennäköisesti myös huomattavia sovelluspotentiaaleja puolustusteollisuudessa erilaisina panssareina sekä liikenteessä kestävinä pinnoitteina. Myös hämähäkin seitin rakennetta imitoivilla kuiduilla arveltiin olevan käyttöarvoa suojaustoiminnassa: paneelistit arvioivat kuitujen soveltuvan niin rakennettaviin suojarakenteisiin rakennustyömaille kuin erilaisiin suojaaviin tekstiileihin. Kuitujen arveltiin mahdollistavan kestävyytensä puolesta myös erityisnopeat hissit, koska kuidut kestäisivät kitkaa huomattavan hyvin. Kuiduilla arveltiin olevan käyttöä myös molekyylylasolla polymeerien biosynteknologiasignaalisissa sekä orgaanisia ja epäorgaanisia aineisosa yhdistävien kokonaisuuksien rakentamisessa (vrt. bioelektroniikka).

*Taulukko 15. Funktionaaliset materiaalit: biomimeettiset materiaalit.*

TEKNOLOGIASIGNAALI		
Hain ihon rakennetta jäljittelevä, korkea painetta kestävä pintamateriaali, joka toimisi esimerkiksi lentokoneissa ja sukellusveneissä.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uusiutuvia painetta kestäviä materiaaleja öljypohjaisten materiaalien tilalle</li> <li>• Puolustusteollisuus &gt; haarniska, maanpäälliset kulkuvälineet, lentokoneet...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liikenteen suojamateriaalit</li> <li>• Puolustusteollisuuden materiaalit</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
Hämähäkin seitin ominaisuuksia nanotasolla jäljittelevät materiaalit. Kuituja voisi valmistaa ilman kuumuutta, korkea painetta tai kemikaaleja. Kuidut ovat kestävämpiä, kimmoisampia ja joustavampia kuin tällä hetkellä valmistettavat. Voisi hyödyntää esimerkiksi siltojen kaapeleissa, suojavarusteissa ja lääketieteellisissä ompeleissa.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helposti rakennettavat suojarakenteet rakennustyömaille</li> <li>• Suojaavat vaatteet ja tekstiilit</li> <li>• Nopeat hissit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suojavarusteet</li> <li>• Polymeerien biosynteknologiasignaali</li> <li>• Monikomponenttisten systeemien kehittymisen säätely</li> <li>• Puolustusteollisuus</li> </ul>	

Taulukko 16. Funktionaaliset materiaalit: älymateriaalit.

TEKNOLOGIASIGNAALI		
<p><b>Älymateriaalit, jotka muuttavat ominaisuuksiaan olosuhteiden (kuumuuden, valon tai kemiallisten olosuhteiden) muuttuessa. Esimerkiksi säilöntälaatikko, joka muuttaa ominaisuuksiaan ilman ja sisällön muutosten mukaan.</b></p>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Älyvaatteet</li> <li>• Elintarvikkeiden älypakkaukset</li> <li>• Huonekalut</li> <li>• Muotoaan muuttavat lentokoneen siivet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urheiluvaatetus, joka yhdistää terveydenhoidollisia ominaisuuksia vaatteisiin</li> <li>• Turvalliset pakkaukset &gt; varoittavat, mikäli tuote on pilaantunut</li> <li>• Laadunvalvonta</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
<p><b>Uudet materiaalit, jotka tuottavat ja prosessoivat valoa, tulevat korvaamaan kuparista tehdyt johteet esimerkiksi informaation siirtoteknologioissa ja näyttöpäätteissä. Esimerkkinä mikrofluidiikkaan perustuvat optiset kuidut (<i>microfluidic optical fibers</i>).</b></p>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optiset tietokoneet</li> <li>• Fotonisiin kristalleihin perustuvat laitteet</li> <li>• Näytöt, joita voi käyttää joustavasti niin kotona kuin matkalla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensoriteknologiaan liittyvät sovellukset &gt; vapaa-aika, viihde ja terveydenhuolto...</li> <li>• Elektroniikka ja tietotekniikka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informaatio virtaa yhä nopeutuvalla tahdilla &gt; Miten nopeammin kasautuva informaatio vaikuttaa elämän laatuun?</li> </ul>
TEKNOLOGIASIGNAALI		
<p><b>Tehokkaat ja elastiset aurinkokennot, jotka mahdollistavat aurinkoenergian laajamittaisen ja tehokkaan hyväksikäytön. Voidaan käyttää esimerkiksi rakennusten pintamateriaalina.</b></p>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiajakelun etapisteet</li> <li>• Kennot, jotka mahdollistavat energiatuotannon paikan päällä (<i>in situ</i>)</li> <li>• Laitteita voimaloihin, avaruusaluksiin ja satelliitteihin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiainfrastruktuuri &gt; mikrotasolla hajautettu energian tuotanto on keskeistä tulevaisuuden energiainfrastruktuurissa</li> <li>• Energian tuotanto esim. kotiloissa aurinko- tai tuulivoimalla, kannettavien pinnoin tai vaatteissa</li> <li>• Vakinaisten ja vapaa-ajan asuntojen energiansäästösovellukset</li> </ul>	

Taulukossa 16 esitellyt funktionaalisia materiaaleja voi kutsua laajasti ottaen älymateriaaleiksi. Ensimmäinen teknologiasignaali koskee olosuhteiden mukaan adaptoituvia materiaaleja, toinen optisia materiaaleja ja kolmas rakennusten pintamateriaalina käytettäviä aurinkokennoja. Olosuhteisiin adaptoituvat materiaalit ovat paneelin mukaan sovellettavissa älyvaatteisiin, elintarvikkeiden älypakkauksiin, huonekaluihin sekä muotoaan muuttaviin lentokoneen siipiin. Sovellukset mahdollistaisivat terveydenhoidollisten ominaisuuksien yhdistämisen vaatteisiin sekä laadunvalvonnan, esimerkiksi elintarvikkeiden tuoreuden mukaan reagoivat turvapakkaukset. Optisten materiaalien, eli valoa tuottavien ja valoon reagoivien materiaalien, arvioitiin soveltuvan ennen muuta optisten tietokoneiden perusteknologiaksi. Optisten materiaalien kiintoisana sovelluksena mainittiin näytöt, jotka olisivat joustavia, taitettavia tai mille tahansa pinnalle heijastettavia. Etenkin informaatioteknologiaan ja elektroniikkaan liittyvien, optisia materiaaleja hyödyntävien ratkaisujen arveltiin johtavan ympäristön laajentuvaan teknistymiseen ja kaikkinaisen tiedon virtauksen nopeutumiseen. Pintamateriaaleina käytettävien

aurinkokennojen keskeisiksi sovelluksiksi arvioitiin energiajakelun etäpisteet, maasto-olosuhteissa tarvittavat energian tuotantolaitokset sekä pinnoitetut laitteet voimaloihin, avaruusaluksiin ja satelliitteihin. Pinnoite voisi siis toimia perinteisen akkuteknologian korvaajana tai täydentäjänä. Teknologiasignaali arvioitiin olevan oleellisia vaikutuksia energiainfrastruktuuriin tulevaisuudessa. Tulevaisuudessa energiainfrastruktuuri voi soveltaa erilaisia mikrotason hajautusjärjestelmiä. Hajautettu energiajärjestelmä mahdollistaisi energian tuotannon mikrotasolla pysyvien, siirrettävien tai puettavien pintojen avulla.

### 5.3.5 Materian prosessointi

Taulukossa 17 esitämme arviot signaaleista, joiden voi määrittellä edustavan materian prosessointia. Ensimmäinen teknologiasignaali koskee fotolitografiaa. Panelistit arvioivat fotolitografialla olevan sovelluspotentiaalia elektroniikassa, informaatioteknologiassa sekä älymateriaaleissa. Yhtenä laitesovelluksena voisivat olla puettavat laitteet. Toinen arvioitu teknologiasignaali koski nanomanipulaattoreita, jotka olisivat erityisen kustannustehokkaita ja siten sovellettavissa erilaisiin yhteyksiin. Teknologiasignaalin arvioitiin mahdollistavan polymeerikemialliset synteknologiasignaalit, raaka-aineiden määrän vähentämisen sekä uudenlaisen ”molekylaarisen teollisuuden”, jossa tuotannolliset operaatiot tapahtuvat nanotasolla. Kolmas arvioitu teknologiasignaali koski materian käsittelyyn tarkoitettuja nanokoneita. Nanokoneista arvioitiin olevan mahdollista tehdä ”mikrobirobotteja”, joita voisi soveltaa ympäristön puhdistuksessa, jätteiden pilkkomisessa ja mahdollisesti myös syöpähoidoissa. Samaten erilaiset myrkyllisiin materiaaleihin reagoivat sensorit voisivat tulla kyseeseen. Kuten taulukossa 17 esitetystä kolmen ensimmäisen teknologiasignaalin arvioista voi havaita, teknologiasignaalien tulevaisuussuuntautuneisuus teki arvioinnista haastavan.

Neljäs materian prosessointiin luokiteltava teknologiasignaali, mallinnukseen käytettävät kvanttimekaaniset mikrolaserit, taasen johti kohtuullisen runsaasti sovel-lusaihoihin. Arvioitiin, että sitä voitaisiin käyttää ensinnäkin lääketieteellisen kuvantamisen ja terapian tukijärjestelmänä, joka tarkkailee kohteen liikkeitä ja kohdentaa tämän perusteella esimerkiksi sädehoidon vaikutuksia. Teollisessa tuotannossa lasereilla voisi havaita virheellisiä tuotteita, sillä voisi tehdä tuotesuunnittelun visualisointeja, sitä voisi käyttää pulveripinnoituksen, painatukseen ja juottamiseen sekä erilaisten dekoraatioiden tekoon. Lasereita voisi soveltaa myös atomien paikantamisessa ja manipuloinnissa ja siten nanolaitteiden suunnittelussa ja kokoamisessa.

Taulukko 17. Materian prosessointi.

TEKNOLOGIASIGNAALI		
<b>Fotolitografia, orgaanisten nanorakenteiden "painaminen" keinomateriaalipinnoille.</b>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Puettavat laitteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniikka</li> <li>Informaatioteknologia</li> <li>Älykkäät materiaalit</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
<b>Kustannustehokkaat nanomanipulaattorit ovat yhä useampien teollisuusyritysten saatavilla. Nanomanipulaattorit ovat laitteita, joilla voi liikutella atomeja ja muokata materiaa nanometrien tarkkuudella.</b>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nanokoneiden valmistus teollisiin tarpeisiin</li> <li>Polymeerikemia – synteknologiasignaalit</li> <li>Raaka-aineiden määrän vähentäminen teollisuudessa</li> <li>"Molekylaarinen teollisuus"</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
<b>Nanokoneet, jotka pystyvät pilkkomaan ja käsittelemään materiaaleja, esimerkiksi pilkkomaan eri materiaaleihin perustuvaa jätettä. Voisivat toimia esimerkiksi ongelmajätteen muuttamisessa joksikin vähemmän ongelmalliseksi jätteeksi.</b>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>"Mikrorobotit" &gt; ympäristön puhdistus, saasteiden pilkkominen, terveydenhuolto</li> <li>Myrkyllisiin materiaaleihin reagoivat sensorit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Syöpäkadoksen tuhoaminen</li> <li>Jätteiden osittainen käsittely jo tuotantopaikalla</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
<b>Kvanttimekaniikkaa hyödyntävät mikrolaserit, joilla voidaan tehdä materiaaleista ja muodoista tarkkoja malleja ja visualisointeja.</b>		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lääketieteellisen kuvantamisen ja terapian tukijärjestelmä &gt; tarkkailee kohteen liikkeitä ja tietoa käytetään esim. sädehoidon kohdentamisessa</li> <li>Teollisessa liukuhihnatuotannossa virheellisten tuotteiden havaitseminen</li> <li>Visualisoinnit</li> <li>Pulveripinnoitus, dekoraatiot, painatus, juottaminen</li> <li>Tuotesuunnittelut</li> <li>Materiaalien mikrorakenteen tunnistaminen ja analysointi, atomien paikantaminen ja manipulointi</li> <li>Nanolaitteiden suunnittelu ja kokoaminen</li> </ul>	

### 5.3.6 Sensoriteknologiat

Tässä aluvussa tarkastellaan sensoriteknologioiksi luokiteltavia signaaleja. Taulukossa 18 esitämme kognitiotason muutoksia jäljittävien ohjelmistojen ja

langattomien sensoriverkkojen sovellusaihiot. Kognitiotason muutoksia jäljittävien ohjelmistojen keskeisiksi sovellusaihioksi arvioitiin vuorovaikutteiset ope-  
tussimulaattorit, jotka pystyisivät räätälöimään opetusprosessia oppilaan kogni-  
tiotason mukaan. Teknologiasignaalin arveltiin myös mahdollistavan erilaisia  
vapaa-ajan sovelluksia, kuten pelejä. Tällä teknologiasignaalilla, samaten kuin  
seuraavalla langattomiin verkkoihin viittaavalla teknologiasignaalilla, arvioitiin  
olevan monia terveydenhuoltoon liittyviä sovelluksia. Erityisesti palvelujen räätälöinti, toimenpiteiden seuranta ja raportointi ovat terveydenhuollon ratkaisuisista keskeisiä. Langattomilla verkoilla voi olla sovellusmahdollisuuksia myös laitteissa. Esimerkiksi implantoitavat elektrodit, retinaproteesit ja erilaiset lämpötilan, kosteuden yms. mittausjärjestelmät ovat potentiaalisia sovelluksia. Myös logististen järjestelmien suunnittelu ja optimointi sekä erilaiset meteorologiset järjestelmät voisivat tulevaisuudessa perustua langattomien sensoriverkkojen antamalle informaatiolle.

*Taulukko 18. Sensoriteknologiat: kognitiotason muutoksia jäljittävät ohjelmistot ja langattomat verkot sekä kotihoidossa että teollisessa tuotannossa.*

<b>TEKNOLOGIASIGNAALI</b>		
<b>Ohjelmistosovellukset, jotka pystyvät jäljittämään kognitiotason muutoksia. Voi esimerkiksi varoittaa, jos sairaus etenee tai kohtaus on tulossa.</b>		
<b>LAITTEET</b>	<b>SOVELLUKSET/PALVELUT</b>	<b>PROBLEMATIIKKA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opetussimulaattorit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terveyden diagnosointi &gt; sairaala- ja kotisovellukset</li> <li>• Vapaa-aika &gt; pelit, "treffikouluttaja"...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaarana se, että esim. lääketieteellisissä analyysi- ja seuranta-toimissa tukeudutaan liiaksi tekniikkaan</li> </ul>
<b>TEKNOLOGIASIGNAALI</b>		
<b>Langattomien verkkojen käyttö kotihoidon tukena. Voi esimerkiksi pitää kirjaa potilaan liikkeistä ja oppia hänen tapojaan.</b>		
<b>LAITTEET</b>	<b>SOVELLUKSET/PALVELUT</b>	<b>PROBLEMATIIKKA</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erilaiset terveydenhuollon sovellukset</li> <li>• Keskeinen yhdistettäessä muiden teknologioiden kanssa</li> <li>• Palvelujen räätälöinti</li> <li>• Toimenpiteiden seurannan ja raportoinnin tehostaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "What ever happened to the doctor and nurse? Who wants to be treated by a machine? Will it speak to you? By the way, it would also be useful for governmental monitoring of citizens."</li> </ul>
<b>TEKNOLOGIASIGNAALI</b>		
<b>Langattomat sensoriverkot, joita voidaan käyttää teollisessa tuotannossa muutosten ja laadun valvonnassa. Sensoriverkot valvovat automaattisesti koko tuotantoprosessia mikrotasolta koko prosessin hallintaan asti.</b>		
<b>LAITTEET</b>	<b>SOVELLUKSET/PALVELUT</b>	<b>PROBLEMATIIKKA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantoitavat elektrodit</li> <li>• Retinaproteesit</li> <li>• Erilaiset lämpötilan, kosteuden yms. mittausjärjestelmät niin teollisuuteen kuin tutkimukseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terveydenhuolto &gt; pitkäaikainen ekg-rekisteröinti</li> <li>• Logistiset järjestelmät</li> <li>• Meteorologia &gt; sääpalvelut</li> </ul>	



Taulukossa 19 esitämme nano- ja biosensoreita koskevien arvioiden koosteen. Nano- ja biosensoreilla voi olla huomattavia sovellusmahdollisuuksia eri aloilla. Keskeisin näistä on terveydenhuolto. Terveydenhuollon alalla kyseeseen tulevat esimerkiksi ennalta ehkäisevä hoito, kroonisten sairauksien (esim. diabetes) seuranta sekä lääketieteellisten toimenpiteiden jälkeinen seuranta. Tämän lisäksi sensoreilla voisi olla potentiaalia erilaisissa etähoidon ratkaisuissa. Myös teollisuudessa nano- ja biosensorit omaavat potentiaaleja. Nämä potentiaalit liittyvät ainakin tuotteiden laadun valvontaan, materiaalien tunnistamiseen ja teollisten järjestelmien optimoimiseen.

Panelistit esittivät useita varauksia sensoriverkkojen soveltamisen yhteiskunnallisista seurauksista. Kriittisiä arvioita esitettiin erityisesti terveydenhuollon kohdalla. Eräs panelisti huomautti, että teknologisten sovellusten korostaminen saattaa johtaa siihen, että lääketieteellisissä analyysi- ja seurantatoimissa aletaan liiaksi painottaa tekniikkaan perustuvia ratkaisuja. Tätä huomiota voi jatkaa erään toisen panelistin muotoilemilla kysymyksillä: ”Mitä on tapahtumassa lääkärille ja hoitajalle? Kuka haluaa koneen hoitavan itseään?” Sensoriverkkojen soveltamisen seurauksia tulisi pohtia myös laajemmasta yhteiskunnallisesta näkökulmasta. Eräs panelisti esitti seuraavan kommentin:

The usefulness of sensors depends on who uses and for what. Governmental surveillance on citizens reduces people’s sense of privacy and security; in health care could help to detect/cure diseases (so we can live a 150–200 years which drastically increases the health care costs of society).

Sensoreilla on huomattavia teollisen toiminnan tehokkuuteen ja laatuun liittyviä positiivisia potentiaaleja, mutta kuten kaikkia teknologisia ratkaisuja, niitä voidaan käyttää myös toisin. Keskeiset kysymykset liittyvätkin edellä olevaa sitaattia mukaillen siihen, kuka käyttää niitä ja mihin. Sensoreita voidaan käyttää esimerkiksi kansalaisten seurantaan. Samaten sensoreita voitaneen soveltaa ihmiselämän pidentämiseen, mutta kuten edellä esitetystä sitaatista huomautetaan, tulee kysyä, mitkä ovat ihmiselämän huomattavan pidentämisen seuraukset. Onko seurauksena aktiivisen elämän jatkoaika vai teknologisten järjestelmien varassa tapahtuva passiivinen aikalaisä?

Taulukko 19. Sensoriteknologiat: nanosensorit ja biosensorit.

TEKNOLOGIASIGNAALI		
Nanosensorit, jotka jäljittävät atomitasoista liikettä. Nanosensoreita voidaan käyttää esimerkiksi elintarvikkeissa varoittamaan pilaantumisen merkeistä, teollisuudessa pintamateriaalien tasaisuuden mittauksessa ja varoittamaan ennalta tuotteiden rikkoutumisesta tai sairaanhoidossa varoittamaan kehittyvästä sairaudesta.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terveystieteiden huolto &gt; esim. vanhusten hoito, diabetes...</li> <li>• Elintarviketeollisuus</li> <li>• Tuotteiden turvallisuuden kohottaminen</li> <li>• Ympäristöseuranta &amp; valvonta</li> <li>• Erilaisten materiaalien tunnistaminen &gt; esim. turvallisuuspalvelut</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
Biosensorit, jotka kiertävät elimistössä ja tekevät spesifejä analyysejä molekyyliatasolla.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terveystieteiden huolto &gt; esim. diabetespotilaan verensokerin seuranta, vanhusten tilan seuranta, vakavien sairauksien aikainen tunnistaminen, toimenpiteiden (esim. leikkauksien) jälkeinen seuranta</li> <li>• Etähoidon ratkaisut &gt; raportointi, tiedon tallentaminen</li> <li>• Diagnostiikka &gt; terveydenhuolto, ympäristö, teollisuus</li> <li>• Teollinen optimointi esim. biotuotantoprosesseissa</li> </ul>	

### 5.3.7 Hybriditeknologiat

Taulukossa 20 esitellään hybriditeknologioiksi määrittelemämme teknologiasignaalien sovellusaihiot. Hybriditeknologioiksi määrittelimme teknologiasignaalit, jotka yhdistivät joko kaksi teknologista linjaa tai teknologian ja sovellusympäristön mahdollisesti uudella tavalla. Taulukossa 20 esitetty ensimmäinen teknologiasignaali viittaa nanoelektroniikkaan ja molekyyliariseen elektroniikkaan, joiden perusteella voidaan kehittää orgaanista ainesta ja elektroniikkaa yhdistäviä koneita. Panelistit arvioivat, että kyseisen väittämän pohjalta voitaisiin esimerkiksi kehittää aktiivisia proteeseja, joiden toiminta perustuisi immuunijärjestelmää tukeviin nanorobotteihin. Samaten voitaisiin kenties kehittää silmä- ja hermostoimplantteja ja itsestään korjautuvia elinproteeseja. Laajemmat sovellukset liittyvät neuroverkkosovelluksiin ja terveydenhuollon miniatyrisoinnin ratkaisuihin. Keskeisiä sovelluskohteita panelistien mukaan olisivat ympäristöanalyttiset ratkaisut sekä tekstiilit.

Taulukko 20. Hybriditeknologiat: nanoelektroniikka, tehostettu todellisuus ja uudet virtalähteet.

TEKNOLOGIASIGNAALI		
Nanoelektroniikka tai molekylaarinen elektroniikka, joka mahdollistaa orgaanisten solujen ja elektroniikan yhdistelmät, ”kyborgikoneet”.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktiiviset proteknologiasignaali &gt; esim. immuunijärjestelmää tukevat nanorobotit</li> <li>• Implantit, esim. silmä- tai hermostoproteknologiasignaali</li> <li>• Itsekorjautuvat elimet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuroverkkosovellukset</li> <li>• Terveystieteiden &gt; miniatyrisointi, uudenlaiset kirurgiset ratkaisut</li> <li>• Ympäristöanalytiikka</li> <li>• Tekstiilit</li> </ul>	
TEKNOLOGIASIGNAALI		
Tehostettu todellisuus ( <i>augmented reality</i> ), joka mahdollistaa virtuaalisten objektien lisäämisen todelliseen ympäristöön. Voidaan käyttää esimerkiksi tehtaiden toimintojen, pintakäsittelyn tai tuotteiden suunnittelussa.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektroniset oppimisympäristöt &gt; esim. arkkitehtien ja suunnittelijoiden koulutus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kriminologia &gt; rikospaikan rekonstruointi tutkintaa varten</li> <li>• Vapaa-aika &gt; pelit</li> <li>• Rakennusten ja infrastruktuurien suunnittelu</li> <li>• Puolustusteollisuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ”Todellisen” todellisuuden ja konstruoidujen osien sekoittuminen</li> </ul>
TEKNOLOGIASIGNAALI		
Piihin perustuvat ”soluakut” ja mikrokokoiset dieselturbiinit, joita voidaan käyttää esimerkiksi kännyköiden ja tietokoneiden akkujen korvikkeena. Akut ovat hyvin pienikokoisia ja mahdollistavat laitteiden jatkuvan kovan käytön ilman lataamista.		
LAITTEET	SOVELLUKSET/PALVELUT	PROBLEMATIIKKA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pitkäaikaisten sensoreiden virtalähde</li> <li>• Turvakännykät</li> <li>• Ympäristöystävällinen akku</li> <li>• Personoitu ”terveyskanneri”</li> <li>• Pelikonsolit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobiiliin informaatioteknologian tukena esim. tietokoneissa tai älyvaatteissa</li> <li>• Luotettava turvateknologia &gt; ei kaadu virranjakelun puutteeseen</li> <li>• Mekatroniikka</li> <li>• Biomonitorointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uusiin energiaratkaisuihin liittyvä ”hype”</li> <li>• Uusien energiaratkaisujen sovellukset kytköksissä nanoteknologian kehitykseen</li> </ul>

Toinen hybriditeknologioiksi luokiteltava teknologiasignaali on tehostettu todellisuus, jonka avulla on mahdollista lisätä virtuaalisia objekteja esimerkiksi kaupunkiympäristöön. Arvioiden mukaan teknologiasignaalin keskeisenä sovelluksena olisivat elektroniset ja interaktiiviset oppimisympäristöt. Tämänkaltaisia oppimisympäristöjä voisi käyttää esimerkiksi arkkitehtien, suunnittelijoiden ja lääkäreiden koulutuksessa. Yleensä spatiaaliseen hahmotukseen liittyvä koulutus voisi hyötyä tämänyyppisistä koulutusratkaisuista. Yleisempiä sovelluksia löytyisi kriminologiassa, jossa rikospaikka voitaisiin rekonstruoida ja simuloida tutkintaa varten. Samaten peliteollisuus, rakennusten ja infrastruktuurien suunnittelu sekä puolustusteollisuus ovat panelistien arvioiden mukaan tehostetun todellisuuden potentiaalisia soveltajia.

Kolmas hybriditeknologiaksi laskettava teknologiasignaali liittyi uudentyyppisiin kännyköissä ja tietokoneissa sovellettaviin virtalähteisiin, joista esimerkkinä mainittiin piihin perustuvat ”soluakut” ja mikrokokoiset turbiinit. Asiantuntijapaneeli arvioi, että kyseiset virtalähteet toisivat uusia mahdollisuuksia esimerkiksi sensoriverkkojen virtalähteenä, uudentyyppisissä turvakännyköissä, personoiduissa ”terveyskannereissa” ja pelikonsoleissa. Uusissa virtalähteratkaisuissa voitaisiin ottaa myös ympäristönäkökohdat paremmin huomioon. Keskeinen idea uusien virtalähteiden kohdalla ovat niiden mahdollisuudet lisätä sulautetun informaatioteknologian käyttöä. Eräs panelisti arvioi, että nimenomaan informaatioteknologian sulauttaminen on potentiaalisten uusien akkuteknologioiden oleellinen mahdollisuus. Hän arvioi informaatioteknologian sulautumisen johtavan uudentyyppiseen tietotekniikan määritelmään:

By 2030 we will not necessarily speak of computers – because of battery technology the diffusion of computing power will become deeply embedded into products (our houses and our clothes etc.) and services (ambient sensors etc.) and surveillance security, health monitoring etc.

Virtalähteiden laajemmat sovellukset voivat liittyä mobiiliin ja sulautetun informaatioteknologian tukeen esimerkiksi tietokoneissa tai älyvaatteissa. Myös luotettavaa turvateknologiaa voitaisiin kehittää pitkäaikaisten energiaratkaisujen perustalle. Lisäksi kyseeseen voisivat tulla sulautetut informaatioteknologiset ratkaisut mekatroniikassa ja biomonitoroinnissa. Teknologiasignaalin problematiikka liittyi uusiin energiaratkaisuihin kytkeytyvään ”hypeen”, jossa odotusarvot ja arviot teknologian mahdollisuuksista saattavat kasvaa liian suuriksi. Toinen oleellinen ongelmakohta uusien virtalähteiden kehittämisen kohdalla on se, että ne ovat ratkaisevasti kytköksissä nanoteknologian tutkimukseen ja kehitykseen.

Eräs panelisti arvioi, että tehostetun todellisuuden potentiaalinen ongelma voivat olla ”reaalisen” todellisuuden ja ”reaaliseen” todellisuuteen lisättyjen konstruoidujen osien hallitsemattomasta sekoittumisesta aiheutuvat ongelmat. Ongelma tulee mielestämme nostaa erikseen esiin tässä julkaisussa, koska eräs tehostetun todellisuuden oleellinen, vaikkakin ”futuristinen”, ongelma voi liittyä konstruoidujen objektien väärinkäyttöön. Väärinkäyttöä voivat tehdä periaatteessa useat eri toimijat, joilla on resursseja kehittää tehostetun todellisuuden sovelluksia. Väärinkäytökset voivat olla esimerkiksi aggressiivisia mainoskampanjoita (ilmestyvät mainostaulut, ”virtuaalimarkkinoijat” yms.) tai ne voivat olla tilan

hallintaan pyrkivien koneistojen tuottamia (virtuaaliset näköesteet, seinämät, ”pelottavat” konstruktiot yms.). Pelisääntöjen luomisella väärinkäytöksiä voitaneen hallita tehokkaastikin, mutta silti on teoreettisesti kiintoisaa pohdiskella, minkälaisia mahdollisuuksia teknologia tuo esimerkiksi ”tilahakkereille” tai ”todellisuusviruksille”.

## 6. Toinen Delfoi-kierros

Julkaisun kuudennessa luvussa esittelemme toisen Delfoi-kierroksen tulokset. Toinen Delfoi-kierros keskittyi niihin viiteen teknologiasignaaliin, jotka ensimmäisen kierroksen tulosten perusteella nähtiin keskeisimpinä ja mielenkiintoisimpina. Ensimmäisenä tavoitteena oli syventää näkemyksiä teknologiasignaalien yleisistä sovellusaloista ja keskeisistä vaikutuksista. Toisena tavoitteena oli syventää viiden keskeisimmän teknologian alueellisia vaikutuksia kytkemällä teknologiasignaalien arviointeja takaisin Päijät-Hämeen klusteristrategiaan. Vaikka signaaleja pyritäänkin kytkemään alueelliseen kontekstiin sovelluspotentiaalien kautta, mahdollistavat nämä sovelluspotentiaalit silti myös yleisempien johtopäätösten tekemisen. Sovelluspotentiaalit eivät siis kerro vain Päijät-Hämeen alueellisista ominaispiirteistä, vaan ne ovat samanaikaisesti sekä alueellisia että yleisiä. Kolmantena tavoitteena oli saada lisänäkemystä mahdollisista tuote- ja liiketoimintainnovaatioista, jotka hyödyntävät ensimmäisen kierroksen perusteella keskeisiksi nousseita teknologiasignaaleja. Tutkimuksessa käytettyjen teknologiasignaalien haastavuuden ja tulevaisuusorientaation takia pyrittiin asiantuntijapaneeliin löytämään sekä yliopistollisen perustutkimuksen että teknologian kehitys- ja teknologiayritystoiminnan asiantuntemusta. Asiantuntijoiden jakauma painottui kuitenkin huomattavasti yliopistosektorille, kenties juuri useiden teknologiasignaalien perustutkimuspainotuksen takia (liite 2).

### 6.1 Teknologiasignaalien sovellusalat

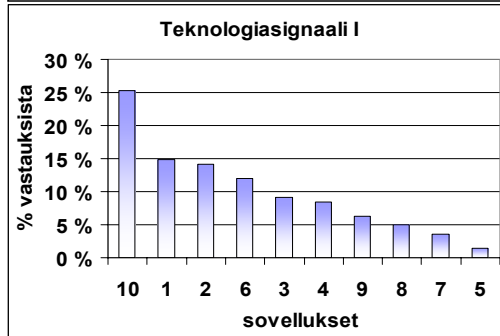
Toisella kierroksella jatkotarkasteluun valitut teknologiasignaalit olivat seuraavat:

- **I:** Nanoelektroniikka tai molekylaarinen elektroniikka, joka mahdollistaa orgaanisten solujen ja elektroniikan yhdistelmät, ”kyborgikoneet”.
- **II:** Tehostettu todellisuus (*augmented reality*), joka mahdollistaa virtuaalisten objektien lisäämisen todelliseen ympäristöön. Voidaan käyttää esimerkiksi tehtaiden toimintojen, pintakäsittelyn tai tuotteiden suunnittelussa.
- **III:** Fotolitografia, orgaanisten nanorakenteiden ”painaminen” keinomateriaalipinnoille.

- **IV:** Kustannustehokkaat nanomanipulaattorit, jotka ovat yhä useampien teollisuusyritysten saatavilla. Nanomanipulaattorit ovat laitteita, joilla voi liikutella atomeja ja muokata materiaa nanometrien tarkkuudella.
- **V:** Nanolangat, joiden avulla voidaan rakentaa nanokokoisia laboratorioita, tehokkaita tietokoneita ja muistijärjestelmiä. Langat johtavat elektroneja tehokkaasti ja kuumentumatta.

Kuvissa 12, 13, 14, 15 ja 16 esitämme viiden keskeisimmän teknologiasignaalin vaikutuksia sovellusaloihin. Sovellusalat valittiin siten, että ne ovat sekä yleisiä että Päijät-Hämeen klusteristrategiaan liittyviä. Ensimmäistä teknologiasignaalia (kuva 12) kutsutaan jatkossa ”nanoelektroniikaksi”, toista ”tehostetuksi todellisuudeksi”, kolmatta ”fotolitografiaksi”, neljättä ”nanomanipulaattoreiksi” ja viidettä teknologiasignaalia kutsutaan ”nanolangoiksi”. Ensimmäisen teknologiasignaalin, nanoelektroniikan, keskeisimmiksi sovellusaloiksi arvioitiin terveydenhuollon instrumentit (26 %), tietojärjestelmäratkaisut (16 %), kommunikaatioinstrumentit (14 %), ympäristöalan instrumentit (12 %) sekä tutkimusinstrumentit (9 %).

**Teknologiasignaali I:** Nanoelektronikka tai molekylaarinen elektronikka, joka mahdollistaa orgaanisten solujen ja elektronikan yhdistelmät, "kyborgikoneet".



1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)

2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)

3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)

4 = Teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, "mikrotehtaat")

5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)

6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)

7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)

8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)

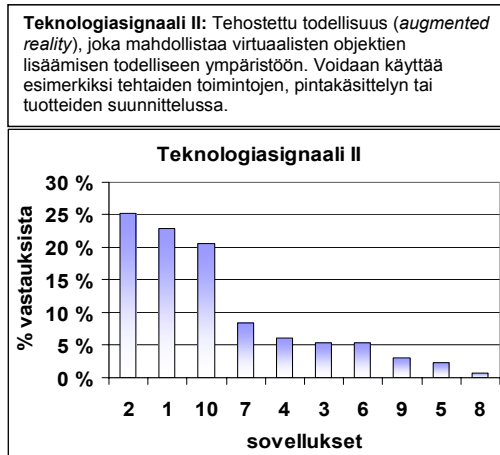
9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmämaterialit, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)

10 = Terveystieteiden instrumentteja (esimerkiksi uudenlaisia terveydentilan tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita)

*Kuva 12. Teknologiasignaali I:n vaikutukset sovellusaloihin.*



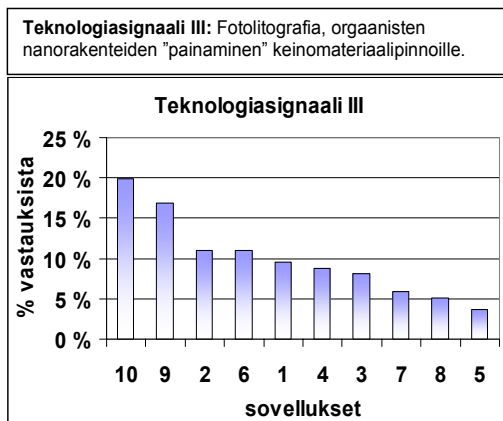
Toisen teknologiasignaalin (kuva 13) eli tehostetun todellisuuden oleellisimmiksi sovellusaloiksi nousivat selkeästi seuraavat kolme: kommunikaatioinstrumentit (25 %), tietotekniset järjestelmät (23 %) sekä terveydenhuollon instrumentit (21 %).



- 1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)
- 2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)
- 3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)
- 4 = Teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, "mikrotehtaat")
- 5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)
- 6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)
- 7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)
- 8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)
- 9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmäateriaalit, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)
- 10 = Terveydenhuollon instrumentteja (esimerkiksi uudenlaisia terveydentilan tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita)

Kuva 13. Teknologiasignaali II:n vaikutukset sovellusaloihin.

Kolmannen teknologiasignaalin (kuva 14), fotolitografian, viisi arvioissa eniten painottunutta sovellusalaa olivat terveydenhuollon instrumentit (24 %), muoviteollisuuden materiaalit ja instrumentit (17 %), kommunikaatioinstrumentit (!) (11 %), ympäristöalan instrumentit (11 %) sekä tietotekniset järjestelmät (9 %).



- 1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)
- 2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)
- 3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)
- 4 = Teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, "mikrotehtaat")
- 5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)
- 6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)
- 7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)
- 8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)
- 9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmäaerit, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)
- 10 = Terveydenhuollon instrumentteja (esimerkiksi uudenlaisia terveydentilan tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita)

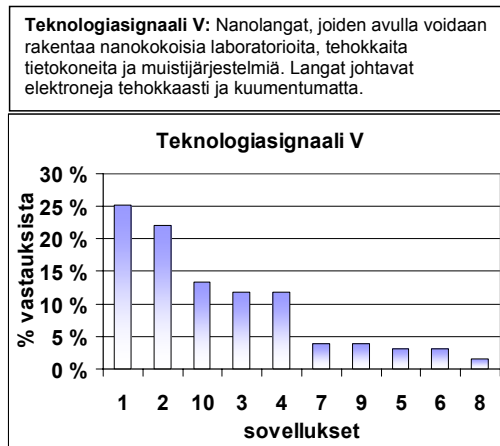
*Kuva 14. Teknologiasignaali III:n vaikutukset sovellusaloihin.*

Neljännän teknologiasignaalin (kuva 15) eli nanomanipulaattorien oleelliseksi sovellusaloiksi arvioitiin tutkimusinstrumentit (27 %), terveydenhuollon instrumentit (18 %), teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentit (13 %), muoviteollisuuden materiaalit ja instrumentit (13 %) ja tietotekniset järjestelmät (9 %).



*Kuva 15. Teknologiasignaali IV:n vaikutukset sovellusaloihin.*

Viidennen teknologiasignaalin (kuva 16), nanolankojen, painottuneita sovellusaloja olivat tietotekniset järjestelmät (25 %), kommunikaatioinstrumentit (22 %), terveydenhuollon instrumentit (13 %), tutkimusinstrumentit (12 %) sekä teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentit (12 %).



- 1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)
- 2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)
- 3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)
- 4 = Teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, "mikrotehtaat")
- 5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)
- 6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)
- 7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)
- 8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)
- 9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmämaterialit, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)
- 10 = Terveydenhuollon instrumentteja (esimerkiksi uudenlaisia terveydentilan tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita)

*Kuva 16. Teknologiasignaali V:n vaikutukset sovellusaloihin.*

Jos tarkastelemme arvioiden toista päätä (eli perifeerisimmiksi) arvioituja sovellusaloja, voimme tehdä muutamia kiintoisia huomioita. Kaikissa teknologiasignaaleihin suhteutetuissa arvioissa luokat ”metalliteollisuuden instrumentit” ja ”elintarviketeollisuuden toiminnot tai instrumentit” arvioitiin poikkeuksetta

hyvin matalan todennäköisyyden sovellusaloiksi. Samaten, yhtä poikkeusta lukuun ottamatta (teknologiasignaali II), ”rakennusteollisuuden materiaalit ja instrumentit” arvioitiin melko vähäisen todennäköisyyden sovellusalaksi. Edellä mainittuja luokkia koskevat arviot ovat kiinnostava, koska ne edustivat nimenomaan alueellisesta klusteristrategiasta puristettuja laajoja sovellusaloja. Arvioinnin tuloksella voi tulkita olevan ainakin kaksi selitystä: Ensinnäkin arvioidut teknologiasignaalit olivat liian futuristisia, ajallisesti etäisiä, jotta vaikutuksia katsottiin pystyttävän arvioimaan spesifimmin. Toinen selitys lienee se, että kyseisiä sovellusaloja ei nähdä niin teknologiaintensiivisinä, jotta teknologiasignaalit voisivat vaikuttaa niihin. Kolmantena haasteena oli ”tutkimustekninen” ongelma, joka oli seurausta siitä, että keskeisimmiksi nousseiden teknologiasignaalien suuntautumista ei rajattu etukäteen, ja näin ne menivät hieman ohi edellä mainituista sovellusaloista.

Edellä esitettyjä arvioita on syytä tarkastella tietyt varaukset mielessä. Ensinnäkin arvioidujen sovellusalojen laeisuus vaikutti arvioihin siten, että tietotekniikkaan ja terveydenhuoltoon liittyvät sovellusalat korostuivat. Toisaalta arviot heijastavat näiden alojen teknologiakehityksen nopeutta ja tarvetta ja ennen muuta näihin aloihin liittyvien sovellusten kehityksen odotusarvoja. Toiseksi teknologiasignaalien perustutkimusluonteinen ”futuristisuus” teki teknologiasignaalien arvioinnista selvästi odotettua vaikeampaa. Tämä näkyy aineistossa hienoisena varman päälle vastaamisena, joka kiteytyi keskeisimpien sovellusalojen arvioissa. Kolmanneksi toisen kierroksen panelistien painottuminen perustutkimukseen eli arvoketjun alkupäähän lienee vaikuttanut myös siihen, etteivät luonteeltaan spesifimmät teolliset sovellusalat korostuneet.

## **6.2 Sovellusten potentiaalisen toteutumisen ajoittaminen**

Seuraavissa kuvissa 17, 18, 19, 20 ja 21 esitämme teknologiasignaalien sovellusten potentiaalisen ajoittamisen arviot. Kuvassa 17 ovat ensimmäisen teknologiasignaalin, nanoelektroniikan, sovellusten ajoittamisarviot. Arvioiden mediaani ja keskiarvo liikkui noin vuoden 2015 tietämällä. Asiantuntijat arvioivat kohtuullisen todennäköiseksi, että nanoelektroniikka johtaa uudenlaisiin tietotekniikka- ja kommunikaatiosovelluksiin. Tosin tulee huomata, että arvioiden ala- ja yläkvartiilin vaihteluväli oli 2010–2020, joten sovellusten ajoittaminen oli hajautunut kohtuullisen pitkälle aikavälille. Sen sijaan tutkimusinstrumenttien ja

metalliteollisuuden instrumenttien kehittelyyn nanoelektroniikan arvioitiin soveltuvan nopeammassa aikataulussa. Erityisesti uusien materiaalien kehittelyn ja erilaisten materiaalien liittämisen toisiinsa arvioitiin olevan teollisessa käytössä jo noin viiden vuoden aikajänteellä. Metalliteollisuuden instrumenttien kohdalla tulee huomata, että 23 % asiantuntijoista arvioi, ettei tätä tule tapahtumaan. Myös nanomateriaalien kohdistumisen rakennusmateriaaleihin ja elintarviketeollisuuteen arvioitiin olevan hieman vaikeampi arvioida.

Kuvassa 18 esitämme arviot toisen teknologiasignaalin, tehostetun todellisuuden, vaikutuksista sovellusaloihin. Tehostetun todellisuuden vaikutusten arvioitiin korostetusti suuntautuvan tietotekniikkaan, kommunikaatioon ja terveydenhuoltoon. Vaikutusten ajoittumisen keskiarvo on noin vuoden 2015 tietämällä. Suurin vaihteluväli arvioissa on tutkimusinstrumenttien kohdalla. Myöhäisin arvioitu toteutumistodennäköisyys on rakennusteollisuuden instrumenttien kohdalla. Metalliteollisuuden, ympäristöalan ja elintarvike- ja muoviteollisuuden kohdalla asiantuntijat esittivät melkoisen korkeita ”ei tapahdu” -arvioita. Arviot kertovat kenties enemmän teknologiasignaalin kuvailun yleisyydestä kuin sovellusmahdollisuuksien puutteesta. Tehostetulla todellisuudella on todennäköisesti huomattavastikin erilaisia teollisia sovellusmahdollisuuksia myös esimerkiksi ympäristöalalla. Nämä potentiaalit eivät aukea vielä yleisen teknologiasignaalin kohdalla, vaan ne ovat tyypillisesti esimerkkejä sovellusalojen tarkennuksista, joita voi tehdä esimerkiksi paneeliarvioita syventävissä työpajoissa ja innovaatioessioissa.

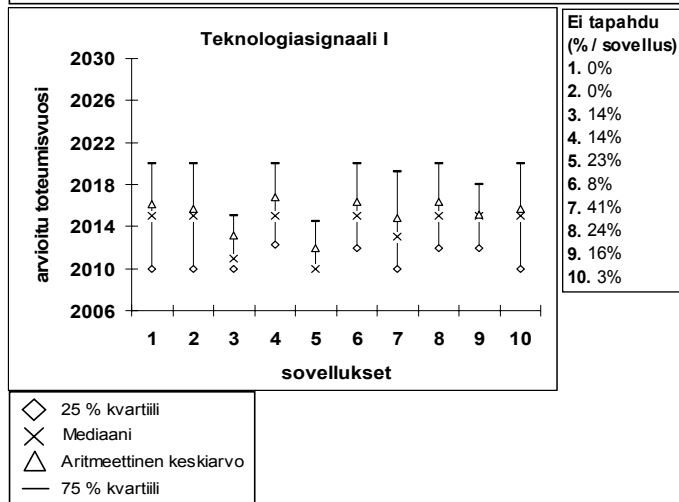
Kuvassa 19 esitämme kolmannen teknologiasignaalin, fotolitografian, vaikutuksia eri sovellusaloille. Teknologiasignaalin määrittelyssä korostettiin orgaanisten materiaalien yhdistämistä epäorgaanisiin. Asiantuntijat arvioivat teknologiasignaalin johtavan todennäköisimmin terveydenhuollon ja kommunikaatio- ja tutkimusinstrumenttien sovelluksiin. Näiden lisäksi myös tietotekniikan, muoviteollisuuden ja ympäristöalan instrumenttien kehittäminen näytti todennäköiseltä. ”Ei tapahdu” -vastausten perusteella epätodennäköisimmiksi arvioitiin metalli-, rakennus- ja elintarviketeollisuuden sovellukset.

Kuvassa 20 esitämme arviot neljännen teknologiasignaalin, nanomanipulaattorien, toteutumisen ajoittumisesta. Arvioiden mediaanivuosi vaihteli noin vuodesta 2014 vuoteen 2020. Asiantuntija-arvioiden mukaan teknologiasignaalin realisoituminen johtaisi ensin tutkimusinstrumentaation kehittämiseen. Tietotekniset

ja kommunikaatiosovellukset, teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentit, metalliteollisuus, ympäristöteollisuus, muoviteollisuus sekä terveydenhuollon instrumentaatio ajoittuivat keskimäärin vuosiin 2015–2017. Rakennusteollisuuden ja elintarviketeollisuuden teknologiasignaalin arvioitiin vaikuttavan vielä pidemmällä aikavälillä. ”Ei tapahdu” -arviot jakautuvat tämän teknologiasignaalin kohdalla selvästi kahteen luokkaan. Tutkimusinstrumentaation, teollisten ja mekatronisen instrumentaation ja terveydenhuollon instrumenttien kohdalla arviot ovat erittäin pieniä, vain muutaman prosentin luokkaa. Asiantuntijat pitivät siis näitä sovellusaloja kohtuullisen todennäköisinä. Sen sijaan loppuissa mainituissa sovellusaloissa ”ei tapahdu” -arviot nousivat noin neljännekseen tai jopa kolmannekseen kaikista annetuista arvioista.

Kuvassa 21 esitämme ajoittumisarviot viidennen teknologiasignaalin, nanolankojen, kohdalla. Kuten edellisenkin teknologiasignaalin kohdalla, ajoittumisarvioiden mediaani liikkui noin vuodesta 2014 noin vuoteen 2020. Nanolankojen sovellusten arvioitiin suuntautuvan kohtuullisen todennäköisesti tietotekniikkaan ja kommunikaatiosovelluksiin – ”ei tapahdu” -arviot olivat kummankin sovellusalueen kohdalla nollassa. Sen sijaan toteutumisarvioiden ala- ja yläkvartiilit hajautuivat kahdentoista vuoden välille vuosiin 2012–2024. Nopeimmin toteutuviksi sovellusalueiksi arvioitiin tutkimusinstrumentit sekä metalliteollisuuden ja ympäristöalan instrumentit. Myös terveydenhuollon instrumentaation sekä mekatroniikan instrumentaation kehittämisen nanolankoihin perustuen arvioitiin olevan kohtuullisen uskottava kehityssuunta noin 15 vuoden säteellä: ”ei tapahdu” -arviot olivat 10 % sekä 17 %. Nanolankojen soveltamista ei arvioitu kovinkaan uskottavaksi muilla kuvassa 21 esitetyillä sovellusaloilla. Rakennus- ja muoviteollisuuden kohdalla ”ei tapahdu” -arviot olivat 30 %. Metalliteollisuuden, ympäristöalan ja elintarvikealan sovellusten kohdalla ”ei tapahdu” -arviot nousivat lähes puoleen annetuista arvioista.

**Teknologiasignaali I:** Naoelektroniikka tai molekylaarinen elektroniikka, joka mahdollistaa orgaanisten solujen ja elektroniikan yhdistelmät, ”kyborgikoneet”.

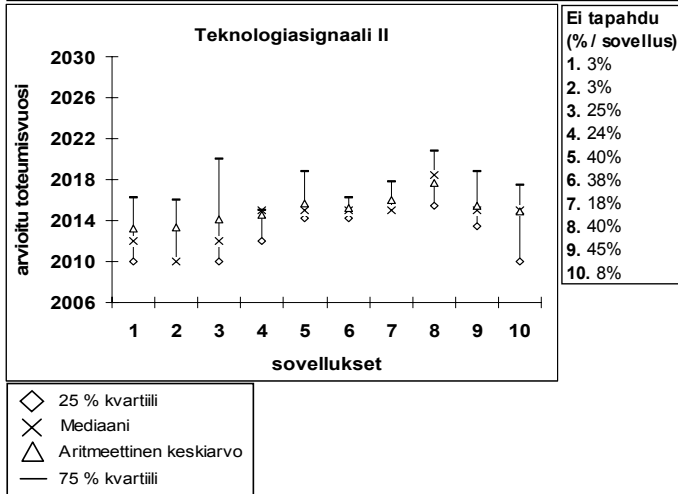


- 1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)
- 2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)
- 3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)
- 4 = Teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, ”mikrotehtaat”)
- 5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)
- 6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)
- 7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)
- 8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)
- 9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmäaerit, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)
- 10 = Terveystieteiden tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita

*Kuva 17. Teknologioiden vaikutusten ajoittaminen: teknologiasignaali I.*



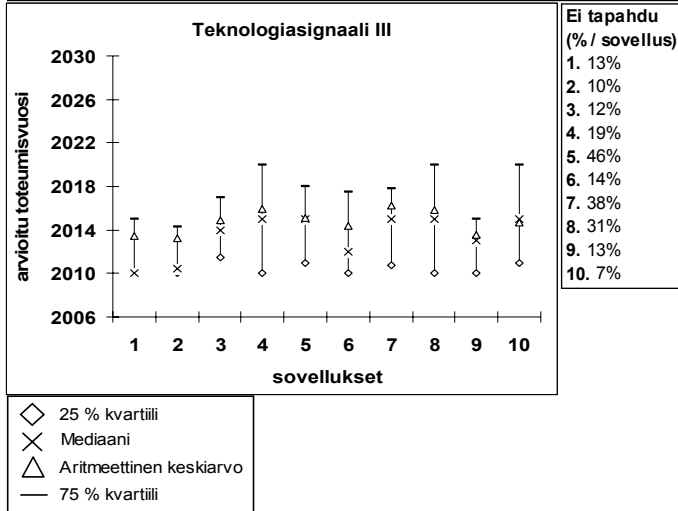
**Teknologiasignaali II:** Tehostettu todellisuus (*augmented reality*), joka mahdollistaa virtuaalisten objektien lisäämisen todelliseen ympäristöön. Voidaan käyttää esimerkiksi tehtaiden toimintojen, pintakäsittelyn tai tuotteiden suunnittelussa.



- 1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)
- 2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)
- 3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)
- 4 = Teollisen tuotannon ja mekatronikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, "mikrotehtaat")
- 5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)
- 6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)
- 7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)
- 8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)
- 9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmäateriaalit, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)
- 10 = Terveystilan tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita)

Kuva 18. Teknologioiden vaikutusten ajoittaminen: teknologiasignaali II.

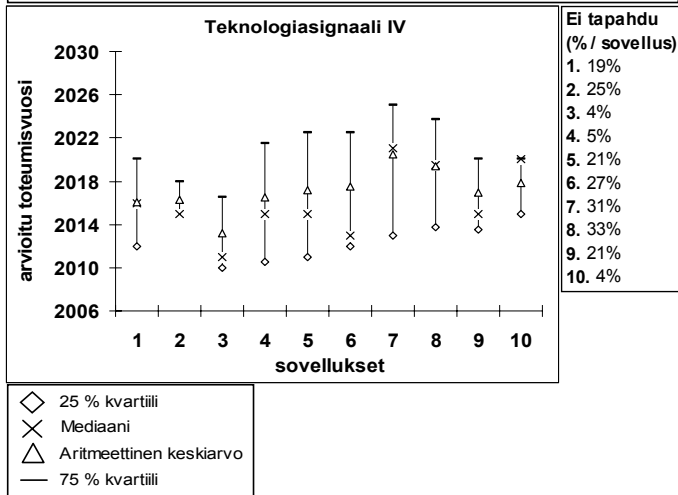
**Teknologiasignaali III: Fotolitografia, orgaanisten nanorakenteiden "painaminen" keinomateriaalipinnoille.**



- 1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)
- 2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)
- 3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)
- 4 = Teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, "mikrotehtaat")
- 5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)
- 6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)
- 7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)
- 8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)
- 9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmämaterialit, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)
- 10 = Terveystuotteen instrumentteja (esimerkiksi uudenlaisia terveydentilan tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita)

*Kuva 19. Teknologioiden vaikutusten ajoittaminen: teknologiasignaali III.*

**Teknologiasignaali IV:** Kustannustehokkaat nanomanipulaattorit ovat yhä useampien teollisuusyritysten saatavilla. Nanomanipulaattorit ovat laitteita, joilla voi liikutella atomeja ja muokata materiaa nanometrien tarkkuudella.



1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)

2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)

3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)

4 = Teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, "mikrotehtaat")

5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)

6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)

7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)

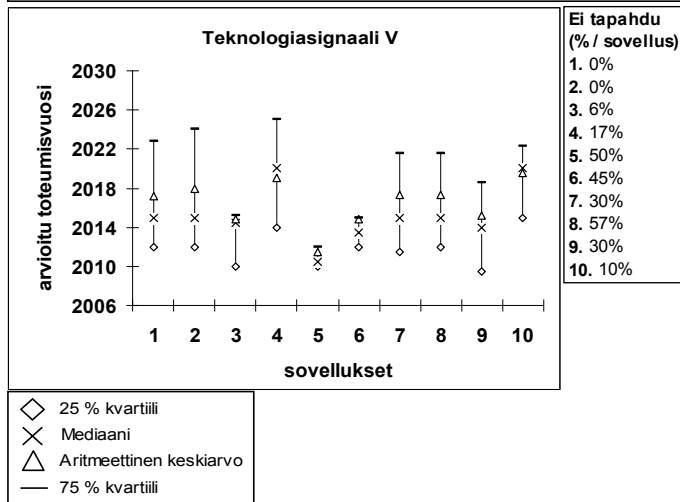
8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)

9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmäaeromateriaalit, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)

10 = Terveystilan tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita)

*Kuva 20. Teknologioiden vaikutusten ajoittaminen: teknologiasignaali IV.*

**Teknologiasignaali V:** Nanolangat, joiden avulla voidaan rakentaa nanokokoisia laboratorioita, tehokkaita tietokoneita ja muistijärjestelmiä. Langat johtavat elektroneja tehokkaasti ja kuumentumatta.



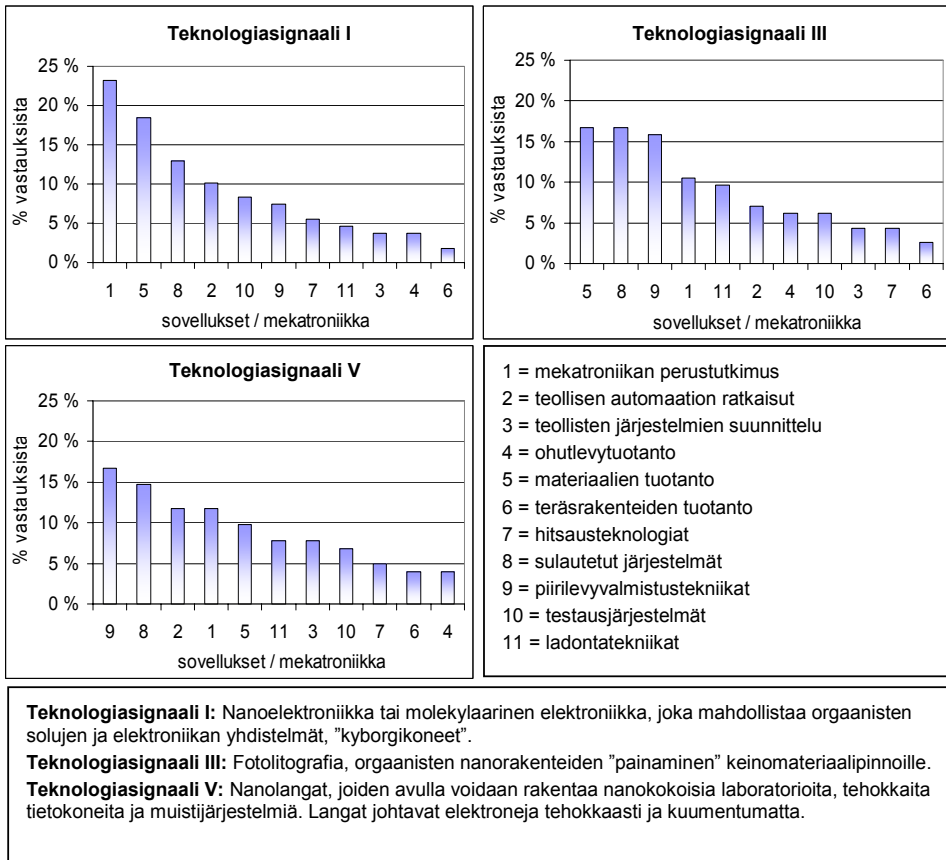
- 1 = Tietotekniikkaa (esimerkiksi uudenlaisia tietojärjestelmäratkaisuja käytettäväksi sekä töissä että vapaa-aikana)
- 2 = Kommunikaatioinstrumentteja (esimerkiksi kännykät ja henkilökohtaiset kommunikaatiovälineet)
- 3 = Tutkimusinstrumentteja (esimerkiksi mikroskoopit ja sentrifugit)
- 4 = Teollisen tuotannon ja mekatroniikan instrumentteja (esimerkiksi teollisen tuotannon sulautetut järjestelmät, uudenlaiset teollisen tuotannon laitteet, "mikrotehtaat")
- 5 = Metalliteollisuuden instrumentteja (esimerkiksi uusia tapoja liittää materiaaleja toisiinsa ja uusia materiaaleja)
- 6 = Ympäristöalan instrumentteja (esimerkiksi uusia ympäristön seurannan ja analysoinnin välineitä, uusia ympäristöystävällisiä tuotantoratkaisuja)
- 7 = Rakennusteollisuuden materiaaleja ja instrumentteja (esimerkiksi uusia rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja)
- 8 = Elintarviketeollisuuden toimintoja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet viljelytavat, uudet viljan käsittelytavat)
- 9 = Muoviteollisuuden materiaaleja tai instrumentteja (esimerkiksi uudet yhdistelmäaeromat, uudet tavat muotoilla materiaaleja, uudet tavat kierrättää materiaaleja)
- 10 = Terveystieteiden instrumentteja (esimerkiksi uudenlaisia terveydentilan tutkimuslaitteita, seurantalaitteita ja hallintalaitteita)

*Kuva 21. Teknologioiden vaikutusten ajoittaminen: teknologiasignaali V.*

## 6.3 Spesifit sovellusalat

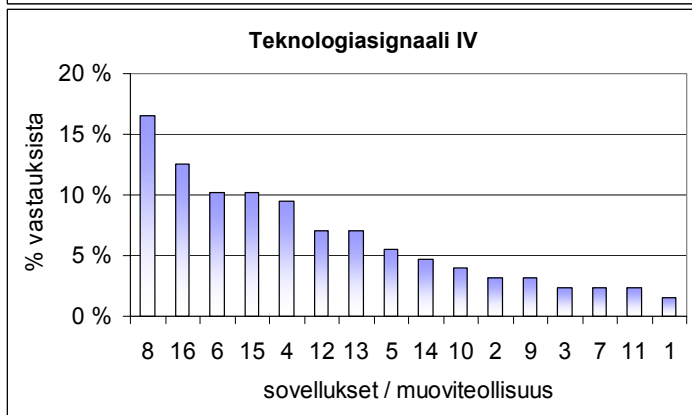
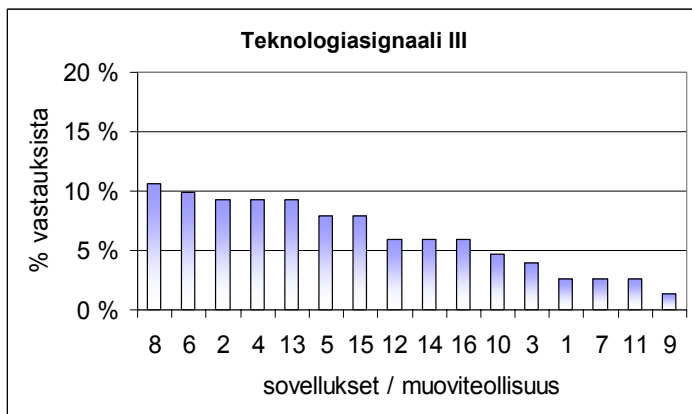
Tässä viimeisessä empiiriseen aineistoon perustuvassa luvussa syvennetään valikoitujen teknologiasignaalien vaikutusten suuntia. Tarkastelun tavoitteena on toisaalta tarkentaa ja yksityiskohtaisemmin luonnehtia arvioitujen teknologiasignaalien potentiaalisia suuntautumisia. Toinen arvioinnin tavoite on määrittellä tapa, jolla kohtuullisen geneerisen ja yleisen teknologiasignaalin vaikutuksia voidaan tiukemmin sitoa tiettyyn toiminnalliseen tai alueelliseen kontekstiin. Kuvissa 22, 23 ja 24 esitämme erään tavan tiivistää teknologiasignaalin liityntää alueelliseen kontekstiin. Kyseessä on vaikutusten suuntautumisen syventäminen, jolloin vaikutusten arvioiden tasoa pyritään jatkuvasti syventämään. Arviot on toteutettu toisen Delfoi-kierroksen kyselyn yhteydessä. Mikäli tarkastelua halutaan tästä edelleen syventää (vrt. kuva 26), tästä etenevät kierrokset tulisi suorittaa esimerkiksi työpajamuotoisina, jolloin ideoita voi kehittää jatkuvana iteratiivisena prosessina. Sovellusalojen arviointi voi parhaimmillaankin tarjota vain suuntaa antavia tuloksia, joita tulisi syvemmin työstää teknologian kehittäjien ja soveltajien eli yritysten kesken. Vasta tällöin sovellusaloja voidaan tarkastella tuotannollisin tai liiketoiminnallisin kriteerein.

Kuvassa 22 esitämme arviot teknologiasignaalien I (orgaanisen materiaalin ja elektroniikan yhdistelmät), III (nanotason fotolitografia) ja V (nanolangat) tarkennetuista vaikutuksista mekatroniikassa. Teknologiasignaalin I arvioitiin vaikuttavan eniten mekatroniikan perustutkimukseen, materiaalien tuotantoon, sulautettuihin järjestelmiin, teollisen automaation ratkaisuihin, testausjärjestelmiin sekä piirilevynvalmistusteknologioihin. Teknologiasignaalin III vaikutusten arvioitiin suuntautuvan ennen kaikkea materiaalien tuotantoon, sulautettuihin järjestelmiin, piirilevynvalmistusteknologioihin, mekatroniikan perustutkimukseen sekä ladontatekniikoihin. Teknologiasignaalin V arvioitiin vaikuttavan eniten piirilevynvalmistusteknologioihin, sulautettuihin järjestelmiin, teollisen automaation ratkaisuihin, mekatroniikan perustutkimukseen sekä materiaalien tuotantoon. Kolmen teknologian vaikutuksia mekatroniikkaan voisi yleisesti arvioida siten, että vaikutusten arvioitiin suuntautuvan pääasiassa tutkimus- ja kehitystyöhön.



Kuva 22. Teknologiasignaalien I, III ja V arvioidut vaikutukset mekatroniikan alalla.

Kuvassa 23 esitämme asiantuntijapaneelin tekemät arviot teknologiasignaalien III (nanotason fotolitografia) ja IV (nanomanipulaattorit teollisuustuotannossa) vaikutuksista muoviteollisuuden alalla. Teknologiasignaalin III vaikutusten nähtiin suuntautuvan materiaalikehitykseen, ohuiden kalvojen painotekniikkaan, stereolitografiaan, muovin personointiin ja räätälöintiin, likaantumattomiin pintoihin sekä muovikerroskalvotekniikkaan eli laminointiin. Teknologiasignaalin IV vaikutusten arvioitiin ensisijaisesti kohdistuvan materiaalikehitykseen, muovialan perustutkimukseen, ohuiden kalvojen painotekniikkaan, muoviteollisuuden tuotekehitykseen, muovin personointiin, uusiomateriaalien käyttöön sekä muoviteollisuuden tuotekehitykseen.



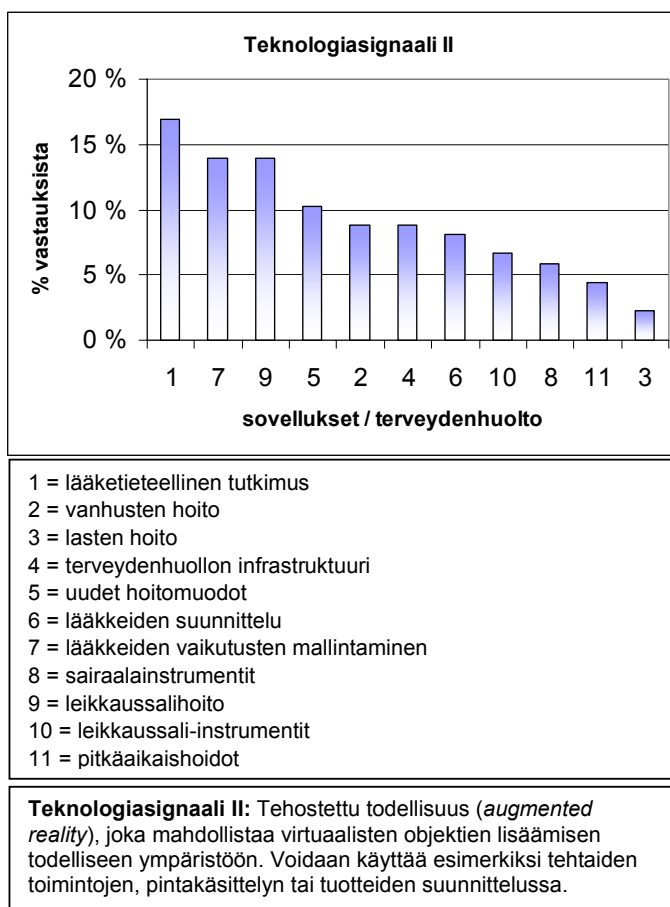
1 = isojen kappaleiden muottitekniikat	9 = piensarjatuotannon hallitseminen
2 = stereolitografia	10 = tuotesuunnittelu
3 = jälkikäsitteily	11 = lämpömuovaus
4 = muovin personointi ja räätälöinti	12 = muovien kierrätys, uusiomateriaalien käyttö
5 = muovikerroskalvotekniikka, laminointi	13 = likaantumattomat pinnat
6 = ohuiden kalvojen painotekniikka	14 = monikerrosrakenteet
7 = prosessien simulointi	15 = muoviteollisuuden tuotekehitys
8 = materiaalikehitys	16 = muovialan perustutkimus

**Teknologiasignaali III:** Fotolitografia, orgaanisten nanorakenteiden "painaminen" keinomateriaalipinnoille.

**Teknologiasignaali IV:** Kustannustehokkaat nanomanipulaattorit ovat yhä useampien teollisuusyritysten saatavilla. Nanomanipulaattorit ovat laitteita, joilla voi liikutella atomeja ja muokata materiaa nanometrien tarkkuudella.

*Kuva 23. Teknologiasignaalien III ja IV arvioidut vaikutukset muoviteollisuuden alalla.*

Kuvassa 24 esitämme arviot teknologiasignaalin II (tehostettu todellisuus) vaikutuksista terveydenhuollon alalla. Keskeisimmät vaikutukset suuntautuvat tutkimukseen, lääkkeiden vaikutusten mallintamiseen sekä leikkaussalihoitoon. Tehostettua todellisuutta voisi arvioiden mukaan soveltaa myös uusien hoitomuotojen kehittämisessä, vanhusten hoidossa sekä terveydenhuollon infrastruktuurin kehittämisessä.



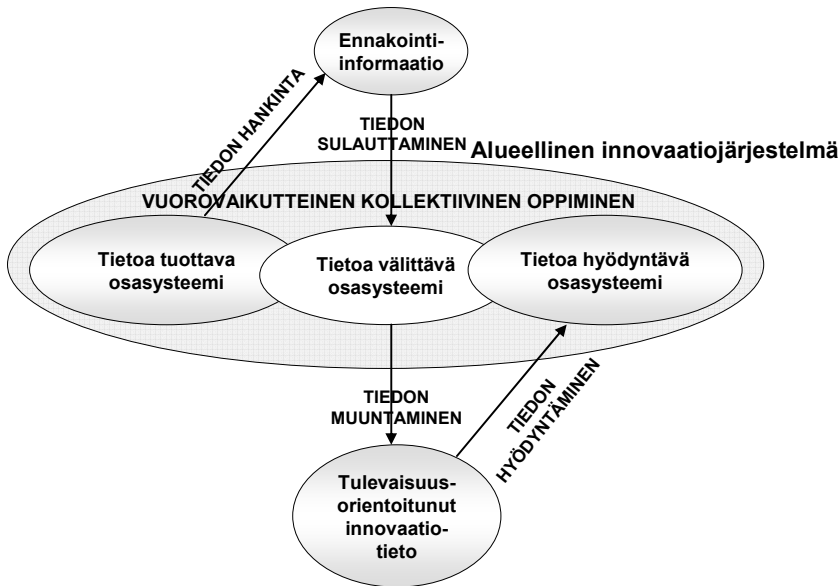
Kuva 24. Teknologiasignaalin II arvioidut vaikutukset terveydenhuollon alalla.



## 7. Yhteenveto ja jatkopohdintoja

Esitimme julkaisussa tavan toteuttaa alueellisesti juurrutettua teknologiaennakointia, jolla tarkoitamme ennakointiprosessin toteuttamista tietyssä alueellisessa kehyksessä, tässä tapauksessa osana Päijät-Hämeessä harjoitettua verkostoja palvelevaa innovaatiopolitiikkaa ja kytkettynä alueen klusteristrategiaan. Päijät-Hämeen ennakointiprosessi eteni melko yleisestä nousevien teknologiasignaalien tarkastelusta kohti eriytettympiä arvioita. Tässä esittämämme juurrutetun ennakoinnin malli on ketjutettu prosessi, jossa askeleet linkittyvät toisiinsa muodostaen jatkuvasti fokuoitetun empiirisen jatkumon. Juurrutetun ennakointiprosessin kannalta keskeisessä roolissa ovat ennakointitiedon tuottajan tai ennakointitiedon sovittajan (*knowledge broker*, Burt 1992) sekä alueellisten toimijoiden yhdessä toteuttama dialoginen prosessi, jonka avulla ”ennakointi-informaatiota” juurrutetaan alueelliseen innovaatiojärjestelmään tukemaan innovaatiotoimintaa (ks. kuva 25). Tällöin tietoinesta on myös ”uudelleen tulkittava” käyttäjänäkökulmasta ja sille on annettava uudenlaisia sisältöjä. Lahden ja Päijät-Hämeen tapaisella alueella, jossa oma tutkimus ei ole riittävää tukemaan eri toimijoiden innovaatiotoiminnassaan kokemia tietotarpeita, on syytä korostaa innovaatiojärjestelmän tietoa välittävän ja muokkaavan osasysteemin merkitystä innovaatiotoiminnan kehittämisen näkökulmasta. Organisatorisesti tämä tietoa välittävä osasysteemi rakentuu esimerkiksi tiede-, teknologia- tai yrityspuistoista, erilaisista teknologian siirtoon erikoistuneista organisaatioista ja korkeakoulujen sekä yliopistojen alueellisista yksiköistä.

Jo parinkymmenen vuoden ajan erityisesti teknologian siirtoon liittyvässä tutkimuksessa on yhtenä tarkastelun kohteena ollut ns. välittävien organisaatioiden rooli ja toiminta osana tiedonsiirtoa. Näiden välittävien organisaatioiden (*intermediary organizations*) tehtävänä on edesauttaa uuden, tutkimuslaitoksissa syntetyn tiedon siirtymistä käytäntöön organisaatioiden hyödynnettäväksi. Viime aikoina käsite on otettu laajemminkin osaksi innovaatioita ja alueellisia innovaatiojärjestelmiä tarkastelemaan tutkimukseen. Esimerkiksi Howells (2006) on löytänyt kirjallisuudesta parinkymmenen viime vuoden ajalta noin 25 erilaista määritelmää sille toiminnalle, joka innovaatiojärjestelmän ”välimaastossa” pyrkii lisäämään tiedon siirtoa ja tiedon ymmärrystä innovaatiojärjestelmän eri toimijoiden välillä.



Kuva 25. Ennakointitiedon sulautuminen alueelliseen innovaatiojärjestelmään (Uotila & Ahlqvist, tulossa a).

Von Krogh, Nonaka ja Kazuo (1997) ovat esittäneet ennakointitiedon hyödyntämisen kannalta mielenkiintoisen idean ns. knowledge activist -toiminnasta. Sotarauta, Kautonen ja Lähteenmäki (2002) ovat kutsuneet ”tietoaktivismin” keskiössä olevaa toiminnallista yksikköä ”tietosukulaksi”, joka tarkoittaa henkilöä, ryhmää tai jonkin organisaation yksikköä, joka ottaa vastuuta uuden tiedon luomisesta ja välittämisestä oman toiminnan tarpeita laajemmin. Tietosukulalla on kolme tehtävää: toimia uuden tiedon luomisen katalyyttinä, erilaisten toimijoiden ja toimintojen välisenä linkkinä sekä ennakoinnin ja sen tuottaman tiedon ”myyntimiehenä”. Tietosukulalla on mahdollistaa muita toimijoita, mutta ei kontrolloida sen paremmin tietoa kuin itse prosessiakaan. Tietosukulalla on tehtävä ei myöskään ole vain tuoda eri toimijoita yhteen teknologian ennakoinnin puitteissa, vaan myös tukea itseorganisoitumista ja uusien luontaisten yhteyksien syntymistä (Sotarauta et al. 2002; von Krogh et al. 1997). Tietosukulat siis edesauttavat ennakointitiedon hyödyntämistä lisäämällä innovaatiojärjestelmän ja sen yksittäisten toimijaorganisaatioiden absorptiivista kapasiteettia eli niiden kykyä hyödyntää muualla tuotettua tietoa toiminnassaan.

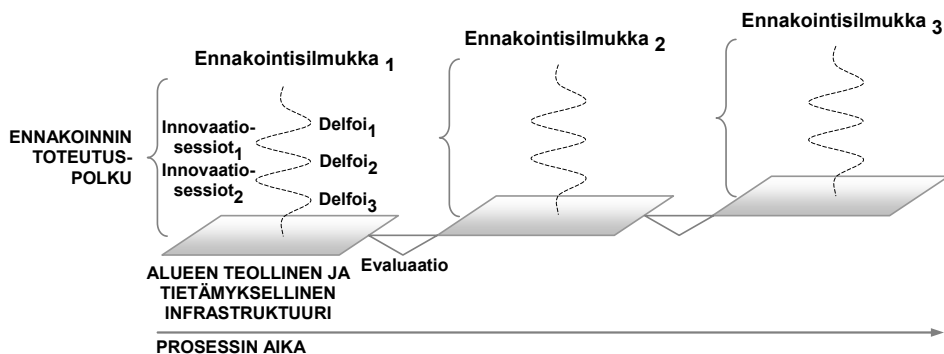
Tietosukkulan toiminnan kannalta keskeinen muuttuja on innovaatiojärjestelmän absorptiivinen kapasiteetti. Absorptiivisen kapasiteetin käsitteen ottivat käyttöön alun perin Cohen ja Levinthal (1990), ja sitä ovat myöhemmin edelleen kehittäneet Zahra ja George (2002). Alun perin absorptiivisen kapasiteetin käsite liitettiin yksittäisen yrityksen oppimiseen kuvaamaan sitä, millä tavoin yritys tutkimus- ja kehittämistoimintansa yhteydessä etsii organisaation ulkopuolelta tietoa, miten se sulauttaa ja muuntaa uutta tietoa osaksi jo olemassa olevia tietorakenteitaan ja miten se lopulta hyödyntää toiminnassaan uutta tietoa. Sitten käsitettä on käytetty kuvaamaan organisaatioiden välistä tiedonsiirtoa ja sen seurauksena tapahtuvaa oppimista mm. tutkittaessa yritysten strategista kumppanuutta, yritysverkostoissa tapahtuvaa oppimista ja yritysten ja yliopistojen välistä yhteistyötä (ks. Uotila et al. 2006).

Lahden alueella eri toimijoiden välisen dialogin rakentumiseen ja absorptiivisen kapasiteetin lisäämiseen on pyritty ns. innovaatioseSSIoiden avulla. Vuosina 2004–2007 on toteutettu 47 innovaatioseSSIota, joista 19 yritykseen, 13 verkosto-toimija ryhmittymään ja 15 julkisen sektorin toimijaryhmään. Asiakasorganisaatioita on ollut yli 100, joista yrityksiä noin 80. InnovaatioseSSIomenetelmän läpikäyneistä organisaatioista (42 yritystä osallistui seurantatutkimukseen) 90–95 % nimesi liiketoiminnallisesti arvokkaan konkreettisen muutostuloksen. Vastausten perusteella innovaatioseSSIomenetelmän tuloksena on syntynyt uusi liikeidea (7), palvelukonsepti (14), parannettu tuote (6), tuotekehityshanke (12), uusi toimintamalli (14), esiselvitys (4) tai uusi strategia (11). Kymmenessä (10) organisaatioissa työskentelyprosessia tarkennettiin edelleen toisessa innovaatioseSSIossa. Ensimmäiset tulokset ovat jo käytännössä markkinoilla tuotekehityshankkeina ja tuotteina, uusina palvelukonsepteina, strategiatyöskentelynä sekä innovaatiotoimintaa edistävänä uudenlaisena toimintakulttuurina (Frantsi et al., tulossa).

InnovaatioseSSIossa on pyritty syventämään ymmärrystä erilaisten muutossignaalien teollisista ja alueellisista vaikutuksista. InnovaatioseSSIomenetelmää tullaan instrumenttina hyödyntämään myös teknologiasignaalien jalkauttamisessa tukemaan alueen organisaatioissa toteutettavia innovaatioprosesseja. Keskeistä innovaatioseSSIossa on toimijoiden välinen systemaattinen ja samalla avoin dialogi, jossa teknologiasignaalista pyritään kiteyttämään sellaista ymmärrystä, jota ei ole mahdollista saavuttaa Delfoin kaltaisella anonyymiyttä ja konsensusaalisuutta korostavalla metodilla. InnovaatioseSSIossa lisäymmärrystä teknologiasignaaleista voidaan kartuttaa erilaisia arviointi- tai teknologiamatriiseja käyt-

tämällä. Prosessin kannalta on keskeistä ymmärtää, että innovaatio sessioihin tuotettu, osittain juurrutettu ennakointimateriaali, esimerkkinä käsillä oleva julkaisu, on ainoastaan tarkastelun lähtökohta. Innovaatio sessioiden tuottama lopputulos saattaa nimittäin olla myös se, että jokin tarkastelun kohteena olevan teknologiasignaalin kehityskulku ei ole kovinkaan merkittävässä roolissa alueellisten toimijoiden näkemyksen mukaan. Tällöin voidaan toimijoiden kanssa uudelleensuunnata arvioita tai määritellä arvioinnin aikaskaalaa tarkemmin. Saattaa nimittäin olla niin, että päivittäiseen ja kvartaaleihin sidottuun tuotantotoimintaan fokuoituneet yritykset eivät pidä pitkän strategisen aikaskaalan tarkasteluja relevantteina arkisen toimintansa näkökulmista. Tällöin innovaatio sessioiden painopistettä voidaan pyrkiä suuntaamaan kohti lyhyemmän aikavälin perspektiiviä unohtamatta kuitenkin kokonaan pitkän tähtäimen toimintavaihtoehtojen ja optioiden tarkastelua.

Alueellisesti juurrutettu ennakointi voidaan laajentaa jatkuvaksi prosessiksi, jossa tulevaisuustietoa haravoidaan ja analysoidaan iteratiivisesti (kuva 26). Keskeistä on toteuttaa prosessia avoimissa silmukoissa, minkä jälkeen tehdään menetelmien ja työskentelytapojen evaluointi. Jatkuvan ennakoinnin onnistumiseksi on tärkeää myös kokeilla erilaisia metodeja ja metodyyhdistelmiä (ks. Ahlqvist et al. 2007). Siten prosessi pysyy elävänä ja mielenkiintoisena. Delfoi kierroksia voi esimerkiksi syventää alue tasolta ensin toimialatasolle, sitten alueelliselle klusteritasolle ja lopulta jopa yksittäisen toimijan tasolle (ks. Ahlqvist & Inkinen 2007). Samaten ennakointisilmukat tulisi pyrkiä pitämään avoimina mahdollisille murrostekijöille ja yllättäville muutoksille (Stähle 2004).



Kuva 26. Alueellisesti juurrutettu ennakointi jatkuvana prosessina (Uotila & Ahlqvist, tulossa b).

Lisätutkimusta kuitenkin tarvitaan alueellisen kehityksen syvemmäksi ymmärtämiseksi tuotannollisen toiminnan perustana. Tarvitaan ensinnäkin uusia teoreettisia avauksia, jotta alueperustan toimintadynamiikkaa voitaisiin paremmin ymmärtää. Keskeisistä viimeaikaisista teoreettisista avauksista voisi mainita esimerkiksi Batheltin ja Boggsin (2003) teorian alueellisista kehityspoluista ja yhteiskunnallisista murroksista, alueen absorptiiviseen kapasiteettiin liittyvät tutkimusavaukset (Uotila et al. 2006) sekä evolutionääriseen talousmaantieteeseen liittyvät tutkimusavaukset (Boschma & Frenken 2006). Toiseksi tarvitaan alueellisesti juurrutetun ennakoinnin metodologista kehitystyötä. Esittämämme tapa tehdä juurrutettua ennakointia on yksi monista tavoista toteuttaa kehystettyjä ennakointiprosesseja. Loppujen lopuksi kaikki riippuu tutkimusongelmista ja tutkimuskysymyksistä.

## Lähdeluettelo

Ahlqvist, T. (2006). Teknologian ja maantieteen muuttuvat suhteet. Teoksessa: Inkinen, T. & Jauhiainen, J. (toim.) *Tietoyhteiskunnan maantiede*, s. 133–149. Gaudeamus, Helsinki.

Ahlqvist, T. (2005a). From information society to biosociety? On societal waves, developing key technologies, and new professions. *Technological Forecasting and Social Change* 72, s. 501–519.

Ahlqvist, T. (2005b). Kivijalka ja keihäänkärki: informaatioteknologian ja ICT-osaamisen tulevaisuudennäkymiä. *Futura* 24, s. 37–50.

Ahlqvist, T. (2003a). *Avainteknologiat ja tulevaisuus. Yhteiskunnallisia tarkastelelujä nousevien teknologioiden ja kvalifikaatioiden yhteyksistä*. 51 s. Opetusministeriön julkaisu 2/2003. Yliopistopaino, Helsinki.

Ahlqvist, T. (2003b). *Keys to Futures. Societal Reflections on Developing Key Technologies and Their Impacts on Human Qualifications*. 126 s. Ministry of Trade and Industry Finland Studies and Reports 10/2003. Edita, Helsinki.

Ahlqvist, T. & Inkinen, T. (2007). Technology foresight in scalar innovation systems: A spatiotemporal process perspective. *Fennia* 185:1, s. 3–14.

Ahlqvist, T. & Mannermaa, M. (1999). Tulevaisuusbarometri ja klusterit: dynaaminen timantti tietoyhteiskunnan tulevaisuuden arvioinnissa. *Futura* 18:2, s. 55–64.

Ahlqvist, T., Carlsen, H., Iversen, J. & Kristiansen, E. (2007). *Nordic ICT Foresight. Futures of the ICT environment and applications on the Nordic level*. 147 s. + 26 liites. VTT Publications 653. VTT, Espoo.

Asheim, B. (1999). *Innovation, social capital and regional clusters: On the importance of co-operation, interactive learning and localised knowledge in learning economies*. Paper presented at the 39th Congress of the European Regional Science Association, Dublin, Ireland, 23<sup>rd</sup>–27<sup>th</sup> of August 1999.

Asheim, B. & Coenen, L. (2006). Contextualising Regional Innovation Systems in a Globalising Learning Economy: On Knowledge Bases and Institutional Frameworks. *Journal of Technology Transfer* 31, s. 163–173.

Asheim, B. & Coenen, L. (2005). Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Research Policy* 34, s. 1173–1190.

Asheim, B. & Cooke, P. (1999). Local learning and interactive innovation networks in a global economy. Teoksessa: Malecki, E. J. & Oinas, P. (toim.) *Making connections: Technological learning and Regional Economic Change*. Ashgate, Aldershot.

Asheim, B., Coenen, L., Moodysson, J. & Vang, J. (2005). *Regional Innovation System Policy: a Knowledge-based Approach*. CIRCLE Electronic Working Paper Series Paper no. 2005/13.

Bathelt, H. & Boggs, J. S. (2003). Toward a reconceptualization of regional development paths: Is Leipzig's media cluster a continuation of or a rupture with the past? *Economic Geography* 79:3, s. 265–293.

Boschma, R. A. & Frenken, K. (2006). Why is economic geography not an evolutionary science? Towards an evolutionary economic geography. *Journal of Economic Geography* 6, s. 273–302.

Burt, R. S. (1992). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press, Boston.

Castells, M. (1996). *Rise of the Network Society*. Blackwell Publishers, Oxford.

Cohen, W. & Levinthal, D. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly* 35, s. 128–152.

Eisenhardt, K. M. & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: What are they? *Strategic Management Journal* 21, s. 1105–1121.

Frantsi, T., Pässilä, A., & Tura, T. (tulossa). Älyllistä ristipölytystä: innovaatioesi-  
siomenetelmä. Teoksessa: Harmaakorpi, V. & Melkas, H. (toim.) *Innovaatio-  
politiikkaa järjestelmien välimaastossa*. Acta-sarja. Suomen Kuntaliitto, Helsinki.

Gertler, M. (2003). A cultural economic geography of production. Teoksessa:  
Anderson, K., Domosh, M., Pile, S. & Thrift, N. (toim.) *Handbook of Cultural  
Geography*, s. 130–145. Sage, London.

Grabher, G. (1993). The weakness of strong ties: the lock-in of regional devel-  
opment in Ruhr area. Teoksessa: Grabher, G. (toim.) *The embedded firm. On the  
socioeconomics of industrial networks*, s. 255–277. Routledge, London.

Harmaakorpi, V. (2006). Regional Development Platform Method (RDPM) as a tool  
for regional innovation policy. *European Planning Studies* 14:8, s. 1085–1104.

Harmaakorpi, V. (2004). *Building a Competitive Regional Innovation Environ-  
ment – the Regional Development Platform Method as a Tool for Regional Inno-  
vation Policy*. Helsinki University of Technology Lahti Center. Doctoral disserta-  
tion series 2004/1. HUT, Espoo.

Harmaakorpi, V. & Melkas, H. (2005). Knowledge management in regional  
innovation networks: The case of Lahti, Finland. *European Planning Studies*  
13:5, s. 641–659.

Harmaakorpi, V. & Tura, T. (tulossa). Verkostoja palveleva innovaatiopolitiik-  
ka. Teoksessa: Harmaakorpi, V. & Melkas, H. (toim.) *Innovaatiopolitiikkaa  
järjestelmien välimaastossa*. Acta-sarja. Suomen Kuntaliitto, Helsinki.

Harmaakorpi, V. & Uotila, T. (2006). Building regional visionary capability.  
Futures research in resource-based regional development. *Technological Fore-  
casting and Social Change* 73, s. 778–792.

Hassink, R. (1997). What distinguishes ‘good’ from ‘bad’ agglomerations?  
*Erdkunde* 51:1, s. 2–11.

Heidenrich, M. (2005). The renewal of regional capabilities. Experimental  
regionalism in Germany. *Research Policy* 34, s. 739–757.



Hernesniemi, H., Lammi, M. & Ylä-Anttila, P. (1995). *Kansallinen kilpailukyky ja teollinen tulevaisuus*. ETLA B105 ja SITRA 145, Helsinki.

Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy* 35, s. 715–728.

*Hämeen alueellisen teknologiastrategian päivitys* (2007).

Hämäläinen, T. J. & Heiskala, R. (2004). *Sosiaaliset innovaatiot ja yhteiskunnan uudistumiskyky*. 171 s. Edita, Helsinki.

Johnson, D. & King, M. (1988). *Basic Forecasting Techniques*. Butterworths, London.

Kaivo-oja, J. (2003). Tulevaisuuden tekeminen strategisen ajattelun valossa. Teoksessa: Kamppinen, M., Kuusi, O. & Söderlund, S. (toim.) *Tulevaisuudentutkimus. Perusteet ja sovellukset*, s. 226–249. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Helsinki.

Kébir, L. & Crevoisier, O. (2002). *Resources, development and territories*. Paper presented at the 42nd Congress of the European Regional Science Association, Dortmund, Germany, 27<sup>th</sup>–31<sup>st</sup> of August 2002.

von Krogh, G., Nonaka, I. & Kazuo, I. (1997). Develop Knowledge Activists! *European Management Journal* 15:5, s. 475–483.

Kuusi, O. (1999). *Expertise in the future use of generic technologies: epistemic and methodological considerations concerning Delphi studies*. 268 s. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Helsinki.

Könnölä, T., Brummer, V. & Salo, A. (2007). Diversity in foresight: Insights from the fostering of innovation ideas. *Technological Forecasting and Social Change* 74:5, s. 608–626.

*Lahden kaupunkiseudun innovaatioympäristön kehittämisstrategia* (2005). Lahti Print 2005.

Lahti, A. (1994). Verkostotalous. Teoksessa: Raatikainen, I. & Ahopelto, J. (toim.) *Verkostoajattelusta verkostotoimintaan*, s. 81–115. Kuopion yliopiston julkaisuja. E. Yhteiskuntatieteet 21. Kuopion yliopisto, Kuopio.

Lemola, T. (2004). Yliopistojen kolmannen tehtävän alueelliset ulottuvuudet. Teoksessa: Kankaala, K., Kaukonen, E., Kutinlahti, P., Lemola, T., Nieminen, M. & Välimaa, J. (toim.) *Yliopistojen kolmas tehtävä?* Edita Publishing, Helsinki.

Lundvall, B.-Å. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers, London.

Lundvall, B.-Å. & Borrás, S. (1999). *The globalising learning economy: Implications for innovation policy*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Malmberg, A. & Maskell, P. (1997). Towards an explanation of regional specialization and industry agglomeration. *European Planning Studies* 5, s. 25–41.

Mannermaa, M. (2004). *Heikoista signaaleista vahva tulevaisuus*. 249 s. WSOY, Helsinki.

Mannermaa, M. (2003). *Biosociety and Human Being. A report to the National Technology Agency of Finland*. Julkaisematon käsikirjoitus.

Mannermaa, M. (1998). *Kvanttivyppyyt tulevaisuuteen?* Otava, Helsinki.

Mannermaa, M. (1991). *Evolutionäärinen tulevaisuudentutkimus*. Acta Futura Fennica No 2. Tulevaisuuden tutkimuksen seura. VAPK-Kustannus, Helsinki.

Mannermaa, M. & Ahlqvist, T. (1998). *Varsinainen tietoyhteiskunta. Varsinais-suomalaisen kommunikaatioklusterin pk-yritysten kilpailukyky, kehitysnäkymät ja työllistyvyys tulevaisuudessa*. 144 s. + 12 liites. ESR-julkaisut 36. Oy Edita Ab, Helsinki.

Masini, E. (1993). *Why Futures Studies?* Grey Seal, London.

Melkas, H. & Uotila, T. (2007). *Quality of data, information and knowledge in technology foresight processes*. Proceedings of the 12th International Conference on Information Quality (ICIQ-07) MIT, Cambridge, Massachusetts, USA.

Mäenpää, K. & Luukkainen, S. (1994). *Teletekniikasta monimuotoiseen viestintään – teleklusterin kilpailukyky*. 126 s. ETLA B, Helsinki.

Nieminen, M. (2004). Lähtökohtia yliopistojen kolmannen tehtävän tarkastelulle. Teoksessa: Kankaala, K., Kaukonen, E., Kutinlahti, P., Lemola, T., Nieminen, M. & Välimaa, J. (toim.) *Yliopistojen kolmas tehtävä?* Edita Publishing, Helsinki.

Nonaka, I. & Reinmöller, P. (1998). *The legacy of learning: Toward endogenous knowledge creation for Asian economic development*. WZB Jahrbuch 1998, s. 401–433.

Nonaka, I., Toyama, R. & Nagata, A. (2000). A firm as a knowledge-creating entity: New perspective on the theory of a firm. *Industrial and Corporate Change* 9, s. 1–20.

Penttinen, R. (1994a). *Summary of the Critique on Porter's Diamond Model*. 82 s. ETLA Keskusteluaiheita. No. 462, Helsinki.

Penttinen, R. (1994b). *Timanttimalin arvostelu*. 32 s. ETLA Keskusteluaiheita No. 508, Helsinki.

Porter, M. (1990). *Competitive Advantage of Nations*. Billing & Sons Ltd, Worcester.

Rosenfeld, S. A. (1997). Bringing business clusters into the mainstream of economic development. *European Planning Studies* 5:1, s. 3–23.

Salmenkaita, J.-P. (2004). *On foresight processes and performance of innovation networks*. Systems Analysis Laboratory Research Reports A89. Helsinki University of Technology, Espoo.

Saxenian, A. (1994). *Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. 226 s. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Schienstock, G. & Hämäläinen, T. (2001). *Transformation of the Finnish innovation system: A network approach*. Sitra Reports Series 7, Helsinki.

Scott, A. J. (1998). *Regions and the World Economy. The Coming Shape of Global Production, Competition, and Political Order*. 177 s. Oxford, New York.

Scott, A. J. (1988). *New Industrial Spaces. Flexible Production Organization and Regional Development in North America and Western Europe*. 132 s. Pion Limited, London.

Sotarauta, M., Kautonen, M. & Lähteenmäki, T. (2002). *Tulevaisuustiedosta kilpailuetua: ennakoitinkonsepti Pirkanmaalla*. Alueellisen kehittämisen tutkimusyksikkö, SENTE-julkaisu, vol. 14/2002. Tampereen yliopisto, Tampere.

Stenlund, H. (1997). *Työn tulevaisuus*. 125 s. Työskenaariohankkeen loppuraportti. Työministeriö, Helsinki.

Storper, M. (1997). *Regional World: Territorial Development in a Global Economy*. The Guilford Press, New York.

Stähle, P. (2004). Itseuudistumisen dynamiikka. Systemiajattelu kehitysprosessien ymmärtämisen perustana. Teoksessa: Sotarauta, M. & Kosonen, K.-J. (toim.) *Yksilö, kulttuuri, innovaatioympäristö. Avauksia aluekehityksen näkömätömmään dynamiikkaan*, s. 222–255. Tampere University Press, Tampere.

Teece, D. J., Pisano, G. & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal* 18:7, s. 509–533.

Tura, T. & Harmaakorpi, V. (tulossa). Lahden alueen innovaatiopolitiikka. Teoksessa: Harmaakorpi, V. & Melkas, H. (toim.) *Innovaatiopolitiikka järjestelmien välimaastossa*. Acta-sarja. Suomen Kuntaliitto, Helsinki.

Tödtling, F. & Tripl, M. (2005). One size fits all? Towards a differentiated regional innovation policy approach. *Research Policy* 34, s. 1203–1219.

Törnqvist, G. (1998). *Renässans för regioner*. SNS Förlag, Stockholm.

Uotila, T. (tulossa). *Technology foresight and the development of regional innovation activities*. Acta Universitatis Lappeenrantaensis. Lappeenranta teknillinen yliopisto, Lappeenranta.

Uotila, T. & Ahlqvist, T. (tulossa a). Resurssipohjainen tulevaisuuden tutkimus. Teoksessa: Harmaakorpi, V. & Melkas, H. (toim.) *Innovaatiopolitiikkaa järjestelmien välimaastossa*. Acta-sarja. Suomen Kuntaliitto, Helsinki.

Uotila, T. & Ahlqvist, T. (tulossa b). Linking technology foresight and regional innovation activities: network facilitating innovation policy in Lahti region, Finland. Forthcoming in *European Planning Studies*.

Uotila, T. & Melkas, H. (2007). Quality of data, information and knowledge in regional foresight processes. *Futures* 39, s. 1117–1130.

Uotila, T., Harmaakorpi, V. & Melkas, H. (2006). A method for assessing absorptive capacity of a regional innovation system. *Fennia* 184:1, s. 49–58.

Virtanen, E. & Hernesniemi, H. (2005). *Klusterin evoluutio. Prosessikuvaus*. Teknologiakatsaus 174/2005. 87 s. Tekes, Helsinki.

Zahra, A. Z. & George, G. (2002). Absorptive capacity: a review, reconceptualization and extension. *Academy of Management Review* 27:2, s. 185–203.



# Liite A: Hämeen (ml. Päijät-Häme ja Kanta-Häme) avaintoimialat, niihin liittyvät teknologiat ja osaamisalueet

Lähde: Hämeen teknologiastrategia 2003.

---

## Hämeen avaintoimialat (1/2)

---

### Metalliteollisuus

- Mekaanisen puunjalostuksen osaaminen, kone- ja laitevalmistus
- Hitsausteknologiaosaaminen
- Sovellusosaaminen
- Automaatio- ja säätötekniikka
- Ohutlevyteknologia
- Teräsrakennusteknologia
- Tuotantoteknologia
- Koneenrakennus
- Projektinhoito
- Järjestelmätoimittaja ja prosessiosaaminen
- IT
- Materiaaliosaaminen

---

### Mekaaninen metsäteollisuus

- Korkea automaatioaste ja automaatioon liittyvät teknologiat
- Järjestelmäintegraatio; asiakastieto suoraan tuotannonohjaukseen erityisesti kalusteteollisuudessa
- Pintakäsittelytekniikat/jatkojalostus
- Sivutuotteen hyödyntäminen levyteollisuuden raaka-aineena
- Raaka-aineen mahdollisimman täydellinen hyödyntäminen
- Muotoiluosaaminen (+ liittyvä koulutus)
- Levytyöstöosaaminen ja tässä massaräätälöinti, CAD-CAM-yhteys, joustavat tuotantojärjestelmät, "olemattomat"/pienet sarjat
- Muovipolin osaamisen ja resurssien hyödyntäminen

---

### Muoviteollisuus

- Isojen kappaleiden muottitekniikat
  - Stereolitografia
  - Jälkikäsittely, personointi, funktionaalisuus
  - Monikerros-kalvotekniikka, laminoititekniikka
  - Ohuet kalvot yhdistettynä painotekniikkaan
  - Ekstruusiosuorprosessien, ruiskupuristuksen ja massatuotannon optimointi sekä hallinta; epälineaariset mallit ja prosessien simulointi
  - Materiaalikehitys valmistusteknologiassa
  - Rotaatiovalutekniikka
  - Piensarjatuotannon hallitseminen
  - Tuotesuunnittelu yhdistettynä materiaali- ja valmistusteknologiaan
  - Lopputuotteiden tunteminen ja toteuttaminen lopputuotteissa
  - PUR-valutekniikka
  - Lämpömuovaus, puhallusmuovaus
  - Muovien kierrätys, uusiomateriaalien käyttö
  - Likaantumattomat pinnat
  - Funktionaaliset monikerrosrakenteet
  - Komposiittitekniikka
  - Tutkimusosaaminen
-

---

## Hämeen avaintoimialat (2/2)

---

### Elintarviketeollisuus

#### Vilja:

- Mallastustekniikat, uutteen valmistustekniikat
- Viljateknologia, myllytekniologia
- Viljan kokonaisketjun hallintaosaaminen ja integrointiaste
- Leipomotekniologia, leiviniivan valmistustekniologia
- Prosessiautomaatio- ja prosessiohjausjärjestelmäosaaminen

#### Juoma:

- Logistinen osaaminen ja automaatio-osaaminen
- Oluen ja virvoitusjuomien valmistustekniikat
- Jatkuvatoiminen jälkikäymisosaaminen
- Alueen vesiraaka-ainevarojen hyödyntäminen tuotanto-/pullotusprosessissa
- Prosessiautomaatio- ja prosessiohjausjärjestelmäosaaminen
- Sivutuotteiden taloudellinen hyödyntäminen

#### Maidonjalostus:

- Jäätelön valmistustekniologia ja sen automaatio-osaaminen
- UHT-tekniologia
- Terveysvaikutteisten tuotteiden kehittämisosaaminen
- Keräilylogistiikan hallintaosaaminen
- Koemeijeri kehitystoiminnan osana

#### Liha:

- Teurastustekniologia, leikkaamotekniologia
- Lihan jatkojalostus, marinoitintekniologia
- Valmisruokatekniologiat
- Keräilylogistiikka

#### Muut:

- Erotustekniologia
  - Biotekniologia
  - Nestesokerivalmistustekniikka
  - Viljan  $\beta$ -amylaasi
  - Hunajatuoteosaaminen
  - Kunnossapito-osaaminen
  - Tutkimusosaaminen
-



## Liite B: Hämeen (ml. Päijät-Häme ja Kanta-Häme) kehittyvät toimialat ja avaintoimialoja tukevat toimialat

Hämeen (ml. Päijät-Häme ja Kanta-Häme) kehittyvät toimialat, niihin liittyvät teknologiat ja osaamisalat (Hämeen teknologiastrategia 2003).

Kehittyvät toimialat	
<b>Elektroniikkateollisuus</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Piirilevyvalmistustekniikka</li><li>• Sulautettujen järjestelmien suunnittelu</li><li>• Testausjärjestelmät ja testausosaaminen</li><li>• Tehoelektroniikka</li><li>• Ladontekniikka</li><li>• Tiedonkeruun hallinta, diagnostiikka ja dokumentaatio</li><li>• Teollisuusautomaatio</li><li>• Projektointiosaaminen</li></ul>	<b>ICT</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tietoliikenneverkkoteknologiat</li><li>• Mobiiliverkkojen tiedonkeruu- ja raportointijärjestelmäosaaminen</li><li>• Sisällön ja informaation hallintamenetelmät uusmediassa</li><li>• Kirjastojen hallintajärjestelmät</li><li>• Grafiikkaohjelmisto-osaaminen</li><li>• Sovelluskehittäjäosaaminen</li><li>• Projektinhallintajärjestelmät</li><li>• Toiminnanohjausjärjestelmäosaaminen</li><li>• Call Center -palveluosaaminen</li><li>• SMS (MMS) -palveluosaaminen</li><li>• Tutkimusosaaminen</li></ul>

Hämeen (ml. Päijät-Häme ja Kanta-Häme) avaintoimialoja tukevat toimialat, niihin liittyvät teknologiat ja osaamisalat (Hämeen teknologiastrategia 2003).

Avaintoimialoja tukevat toimialat		
<b>Energiateollisuus</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Polttokaasujen puhdistusteknologiat</li><li>• Polttotuhkan käsittely</li><li>• Polttomateriaalien valmistusteknologiat</li><li>• Metsäenergian logistiikkateknologiat</li><li>• Lämmönvaihdinteknologiat</li><li>• Lämpöpumpputeknologiat</li><li>• Kaasuputkien hitsausteknologiat</li></ul>	<b>Ympäristöteollisuus</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Jättemateriaalin käsittely, erotteluteknologiat</li><li>• Polttoteknologiat</li><li>• Laitosvalmistus, laitosten kokoonpano</li><li>• Savukaasujen puhdistusteknologiat</li><li>• Loppusijoitus</li><li>• Lasin kierrätys ja uudelleenkäyttö</li><li>• Jättemuovien hyödyntäminen</li><li>• Pienkompostointi</li><li>• Saastuneen maan käsittely</li><li>• Ympäristöanalytiikka</li><li>• Ympäristöbioteknologian sovellukset</li><li>• Tutkimusosaaminen</li></ul>	<b>Logistiikka</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Toimitusketjun hallinnan osaaminen</li><li>• Ohjausosaaminen</li><li>• Muotilogistiikan viimeistelylaitteet ja -menetelmät</li><li>• Vaarallisten aineiden kuljetusosaaminen</li><li>• Konttien varastointi- ja käsittelyteknologiat</li></ul>



## Liite C: Ensimmäisen Delfoi-kierroksen paneeli

Alanen, Marcus, Åbo Akademi  
Alaranta, Maria, Turun kauppakorkeakoulu  
Arvo, Jukka, Turun yliopisto  
Bergroth, Lasse, Turun yliopisto  
Boström, Pontus, Åbo Akademi  
Butler, Jeff, Institute of Innovation Research, Manchester Business School  
Cura, Kirsti, Foxconn Oy  
Dudkov, Alexey, Turku Centre for Computer Science  
Ekberg, Jan, STAKES  
Eskola, Hannu, Tampereen teknillinen yliopisto  
Evreinov, Grigori, Tampereen yliopisto  
Fagerström, Richard, VTT  
Florescu, Elizabeth, Millennium Project  
Grandell, Linda, Åbo Akademi  
Green, Lawrence, PREST, Manchester Business School  
Guizatdinova, Ioulia, Tampereen yliopisto  
Hakkarainen, Tuomas, Turun yliopisto  
Hakulinen, Jaakko, Tampereen yliopisto  
Hanhi, Kalle, Tampereen teknillinen yliopisto  
Harju, Mika, Tampereen teknillinen yliopisto  
Harkke, Ville, Åbo Akademi  
Hauptman, Aharon, ICTAF, Tel-Aviv University  
Heinilä, Juhani, VTT  
Hirvonen, Eso, Uponor Oy  
Holthofer, Harry, Technomedicum, Helsingin yliopisto  
Honkakoski, Paavo, Kuopion yliopisto  
Inkinen, Tommi, Tampereen yliopisto  
Isokoski, Poika, Tampereen yliopisto  
Kallioniemi, Antti, Tampereen teknillinen yliopisto  
Kempainen, Ilkka, Turun yliopisto  
Lehmann-Chadha, Martin, EMPA Materials Science & Technology Research Institute  
Lehtonen, Marika, Tampereen teknillinen yliopisto  
Linturi, Risto, R. Linturi Oyj.

Lu, Yan, Turku Centre for Computer Science  
Lähteenmäki, Jaakko, VTT  
Mahkonen, Jani, Loma Graphics Oy  
Malik, Qaisar, Åbo Akademi  
Melkas, Helinä, TKK Lahden keskus  
Meskauskiene, Vaida, Turku Centre for Computer Science  
Miettunen, Kari, Jyväskylän ammattikorkeakoulu  
Narva, Katja, Turun yliopisto  
Nurmi, Lilli, Biotekniikan keskus  
Oresic, Matej, VTT  
Paasonen, Sakari, Muovijaloste Oy  
Pahikkala, Teemu, Turun yliopisto  
Pekkarinen, Satu, Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Pietilä, Ari-Pekka, Suominen Oy  
Raitanen, Tero, Biotekniikan keskus  
Reinisalo, Mika, Kuopion yliopisto  
Saaristo, Esko, Wihuri Oy, Wipak  
Seceleanu, Christina, Turku Centre for Computer Science  
Soronen, Anne, Tampereen yliopisto  
Turunen, Markku, Tampereen yliopisto  
Törönen, Juha, VTT  
Urtti, Arto, Kuopion yliopisto  
Vadén, Tere, Tampereen yliopisto  
Valtonen, Tuomas, Turku Centre for Computer Science  
Varpula, Timo, VTT  
Vesalainen, Laura, Turun yliopisto  
Viljanen, Jorma, Wihuri Oy, Wipak  
Ylilammi, Markku, VTT  
Åberg, Markku, VTT

## Liite D: Toisen Delfoi-kierroksen paneeli

Aho, Allan, Turun yliopisto  
Alanen, Marcus, Åbo Akademi  
Bergroth, Lasse, Turun yliopisto  
Boström, Pontus, Åbo Akademi  
Bragge, Johanna, Helsingin kauppakorkeakoulu  
Celiku, Orieta, Åbo Akademi  
Fagerström, Richard, VTT  
Georgescu, Irina, Turku Centre for Computer Science  
Guizatdinova, Ioulia, University of Tampere  
Hakulinen, Jaakko, Tampereen yliopisto  
Hanhi, Kalle, Tampereen teknillinen yliopisto  
Harju, Mika, Tampereen teknillinen yliopisto  
Harkke, Ville, Institute for Advanced Management Systems Research, Åbo Akademi  
Hedberg, Merja, Etelä-Pohjanmaan Telelääketieteen Palvelukeskus ry.  
Heinonen, Marja, Tampereen yliopisto  
Holthofer, Harry, Technomedicum, Helsingin yliopisto  
Hämäläinen, Päivi, STAKES  
Inkinen, Tommi, Tampereen yliopisto  
Juslin, Anu, Tampereen yliopisto  
Koivunen, Kimmo, Tampereen yliopisto  
Kosonen, Katri, Tampereen yliopisto  
Kuusi, Osmo, VATT  
Lafond, Sebastien, Turku Centre for Computer Science  
Lehmann-Chadha, Martin, EMPA Materials Science & Technology Research Institute  
Liikanen, Hanna, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu  
Linturi, Risto, R. Linturi Oyj  
Lämsä, Markku, Tekes  
Malinen, Pasi, Turun kauppakorkeakoulu  
Melkas, Helinä, TKK Lahden keskus  
Meskauskiene, Vaida, Turku Centre for Computer Science  
Miettunen, Kari, Jyväskylän ammattikorkeakoulu  
Mäkela, Kari, LifeIT Oy  
Mäkelä, Milja, Nanoscale Oy  
Ollila, Margareetta, Tekes

Pekkarinen, Satu, Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Pere, Auli, Tekes  
Pesonen, Pekka, Tekes  
Qiu, Xuemei, Turku Centre for Computer Science  
Reinisalo, Mika, Kuopion yliopisto  
Saarelainen, Ritva, Tekes  
Salmela, Hannu, Turun kauppakorkeakoulu  
Salmio, Risto, Foxconn Oy  
Stewart, Andrew, Institute of Nanotechnology, UK  
Suni, Ilkka, VTT  
Törönen, Juha, VTT  
Turunen, Markku, Tampereen yliopisto  
Viitanen, Jari, VTT  
Yan, Lu, Turku Centre for Computer Science  
Ylilammi, Markku, VTT

Tekijä(t) Ahlqvist, Toni, Uotila, Tuomo & Harmaakorpi, Vesa		
Nimeke <b>Kohti alueellisesti juurrutettua teknologiaennakointia Päijät-Hämeen klusteristrategiaan sovitettu ennakointiprosessi</b>		
Tiivistelmä Ennakointitoiminnalla on merkittävä rooli innovaatiotoiminnan tukemisessa ja purettaessa esim. alueellisessa kehityksessä esiintyvää polkuriippuvuutta. Ennakointitoiminnan yhtenä haasteena on kuitenkin useissa tutkimuksissa mainittu se, että ennakoinnin tuloksia ei riittävässä määrin kyetä hyödyntämään alueellisessa päätöksenteossa. Tässä julkaisussa tarkastellaan tapoja toteuttaa alueellista teknologiaennakointia sekä myös pohditaan tapoja, joilla teknologian ennakointitoiminnan tuottamaa tietoa voidaan jalkauttaa alueelliseen innovaatiojärjestelmään tukemaan alueella toteutettavia innovaatioprosesseja. Esimerkkitapauksena kuvataan Päijät-Hämeessä 2005 toteutettu alueellinen teknologian ennakointiprosessi, jonka lähtökohtana toimi alueella elinkeinopolitiikan kehittämisen pohjaksi laadittu alueellinen klusteristrategia. Siinä alueen elinkeinotoiminnan kehittämisen kärkiklustereiksi on nostettu ympäristö-, vilja-, puu- ja asumis- sekä mekatroniikkaklusterit.  Julkaisussa arvioidaan Delfoi-menetelmän avulla kolmen geneerisen teknologia-alan kehitystä (ICT, nano- ja bioteknologia). Teknologia-alojen tulevaisuutta koskevat arviot kytetään alueen klusteristrategiaan. Tarkastelu toteutetaan hyödyntäen avainteknologia-aloihin liittyviä ns. teknologiasignaaleja, jotka on kerätty käyttäen lähteenä pääasiassa MIT Technology Review -lehteä. Asiantuntija-arvioista on myös yhteenvedonomaaisesti syntetisoitu tarkasteltavia teknologioita hyödyntäviä potentiaalisia sovellusaihioita, jotka ryhmiteltiin seuraavasti: ubiikit informaatioteknologiat, terveydenhuolto, nanosovellukset, funktionaaliset materiaalit, materian prosessointi, sensoriteknologiat ja hybriditeknologiat. Julkaisun lopuksi käsitellään alueelliseen teknologian ennakointiin liittyviä kehittämis- ja jatkotutkimustarpeita ja luonnostellaan alustavia toimintamalliehdotuksia, joiden avulla ennakointityöskentelyllä kerättyä tietoa voidaan nykyistä paremmin hyödyntämään alueellisissa innovaatioprosesseissa.  Tarkasteltava alueellinen teknologian ennakointiprosessi on osa laajempaa, Päijät-Hämeessä toteutettavaa alueellisten innovaatioympäristöjen tutkimusohjelmaa. Tutkimusohjelman toteuttamista johtaa Lappeenrannan teknillisen yliopiston Lahden yksikkö.		
ISBN 978-951-38-7079-9 (nid.) 978-951-38-7080-5 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		
Avainnimeke ja ISSN VTT Publications 1235-0621 (nid.) 1455-0849 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		Projektinnumero
Julkaisu-aika Joulukuu 2007	Kieli Suomi, engl. abstr.	Sivuja 107 s. + liitt. 7 s.
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t)
Avainsanat regional foresight, embedded foresight, technology foresight, technology signals, cluster, cluster strategy, region of Päijät-Häme, regional innovation activities, practice-based innovation activities		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374





Author(s) Ahlqvist, Toni, Uotila, Tuomo & Harmaakorpi, Vesa		
Title <b>Towards regionally embedded technology foresight A foresight process adapted to the cluster strategy of Päijät-Häme</b>		
Abstract Foresight can have a significant role in supporting innovation activities and breaking for example path-dependence tendencies connected to regional development trajectories. However, according to many recent studies one major challenge facing foresight activities is that the results of those activities are not fully utilized in regional decision-making. In this publication we are presenting one way of carrying out regional technology foresight and also illustrating, how the information produced during foresight process can be “re-rooted” back into regional innovation system to support the innovation processes carried out in the region. As a case example we are using a regional technology foresight process, which was carried out in Päijät-Häme in 2005. The starting point of that foresight process was the cluster based development strategy, which was formulated few years earlier. In that cluster based development strategy environment-, grain-, wood-, living- and mechatronics clusters were selected as regional keyclusters and given “a spearhead-status” in development activities.  We are assessing the future development of three generic technologies (ICT, nano- and biotechnologies) using Delphi-approach. The future related assessments are also connected to regional cluster strategy. The assessment was conducted utilizing so called technology signals, which were related to those three generic technologies. Technology signals were collected mainly from MIT Technology Review. We have also synthesized potential application ideas which could utilize the studied technologies. The expert information gathered during the Delphi was used in synthetization process. The application ideas were categorized into following classes: ubiquitous information technologies, healthcare, nanoapplications, functional materials, processing of material, sensor technologies and hybrid technologies.  In the end of this publication we have brought up some needs and suggestions for further research in regional technology foresight and we have also made some proposals how the information gathered in foresight processes could be better utilized in regional innovation processes. The case example, regional technology foresight process in Päijät-Häme, is part of a wider research program of regional innovation environment. The programm is led and coordinated by Lappeenranta University of Technology, Lahti Unit.		
ISBN 978-951-38-7079-9 (soft back ed.) 978-951-38-7080-5 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		
Series title and ISSN VTT Publications 1235-0621 (soft back ed.) 1455-0849 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		Project number
Date December 2007	Language Finnish, English abstr.	Pages 107 p. + app. 7 p.
Name of project		Commissioned by
Keywords regional foresight, embedded foresight, technology foresight, technology signals, cluster, cluster strategy, region of Päijät-Häme, regional innovation activities, practice-based innovation activities		Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 020 722 4520 Fax +358 020 722 4374

## VTT PUBLICATIONS

- 659 Qu, Yang. System-level design and configuration management for run-time reconfigurable devices. 2007. 133 p.
- 660 Sihvonen, Markus. Adaptive personal service environment. 2007. 114 p. + app. 77 p.
- 661 Rautio, Jari. Development of rapid gene expression analysis and its application to bioprocess monitoring. 2007. 123 p. + app. 83 p.
- 662 Karjalainen, Sami. The characteristics of usable room temperature control. 2007. 133 p. + app. 71 p.
- 663 Välikynen, Pasi. Physical Selection in Ubiquitous Computing. 2007. 97 p. + app. 96 p.
- 664 Paaso, Janne. Moisture depth profiling in paper using near-infrared spectroscopy. 2007. 193 p. + app. 6 p.
- 666 Prunnila, Mika. Single and many-band effects in electron transport and energy relaxation in semiconductors. 2007. 68 p. + app. 49 p.
- 667 Ahlqvist, Toni, Uotila, Tuomo & Harmaakorpi, Vesa. Kohti alueellisesti juurrutettua teknologiaennakointia. Päijät-Hämeen klusteristrategiaan sovitettu ennakointiprosessi. 2007. 107 s. + liitt. 7 s.
- 668 Ranta-Maunus, Alpo. Strength of Finnish grown timber. 2007. 60 p. + app. 3 p.
- 669 Aarnisalo, Kaarina. Equipment hygiene and risk assessment measures as tools in the prevention of *Listeria monocytogenes* -contamination in food processes. 2007. 101 p. + app. 65 p.
- 670 Kolari, Kai. Fabrication of silicon and glass devices for microfluidic bioanalytical applications. 2007. 100 p. + app. 72 p.
- 671 Helaakoski, Heli. Adopting agent technology in information sharing and networking. 2008. 102 p. + app. 97 p.
- 672 Järnström, Helena. Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings. 2007. 73 p. + app. 63 p.
- 673 Alkio, Martti. Purification of pharmaceuticals and nutraceutical compounds by sub- and supercritical chromatography and extraction. 2008. 84 p. + app. 42 p.

---

 Julkaisu on saatavana

 VTT  
 PL 1000  
 02044 VTT  
 Puh. 020 722 4520  
<http://www.vtt.fi>

Publikationen distribueras av

 VTT  
 PB 1000  
 02044 VTT  
 Tel. 020 722 4520  
<http://www.vtt.fi>

This publication is available from

 VTT  
 P.O. Box 1000  
 FI-02044 VTT, Finland  
 Phone internat. + 358 20 722 4520  
<http://www.vtt.fi>