



Satu Paiho, Toni Ahlqvist, Kalevi Piira, Janne Porkka,  
Pekka Siltanen & Pekka Tuomaala

## Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymät



# **Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymät**

Satu Paiho, Toni Ahlqvist, Kalevi Piira, Janne Porkka,  
Pekka Siltanen & Pekka Tuomaala

ISBN 978-951-38-7198-7 (nid.)  
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 978-951-38-7199-4 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)  
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2008

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 7009

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT  
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7009

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 7009

Toimitus Anni Repo

Edita Prima Oy, Helsinki 2008

Paiho, Satu, Ahlqvist, Toni, Piira, Kalevi, Porkka, Janne, Siltanen, Pekka & Tuomaala, Pekka. Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymät [Roadmap for ICT-based Opportunities in the Development of Built Environment]. Espoo 2008. VTT Tiedotteita – Research Notes 2427. 60 s. + liitt. 34 s.

**Avainsanat** ICT, constructed environment, buildings, construction industry, roadmaps, digital solutions, development, modelling, real estate, information systems, automatic property assessment services, visualisation

## Tiivistelmä

Rakennettu ympäristö muodostaa kansallisvarallisuudestamme merkittävän osan. Rakennettu ympäristö on ihmisen tuottamaa fyysistä ympäristöä, joka koostuu rakennuksista, liikenne-, energia-, vesi- ja jätehuollon sekä tietoliikenteen verkoista sekä niihin toiminnallisesti liittyvistä rakennelmista, laitteista ja (rakennetuista) luonnonelementeistä.

Tämä julkaisu esittelee näkemyksen tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehityslinjoista painottuen rakennuksiin ja rakentamiseen. Näkemys esitetään muutostiekarttoina, joita on neljä. ”Digitaaliset ratkaisut” käsittelee aihealueeseen liittyviä ja siinä sovellettavia teknologioita rakennetun ympäristön näkökulmasta. ”Toimintatavat ja prosessit” käsittelee uusien teknologioiden mahdollistamia ja edellyttämiä muutoksia toimintatavoissa ja prosesseissa. ”Palvelut” käsittelee digitaalisten ratkaisujen ja muuttuvien toimintatapojen ja prosessien mahdollistamia palveluita. Metatiekartta kiteyttää muiden tiekarttojen oleelliset ideat.

Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymien visio on seuraava: Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön teknologinen perusta nojaa tiedon oikea-aikaiseen jakamiseen ja hyödyntämiseen. Liiketoiminta tapahtuu verkostoissa. Tämä edellyttää yhteensopivia prosesseja ja toimintatapoja, joissa pystytään hyödyntämään yhteiskäyttöistä digitaalista tietoa, kuten esimerkiksi tietomalleja ja reaaliaikaista tietoa. Nämä tyydyttävät käyttäjän tai asiakkaan muuntuvat tarpeet sekä mahdollistavat hyvän käytettävyyden ja ajantasaiset palvelut.

Tällä hetkellä rakennetun ympäristön tieto- ja viestintäteknologian state-of-the-art-ratkaisut ovat pääasiassa erillispalveluja. Edistyksellinen kysyntä on rajallista, ja rakennetun ympäristön informaatioteknologian tuottajat ja hyödyntäjät ovat eriytyneet kapeisiin lokeroihin. Palvelujen tuottajat tarjoavat kapea-alaisia niche-palveluita rajattuihin tarpeisiin. Nykyhetken state-of-the-art-palvelukokonaisuuksia on neljä: 1) suunnittelun, urakoinnin, käytön ja ylläpidon palvelut, 2) etäpalvelut, 3) turvallisuuspalvelut ja 4) uudet terveystarpeet. Nykyhetkellä toimijoiden prosessit eivät vielä vastaa rakennetun ympäristön informaatioteknologiassa sovellettavan tietomalliajattelun tarpeita. Siksi

tietomalleja ei voida täysimittaisesti hyödyntää toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Toinen toimintatapojen muutoskohta on tuotteistamisen kehittäminen sekä teknologisissa ratkaisuissa että niitä yhdistävissä palveluissa.

Lyhyellä aikavälillä (1–5 vuotta) rakennetun ympäristön tieto- ja viestintäteknologian kehityskulut johtavat kohti integroidun tietomallin hyödyntämistä, mikä mahdollistaa tuotteiden ja palvelujen yhdistämisen uusin tavoin. Tietomallien soveltaminen vaatii kuitenkin sitä, että integroitujen tietomallien hyödyt ymmärretään ja avataan eri toimijoiden näkökulmista. Tuotteet ja palvelut käyttävät hyväkseen käyttäjälähtöistä sisällöntuotantoa. Rakennetun ympäristön palveluja tuotetaan verkostomaisin toimintatavoin. Lyhyellä aikavälillä oleellisiksi nousevat erityisesti seuraavat neljä palvelukokonaisuutta: 1) mallipalvelut, 2) datan keruu-, ylläpito- ja hallintapalvelut, 3) informaatiopohjaiset lisäarvopalvelut sekä 3) palveluiden integrointi. Rakennetun ympäristön tieto- ja viestintäteknologian soveltaminen painottaa koko tuotteen elinkaaren arvoa ja siihen kohdistuvia palvelukokonaisuuksia.

Pitkällä aikavälillä (5–15 vuotta) suunnitteluun ja tuotantoon alkaa muodostua globaalisti integroituja toimintamalleja siten, että laajat verkostot tuottavat rakennetun ympäristön palveluita. Loppukäyttäjää palvelee koko suunnittelu- ja rakentamisprosessissa tarjoamalla erilaisia visualisointi-, modularisointi- ja palautteenantomekanismeja. Pitkällä aikavälillä nousevat erityisesti seuraavat palvelukokonaisuudet: ajantasaiset kiinteistötietojärjestelmät, päätöksentekoa ja käyttöä tukevat, integroituihin tietomalleihin perustuvat palvelut, elämys- ja terveystieteiden palvelut sekä omaisuuden automaattiset arviointipalvelut. Pitkällä aikavälillä toimintatapojen muutosten edistämiseksi keskeiseksi nousevat prosessien hallintaan tarkoitettavat sovellukset ja työkalut. Keskeinen ratkaisu tässä suhteessa ovat visualisointia ja tietomalleja hyödyntävät sovellukset, joita voitaisiin käyttää virallisesti rakennustarkastuksen referenssinä. Uudenlaisiin tietomalleja ja integrointia hyödyntäviin palveluihin syntyy myös uudenlaisia palvelutuottajia.

Tiekarttaprosessin perusteella tunnistettiin tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön tulevaisuuden viisi suurta kehityslinjaa: 1) Digitaalisen tiedon määrä ja hyödynnettävyys rakennetussa ympäristössä kasvaa. On kehitettävä työkalut tiedon hallintaan, analysointiin ja tehokkaaseen käyttöön päätöksenteon tukena. 2) Tietomallien, laskentamenetelmien ja tietotekniikan suorituskyvyn kehittyminen mahdollistaa tuotteen monipuolistuvan virtuaalisen testaamisen. 3) Digitaalinen ja fyysinen maailma liittyvät toisiinsa tuotteen koko elinkaaren aikana. 4) Palvelupohjainen ohjelmistointegraatio, tilanteen mukaan ohjautuvat järjestelmät, sosiaalinen media ja paikannusteknologiat mahdollistavat automaattisesti käyttäjien tarpeisiin räätälöityvät rakennetun ympäristön palvelut. 5) Olemassa olevan rakennuskannan tietomallintaminen on merkittävä haaste, josta selviäminen edellyttää menetelmien ja teknologioiden kehittämistä.

Paiho, Satu, Ahlqvist, Toni, Piira, Kalevi, Porkka, Janne, Siltanen, Pekka & Tuomaala, Pekka. Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymät [Roadmap for ICT-based Opportunities in the Development of Built Environment]. Espoo 2008. VTT Tiedotteita – Research Notes 2427. 60 p. + app. 34 p.

**Keywords** ICT, constructed environment, buildings, construction industry, roadmaps, digital solutions, development, modelling, real estate, information systems, automatic property assessment services, visualisation

## Abstract

The built environment is a significant part of our national wealth. The built environment is the physical environment created by people. It consists of the buildings and all networks serving the flow of traffic, energy, water, waste and digital information, and the assemblies, equipment and (built) natural elements connected to them.

This publication presents a review of the development trends of the built environment that utilise information and communication technology. The focus is on buildings and construction. The review is presented in the form of four change roadmaps. The "Digital solutions" section presents the technologies related to the subject field and applied in it from the perspective of the built environment. The "Operation methods and processes" section presents the changes required and enabled by the new technologies in the operation methods and processes. The "Services" section presents the services enabled by digital solutions and changing operation methods and processes. The "Meta Roadmap" encapsulates the essential ideas of the other roadmaps.

The vision of development prospects in the built environment utilising information and communication technology is as follows: The technological foundation of the built environment utilising information and communication technology is based on well-timed sharing and utilising of information. Business is done through networks. This requires compatible processes and operation methods which can utilize commonly available interoperable digital information, such as, building information models and real-time information. These will fulfil the evolving needs of the user or customer and enable good usability and real-time services.

Current state-of-the-art solutions for information and communication technology in the built environment are mainly separate services. Progressive demand is limited and the suppliers and exploiters of information technology in the built environment are differentiated into narrow categories. The service providers offer niche services for specific purposes. Currently there are four state-of-the-art service entities: 1) planning, construction, operation and maintenance services; 2) remote services; 3) security services and 4) new health services. At the moment, the processes used by operators do not yet correspond to the requirements of information modelling applied in the information technology of the built

environment. Therefore, model information cannot be fully utilised in the planning and realisation of operations. Another area of change for operation methods is the development of commercialisation in both technological solutions and in the services packaging them.

In the short term, i.e. 1–5 years, the development paths in the information and communication technology of the built environment will lead towards the utilisation of an integrated information model which opens up new ways of connecting products and services. However, the application of information models requires that the integrated information models are understood and explained from the points of view of different operators. Products and services utilise user-oriented content production. The services of the built environment are produced with networked operation methods. In the short term, the essential factors will especially include the following four service entities: 1) information model services; 2) data collection, maintenance and management services; 3) information-based additional value services; and 4) the integration of services. The application of information and communication technology in the built environment emphasises the value of and services targeted at the whole life span of the product.

In the long term, i.e. 5–15 years, the formation of globally integrated operation models will start in planning and production, and large networks will produce services for the built environment. The end-user will be served in the whole design, planning and construction process by offering different mechanisms for visualisation, modularisation and giving feedback. In the long term, the following service entities will especially increase: real-time building information systems, services based on integrated information models supporting decision-making and operation, experience and health services and automated property assessment services. In the long term, a central factor supporting the change in operation methods will be the applications and tools designed for process management. In this respect, the key solution is found in the applications that utilise visualisation and information models and can officially be used as references for building inspections. New kinds of service providers may also be established for the services that exploit information models and integration.

The roadmap process helped to recognize five large development paths that will exploit information and communication technology in the future of the built environment. 1) The amount and exploitability of digital information in the built environment will increase. Tools must be developed for the management, analysis and effective use of information to support decision-making. 2) The development of information models, computation methods and computing performance enables more versatile virtual testing of products. 3) The digital and physical worlds are interconnected during the whole life span of a product. 4) Service-based software integration, situation-specific systems, social media and location technologies enable services that are automatically tailored according to users' needs in the built environment. 5) Information modelling of the existing buildings is a significant challenge that requires the development of appropriate methods and technologies.



# Alkusanat

Kauppa- ja teollisuusministeriön syksyllä 2006 vahvistamien, vuosia 2007–2011 koskevien teknologiapolitiikan linjausten mukaan VTT:lle suunnattavasta budjettirahoituksen kasvusta osa ohjataan markkinoiden, nousevien teknologioiden ja yritysten kilpailukyvyen ennakkointiin. Tämä linjaus on otettu huomioon myös työ- ja elinkeinoministeriön ja VTT:n välisessä tulossopimuksessa ja VTT:n omassa strategiassa.

VTT painottaa strategiassaan ennakkointitoiminnan kehittämisen merkitystä. Tarkoituksenmukainen ennakkointitoiminta tukee osaamisen kehittämistä, tutkimuksen suuntaamista ja tutkimuslaitoksen oman kansainvälisen kilpailukyvyen vahvistamista. VTT:n tutkijat seuraavat tutkimustyöhönsä liittyvää toimintaympäristön muutosta ja teknologian kehittymistä jo luonnostaan. Siksi tutkijat ovat poikkeuksellinen resurssi ennakkointitiedon tuottajina. Vaihtoehtoisten kehityspolkujen tunnistaminen on tärkeätä tutkimushankkeita suunniteltaessa.

Rakennettu ympäristö muodostaa suurimman osan kiinteästä kansallisvarallisuudestamme. Ihmiset viettävät länsimaisessa yhteiskunnassa 80–90 % ajastaan sisätiloissa. EU:n energian loppukulutuksesta 41 % käytetään asunto- ja palvelusektoreilla. VTT on ollut rakennetun ympäristön keskeinen toimija vuosikymmenien ajan. Yhdessä yritysten kanssa olemme kehittäneet teknisiä laitteita, järjestelmiä ja palveluita. VTT:llä on myös ollut merkittävä osa kansallisissa teknologiaohjelmissa. Tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämispotentiaali rakennetun ympäristön suunnittelussa, urakoinnissa sekä käytössä ja ylläpidossa on voimakkaassa kasvussa, kun rakennetun ympäristön tieto digitalisoituu voimakkaasti, rakentamisessa siirrytään dokumenteista mallintamiseen, rakennustoiminta verkostoituu ja kestävä kehitys ja ympäristönäkökulma korostuvat.

VTT:ssä päätettiin luoda katsaus tulevaan systemaattisen tiekarttatyöskentelyn avulla. Tämä julkaisu kuvaa tulokset, jotka on saavutettu systemaattisen tiedonkeruun, teknologianäkymien ja -mahdollisuuksien tunnistamisen sekä varsinaisen tiekartan laatimisen avulla. Julkaisua voidaan pitää VTT:n tämän hetken näkemyksenä tieto- ja viestintätekniologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön markkinoiden ja teknologioiden lähitulevaisuuden kehitysnäkymistä. Julkaisu painottuu rakennuksiin ja rakentamiseen – väyliä, liittyviä ja infrastruktuuria käsitellään vähemmän.

Tiekarttahankkeen toteutuksen projektipäällikkönä toimi erikoistutkija Satu Paiho tukeaan tiekarttatyöskentelyn asiantuntija Toni Ahlqvist sekä eri osaamisalueiden asiantuntijoista koottu ydintiimi, johon kuuluivat Kalevi Piira, Janne Porkka, Pekka Siltanen ja Pekka Tuomaala. Työpajatyöskentelyyn osallistuivat ydintiimin lisäksi VTT:n tutkijat Matti Hannus, Tarja Häkkinen, Leena Korkiala-Tanttu, Hannu Maula, Esa Nykänen, Veijo Nykänen, Kari Rainio, Tommi Rissanen, Sirje Vares, Olli Ventä ja Charles

Woodward. Työn viimeistelyvaiheessa järjestettiin kutsuttujen ulkopuolisten asiantuntijoiden palautetilaisuus, johon osallistuivat Marko Kivimäki (Tekes), Kari Ristolainen (Senaatti-kiinteistöt), Ilkka Romo (Skanska Oy) ja VTT:stä Toni Ahlqvist, Arto Kiviniemi ja allekirjoittaneet. Lisäksi Heikki Haikonen (Tekla Oyj) kommentoi käsikirjoitusta. Käsikirjoitusluonnokseen antoi arvokkaita kommentteja myös tutkimusprofessori Arto Kiviniemi. Työn valvojana toimi tutkimusjohtaja Matti Kokkala.

Haluamme kiittää kaikkia työhön osallistuneita merkittävästä panoksesta ja lopputuloksesta, jota toivomme hyödynnettävän myös VTT:n ulkopuolella.

Espoossa 27.3.2008

Matti Kokkala  
tutkimusjohtaja

Satu Paiho  
erikoistutkija

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	5
Alkusanat.....	7
Käytetyt lyhenteet.....	10
Käytetyt termit.....	16
1. Johdanto.....	19
2. ICT:tä hyödyntävä rakennettu ympäristö.....	21
2.1 Hankkeen rajaus.....	21
2.2 Toimintaympäristön muutostekijät.....	21
3. Tiekartat.....	26
3.1 Tiekartan rakenne.....	26
3.2 Tiekartta I: Digitaaliset ratkaisut.....	26
3.3 Tiekartta II: Toimintatavat ja prosessit.....	35
3.4 Tiekartta III: Palvelut.....	42
3.5 Metatiekartta: ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön kehityskulut.....	47
4. Palvelu- ja toimenpide-esimerkkejä.....	53
5. Johtopäätökset.....	56
5.1 Yhteenveto tiekartoista.....	56
5.2 Tulevaisuuden haasteita.....	57
5.3 Keskeiset kehityslinjat.....	58
Lähdeluettelo.....	60
Liitteet	
Liite A: Työskentelyprosessi	
Liite B: Referointi taustamateriaalista	

## Käytetyt lyhenteet

Ajax	Ajax (akronyymi sanoista <b>A</b> synchronous <b>J</b> avaScript <b>A</b> nd <b>X</b> ML) on tekniikka vuorovaikutteisten verkkosovellusten luomiseen. Ajax-tekniikassa selainohjelma vaihtaa pieniä määriä dataa palvelimen kanssa taustalla niin, ettei koko verkkosivua tarvitse ladata uudelleen joka kerta käyttäjän tehdessä muutoksen. (Wikipedia, Ajax 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Ajax_%28ohjelmointi%29">http://fi.wikipedia.org/wiki/Ajax_%28ohjelmointi%29</a> .)
BACnet	BACnet – A Data Communication Protocol for <b>B</b> uilding <b>A</b> utomation and <b>C</b> ontrol <b>N</b> etworks. Virallinen rakennusautomaatio-standardi (ASHRAE, ANSI Standardi 135, ISO 16484-5).
bcXML	Building Construction Extensible Markup Language. Rakennusteollisuuden sähköiseen kaupankäynnin tarkoitettu XML-formaatti.
BIM	Building Information Model. Rakennuksen tuotetietojen kokonaisuus. Rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tuotetietojen kokonaisuus (Karstila 2007).
B2B	Business-to-business tai ”B2B” on termi, jota usein käytetään kuvaamaan yritysten välistä liiketoimintaa. (Wikipedia, B2B 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 7.11.2007]: <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Business-to-business_electronic_commerce">http://en.wikipedia.org/wiki/Business-to-business_electronic_commerce</a> .)
B2C	Business-to-consumer (B2C) kuvaa kaupallista toimintaa, joka palvelee loppukuluttajaa tuotteiden tai palveluiden muodossa ja yleensä toteutetaan sähköisen kaupankäynnin avulla. (Wikipedia, B2C 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 7.11.2007]: <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Business-to-consumer">http://en.wikipedia.org/wiki/Business-to-consumer</a> .)
B2G	Business-to-government (B2G) mahdollistaa sähköisen kaupankäynnin julkisten hankintojen tarjouskilpailuissa. (Wikipedia, B2G 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 7.11.2007]: <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Business-to-government">http://en.wikipedia.org/wiki/Business-to-government</a> .)
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAM	Computer Aided Manufacturing. Tietokoneavusteinen valmistus.

C2C	Consumer-to-consumer (tai C2C) mahdollistaa sähköisen kaupankäynnin kuluttajien välillä kolmannen osapuolen kautta. Tyypillinen esimerkki on nettihuutokauppa. (Wikipedia, C2C 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 7.11.2007]: <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Consumer-to-consumer_electronic_commerce">http://en.wikipedia.org/wiki/Consumer-to-consumer_electronic_commerce</a> .)
EDGE	Enhanced Data rates for Global Evolution. 3GPP:n määrittelemä ja kehittämä 3G-matkapuhelinteknologia. (Wikipedia, EDGE 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 16.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/EDGE">http://fi.wikipedia.org/wiki/EDGE</a> .)
e-Government	e-Government viittaa siihen, että julkishallinto käyttää informaatioteknologiaa palveluiden ja informaation siirtämiseen kansalaisille, yrityksille ja muille asianosaisille tai julkishallinnon sisäiseen tehostamiseen (Wikipedia, e-Government 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 7.11.2007]: <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/EGovernment">http://en.wikipedia.org/wiki/EGovernment</a> .)
Flash-OFDM	Flash-OFDM (Fast Low-latency Access with Seamless Handoff, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) on OFDM-modulointiin perustuva teknologia, joka on suunniteltu laajakaistakäyttöön. Flash-OFDM sopii myös haja-asutusalueille korvaamaan perinteiset ADSL-kaapelipohjaiset yhteydet. (Wikipedia, Flash-OFDM 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Flash-OFDM">http://fi.wikipedia.org/wiki/Flash-OFDM</a> .)
GIS	Paikkatietojärjestelmän avulla voidaan tallentaa, hallita, analysoida tai esittää paikkatietoa. (Wikipedia, GIS 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Gis">http://fi.wikipedia.org/wiki/Gis</a> .)
GPRS	GPRS (lyhenne sanoista General Packet Radio Service) on GSM-verkossa toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu, jota käytetään pääasiassa langattoman Internet-yhteyden muodostamiseen matkapuhelimen tai GPRS-sovittimen avulla. (Wikipedia, GPRS 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 16.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/GPRS">http://fi.wikipedia.org/wiki/GPRS</a> .)
GPS	GPS eli Global Positioning System on Yhdysvaltojen puolustusministeriön kehittämä ja rahoittama satelliittipaikannusjärjestelmä. (Wikipedia, GPS 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 16.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/GPS">http://fi.wikipedia.org/wiki/GPS</a> .)

ICT	Information and Communication Technology. Tieto- ja viestintäteknologia.
IFC	IFC (Industry Foundation Classes) on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC määrittelee tietokonesovellusten tiedonsiirron yhteensopivuuden perustan. IFC:n osajoukko on hyväksytty ISON standardiksi ISO/PAS 16739. (Karstila 2007.)
JIT/JOT	Just-In-Time (JIT) on teollisuudessa ja kaupassa käytetty johtamisfilosofia – logistinen varastonhallinta- ja tuotannonohjausstrategia, jonka tarkoituksena on parantaa tehokkuutta tuotantotai myyntiprosessin kokonaisuudessa. Menetelmän nimi tulee englannin kielen termistä, joka tarkoittaa ”juuri ajoissa”. Suomessa käytetään JIT-lyhenteen sijasta enemmän termiä JOT, joka tulee sanoista ”Juuri Oikeaan Tarpeeseen”. JIT-mallin perusideana on toimittaa vain ja ainoastaan tarvittavia raaka-aineita tai tuotteita niitä tarvitsevalle asiakkaalle vasta silloin, kun niitä tarvitaan, ja vain sen verran kuin niitä tarvitaan. Asiakas tarkoittaa tässä sekä loppuasiakasta että sisäisiä asiakkaita (kuten prosessin seuraavaa työvaihetta). (Wikipedia, JIT 2008; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 18.2.2008]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/JIT">http://fi.wikipedia.org/wiki/JIT</a> .)
LandXML	XML-tiedostformaatti geografian kuvaukseen. Käytössä joidenkin infra-alan suunnitteluohjelmistojen välisessä tiedonsiirrossa.
LOD	Level of Detail. Tarkkuustaso, erityisesti 3D-tietokonegrafiikassa käytetyt tekniikat, joilla muokataan tarkasteltavan 3D-mallin tarkkuutta, kun mallia katsotaan kauempaa.
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems. Mikroelektromekaaniset järjestelmät, joista käytetään myös nimeä mikrosysteemit, ovat komponentteja, joissa yhdistyy useita eri toiminnallisuuksia, esimerkiksi mekaanisen taipuman muuttaminen sähköiseksi signaaliksi (kuten paineanturissa tai turvatyynyn laukaisuanturissa). MEMS-komponenteissa on yhdistetty mekaanisia, fluidistisia, optisia, akustisia, termisiä ja biologisia toimintoja. Tavallisimpia mikrosysteemikomponentteja ovat erilaiset mikroanturit, kuten kapasitiivinen paineanturi, pietsoresistiivinen kiihtyvyyssanturi ja mikrobolometri (infrapuna-anturi). (Wikipedia, MEMS 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/MEMS">http://fi.wikipedia.org/wiki/MEMS</a> .)

OpenGL	OpenGL (Open Graphics Library) on laitteistoriippumaton ohjelmointirajapinta graafisia toimintoja, esim. 3D-visualisointia, varten (Wikipedia, OpenGL 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/OpenGL">http://fi.wikipedia.org/wiki/OpenGL</a> .)
OS	Open Source. Avoin lähdekoodi tarkoittaa ohjelmia, joita kuka tahansa voi korjata, kehittää, kopioida ja käyttää vapaasti. (Wikipedia, Open Source 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Open_Source">http://fi.wikipedia.org/wiki/Open_Source</a> .)
PDA	Kämmentietokone eli PDA-laite on nimensä mukaisesti kämmenellä pidettävä kannettava tietokone, jossa on yleensä pystysuunnassa oleva näyttö ja jota usein ohjataan muutaman toimintonäppäimen lisäksi styluksella eli osoitinkynällä. (Wikipedia, PDA 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/PDA">http://fi.wikipedia.org/wiki/PDA</a> .)
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta, PLM (engl. Product Lifecycle Management), pyrkii ohjelmistokokonaisuuksien avulla hallitsemaan kaikki tuotteeseen liittyvät tiedot ja suunnitteluprosessit. (Wikipedia, PLM 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/PLM">http://fi.wikipedia.org/wiki/PLM</a> .)
RFID	RFID (Radio Frequency Identification, suom. saattomuisti) eli radiotaajuinen etätunnistus on menetelmä tiedon etäluvuun ja -tallentamiseen käyttäen RFID-tunnisteita. (Wikipedia, RFID 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/RFID">http://fi.wikipedia.org/wiki/RFID</a> .)
SOA	SOA (Service Oriented Architecture) eli palvelukeskeinen arkkitehtuuri on ohjelmistotekniikassa käytetty arkkitehtuuritason suunnittelutapa, jolla eri tietojärjestelmien toiminnot ja prosessit on suunniteltu toimimaan itsenäisinä, avoimina ja joustavina palveluina. (Wikipedia, SOA 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Palvelukeskeinen_arkkitehtuuri">http://fi.wikipedia.org/wiki/Palvelukeskeinen_arkkitehtuuri</a> .)
STEP	Standard for the Exchange of Product Data. ISO-10303 Product data representation and exchange -standardi. Standardiperhe, joka määrittelee tuotetietoteknologian perusteet ja joukon standardeja eri teollisuudenaloille tuotetietojen siirtämiseen tietokonesoveluksilla tulkittavassa muodossa. (Karstila 2007.)

ToVa	Toimivuuden Varmistaminen. Rakennuksen elinkaaren aikaisella toimivuuden varmistamisella tarkoitetaan systemaattista prosessia, jolla taataan, että uudet rakennukset ja niiden järjestelmien toiminta täyttävät omistajan odotukset ja käyttäjien tarpeet ja että olemassa olevat rakennukset toimivat oikein ja että niitä huolletaan ja ylläpidetään omistajan odotusten ja käyttäjien tarpeiden mukaisesti.
VRML	VRML (Virtual Reality Modeling Language eli virtuaalitodellisuuden kuvauskieli) on tiedostomuoto, jolla esitetään kolmiulotteista interaktiivista vektorigrafiikkaa. VRML on suunnattu erityisesti Web-käyttöön. (Wikipedia, VRML 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/VRML">http://fi.wikipedia.org/wiki/VRML</a> .)
Wifi	Kun WLAN on tarkoitettu yleisön Internet-yhteyksiä varten, siitä käytetään myös kaupallista nimitystä Wi-Fi (Wireless Fidelity, myös Wi-fi, WiFi, Wifi tai wifi). (Wikipedia, Wifi 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/WiFi">http://fi.wikipedia.org/wiki/WiFi</a> .)
WLAN	WLAN (lyhenne sanoista Wireless Local Area Network) on langaton lähiverkko, jolla erilaiset verkkolaitteet voidaan yhdistää ilman kaapeleita. (Wikipedia, WLAN 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/WLAN">http://fi.wikipedia.org/wiki/WLAN</a> .)
XML	eXtensible Markup Language. Yleinen menetelmä, jota voidaan soveltaa eri sovellusalueille tietojen määrittelemiseksi ja määrittelyn mukaisten tietojen kuvaamiseksi tietokonesovelluksilla tulkittavassa muodossa. (Karstila 2007.)
3G	3G (engl. third generation) on yleinen lyhenne ns. ”kolmannen sukupolven” matkapuhelinteknologioille. Tämän ajattelun mukaan ensimmäistä sukupolvea (1G) edustavat analogiset standardit, kuten NMT, ja toista sukupolvea digitaaliset standardit, kuten GSM. (Wikipedia, 3G 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/3G">http://fi.wikipedia.org/wiki/3G</a> .)
4D	4D = 3D + aika, eli aika-aspektin linkittämistä 3D-mallin rakennusosa- ja tilaoloihin. Aika-aspekti voi kuvata esim. rakennusosien asennuksen ajankohtaa, jolloin 4D-simuloinnilla voidaan visualisoida rakentamisen etenemistä ajassa. (Karstila 2007.)



4G

4G on yleisnimitys matkapuhelintekniikoille, jotka tulevat kolmannen sukupolven (3G) jälkeen. 4G on todennäköisesti yhdistelmä erilaisia verkkoja, jossa 3G, GSM, WLAN, Bluetooth ja muut järjestelmät yhdistetään yhdeksi virtuaaliseksi verkoksi, jonka kautta tarjotaan IP-pohjaisia palveluja. (Wikipedia, 4G 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <http://fi.wikipedia.org/wiki/4G>.)

## Käytetyt termit

Bluetooth	Bluetooth on avoin standardi laitteiden langattomaan kommunikointiin lähietäisyydellä. Bluetooth on lyhyen kantaman radiotekniikkaan perustuva langaton tiedonsiirtotekniikka. (Wikipedia, Bluetooth 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Bluetooth">http://fi.wikipedia.org/wiki/Bluetooth</a> .)
De facto -standardi	Käytännön standardin aseman saavuttanut menetelmä tms., jota ei ole standardoitu virallisessa standardointiorganisaatiossa. Esim. De facto -tiedonsiirron formaatti DXF, 2D-piirustustiedon siirrossa. (Karstila 2007.)
Google Earth	Google Earth on virtuaalinen karttaohjelma, joka yhdistää satelliitti- ja ilmakuvia ja paikkatietoja muodostaen maapallon kaksi- tai kolmiulotteisen kuvan. (Wikipedia, Google Earth 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Google_Earth">http://fi.wikipedia.org/wiki/Google_Earth</a> .)
Green Building	”Green building” on Yhdysvalloissa paljon käytetty termi kuvaamaan käytäntöjä rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi sekä veden ja materiaalin kulutuksen tehostamiseksi ja pienentämään rakennusten vaikutuksia ihmisten terveyteen ja ympäristöön. Toteutus tapahtuu parempana rakennusten sijoittelulla, suunnittelulla, rakentamisella, käytöllä, ylläpidolla ja käytöstä poistamisella – siis koko rakennuksen elinkaaren aikana. (Wikipedia, Green Building 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Green_Building">http://en.wikipedia.org/wiki/Green_Building</a> .)
Integroitu tietomalli	Integroitu tietomalli (Integrated BIM) tarkoittaa parantunutta yhteistoimintaa, kommunikointia ja päätöksentekoa, jonka mahdollistavat datan horisontaalinen ja vertikaalinen integraatio ja informaation hallinta koko arvoketjussa rakennuksen koko elinkaaren aikana.
Ketterä ohjelmistokehitys	Ketterä ohjelmistokehitys (engl. agile software development) on joukko ohjelmistotuotantoprojekteissa käytettäviä menetelmiä, joille on yhteistä toimivan ohjelmiston ensisijaisuus, suora viestintä ja nopea muutoksiin reagointi. (Wikipedia, ketterä ohjelmistokehitys 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 27.12.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Ketter%C3%A4_ohjelmistokehitys">http://fi.wikipedia.org/wiki/Ketter%C3%A4_ohjelmistokehitys</a> .)

KNX	Virallinen rakennusautomaatiostandardi (EN 50090, ISO/IEC 14543).
Lisätty todellisuus	Lisätyllä todellisuudella (Augmented reality) tarkoitetaan virtuaalisten objektien, kuten 3D-grafiikan, heijastamista todellisen näkymän päälle, niin että virtuaaliobjektit täydentävät todellista näkymää. Tekniikkana käytetään yleensä videokameraan yhdistettyjä kannettavia päätelaitteita tai silmikkonäyttöjä.
LONWorks	Virallinen rakennusautomaatiostandardi (ANSI, ASHRAE, IEEE).
NFC-sovellukset	Near Field Communication (NFC) on RFID:hen pohjautuva, radiotaajuisen etätunnistuksen hyvin lyhyillä etäisyyksillä mahdollistava tekniikka. Suurin ero RFID:hen on se, että NFC-laite voi toimia sekä lukijalaitteena että tunnisteena, toisin kuin perinteiset RFID-laitteet. (Wikipedia, Near Field Communication, 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication">http://fi.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication</a> .)
Rakennuksen tietomalli	Määriteltyjen sääntöjen ja rakenteen mukaan jäsenneilyt tiedot, jotka kuvaavat tarkastelukohteeseen liittyviä tehtäviä ja resursseja.
Rakennuksen tuotemalli	Sama kuin rakennuksen tietomalli. Aikaisemmin käytettiin tätä termiä.
Second Life	Second Life on yksityisesti omistettu, Internetissä toimiva virtuaalimaailma. Virtuaalimaailmassa voi luoda hahmon (avatar), joka voi liikkua ja tehdä kaikenlaista (mm. ratsastaa, shoppailla, katsella videoita, kuunnella musiikkia ja mennä naimisiin). (Wikipedia, Second Life 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Second_Life">http://fi.wikipedia.org/wiki/Second_Life</a> .)
Semanttinen web	Semanttinen web (engl. Semantic Web) on Internetin WWW-palvelun laajennus, jonka dokumentit on suunniteltu myös koneita silmällä pitäen. Tällöin ohjelmistot pystyvät ymmärtämään dokumentin sisältöä. Semanttinen web on visio seuraavan polven älykkäästä webistä, jonka sisällöt ovat (myös) koneellisesti tulkittavissa ja tarjoavat näin alustan aiempaa

olennaisesti älykkäämpien ja käyttäjäystävällisempien WWW-sovellusten toteuttamiseksi. (Wikipedia, Semanttinen web 2007; lisätietoja semanttisen webin teknologioista [tarkistettu 19.11.2007]: [http://fi.wikipedia.org/wiki/Semanttinen\\_web](http://fi.wikipedia.org/wiki/Semanttinen_web).)

#### Sosiaalinen media

Sosiaalinen media viittaa tietoverkossa toimivaan yhteisöllisesti tuotettuun tai ainakin jaettuun mediasisältöön. Siinä käyttäjät jakavat keskenään mielipiteitä, näkemyksiä, kokemuksia ja näkökulmia. (Wikipedia, Sosiaalinen media 2008; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 18.2.2008]: [http://fi.wikipedia.org/wiki/Sosiaalinen\\_media](http://fi.wikipedia.org/wiki/Sosiaalinen_media).)

#### Zigbee

ZigBee tarkoittaa IEEE 802.15.4 -standardin mukaista lyhyen kantaman tietoliikenneverkkoa. (Wikipedia, Zigbee 2007; lisätietoja aiheesta [tarkistettu 19.11.2007]: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Zigbee>.)

# 1. Johdanto

Teknologiatiekartat tunnistavat, arvioivat ja edistävät yhteistyöprojektien kehittämistä toimialojen sisällä ja välillä teknologia-aukkojen täyttämistä ja teknologiaan liittyvien mahdollisuuksien haltuunottoa varten (Emerging Industries 2001). Teknologiatiekarttojen tekeminen on joustava menettelytapa, jota käytetään teollisuudessa laajasti tukemaan strategista ja pitkän tähtäyksen suunnittelua (Phaal et al. 2004). Lähestymistapa tarjoaa aikaan sidotun strukturoidun ja usein graafisen keinon tutkia ja viestiä yhteyksiä kasvavien ja kehittyvien markkinoiden, tuotteiden ja teknologioiden välillä.

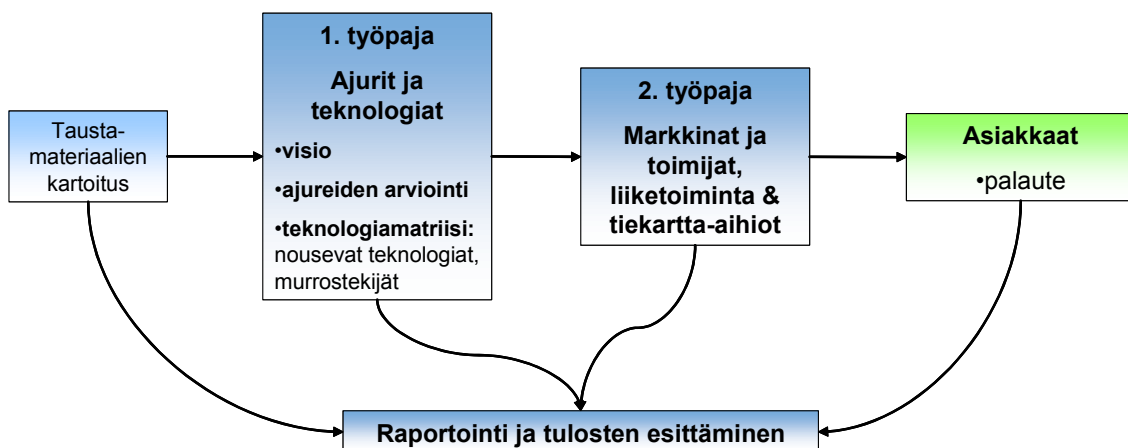
Kiviniemi (2007) selvitti Tekesin SARA-teknologiaohjelman tilauksesta ICT:n ja erityisesti tietomallien käyttöä Suomen kiinteistö- ja rakennusallalla. Tutkimus tehtiin SARA-verkoston (Tekes 2008) puitteissa, jolloin kyselyyn vastasivat teknologiseen kehitykseen panostavat yritykset, joten vastaukset eivät välttämättä kuvaa alalla vallitsevaa keskimääräistä tilannetta. Vastanneissa yrityksissä tietomallipohjaisen suunnittelun käyttöaste oli 22 % suunnittelutyön volyyymista. 84 % vastaajista arvioi tietomallinnuksen lisääntyvän ja 85 % suunnittelijoista näkee yrityksensä tärkeimpiin kuuluviin investointeihin ICT:n käytön lisäämisen. Suurimmiksi ICT:n käytön lisääntymisen ongelmiksi tai lisäämisen esteiksi yritykset kokivat jatkuvan päivitystarpeen, ohjelmien yhteensopimattomuuden, korkeat investointikustannukset ja käyttäjien opetteluun kuluvat resurssit. ICT:n käytön hyödyistä merkittävimpinä nähtiin parantunut tiedon hallinta ja jakaminen sekä erityisesti suunnittelijoiden ryhmässä parantunut työn laatu. Tärkeimmät motiivit ICT:n käytön lisäämiselle olivat kilpailukykyyn säilyttäminen tai tehostaminen ja halu tehostaa teknistä työtä. Suunnittelijoiden osalta merkittävää oli myös halu olla kärkiyritys uuden teknologian käytössä.

Vastaavaa kehitystä tietoteknisten valmiuksien kehittämiseen on havaittavissa myös kansainvälisesti. Ruotsalaisessa IT-barometritutkimuksessa kysely lähetettiin tilastollisen valinnan perusteella koko maahan ja vastaajina olivat arkkitehdit, tekniset konsultit, urakoitsijat, kiinteistöjen omistajat ja valmistajat tai tavarakauppiat (Samuelson 2007). Kyselyssä saatiin tietoa tietokoneiden ja kommunikaatiolaitteiden käytöstä, IT:n käytöstä kolmella eri CAD-alueella, projektiwebistä ja sähköisestä kaupankäynnistä sekä IT:n käytön tulevaisuuden suunnitelmista ja strategioista. 100 % työntekijöistä työskentelee työpaikoilla, joissa on tietokoneet. Yli 70 %:lla työntekijöistä on omat tietokoneet, omat sähköpostiosoitteet ja pääsy Internetiin työpaikoiltaan. CADin käyttö on lisääntynyt, mutta sitä käytettiin lähes yhtä paljon jo vuonna 2000. Mallipohjaisten CAD-ohjelmistojen käyttö on lisääntynyt arkkitehtien ja teknisten konsulttien keskuudessa. Projektiweb ja sähköinen kaupankäynti rakennusteollisuudessa ovat nyt laajalle levinneitä, vaikka käyttö ei ole vielä kovin korkealla tasolla. Suunnitelmat IT-investoinneista keskittyvät hyvin kokeiltuihin tekniikoihin yritysten tukiliiketoiminnassa, ja kärjessä tällä hetkellä ovat mobiiliratkaisut.

Myös Tanskassa, Norjassa ja Hollannissa on toteutettu samanlaiset kyselytutkimukset ICT:n ja tietomallien käytöstä kiinteistö- ja rakennusalalla (Kiviniemi et al. 2008). Tulokset olivat samansuuntaisia kuin Suomessa ja Ruotsissa, kun vastaajia oli riittävästi luotettavan analyysin tekemiseen.

Tämä julkaisu kuvaa VTT:n näkemyksen tieto- ja viestintäteknologiaa (ICT:tä) hyödyntävän rakennetun ympäristön kehityssuunnasta ja painottuu rakennuksiin ja rakentamiseen. ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön tiekarttaraportti sivuaa VTT:ssä aiemmin tehtyä talotekniikkaan liittyvää tiekarttatutkimusta (Paiho et al. 2007). Tiekartta on laadittu systemaattisella prosessilla, joka on sisältänyt tiedonkeruuvaiheen, teknologia-näkymien ja -mahdollisuuksien tunnistamisen sekä varsinaisen tiekartan muodostamisen.

Kuva 1 esittää hankkeen rakenteen. Tiekartat on tunnistettu vaiheistetulla työpajatyöskentelyllä. Ensimmäinen työpaja käsitteli ajureita ja teknologioita ja toinen markkinoita ja toimijoita. Työskentelyprosessi ja välitulosteet esitetään liitteessä A. Lisäksi käytössä oli runsaasti tausta-aineistoa, jonka yhteenvedot on koottu liitteeseen B. Työpajojen ja tausta-aineiston perusteella tehtyyn julkaisun luonnokseen pyydettiin kommentteja asiakailta, minkä jälkeen toimitettiin lopullinen julkaisu.



Kuva 1. Tiekarttahankkeen rakenne.

Tämän julkaisun rakenne on seuraava: Luku 2 rajaa aihealueen ja käsittelee keskeisimpiä toimintaympäristön muutostekijöitä. Luku 3 esittelee tiekartat. Luku 4 esittelee muutamia konkreettisia esimerkkejä siitä, miten ICT:tä voitaisiin hyödyntää digitalisoituvassa rakennetussa ympäristössä. Luku 5 kuvaa johtopäätökset.

## 2. ICT:tä hyödyntävä rakennettu ympäristö

### 2.1 Hankkeen rajaus

Rakennettu ympäristö muodostaa kiinteästä kansallisvarallisuudestamme suuren osan. Tässä julkaisussa rakennettu ympäristö määritellään seuraavasti:

Rakennettu ympäristö on ihmisen tuottamaa fyysistä ympäristöä, joka koostuu rakennuksista, liikenne-, energia-, vesi- ja jätehuollon sekä tietoliikenteen verkoista sekä niihin toiminnallisesti liittyvistä rakennelmista, laitteista ja (rakennetuista) luonnonelementeistä.

Tämä hanke käsittää ne osatekijät, jotka hyödyntävät tieto- ja viestintäteknologiaa rakennetun ympäristön suunnittelussa, tuottamisessa ja käytönaikaisessa hallinnassa. Tällaisia tekijöitä ovat sovellettavat teknologiat, ko. teknologioiden mahdollistamat muutokset toimintatavoissa ja prosesseissa sekä niihin perustuvat palvelut rakennetussa ympäristössä. Yleisenä visiona on, että rakennus- ja kiinteistöalan toimijat (yritykset, asiakkaat, viranomaiset jne.) voivat jakaa ja vaihtaa rakennetun ympäristön suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä ja ylläpidossa tarvittavaa tietoa elektronisesti käyttäen kansainvälisesti hyväksytyjä standardeja.

### 2.2 Toimintaympäristön muutostekijät

Hankkeessa arvioitiin ICT:tä hyödyntävään rakennettuun ympäristöön vaikuttavia mahdollisia muutostekijöitä. Lähtökohtana työlle olivat muissa hankkeissa esitetyt aihealuetta sivuavat muutostekijät (liite B).

Isoja yleisiä muutostekijöitä, jotka selkeästi vaikuttavat myös ICT:tä hyödyntävään rakennettuun ympäristöön, ovat

- globalisaatio
- työvoimakysymykset.

Nämä muutostekijät vaikuttavat osittain samaankin suuntaan, kun globalisaatio mm. muuttaa työnjakoa ja siirtää työtä halvemman kustannustason maihin. Kilpailu osajista kovenee, jolloin toisaalta tarvitaan nykyistä tehokkaampia teollisia ratkaisuja ja toisaalta työn teettäminen muualla tulee vieläkin houkuttelevammaksi. Monikulttuurinen työvoima luo haasteita myös ICT:lle. Toisaalta ICT:n laajamittainen hyödyntäminen mahdollistaa työn tekemisen etäältäkin.

ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön keskeisimmiksi muutostekijöiksi arvioitiin

- tiede ja teknologia muutosvoimana
- kestävä kehitys
- liiketoiminnallisuus, asiakaslähtöisyys (tuotteiden räätälöinti, pitkäaikaiset asiakkuudet)
- innovaatiotoiminta (uudet tuotteet, uudet liiketoimintamallit)
- taloudelliset paineet (kasvavat aikapaineet, kvartaalitalous, hintakilpailu jne.).

Taulukkoon 1 on listattu keskeisimmiksi havaitut muutostekijät ja niihin jokaiseen liittyviä asioita – joko keskeisiä vaikutuksia ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitykselle tai tekijöitä, jotka pitää ottaa huomioon ICT:tä hyödyntävää rakennettua ympäristöä kehitettäessä.

*Taulukko 1. Keskeisimmät muutostekijät ja niiden mahdollisia vaikutuksia.*

<b>Ajuri</b>	<b>Keskeiset vaikutukset ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitykselle</b>
Tiede ja teknologia muutosvoimana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tietämyksen hallinta, bioteknologian kehitys, uudet materiaalit</li> <li>• rakentamisen tietomallit tarjolla</li> <li>• ICT vaikuttaa kaikkeen: suunnittelu, rakentamisprojekti, käyttö, huolto, ylläpito, uusinnat</li> <li>• virtuaalisointi, visualisointi, tiedon jakaminen / web</li> <li>• mittaaminen ja mallintaminen, sensortechnologia, joka paikan tietotekniikka</li> <li>• tietotekniikan kehitys mahdollistaa isommat ja monipuolisemmat mallit – enemmän aspekteja samaan malliin</li> <li>• avoin lähdekoodi yms. ohjelmistoinfrastruktuuriprojektit (vrt. Google Earth) vaativat yhteensopivuutta</li> <li>• PLM:n käyttöönotto, ICT:n käyttöönottoa tukevat asiat</li> <li>• Tietokonehuoneiden tarve vähenee, kun kannettavien tietokoneiden määrä kasvaa. Suurten taulutelevisioiden myötä nousee tarve siirtää seiniä.</li> </ul>
Kestävä kehitys	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uusi energiantuotanto, energiaa säästävien puhtaiden tuotteiden ja ratkaisujen kysyntä lisääntyy, ihmisten suhtautumisen muutos (arvomaailma muuttuu), ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen kaikessa toiminnassa</li> <li>• muuntojoustavuus, esteettömyys</li> <li>• tiedon hallinta keskeinen väline → parempi energianhallinta, ympäristömyönteisyys</li> <li>• linkaarenhallinta, verkottunut toimintatapa, materiaalien &amp; energian hallinta, ympäristötietoisuus, palveluiden tarjoajat ja käyttäjät</li> <li>• ICT:n ja kestävä kehityksen välinen yhteys (yhdyksuntatasolla) ts. ”the more ICT, the more sustainability”</li> </ul>



<p>Liiketoiminnallisuus, asiakaslähtöisyys (tuotteiden räätälöinti, pitkäaikaiset asiakkuudet)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tuoteperheet, massakustomointitarpeet, konseptilähtöisyys, parametroidut mallit</li> <li>• toiminnallisuusvaatimukset teknisten vaatimusten edelle, vaatimustenhallinta ja elinkaarenhallinta paranevat</li> <li>• uuden liiketoiminnan / uusien toimijoiden synty (esim. monitoringipalvelut, ylläpitopalvelut, elinkaari palvelut), uusia menetelmiä tehokkuusajattelun takia</li> <li>• vaatii täyttää digitalisointia, että olisi mahdollista kustannustehokkaasti</li> <li>• kilpailuetu, nopeus</li> </ul>
<p>Innovaatiotoiminta (uudet tuotteet, uudet liiketoimintamallit)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uudenlaiset tai muutosvalmiit yritykset, uudet ansaintamallit, uudet tuotteet, prosessit ja palvelut</li> <li>• uudet toimintatavat lisäävät tiedonvaihdon tarvetta</li> <li>• vaaditaan erikoisvalmisteista, luksusta</li> </ul>
<p>Taloudelliset paineet (kasvavat aikapaineet, kvartaalitalous, hintakilpailu jne.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hankintaprosessien muuttuminen (ST-urakointi, tietomallit)</li> <li>• pitkäjänteisen suunnittelun ja toiminnan kehittäminen kvartaalitalouden paineessa</li> <li>• vaikutukset suuremmalle tehokkuudelle suunnittelussa ja rakentamisessa <ul style="list-style-type: none"> <li>○ kustannussäästöt, ennustettavuus, hallittavuus</li> <li>○ digitalisoituminen auttaa, copy-paste aiemmasta projektista, nopeus</li> </ul> </li> </ul>

Muita esille tulleita, ICT:tä hyödyntävään rakennettuun ympäristöön vaikuttavia muutostekijöitä olivat

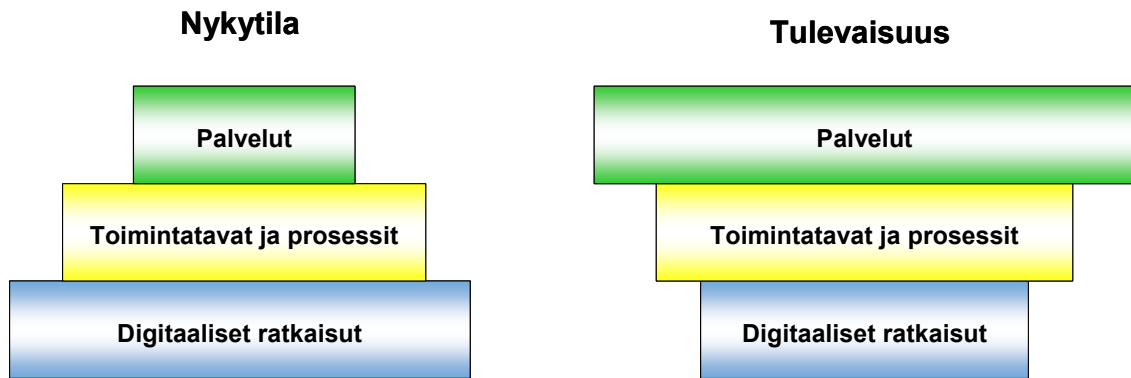
- osaamisen muutokset
- hallinta ja turvallisuus
- verkostoituminen (toimijoiden välinen yhteistyö)
- ikääntyvät rakennukset ja ikääntyvä infrastruktuuri
- segmentoituminen, eri asiakassektoreiden tarpeet.

Taulukossa 2 avataan muita ICT:tä hyödyntävään rakennettuun ympäristöön vaikuttavia muutostekijöitä ja niiden vaikutuksia. Nämä tekijät ovat sellaisia, jotka nousivat esiin, mutta niitä ei luokiteltu yhtä merkittäviksi kuin taulukossa 1 esitetyt.

Taulukko 2. Muita muutostekijöitä ja niiden vaikutuksia.

Ajuri	Keskeiset vaikutukset ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitykselle
Osaamisen muutokset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uusien työkalujen käyttö, perinteisten roolien katoaminen, nuoriso tottunut ICT:n käyttäjä</li> <li>• kyky luoda ja käyttää uusia ratkaisuja</li> <li>• rakentajien kouluttaminen jäljessä</li> <li>• bulkkityö Kiinaan -&gt; erikoistuminen, jotain ”kalliilla myytävää”</li> </ul>
Hallinta ja turvallisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• on tarve helpottaa asioita</li> <li>• paremmin hoidettavia, turvallisia rakennuksia, kysyntä uusista turvatekniikoista, rakennettu ympäristö muuttuu turvallisemmaksi (keskikaiteet, joustavat pylväät, ajoneuvotekniikka jne.)</li> <li>• asset management / päätöksentekotyökalujen kehittyminen ja leviäminen, arkipäiväistyminen</li> <li>• ICT keskeinen keino, huonosti hoidettuna hallittavuuden tunne katoaa</li> <li>• linkki/edellytys kestäväälle kehitykselle</li> <li>• anturointi, tietoverkko jo rakennusvaiheessa</li> </ul>
Verkostoituminen (toimijoiden välinen yhteistyö)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• yritysten keino hakea uusia liiketoiminta-asetelmia</li> <li>• verkottuminen lisää sähköisen tiedonvaihdon tarvetta</li> <li>• osaamisen yhdistäminen, isot yritysconsortiot, avoimuuden lisääminen, LCM, virtuaalituotteet ja -yritykset</li> <li>• suunnittelu ja bulkkityö Kiinaan</li> <li>• vaatii sujuvaa tiedonsiirtoa</li> <li>• osaamisen yhdistäminen pakko isoille toimijoille ja toimijaverkoille – pienille ei välttämättä niin tärkeää</li> </ul>
Ikääntyvät rakennukset ja ikääntyvä infrastruktuuri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• korjausmenetelmien kehittyminen, lisääntyminen, arvostaminen</li> <li>• monitorointi, datan hankinta, louhinta, analysointi, ennustaminen, päätöksenteko</li> <li>• lisää paineita (sillat, rautatiet jne.) huollon ja kunnossapidon tehostamiseksi</li> <li>• vanhan rakennuskannan digitaalinen mallintaminen on vaikeaa, mutta täytyy tehdä</li> </ul>
Segmentoituminen, eri asiakassektoreiden tarpeet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• isot yritykset, osaamisintensiiviset uudet tuotteet erikoissektoreille vrt. luksuristeilyalukset (laivateollisuus)</li> <li>• vaurastumisen myötä kulutustottumukset muuttuvat, jolloin syntyy kysyntää kapeille segmenteille kohdistetuista ratkaisuista ja palveluista, vaaditaan yksilöllisiä ratkaisuja ja luksusta</li> </ul>

Edellä kuvattujen yleisten muutostekijöiden lisäksi hankkeessa tiedostettiin tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön toiminnallisen rakenteen suuri muutoslinja (kuva 2). Tällä hetkellä erilaisia teknisiä ratkaisuja on paljon, niitä hyödyntäviä toimintatapoja ja prosesseja jonkin verran mutta palveluita vähän. Tulevaisuudessa tilanne muuttuu siten, että palveluita on eniten.

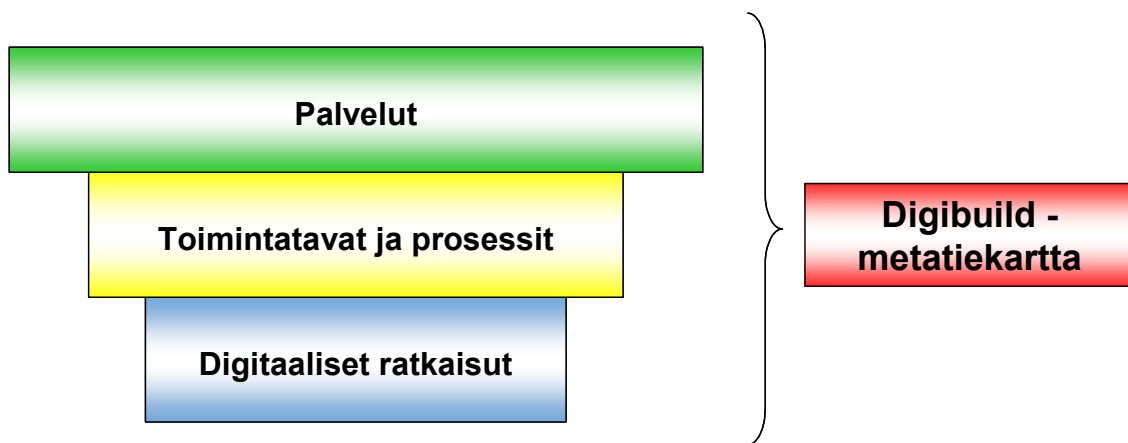


*Kuva 2. Toiminnallisen rakenteen suuri muutoslinja tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävässä rakennetussa ympäristössä.*

# 3. Tiekartat

## 3.1 Tiekartan rakenne

ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön tiekartta rakentuu neljästä tiekartasta (kuva 3). Alin taso on Digitaaliset ratkaisut, joka käsittelee aihealueeseen liittyviä ja siinä sovellettavia teknologioita rakennetun ympäristön näkökulmasta. Keskimäinen taso käsittelee uusien teknologioiden mahdollistamia muutoksia toimintatavoissa ja prosesseissa. Ylin taso käsittelee alempien tasojen mahdollistamia palveluita. Metatiekartta kiteyttää muiden tiekarttojen oleelliset ideat. Kaikki tiekartat ovat muutostiekattoja, eli kulloisellakin tarkastelujaksolla kuvataan ensimmäisten omaksujien tilannetta.



Kuva 3. DigiBuild-tiekartat.

## 3.2 Tiekartta I: Digitaaliset ratkaisut

**VISIO:** Kiinteistö- ja rakennusalan osapuolien välillä tuotetaan, jaetaan ja hyödynnetään tietoa oikea-aikaisesti kiinteistön ja rakennuksen koko elinkaaren aikana. Näin tarjotaan lisäarvoa sekä loppukäyttäjille että tietoa hyödyntäville palveluille.

Digitaalisten ratkaisujen muutostiekartta esitetään kuvassa 4 ja seuraavassa sitä käsitellään vaiheittain.

### Nykytilanne (state-of-the-art)

Teknologinen kehitys (kuva 4) mahdollistaa jo monenlaisia rakennetun ympäristön toimintoja ja palveluja. Ensimmäinen tiekartta luokittelee teknologioita laajempiin kokonaisuuksiin. Kehitystyön aikana tunnistettiin *seitsemän* nykyhetkellä oleellista *tiedon tuoton ja hyödyntämisen* teknologiakokonaisuutta ja samoin *seitsemän tiedonvälityksen* teknologiakokonaisuutta.

## Tiedon tuotto ja hyödyntäminen

***Mallinnus-, simulointi- ja analysointiteknologiat (1)*** huomioivat rakennetun ympäristön laajuuden, osapuolet ja rakentamisen elinkaaren vaiheet. Esimerkkejä teknologisista ratkaisuista ovat CAD-työkalut (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) sekä analysointi- ja simulointisovellukset (kuten lämpötila ja energiankulutus). Kehitteillä on myös ratkaisuja tietomallien automaattiseen sisällöntarkistukseen (ns. model checking). Nykyisin käytetään kehittyneitä mallinnusteknologiaratkaisuja, joiden heterogeeninen toteutustapa on kuitenkin koettu alalla ongelmaksi rajallisen yhteensopivuuden ohella. Mallinnusteknologioissa tiedonsiirron ja tiedon jakamisen merkitys kasvaa mahdollisesti tulevaisuudessa.

***Ohjelmistoteknologioiden (2)*** kehittyminen tarjoaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Modulaariset järjestelmät tarjoavat käyttäjille mahdollisuuden laajentaa käyttötarkoitusta erilaisten ohjelmamoduulien avulla. Markkinoilla on jo olemassa ohjelmistotuoteperheitä, joissa sisältö on joustavasti valittavissa erilaisten laajennusosien avulla. Näiden ratkaisuiden hyötynä on sovelluksen räätälöinti tarpeiden mukaisesti. Muita merkittäviä ohjelmistoteknisiä teknologioita ovat palvelukeskeinen arkkitehtuuri (SOA), ketterä ohjelmistokehitys (agile software development) ja selainkäyttöliittymäkehitysteknologia Ajax. Yksi palvelukeskeisen arkkitehtuurin näkökulmista ovat Web Services -tekniikat, joissa sovellukset tai palvelut hyödyntävät toisten sovellusten mahdollistamia palveluita tietoverkon välityksellä.

***Mobiili- ja paikkatietoteknologiat (3)*** liittyvät pääosin mobiilitekologioihin, jotka on rakennettu käytettäväksi pääosin mm. matkapuhelimissa ja PDA-laitteissa. Näihin teknologioihin kuuluvat paikkatietoteknologiat, kuten GPS (Global Positioning System) ja GIS (Geographical Information System) -ratkaisut, mobiilit työ- ja etätöjärjestelmät, joiden myötä mm. vapaa-ajan ja työn rajat uudistuvat ja etätöskentelymahdollisuudet kehittyvät (ns. mobiilitoimistot).

***Anturiteknologiat (4)*** ovat tällä hetkellä parhaimmillaan langattomia. Niiden energiankulutusta ja siten huollon tarvetta on saatu jatkuvasti pienennettyä, niiden luotettavuus ja kestävyys ovat kasvussa, ne ovat tulossa massatuotantoon ja siksi edullisia, ne pienenevät jatkuvasti, ja niiden muistimäärä kasvaa. Keskeinen tulevaisuuden kehityssuunta on antureiden itseorganisointuvuus, etenkin muodostettaessa anturiverkkoja. Keskeisiä anturitekologioita ovat anturipuolella MEMS (microelectromechanical systems) ja anturiverkkopuolella Zigbee.

***Tunnistusteknologiat (5)*** liittyvät tuotteiden ja laitteiden tunnistamiseen muun muassa logistiikan sovelluksissa. Esimerkiksi tunnistuksessa käytettyjä ratkaisuja ovat viivakoodit ja RFID (Radio Frequency Identification) ja visuaaliset tagit (kännykän kameran soveltaminen tunnistamisessa).

**Skannausteknologioita (6)** sovelletaan esimerkiksi maaperäkartoituksessa ja rakennusten laserkeilauksessa. Laserkeilauksessa käytettyjä ratkaisuja ovat esimerkiksi pistepilviskannaukset. Pistepilvien hankaluutena on suuri mallinnustyön määrä, sillä muita ominaisuustietoja kuin koordinaatit ei tallennu ja vain näkyvät osat käsitellään. Esimerkiksi putkesta mallintuu tässä tapauksessa vain alapuoli. Toinen laserkeilausratkaisu on Lidar, joka tarkoittaa laserkeilausta ilmasta eli ns. pystykeilausta. Esimerkiksi Helsingin kaupungilla on Lidar-aineistot koko Helsingistä.

**Älykkäät materiaalit (7)** käsittävät tutkimus- ja kehitystyötä esimerkiksi nanoteknologian saralla. Rakennetun ympäristön esimerkkinä ovat älykkäät ikkunat, joiden valon ja lämmön läpäisykyky muuttuu auringonvalon määrän muuttuessa. Ikkunan läpäisyn ohjaaminen, esimerkiksi sähköisesti (electrochromic window), kehittää ratkaisua huomattavasti. Rakennusten julkisivuihin ja ikkunoihin on kehitetty itsepuhdistuvia pintoja.

**Avoimen lähdekoodin teknologioiden (8)** (open source) käyttö on lisääntynyt viime vuosina. Markkinoilla on tarjolla useita alustoja ja ratkaisuja. Kehitystyöhön osallistuvat yksilöiden lisäksi enenevässä määrin myös yritykset, ja ohjelmistojen kokonaisratkaisujen sijaan kehitystyössä keskitytään myös räätälöinteihin. Ne mahdollistavat joustavan, ongelmalähtöisen kysymysten ratkaisun joustavien ratkaisutapojen kautta. Selkein ero kaupallisten tuotteiden suhteen on se, että kaupallisista tuotteista ei ole vastuussa olevaa yritystä, vaan keskeiseen rooliin nousevat ongelmanratkaisuun keskittyneet konsultit, jotka kertovat yrityksille, mikä on mahdollista ja miten ratkaisu kannattaa toteuttaa.

## **Tiedonvälitys**

**Visualisointitekniikoiden (1)** keskeinen haaste on yhdistää staattista ja dynaamista tietoa. Keskeisiä sovellusalueita tunnistettiin kolme. Niistä ensimmäisessä, virtuaalito-dellisuudessa, on keskeistä toteutetun virtuaalimallin todentuntuisuus, johon vaikuttavat merkittävästi toteutustarkkuus (ns. LOD, level of detail) sekä käytetyt laiteratkaisut (kuten pc-pohjaiset ja erillistietokonejärjestelmät) ja toteutusympäristö (esim. cave). Toinen visualisointiratkaisu on lisätty todellisuus (Augmented reality), jota voidaan soveltaa esimerkiksi toteutettaessa 3D-tuotekatalogeja, joissa virtuaalinen tuote on tarkasteltavissa aidossa ympäristössä. Virtuaaliset tuotteet sijoitetaan aitoon ympäristöön visuaalisten tagien eli niin sanottujen markkereiden avulla. Kolmas visualisointiratkaisu ovat globaalit 3D-alustat, joiden state-of-the-art-tasoa edustavat nykyisin esimerkiksi Google Earth ja Second Life. Virtuaaliympäristöissä on käytössä erilaisia ja eritasoisia toteutusteknologioita, kuten VRML, 3D Studio, OpenGL ja Ajax. Peliteollisuuden nopea uudistuminen on nopeuttanut visualisointitekniikoiden kehitystä.

**Lyhyen kantaman verkkoteknologioita (2)** käytetään paikallisten palveluiden toteutukseen muutaman kymmenen metrin säteellä. Ratkaisuja on toteutettu verkkoteknologioilla,

joita ovat esimerkiksi NFC (Nearfield Communication), Bluetooth ja Zigbee. Lyhyen kantaman verkkoteknologioiden yhteydessä erillinen kokonaisuus ovat sensoriverkot. Niitä toteutetaan mm. viralliseksi standardiksi nousseella Zigbee-tekniikalla, jonka suurin hyöty on virhesietoisuus.

**Tietoverkkoteknologioissa (3)** on havaittavissa jatkuvaa yhdentymistä. Nykyratkaisuihin keskeisiä ovat GPRS, EDGE, 3G, 4G, WLAN ja Wifi. Internetin, muiden verkkoratkaisujen (kuten yritysverkot, grid, gridin visualisointisolmut) ja mobiilikäytön tarve saa mahdollisesti aikaan isoja kehitysaskelaita tietoverkkoteknologioissa. Tällä hetkellä mielenkiintoinen ratkaisu on Digtan ilmainen laajakaistayhteys, joka perustuu Flash-OFDM (Fast Low-latency Access with Seamless Handoff Orthogonal Frequency Division Multiplexing) -tekniikkaan, jolla on erittäin hyvä kantama. Mielenkiintoinen tulevaisuuden suunta on havaittavissa myös kodeissa, joissa käytettävät päätelaitteet verkottuvat (kuten digi-tv, mobiili-tv, ip-tv) ja edistävät tietoverkkoteknologioiden konvergenssia.

**Tietoturvateknologioiden (4)** keskeiset kysymykset rakennetun ympäristön osalta liittyvät erilaisiin julkisten ja yksityisten rakennusten turvajärjestelmiin. Tietoturva on erityisesti yritysten näkökulmasta iso haaste, sillä eri palveluita hyödyntävät lukemattomat käyttäjät, vaihtelevilla käyttöoikeuksilla. Oleellista onkin määritellä tarkemmin, kenellä on oikeuksia mihinkin tietoon.

**Tiedonjakoteknologiat (5)** ymmärretään tässä tapauksessa erilaisina tiedonjakokanavina, tiedonjaon alustoina sekä hakukoneina. Esimerkkejä rakennettuun ympäristöön liittyvistä tiedonjakoteknologioista ovat mallipalvelimet ja hanketietopankit, jotka usein toimivat tiedostopohjaisesti. Erilaisten tiede- ja kehitysyhteisöjen valjastaminen sovelluskehitykseen voi osoittautua tulevaisuudessa keskeiseksi tiedonjaon kehitysmoottoriksi. Kuluneen vuosikymmenen aikana ohjelmoinnin luonne on muuttunut verkottuneiden teknologioiden ansiosta, ja usein sovellusten lähtökohdaksi on mahdollista asettaa muiden tekemä kehitystyö, sillä esimerkiksi erilaiset avoimeen lähdekoodiin pohjautuvat ratkaisut on mahdollista ladata verkosta.

**Tiedonsiirtoteknologiat (6)** käsittävät erilaisia tiedonsiirtomuotoja. Erilaisilla kiinteistö- ja rakennusalan ohjelmistoilla on käytössä omat tiedonsiirtoformaatit, ns. de facto -standardit. Yleisesti ottaen standardit luovat samanaikaisesti sekä kysyntää että tarjontaa, mikä edistää verkostoitumista ja avointa yhteistoimintaa. Koska kiinteistö- ja rakennusalalla käytettyjen formaattien kirjo on valtava, eri ohjelmistotuotteiden ja tiedonsiirtoformaattien välille on kehitetty konversio-ohjelmia. Esimerkkejä käytetyistä eriasteisista tiedonsiirtostandardeista ovat STEP (teollinen tuotanto), bcXML ja IFC (rakennukset), LandXML (maa- ja väylärakentaminen) ja BACnet, KNX ja LONWorks (rakennusautomaatio). Yksi tiedonsiirtoon liittyvistä keskeisistä kehityskohteista ovat tuotekirjastot. Oleellista niiden kehitystyössä on se, että lopputuloksista muodostuisi standardoituja ja

valmistajista riippumattomia mallirakenteita. Tulevaisuudessa on myös mahdollista ottaa käyttöön tuotehyväksyntämenettelyjä ja mallintaa kohteita käyttäen hyväksytyjä, yhteisiä tuotekirjastoissa kuvattuja mallirakenteita. Nykyisin mallipohjaisia tuotekirjastoratkaisuja on jo markkinoilla.

**Sähköisen kaupankäynnin teknologiat (7)** perustuvat laajalti jo olemassa olevien teknologiaratkaisuiden, kuten tietoturva-, tietoverkko- ja tiedonsiirtoteknologioiden, hyödyntämiseen. Digibuild-tiekartan näkökulmasta sähköisen kaupankäynnin keskeinen haaste on saada sähköisten kaupankäyntijärjestelmien kehitys hyödyntämään myös rakennusalalle kuvattuja tuotetietoja, kuten rakennuksen as-built-malleja (ProIT 2006), ja kehittää reaaliaikaista raportointijärjestelmää. Edellisten pohjalta on mahdollista muodostaa arviointimenetelmiä kattamaan suunnittelun ja toteutuksen lisäksi myös käyttö.

### **Lyhyt aikaväli (1–5 vuotta)**

Lyhyen aikavälin (1–5 vuotta) ennustaminen perustuu asiantuntija-arvioissa havaittuihin kehityslinjoihin, jotka perustuvat pääosin nykytilanteessa havaittuihin state-of-the-art-teknologioihin. Niiden tarkoituksena on kehittää digitaalisuutta palvelemaan paremmin käyttäjien tarpeita.

**Tiedon tuotto ja hyödyntäminen.** Lyhyellä aikavälillä arvioitiin nousevan seitsemän teknologiakokonaisuutta.

**Integroitujen tietomallien (1)** potentiaalia kannattaa hyödyntää kehitettäessä muita sovelluksia rakennuksen mallintamisen tueksi. Eräitä kehitysmahdollisuuksia ovat elinkaari-, simulaatio- ja analyysimallinnusteknologiat, joiden yhteydessä suuri haaste tulevaisuudessa on ratkaisuiden automatisointi. Tiedonsiirrot eri valmistajien ohjelmistotuoteperheiden välillä ovat keskeinen lyhyen aikavälin kehityssuunta, jonka tavoitteena on yhdentää tietomallitekniikkaa tiedostopohjaisuudesta mallipalvelinratkaisuihin. Integroitujen tietomallien pitäisi sisältää myös tuotekohtaiset tiedot, joita hallinnoidaan valmistajan järjestelmissä, kuten PDM-järjestelmissä (Product Data Management).

**Uuden sukupolven mallipalvelimet (2)** ovat kehityssuunta, joka on nykytilanteessa välttämättömyys. Nykyiset ratkaisut ovat tiedostopohjaisia, ja niiden ongelmaksi on muodostunut suorituskyvyn rajallisuus. Yksi mahdollisuus tulevaisuudessa kehitettäväksi ratkaisuksi on ns. view server approach, jossa luodaan mallin haluttuun osaan näkymiä. Suorituskykyongelmasta on mahdollista päästä eroon, sillä ratkaisussa käytetään vain tarvittavaa osaa mallista (ns. model view). Yksi esimerkki osamallista on rakennuksen energiankulutus, jonka laskennassa ei ole tärkeää tietää kaikkien mallin osien yksityiskohtia, kuten seinäpintojen värejä.



**Todellisuuden mallinnusteknologiat (3).** Esimerkkejä todellisuuden mallinnusteknologioista ovat 3D-mallin luominen valokuvista sekä algoritmit, joiden avulla on mahdollista tunnistaa objekteja. Mallintaminen on lyhyellä aikavälillä vielä osin manuaalista toimintaa.

**Tiedon hyödyntämis- ja dokumentointiteknologiat (4).** Tällaisia teknologioita ovat erilaiset olemassa olevan tiedon hyödyntämismenetelmät, kuten ”data mining” -sovellukset ja hiljaisen tiedon kerääminen. Erityinen tarve olisi kehittää sovelluksia sukupolven vaihtuessa häviävän osaamisen siirtoon – tietoa pitäisi pystyä siirtämään vanhemmilta nuoremmille.

**Käyttöliittymäteknologiat (5).** Erityisesti nousussa ovat kehittyneet käyttöliittymät, interaktiiviteknologiat, jotka ohjaavat käyttäjää tarvittaessa. Myös erilaisten multimodaalisten työkalujen, kuten datahanskan, käyttö lisääntyy. Käyttöliittymiin kytkeytyvät myös erilaiset koulutusratkaisut uusien teknologioiden ja sovellustekniikoiden käyttöönoton helpottamiseksi.

**Biometriset ja multimodaaliset tunnistusteknologiat (6).** Biometrisessä tunnistuksessa henkilö tunnistetaan mittaamalla käyttäjän fysiologisia tai käyttäytymiseen liittyviä ominaisuuksia. Multimodaalisessa tunnistuksessa yhdistetään esimerkiksi sormenjälki- ja kasvojentunnistus. Näiden teknologioiden tärkeimpiä sovellusalueita ovat turvallisuus ja suojaus.

**Mobiilit sisätilapaikannusteknologiat (7).** Nämä ratkaisut mahdollistavat paikkatiedon saannin sisätiloissa. Tietoa voidaan yhdistää tarvittaessa mm. rakennuksen pohjakuviin, virtuaalimalleihin ja rakennuksen tietomalliin perustuviin sovelluksiin.

## **Tiedon välitys**

**Raportoivat ja kommunikoivat järjestelmät (1).** Keskeinen kysymyksenasettelu lyhyellä aikavälillä liittyy valvottaviksi soveltuvien rakenteiden ja järjestelmien identifiointiin. Esimerkiksi rakenteiden kunnon todentamisessa voidaan soveltaa jo suunnitteluvaiheessa käytettyjä simulointimenetelmiä, vertailla kerättyä dataa simulointimenetelmien ennustamaan toimintaan ja kehittää vertailun tuloksia hyödyntäviä diagnoosimenetelmiä. Rakenteiden valvonnan teknologioita voi käyttää esimerkiksi kiinteistötiedon ja infrastruktuurin sovelluksissa sekä huoltomieskuittauksissa. Keskeinen lyhyen aikavälin kehityskohta ovat havainnolliset raportointiteknologiat ja tiedon esittäminen erilaisten visualisointien yms. avulla. Oleellista on myös reaaliaikaisen raportointijärjestelmän kehittäminen siten, että tiedonsiirto- ja raportointimenetelmät linkittyvät saumattomasti päivittyväksi kokonaisuudeksi. Lyhyellä aikavälillä anturitekniikoiden rooli korostuu. Esimerkiksi RFID-ratkaisuja käytetään materiaaliavirtojen hallinnassa. Myös erilaisia

automaattisia työkalujen, työvoiman ja varastojen valvonta- ja hallintatekniikoita sovelletaan rakennustyömailla.

***Avointen kehitysyhteisöjen roolin korostuminen (2).*** Tällä viitataan erilaisten ratkaisujen toteuttamiseen maailmanlaajuisen verkoston avulla. Kehittämistyön lähtökohtana on usein muiden tekemä kehitystyö. On ennakoitavissa, että avoimeen lähdekoodiin perustuvien sovellusten merkitys kasvaa tulevaisuudessa ja kaventaa kuilua kaupallisiin ohjelmistoihin. Nykyhetkellä kehitys tapahtuu vielä rajatuissa kehitysyhteisöissä, mutta lyhyellä aikavälillä yritysten tuottamat ratkaisut kasvavat entisestään.

***Avoimet standardit ja rajapinnat (3).*** Tässä keskeisiä ovat erityisesti tietotarpeita vastaavan, koko tuotteiden elinkaarta tukevan tuotetietomallin määrittely. Avointa standardia ja avoimia sovellusten välisiä rajapintoja otetaan käyttöön laajasti jo lyhyellä aikavälillä.

***Sosiaalinen media ja käyttäjien osallistamisteknologiat (4).*** Sosiaalisen median sovellukset ovat erilaisia kommunikoinnin ja tiedon jakamisen välineitä, jotka soveltavat web 2.0 -ajattelua. Sosiaalisen median ratkaisuja alkaa olla jo käytössä eri aloilla, mutta niitä ei vielä nykyhetkellä hyödynnetä rakennusalalla. Lyhyellä aikavälillä yleistyneen esimerkiksi käyttäjäpalautteen ja loppukäyttäjätiedon kerääminen sosiaalisen median työkaluilla.

### **Pitkä aikaväli (5–15 vuotta)**

Pitkän aikavälin ennustaminen on erityisen vaikeaa, kun arvioitavana kohteena ovat tietotekniset järjestelmät ja ratkaisut. Yleisesti ohjelmistotuotteiden eliniät eivät välttämättä ole tarkasteltavan ajanjakson mittaisia, minkä takia arviot kohdistuvat ratkaisuihin, joita ei vielä ole olemassa. Pitkän aikavälin asiantuntija-arviot ottavat kantaa merkittäviin ja keskeisiin alalla havaittuihin ongelmiin.

### **Tiedon tuotto ja hyödyntäminen**

***Palvelupohjainen sovellusintegraatio (1).*** Yritykset vaativat digitaalisilta ratkaisuilta jatkossa joustavuutta ja samalla toimintavarmuutta ja luotettavuutta. Tästä syystä sovelluksiin tarvitaan palvelurajapintoja, jotka palvelevat eri aloja ja toimijoita. Palvelurajapintojen kehityksessä hyödynnetään soveltuvien osien yhteisesti sovittuja rajapintastandardeja sekä avoimen lähdekoodin ratkaisuja. Kehityksen kannalta on keskeistä, että ratkaisut mahdollistavat joustavan palveluiden hyödyntämisen. Palvelupohjainen sovellusintegraatio synnyttää uudenlaisia ohjelmistoteknologioiden liiketoimintamalleja.

***Kontekstiohjautuvat järjestelmät (2),*** jotka ovat vikasietoisia ja pystyvät hyödyntämään puutteellista tietoa. Järjestelmät kykenevät reagoimaan ympäristöön, jossa niitä käytetään

(läsnä-äly, ambient intelligence). Yksi kontekstiohjautuvuuden ilmenemismuodoista on saman tietosisällön esittäminen eri näkökulmista käyttäjien mukaisesti.

***Todellisuuden älykkäät digitointiteknologiat (3)***. Nämä ovat sovelluksia, joilla pystytään mallintamaan olemassa olevia rakenteita älykkäästi ja hierarkkisesti. Niihin tarvitaan riittävä määritystarkkuus ja helppo toteutus. Esimerkiksi nykyhetkellä on keskusteltu rakennuskannan mallintamisesta.

***Asiakaslähtöiset ja päätöksentekoa tukevat ratkaisut (4)***. Ratkaisut tarjoavat käyttäjälle mahdollisuuden saada tietoa halutussa ja tarvitussa muodossa. Saatavana on erilaisia päätöksentekoa tukevia raportointivaihtoehtoja, joissa data on työstetty tarvittavaan muotoon.

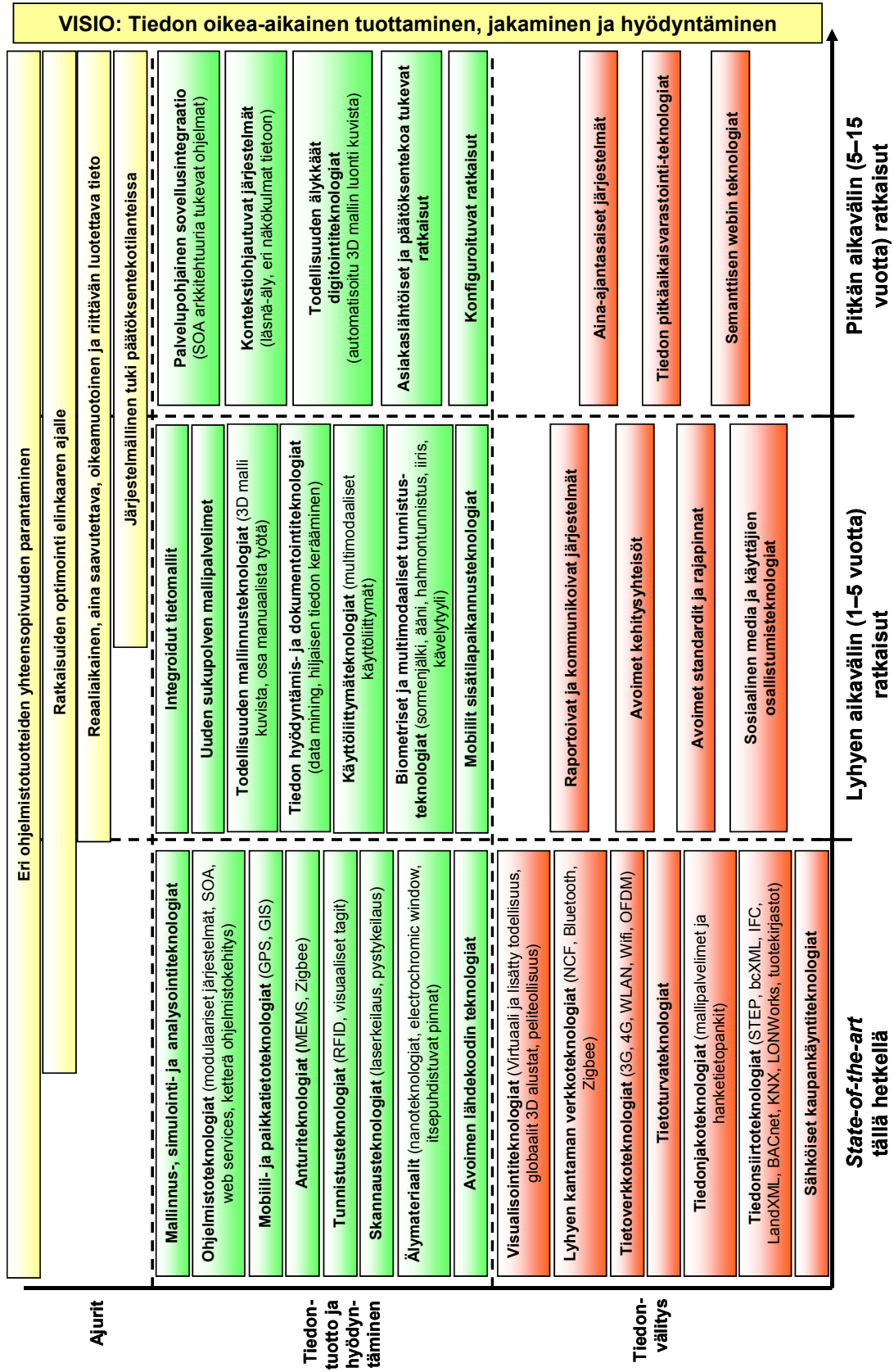
***Konfiguroituvat ratkaisut (5)*** konfiguroituvat automaattisesti järjestelmään kytke ja käytä -periaatteella esim. järjestelmässä kiinni olevien muiden laitteiden tai ohjelmistojen tai käyttäjän profiilin mukaisesti.

**Tiedon välitys.** Tiedon välityksessä tunnistettiin pitkällä aikavälillä kolme keskeistä kehityslinjaa.

***Aina ajantasaiset tietojärjestelmät (1)***. Oleellista on keskeisimpien ongelmakohteiden tunnistaminen sekä seuranta- ja raportointimenetelmien kehittäminen niiden hallintaan.

***Tiedon pitkäaikaisvarastointiteknologiat (2)***. Tavoitteena ovat järjestelmät, joihin säilöty tieto on hyödynnettävissä vielä 50 vuoden päästä. Tämä vaatii tallennusjärjestelmiltä luotettavuutta ja geneerisyyttä.

***Semanttisen webin teknologiat (3)***. Eräällä tavalla kyseessä on tekoälyn uusi tuleminen. Tarvittava teknologia semanttisen webin toteuttamiseksi on olemassa jo nykyisin. Rakennetun ympäristön kohdalla semanttinen web sisältää mm. tietomalleja.



Kuva 4. Muutostiekartta 1: Digitaaliset ratkaisut.

### 3.3 Tiekartta II: Toimintatavat ja prosessit

**VISIO:** Liiketoiminta on avointa, läpinäkyvää ja verkostoitunutta. Tämä edellyttää, että käytössä ovat digitaalisen tiedon soveltamiseen perustuvat, keskenään yhteensopivat prosessit ja toimintatavat.

Toimintatapojen ja prosessien muutostiekartta esitetään kuvassa 5 ja seuraavassa sitä käsitellään vaiheittain.

#### Nykyhetki (state-of-the-art)

**Ajurit.** Keskeinen lähtökohta ajureissa nykyhetkellä on sellainen, että isot kiinteistönomistajat, kuten Senaatti, isot rakennusliikkeet, kuten YIT ja Skanska, suuremmat kunnat sekä isommat ohjelmistoyritykset säätelevät toiminnallaan kehityssuuntia. Rakenteessa on sekä positiivisia että negatiivisia piirteitä: toisaalta tietyt suurien markkinatoimijoiden jakamat kehityskulut edistyvät, mutta toisaalta suurten toimijoiden tukemat kehityskulut aiheuttavat lukkiutumia ja samalla estävät uusien kehityskulkujen aktiivista rakentumista. Tällöin suurten toimijoiden ja keskeisten asiakkaiden painotukset näkyvät eräänlaisena ”pakkona”, johon täytyy vastata. Myös toimijan laajemmat kumppani- ja partneriverkostot ovat keskeisiä ajureita.

Kustannustehokkuus tuotannossa ja kehittämistyössä on oleellinen nykyhetken ajuri. Tällöin tuotteista lyhyellä tähtämellä saatava voitto ratkaisee, ei pidemmän aikavälin kehitystarve tai tuotekannan uudistaminen. Kehitystyö varsinkin rakennusalalla on ”varman päälle” -kehittämistä: kehitysideat ja aihiot voidaan viedä protoasteelle, mutta tuotteiden markkinarajapintaan kuljettamista ei juuri tapahdu. Osaltaan tilanne on seurausta niukoista projektiresursseista erilaisiin rakennusalan hankkeisiin. Toisaalta kyse on siitä, että laajasti ymmärrettynä rakennetun ympäristön kehittämisen alan kriittinen massa ei ole vielä saavuttanut kokoluokkaa, jossa uusille, ja kenties jopa murrosluonteisille, ratkaisuille olisi aitoa kysyntää.

**Markkinat.** Nykyhetken tilanne markkinoiden kohdalla korostaa status quo -ajattelua. Edistyksellinen kysyntä on rajallista. Pientalojen kohdalla suunnittelijat eivät aina osaa tarjota edistyksellisiä ratkaisuja, koska markkinoilla ei ole riittävän osuvaa tietoa. Toisaalta aina ei ole tarjolla edistyksellistä kysyntää vastaavia tuotteitakaan. Lähtökohtana on se, että isot toimijat hallitsevat markkinoita ja keskeisellä sijalla on jo saavutettujen etujen vartiointi. Tämän lisäksi yritykset muuttaa toimintatapoja aikaansaavat helposti kasautuvaa negatiivista palautetta arvoverkoston eri kohdissa.

Rakennusala on myös luonteeltaan vanhoillinen ja sektoroitunut. Keskeinen konteksti uusien ratkaisujen soveltamiselle on eurooppalainen markkinatilanne. Eurooppalaiset

markkinat ovat rakennusallalla pienet ja suljetut. Samaa tuotetta ei voi kansallisten säästöjen johdosta tarjota eri kansallisille markkinoille, koska esim. ilmasto-olosuhteet ja säädökset saattavat olla hyvin erilaisia. Toimintatavat perustuvat vakiintuneisiin käytäntöihin. Digitalisoitumisen eurooppalaisena pullonkaulana on se, että tietotekniikkaa ei nähdä yhtä keskeisenä tuotannollisena tekijänä kuin esimerkiksi Yhdysvalloissa. Tämän lisäksi kilpailu Euroopassa on suljetumpaa ja markkinat pienemmät kuin USA:ssa. Myöskään kilpailun avaaminen ei Euroopassa ole välttämättä mahdollista. Jokin markkinoita avaava teknologia, kuten tuotekirjasto, saattaisi muuttaa tilannetta Euroopassa. Toimiva kansainvälinen, jopa globaali, avoimeen tiedonsiirtostandardiin tukeutuva tuotekirjasto olisi tarpeellinen teollisuudelle. Joku yritys voisi perustaa kirjaston ja alkaa ”myydä” tuotetietoa puolueettomasti ja tuottajariippumattomasti (rakennusalan ”Amazon”). Ongelmana tässä on tuotetiedon kansainvälinen määrittely.

**Toimintatapojen muutokset.** Toimintatavat ovat rakennetun ympäristön kohdalla kohtuullisen hitaita muuttamaan. Tieto- ja viestintäteknologioiden käyttöönotto on hidasta, ja tässä mielessä oppimisprosessi on haasteellinen. Tällä hetkellä tietomallipohjainen suunnittelu, lähinnä 3D-suunnittelu, on kuitenkin jo yleistymässä isojen toimijoiden vaatimuksesta. Vaikka tietomallitekniikkaa jo jonkin verran sovelletaan, toimijoiden prosessit eivät vielä vastaa tietomalliajattelun tarpeita, ja tästä syystä tietomallitekniikan kaikki hyödyt eivät vielä tule esille. Tieto- ja viestintäteknologian hyödyt tulevat parhaiten esiin siten, että toimijoiden prosessit myös tukevat ratkaisujen käyttöä.

Tietomallipohjainen suunnittelu (BIM, building information model) on vielä alkutekijöissä ja edellyttää tuotteistamista. Tietomalleja voitaisiin soveltaa esim. rakennusten korjausten suunnittelussa – tietomalli voi ilmoittaa, koska rakennuksen eri osat tarvitsevat korjausta ja missä järjestyksessä korjaukset kannattaa tehdä. Tietomallipohjainen huoltokirja on tämäntyyppinen sovellus.

**Teknologiat.** Toimintatapojen muutoksia tukevissa nykyhetken teknologioissa ohjelmistojen välinen tiedonsiirto on heikoin lenkki, kun hyödynnetään digitaalista tietoa, joka voi olla esimerkiksi tietomalli tai reaaliaikainen tieto. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelmistojen väliset rajapinnat kommunikoivat jo tällä hetkellä kohtuullisen hyvin, mutta näitä uusia ratkaisuja ei ole vielä laajamittaisesti implementoitu järjestelmiin. Tästä syystä toimijoilla on käytössä suuri määrä ratkaisuja, joita on vaikea saattaa kohti yhteistä tietomallia. Nykyhetken state-of-the-art-teknologiana rakennetussa ympäristössä ovat passiiviset ja etäluettavat anturit. Niitä kokeillaan jo esimerkiksi betonin kosteusmittauksissa.

## Lyhyt aikaväli (1–5 vuotta)

**Ajurit.** Lyhyellä aikavälillä suurten toimijoiden kehitystä kanavoiva vaikutus jatkuu ja kustannustehokkuus on edelleen tärkeää. Strategia- ja simulaatiomalleilla tehtävä pidemmän aikavälin suunnittelu korostunee. Keskeinen lyhyen aikavälin ajuri on myös kuluttajien ja loppukäyttäjien roolin korostuminen rakennusosalalla. Aktivoituminen on jo tällä hetkellä näkyvissä kulutustuotteiden kohdalla. Voidaan ennakoida, että aktivoitumisen kenttä alkaa laajentua kohti muita aloja ja palveluja. Kuluttajien aktivoituminen etenee käsi kädessä yritysten liiketoiminnan laajentumisen ja asiakkaiden sitouttamispyrkimysten kanssa.

Lyhyellä aikavälillä nähtäneen myös sosiaalisen median ja käyttäjävetoisten ratkaisujen mahdollistamaa kuluttajien verkottumista jonkin tietyn teeman ympärille. Tämä tarkoittaa sitä, että kriittinen massa voi rakentua tietyn teeman ympärille virtuaalisesti. Tällaisia nousevia rakennusalan teemoja voivat olla esimerkiksi terveellinen talo ja passiivitalo. Edellisen kaltaisia ratkaisuja voidaan edistää myös säädöksillä ja laeilla. Esimerkiksi energiaratkaisuissa tiettyä osa energiasta vaaditaan tuottamaan aurinkopaneeleilla. Nämä nousevat teemat luovat uusia tuotemahdollisuuksia yritystoiminnalle.

**Markkinat.** Lyhyellä aikavälillä markkinoiden kehityskuluissa korostuu kuluttajan rooli. Tämä näkyy rakennustuotteiden massaräätälöintinä. Yhtenä markkinainnovaationa saattaisi olla ”visualisointipalvelu maallikoille”, jolla kuluttajat voivat räätälöidä tuotteita. Toinen markkinainnovaatio saattaisi olla eräänlainen asuntojen koeajojärjestelmä (vrt. mallitalot), jossa ostopäätöstä ei tarvitsisi tehdä pelkän esitteen selaamisen tai parin asunonäytön perusteella. Kehitys kulkee kohti visuaalisia tietomalliratkaisuja.

Lyhyellä aikavälillä rakennus- ja kiinteistöalalla sekä rakennetun ympäristön tuottamisessa korostuvat verkostomaiset toimintatavat ja markkinavetoinen ajattelu. Brändäyksen ja lisäarvon idea nousee keskeiseksi myös liiketoimintamalleissa. Verkostoissa tapahtuvasta liiketoimintaprosessista voidaan esimerkkinä mainita tuotteen tekemisen läpivalaisu, jolloin tuotteen valmistusta ja rakennetta voi tarkastella virtuaalisesti ja avoimesti.

Lisäksi rakennusosalalla olisi tarvetta riskirahalle ja bisnesenkeleille, jotta saataisiin enemmän resursseja sekä pilottihankkeiden toteutukseen että pilottihankkeista syntyvien keksintöjen viemiseen markkinoille. Myös suurempien ja kansainvälisten hankekokoisuuksien toteutus nousee keskeiseksi kehitystarpeeksi lyhyellä aikavälillä. Eurooppalainen, vahvasti julkistalouden ehdollistama markkinatilanne on erilainen verrattuna esimerkiksi amerikkalaiseen. Toisaalta eurooppalaisessa hallintomallissa muutosten toteuttaminen on jähmeämpää, mutta etuna saattaa olla se, että heikommat ideat eivät pääse toteutukseen asti.

**Toimintatapojen muutokset.** Lyhyellä aikavälillä toimintatapojen muutoksissa korostuu hyötynäkökulma. Jotta digitaalisiin ratkaisuihin perustuvia uusia toimintatapoja otettaisiin käyttöön, toimijoiden tulisi ymmärtää prosessien muutoksien tuomat hyödyt. Organisaatioiden olemassa olevat valtarakenteet estävät usein toimintatapojen muutoksia. Omistajavetoisissa yrityksissä toimintatapojen muutokset onnistuvat vähän helpommin. Yksi idea voisi olla prosessien ”koeajo” eli prosessien simulointi, jossa voisi testata toimintatapojen muutosten tuomia etuja ja hyötyjä. Em. koeajo ja prosessien yleinen muuttaminen luonnollisesti edellyttävät toimintojen suunnitteluun kehitettyjä välineitä. Yksi tällainen väline olisi ”workflow management system”, joka olisi joustava perusta prosessien suunnittelemiseksi käyttäjälähtöisesti. Tällaisessa systeemissä prosessien tulisi olla modulaarisia ja teollistettuja. Joustavuutta tulisi saada erityisesti prosessien rajapinnoille ja suunnittelujärjestelmän tulisi olla hyvin häiriösietoinen.

Toimintatapojen muutoksen yksi lähtökohta lyhyellä aikavälillä on tiedon siirron kanavien kehittäminen eri järjestelmien välillä sekä myös eri aikoina ja eri organisaatiovaiheissa kehitettyjen käytäntöjen välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että uusien toimintatapojen tulisi pystyä sisäistämään vanhoja ja hyviä toimintamalleja, jotta kaikkea toimivaa ei tarvitsisi aina opetella ja tehdä uudestaan. Tähän tarvitaan laajaa systeemi-innovaationäkökulmaa: rakennettu ympäristö, digitalisoituminen ja organisaatiot tulisi ymmärtää laajasti suunniteltujen ja pitkällä aikavälillä muotoutuneiden käytäntöjen summina, jotka tulisi ottaa kaikkineen huomioon toimintatapojen muutoksia edistetäessä. Toimintatapoja jäsentävien ratkaisujen tulisi siten olla ajattomia eli sellaisia, jotka pysyvät samoina teknologioiden muuttuessa. Lisäksi järjestelmien pitäisi sisältää sekä suunnittelun että reaaliaikaisen tiedon käsittely. Tällä hetkellä reaaliaikatieto ja suunnittelu on pitkälti erotettu toisistaan, mutta näkökulmien yhdistäminen saattaisi synnyttää jopa kokonaan uusia palveluita.

Toimintatapojen muuttaminen vaatii huomattavasti uudenlaista koulutusta. Koulutuksen tulisi olla ensinnäkin prosessorientoitunutta ja tähdätä laajojen systeemisten kokonaisuuksien ymmärtämiseen. Lisäksi tarvitaan tieto- ja viestintäteknologian perustason koulutusta sekä vanhojen toimintatapojen poisoppimista. Uusien toimintatapojen kehittämiseksi tulisi kehittää myös uusia käsitteitä, termejä ja määrittelyksiä.

**Teknologiat.** Keskeinen lyhyellä aikavälillä toimintatapojen muutosta tukevissa teknologioissa tapahtuva kehityskulku on virtuaalimallin ja todellisuuden yhdistäminen ja vertaaminen. Esimerkiksi kaivuu-urakoissa voidaan kasvavassa määrin hyödyntää tehostetun todellisuuden ratkaisuja tukemaan ja tehostamaan reaalisesta tilanteesta tietoja. Lyhyellä aikavälillä toteutuu myös anturiverkkojen käyttöönotto, jossa verkkoja aletaan laajamittaisemmin hyödyntää rakennetun ympäristön tietotekniikkasovelluksissa.



## **Pitkä aikaväli (5–15 vuotta)**

**Ajurit.** Pitkällä aikavälillä uudeksi ajuriksi nousevat kuluttajat, jotka oppivat vaatimaan vaihtoehtoja ja räätälöityjä tuotteita. Kustannustehokkuus säilyttää merkityksensä tärkeänä toimintojen ohjaajana.

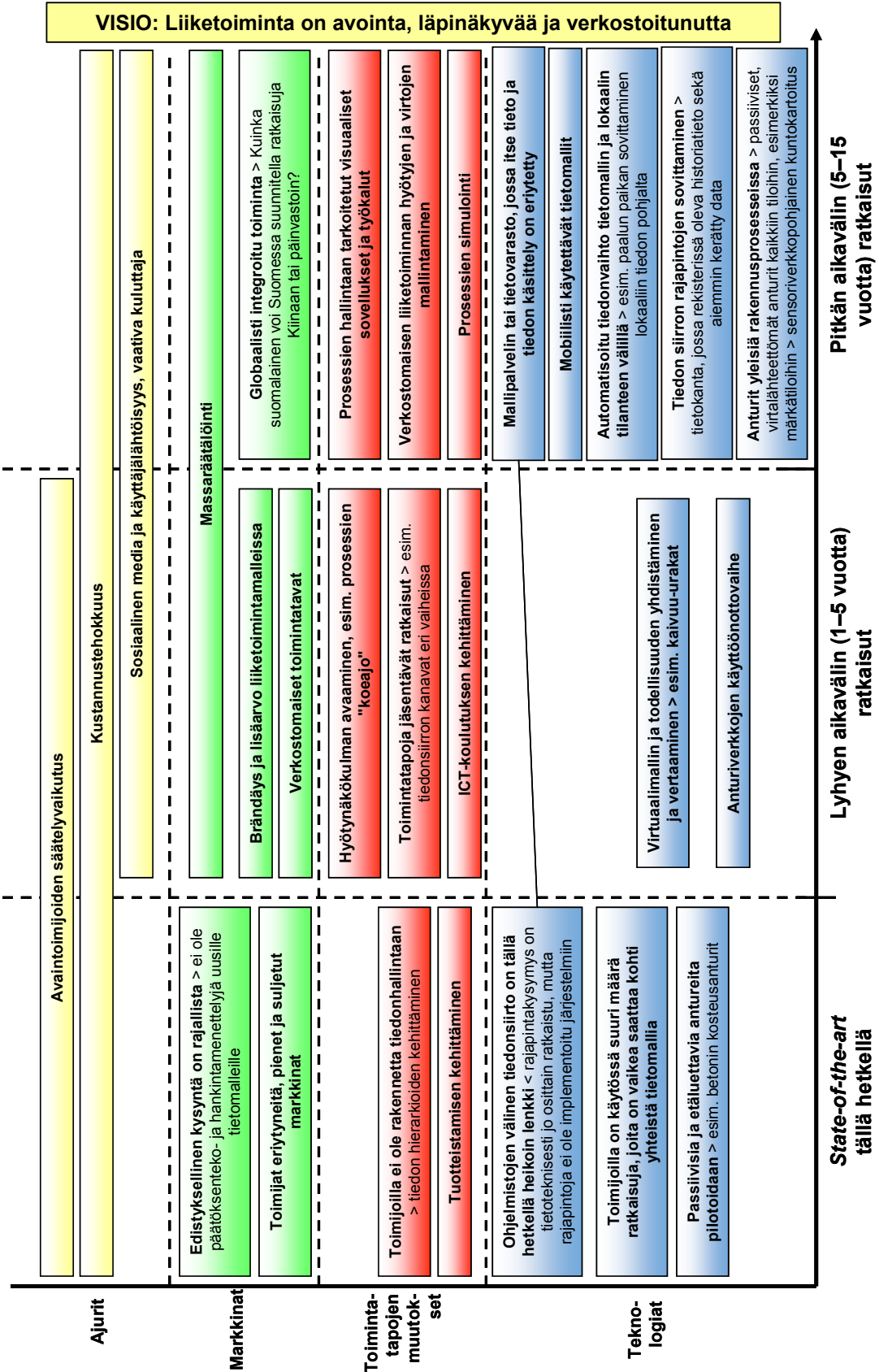
**Markkinat.** Massaräätälöinnistä tulee yksi tuotannon keskeinen periaate. Tuotantotoiminta integroituu globaalisti siten, että laajat verkostot tuottavat rakennetun ympäristön palveluita. Suunnitteluun muodostuu globaalisti integroitu yhteistoimintamalli, jota jotkut toimijat jo suunnittelevat. Rakennetun ympäristön markkinoille ilmaantuu uusia toimijoita. Esimerkkinä voidaan mainita toimija, joka tarjoaa virtuaalisia kiinteistöpalveluja kiinteistön toiminnan seurantaan tai vartiointiin.

**Toimintatapojen muutokset.** Pitkällä aikavälillä toimintatapojen muutosten edistämisessä keskeiseksi nousevat prosessien hallintaan tarkoitettut sovellukset ja työkalut. Työkalujen tulisi olla hyvin visuaalisia, jotta työasemalta voi saada selkeän visuaalisen kokonaiskuvan yrityksen prosesseista ja tietyn toiminnon osuudesta ja vaiheista näissä prosesseissa. Tulisi tavallaan saada tilannearvio siitä, mitkä prosessit ovat päällä ja mitkä eivät. Tässä mielessä hallinta vertautuu prosessitekniseen valvomoon, jossa hallitaan organisaation ja organisaatioverkostojen prosesseja. Verkostojen hallinnassa sovellusten tulisi selkiyttää kunkin toimijan roolia jonkin tietyn prosessin osana. Tämänkaltaisiin ratkaisuihin on jo olemassa sovelluksia logistiikan alalla, esimerkiksi pakkausten seuraaminen RFID:n avulla.

Toinen ennakoitu toimintatapojen muutos pitkällä aikavälillä liittyy verkostomaisen liiketoiminnan hyötyjen ja virtojen mallinnukseen. Kyseessä on virtuaaliorganisaation toimintamalli, jossa pyritään mallintamaan yritysverkoston toimijoiden kannustimia tavoitteena siirtyminen osaoptimoinnista kokonaisoptimointiin. Tätä prosessien samansuuntaistamista ja yhteismitallistamista voidaan havainnollistaa esimerkiksi yrityspelien avulla. Tavoitteena on selkiyttää liiketoiminnan hyödyt ja voitot verkostomallina arvoverkoston toimijoille. Perustutkimusta tämäntyyppisiin ratkaisuihin tehdään jo usean suomalaisenkin toimijan taholla.

Kolmas pitkän aikavälin muutostekijä liittyy prosessien simulointiin. Erityisillä simulointipeleillä voitaisiin mallintaa ja kouluttaa uusia prosessimaisia toimintatapoja. Uudet simulointiratkaisut pyrkivät simuloimaan prosesseja yritysten rajojen yli sekä liittämään simulointia kertaluonteisiin prosesseihin. Simulointimalleihin tulisi liittää myös oppivat ja ennakoivat järjestelmät – ne saattavat toimia rakennusprojekteissa paremmin kuin perinteinen simulointi.

**Teknologiat.** Pitkällä aikavälillä keskeinen toimintatapojen muutosta ajava teknologia on mallipalvelin tai tietovarasto, jossa itse tieto ja tiedon käsittely on eriytetty. Nämä tietomallit ovat myös mobiileja, joten niitä voidaan soveltaa joustavasti rakennusurakoissa. Joustavan soveltamisen mahdollistaa automatisoitu tiedonvaihto tietomallin ja lokaalin tilanteen välillä. Tällöin esimerkiksi paalun paikan voi sovittaa lokaalin tiedon pohjalta. Pitkällä aikavälillä keskeiset teknologiset ratkaisut liittyvät erityisesti tiedon siirron rajapintojen yhdistämiseen. Tällöin voidaan rakentaa joustavasti hyödynnettäviä tietokantoja, joissa yhdistyvät sekä rekisterissä oleva historiatieto että aiemmin kerätty data. Pitkällä aikavälillä anturit yleistyvät rakennushankkeiden ”perusteknologioina”. Tällöin passiivisia, virtalähteettömiä ja kustannustehokkaita antureita voidaan upottaa käytännössä kaikkiin tiloihin, esimerkiksi märkätiloihin. Anturiverkkoja voi hyödyntää myös sensoriverkkopohjaisessa kuntokartoituksessa.



Kuva 5. Muutostiekartta 2: Toimintatavat ja prosessit.

### 3.4 Tiekartta III: Palvelut

**VISIO:** Palveluiden merkitys kasvaa. Tiedon käsittelyn helpottuminen luo ja mahdollistaa täysin uudet, erilaisille kohderyhmille suunnatut loppukäyttäjystävälliset, vaivattomat, huomaamattomat ja ajantasaiset palvelut.

Palveluiden muutostiekartta esitetään kuvassa 6 ja seuraavassa sitä käsitellään vaiheittain.

#### **Nykyhetki (state-of-the-art)**

**Ajurit.** Nykyhetken keskeisiä ajureita rakennetun digitaalisen ympäristön palveluissa ovat turvallisuusuhat ja mittausteknologian (esim. MEMS) kehittyminen. Samoin tarve parantaa tuottavuutta sekä taloudelliset paineet ja tuotannon tehostamistarpeet korostuvat.

**Markkinat.** Digitalisoitumista hyödyntäviä palveluita on olemassa kapea-alaisilla niche-sektoreilla.

**Palvelut.** Tällä hetkellä palvelutarjonta on rakennetun ympäristön saralla kapeaa ja tietyille kohderyhmälle suunnattua. Palvelut voidaan jakaa kuuteen laajempaan kokonaisuuteen.

***Suunnittelu- ja urakointipalvelut ennen käyttöönottoa (1).*** Tämän kokonaisuuden state-of-the-art-tekijöitä ovat mallinnuspalvelut, (CAD-)suunnittelu, mallin sisällön ja rakenteen tarkistuspalvelut sekä mallintarkistuspalvelut (model checkers), joilla voi tarkastella suunnittelutoiminnan puutteita.

***Käytön ja ylläpidon palvelut (2).*** Tällaisia ovat esimerkiksi etähuoltopalvelut, mittauspalvelut (kuten rakennuksen vajoamisesta tehdyt havainnot sensoriverkon avulla) sekä energiatodistuspalvelut. Käytön ja ylläpidon palveluihin voidaan liittää myös työpaikoille toimitettavat yksityis- ja työelämän rajapintaan liittyvät palvelut, kuten ostoskassin toimitaminen työpaikalle tai parturin tai hierojan palvelut työpaikalla.

***Visualisointipalvelut (3)*** voivat liittyä sekä staattisen että dynaamisen informaation hyödyntämiseen.

***Etäpalvelut (4).*** Tähän liittyvät esimerkiksi etätyöpalvelut (esimerkiksi kokoustilojen varauksen tai ruokailun järjestäminen etänä), sähköiset ruokatilaukset ja etäterveyspalvelut.

***Turvallisuuspalvelut (5).*** Turvallisuuspalveluja ovat kodin turvapalvelut ml. paloturvallisuus ja murtoturvallisuus, erilaiset vesivahinkopalvelut, tarkkailupalvelut sekä ympäristöturvallisuuspalvelut.

**Uudet terveystalvet (6).** Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset turvarannekkeet ja tunnistusmatot.

### **Lyhyt aikaväli (1–5 vuotta)**

**Ajurit.** Lyhyellä aikavälillä palvelujen keskeinen ajuri on ikääntyvä väestö ikääntyvissä rakennuksissa ja ikääntyvää infrastruktuuria käyttämässä. Toinen rakennetun ympäristön tuotantoon ja määrittelyyn vaikuttava tekijä on yhteiskunnan reagoiminen ja säädösten luonti ilmastonmuutokseen liittyvissä asioissa. Teknologiset ratkaisut alkavat enenevässä määrin mahdollistaa kaikkialla läsnä olevan tietotekniikan, joka tukee ikääntyvän väestön elämistä kotioloissa. Näin rakennetun ympäristön IT-palvelut voidaan tähdätä tiettyyn tarpeeseen ja ajoittaa oikein (JOT, Just On Time).

**Markkinat.** Palveluja kehitetään eri kohderyhmille, toimijoille ja verkostoille (esim. B2B, B2C, C2C, B2G, e-Government) hyödyntäen erilaisia virtuaalisia ja verkostomaisia toimintamalleja.

**Palvelut.** Lyhyellä aikavälillä oleellisiksi nousevat seuraavat neljä palvelukokonaisuutta.

**Mallipalvelut (1)** kattavat olemassa olevien rakennusten mallinnuspalvelut ja uudisrakennusten mallipohjaiset suunnittelupalvelut, jotka ovat erityisesti kasvussa lähitulevaisuudessa. Malleihin tulee uusia ominaisuuksia, kuten viranomaistarkastukset sekä esteettömyyden arviointi suoraan suunnitelmista, mikä aiheuttaa uusia tarpeita mallipalveluiden kehittämiseksi. Toinen mallipalvelujen muoto voivat olla esimerkiksi tietokantapohjaiset RT-kortit, joista saadaan käytettävään mediaan kyseisen kohteen tuotekohtaiset tiedot, esimerkiksi huolto-ohjeet. Yhteinen tuotetietoformaatti mahdollistaisi informaation broker -palvelun, jonka kautta eri lähteistä tulevaa tietoa voitaisiin levittää eri ohjelmilla luettavaksi ja käsiteltäväksi.

**Datan keruu-, ylläpito- ja hallintapalvelut (2).** Keskeinen tarve näissä palveluissa liittyy rakennusten elinkaaren aikaisen tiedon tuottamiseen ja prosessointiin. Palvelutyyppejä on potentiaalisesti useita. Tarvitaan palveluja eri lähteistä tulevan datan yhdistämiseen, palveluja yhdistetyn datan käyttöön eri tarkoituksiin, palveluja datan helpon saatavuuden takaamiseksi, palveluita yhdistetyn datan prosessoinniksi, versioinniksi, juridisten vastuiden selvittämiseksi sekä arkistoinniksi.

**Informaatiopohjaiset lisäarvopalvelut (3).** Analyysipalvelut voivat liittyä eri toimintojen ja elinkaaren vaiheiden suhteen tapahtuvaan simulointiin. Toinen palvelu on tietomallipohjainen ylläpito- ja omaisuudenhallinta. Analyysipalveluita ovat myös erilaiset etänä tehtävät diagnostiikkapalvelut, mittauspalvelut, paikkatietopalvelut, olosuhdepalvelut ja ToVa-palvelut. Analyysipalveluja ovat myös tulvien ennakointipalvelut ja

rakennetun ympäristön erilaisia toimivuuskriteereitä määrittävät palvelut. Kyseeseen voi tulla myös kokonaisvaltainen palvelupaketti, jossa erilaiset analyysipalvelut muodostavat palvelupaketin.

Keskeinen muutos analyysipalvelujen luonteessa lyhyellä aikavälillä liittyy siihen, että analyysipalveluihin liittyy ennakoivia ja etukäteen informoivia ominaisuuksia. Tällaisia voivat olla esimerkiksi energiapalvelut, joiden avulla voisi hallita sähkönkulutusta siten, että rakennuksen käyttäjälle olisi olemassa olevat sitoumukset tai takuut jostain käyttötasosta. Järjestelmä optimoi sähkön käyttöä valittuihin raameihin ottamalla sähköt pois jostain osasta rakennusta tarpeen mukaan. Palvelu voi myös ilmoittaa, milloin on edullisinta saunoa tai pestä pyykkiä. Energiapalveluita voisivat olla myös dynaamiset tariffit, jotka ilmoittavat sähkön hinnan noususta yli tietyn tason ja suosittelevat vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja tai sähkönkulutustapoja.

***Palveluiden integrointi (4)***, jota voi hoitaa esimerkiksi verkottunut virtuaaliyrittäjä. Palvelukokonaisuus toimii ns. yhden luukun periaatteella, johon sisältyy integroitu käyttöliittymä ja talon kokonaishallinta. Integrointipalvelu voi hallita myös laajasti rakentamistaiheeseen logistiikkaa. Talopalvelin voi toimia integrointipalveluiden toteutusalueena.

### **Pitkä aikaväli (5–15 vuotta)**

**Ajurit.** Myös pitkällä aikavälillä palvelujen keskeinen ajuri on ikääntyvä väestö ikääntyvissä rakennuksissa ikääntyvää infrastruktuuria käyttämässä. Toinen rakennetun ympäristön tuotantoon ja määrittelyyn vaikuttava tekijä on yhteiskunnan reagoiminen ja säädösten luonti ilmastonmuutokseen liittyvissä asioissa. Teknologiset ratkaisut alkavat enenevässä määrin mahdollistaa kaikkialla läsnä olevan tietotekniikan, joka tukee myös ikääntyvän väestön palvelutarpeita. Näin rakennetun ympäristön IT-palvelut voidaan tähdätä tiettyyn tarpeeseen ja ajoittaa oikein (JOT, Just On Time). Tuottavuus-, taloudellisuus- ja tehokkuusnäkökulmat ovat edelleen tärkeässä roolissa.

**Markkinat.** Palveluja kehitetään edelleen eri kohderyhmille, toimijoille ja verkostoille (esim. B2B, B2C, C2C, B2G, e-Government) hyödyntäen erilaisia virtuaalisia ja verkostomaisia toimintamalleja.

**Palvelut.** Pitkällä aikavälillä nousevat palvelut voi määrittellä neljään kokonaisuuteen.

***Ajantasaiset kiinteistötietojärjestelmät (1)***. Tämä tarkoittaa integroitua järjestelmää, joka yhdistää mittaus-, kustannus-, käyttötarkoitus-, kulutus-, huolto-, varaosa-, kunto-, rakenne- yms. tiedot yhdeksi hallituksi kokonaisuudeksi. Ajantasainen raportointipalvelukokonaisuus voi hoitaa esimerkiksi märkätilojen analysointia samaan tapaan kuin autoa huolletaan. Jos esimerkiksi järjestelmä havaitsee kosteusvaurion, se sulkee automaattisesti

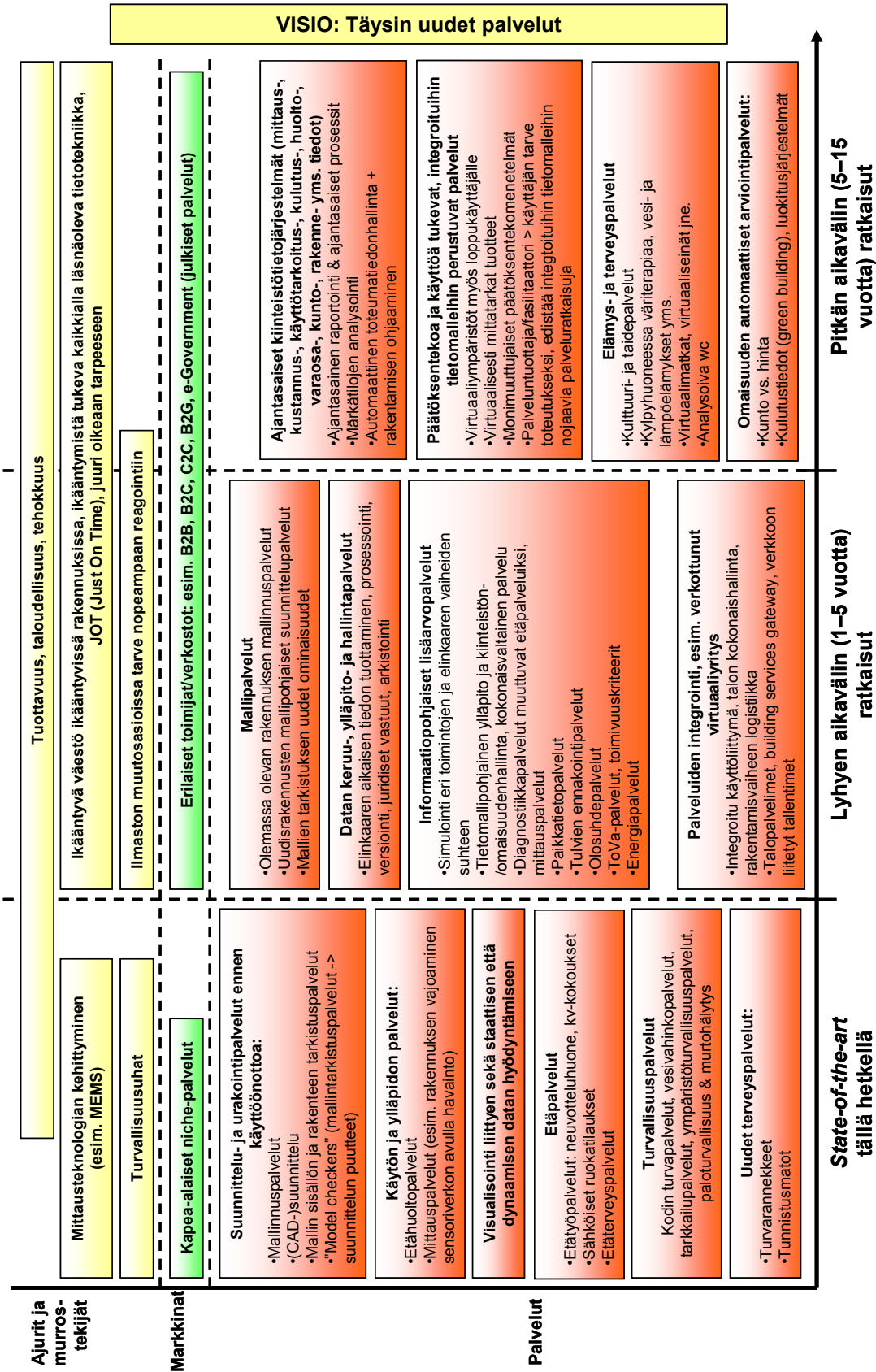
vedentulon. Jos järjestelmä taas huomaa homemuodostusta jossakin, se ottaa automaattisesti yhteyden huolto- ja ylläpito-organisaatioon. Ajantasainen raportointijärjestelmä ohjautuu etänä ja verkon kautta. Ajantasaista järjestelmää voi soveltaa myös rakennusvaiheessa. Tällöin järjestelmässä yhdistyy automaattinen toteumatiedon-hallinta ja rakentamisen ohjaaminen. Järjestelmä esimerkiksi kertoo, mihin pilarit pistetään, kuinka louhinta onnistuu tai miten putket tulee asentaa.

***Päätöksentekoa ja käyttöä tukevat, integroituihin tietomalleihin perustuvat palvelut***

**(2).** Päätöksentekoa ja käyttöä tukevat palvelut soveltavat monimuuttujaisia päätöksentekomenetelmiä. Tämänkaltaisista palveluista voi tunnistaa useita esimerkkejä. Ensimmäinen voisi olla virtuaaliympäristöt loppukäyttäjälle. Tällöin järjestelmässä voisi esimerkiksi seurata oikean ja mallinnetun järjestelmän toimintaa samanaikaisesti. Tällainen systeemi on jo käytössä esimerkiksi ydinvoimaloissa. Toinen esimerkki on uudenlainen toimija, fasilitaattori, joka vie käyttäjän tarpeen kohti toteutusta. Tarve fasilitaattorille kasvaa, koska tilaajan osaaminen suhteessa tarjottaviin ratkaisuihin kapenee ja syntyy kysyntää tietyn alan hankinnan osaajille.

***Elämys- ja terveyspalvelut (3).*** Näitä ovat erilaiset digitaaliset kulttuuri- ja taidepalvelut, virtuaaliseen ja virtuaalimatkailu. Myös kylpyhuoneessa tai ”olosuhde- ja kokemus-huoneessa” voidaan toteuttaa väriterapiaa sekä vesi- ja lämpöelämyksiä. Samoin analysoiva wc voi olla esimerkki uusista terveyspalveluista.

***Omaisuuksien automaattiset arviointipalvelut (4).*** Palvelukokonaisuus voi sisältää esimerkiksi arviointia rakennuksen kunnosta suhteessa hintaan, kulutustietoja ja tietoa erilaisista luokitusjärjestelmistä (esim. LEED® Green Building Rating System).



Kuva 6. Muutostiekartta 3: Palvelut.



### 3.5 Metatiekartta: ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön kehityskulut

**VISIO:** Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön teknologinen perusta nojaa tiedon oikea-aikaiseen jakamiseen ja hyödyntämiseen. Liiketoiminta tapahtuu verkostoissa. Tämä edellyttää yhteensopivia prosesseja ja toimintatapoja, joissa pystytään hyödyntämään yhteiskäyttöistä digitaalista tietoa, kuten esimerkiksi tietomalleja ja reaaliaikaista tietoa. Nämä tyydyttävät käyttäjän tai asiakkaan muuntuvat tarpeet sekä mahdollistavat hyvän käytettävyyden ja ajantasaiset palvelut.

Metatiekartta ensimmäisten omaksujien tilanteesta esitetään kuvassa 7 ja seuraavassa sitä käsitellään vaiheittain.

#### Nykytilanne (state-of-the-art)

**Ajurit.** Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön keskeisiä ajureita tällä hetkellä on tuottavuuden, taloudellisuuden ja tehokkuuden parantaminen. Tehokkuus ja tuottavuus korostuvat erityisesti organisaatioiden toiminnassa sekä kasvavassa määrin myös julkisen sektorin toiminnassa. Toinen keskeinen ajuri on eri ohjelmistotuotteiden yhteensopivuuden parantaminen. Lyhyellä ja pitkällä aikavälillä tämä ajuri tulee vahvistumaan informaatioteknologian kehityksen taustatekijänä. Yhteensopivuuden tukeminen on teollisuudelle strategisesti erittäin tärkeää, koska sen kautta tiedonsiirron ongelmia saadaan poistettua ja tuottavuutta parannettua. Rakennetun ympäristön informaatioteknologiaan liittyy ratkaisevasti myös ratkaisujen optimointi suhteessa rakennetun ympäristön elinkaaren muuttuviin tarpeisiin. Myös tämän ajurin merkitys todennäköisesti kasvaa tulevaisuudessa. Nykyhetkellä keskeinen ajuri rakennetun ympäristön informaatioteknologiassa on mittaus-, anturi- ja verkkoteknologioiden kehittyminen, joka mahdollistaa informaatioteknologian entistä monipuolisemman soveltamisen rakennetun ympäristön monitoroinnissa sekä osana rakennetun ympäristön infrastruktuuria ja ohjausjärjestelmiä. Toinen nykytilanteessa keskeinen ajuri ovat turvallisuusuhat, jotka liittyvät etenkin infrastruktuurin kunnan seurantaan, rakennetun ympäristön fyysiseen turvallisuuteen (esim. murrot) ja tietoturvaan.

**Markkinat.** Nykyhetken markkinatilannetta rakennetun ympäristön informaatioteknologian kohdalla voi kuvata siten, että edistyksellinen kysyntä on vielä rajallista. Edistyksellinen kysyntä on keskeinen tekijä rakennetun ympäristön informaatioteknologian kehitykselle, koska kyseessä ovat ratkaisut, jotka eivät ole vielä laajasti käytössä, vaativat alkuvaiheessa suuria investointeja ja tulevat korvaamaan monia nykyisin käytössä olevia muita ratkaisuja. Tilanne on osittain seurausta siitä, että rakennetun ympäristön informaatioteknologian tuottajat ja hyödyntäjät ovat eriytyneitä kapeisiin lokeroihin. Tätä eriytymistä edistävät myös sektoreihin siiloutuneet koulutusjärjestelmät, joissa ei

käsitellä liikaa järjestelmien integroinnin ongelmakenttää eikä tuottajaa ja hyödyntäjää yhdistäviä näkökulmia. Edistyksellisen kysynnän rajallisuus ja koulutuksen sisällöt ovat johtaneet tilanteeseen, jossa palvelujen tuottajat tarjoavat kapea-alaisia niche-palveluita rajattuihin tarpeisiin.

**Palvelut.** Nykyhetken keskeisiä rakennetun ympäristön informaatioteknologian state-of-the-art-palvelukokonaisuuksia tunnistettiin kuusi (ks. tiekartta III, luku 3.4). Ensimmäinen on *suunnittelu- ja urakointipalvelut ennen käyttöönottoa*. Toinen on *käytön ja ylläpidon palvelut*. Molemmista edellisistä palveluista on jo tällä hetkellä tarjolla melko edistyneitä palveluita. Palvelut toimivat kuitenkin niche-periaatteella: suunnittelu, urakointi, käyttö ja ylläpito ovat pääasiassa eriytyneitä palveluita, eivätkä ne perustu esimerkiksi yhtenäiseen tietomalliin. *Visualisointipalvelut* voivat liittyä erilaisen informaation hyödyntämiseen. *Etäpalveluita* voivat olla esimerkiksi erilaiset järjestelmien valvontatehtävät, etätyöpalvelut, sähköiset ruokatilaukset ja etäterveyspalvelut. *Turvallisuuspalveluissa* informaatioteknologiaa hyödyntäviä valvonta- ja vartiointipalveluja käytetään jo kohtuullisen laajasti. Muita turvallisuuspalveluja ovat kodin turvapalvelut ml. paloturvallisuus ja murtoturvallisuus, erilaiset vesivahinkopalvelut, tarkkailupalvelut sekä ympäristöturvallisuuspalvelut. Lähitulevaisuudessa turvallisuuspalveluilla voidaan viitata myös tietoturvaan. *Uudet terveyspalvelut* ovat uudenlaisia koti- ja etähoidon konsepteja, jotka voivat perustua esimerkiksi turvarannekkeeseen tai tunnistusmattoon.

**Toimintatavat.** Nykyhetkellä toimijoiden prosessit eivät vielä vastaa rakennetun ympäristön informaatioteknologiassa sovellettavan malliajattelun tarpeita. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa mallitietoa ei voida täysimittaisesti hyödyntää toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Toinen toimintatapojen muutoskohta on tuotteistamisen kehittäminen sekä teknologisissa ratkaisuissa että niitä paketoivissa palveluissa. Rakennetun ympäristön informaatioteknologia on jatkossa sidottu yhä enemmän erilaisiin palvelukonsepteihin, ja tämä kehitys edellyttää tuotteistamisen ymmärtämistä nykyistä laajemmin.

**Teknologiat.** Rakennetun ympäristön informaatioteknologian teknologiat perustuvat tiedon tuottamisen ja hyödyntämisen ratkaisuihin sekä tiedon välityksen ratkaisuihin. Keskeiset nykyhetken state-of-the-art-ratkaisut liittyvät mallinnus-, simulointi- ja analysointiteknologioihin, mobiili- ja paikkateknologioihin, ohjelmisto-, anturi-, tunnistus- ja skannausteknologioihin, älykkäisiin materiaaleihin sekä avoimen lähdekoodin teknologioihin (ks. tiekartta I:stä tarkemmat kuvaukset, luku 3.2). Tiedon välityksen ratkaisuissa keskeisessä roolissa ovat visualisointi-, tietoverkko-, tietoturva-, tiedonjako- ja tiedonsiirtoteknologiat sekä sähköiset kaupankäyntiteknologiat (ks. tiekartta I, luku 3.2).

## Lyhyt aikaväli (1–5 vuotta)

**Ajurit.** Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön keskeiset lyhyen aikavälin ajurit ovat osittain näkyvillä jo nykyhetkellä. Tuottavuus, taloudellisuus ja tehokkuus tulevat olemaan keskeisiä ajureita sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Myös toinen nykyhetkellä oleellinen ajuri, ohjelmistotuotteiden yhteensopivuuden parantaminen, nostaa merkitystään lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Samaten ratkaisujen optimointi suhteessa rakennetun ympäristön elinkaaren muuttuviin tarpeisiin tulee yhä merkittävämmäksi lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Lyhyellä aikavälillä tunnistimme myös uusia, merkitykseltään kasvavia ajureita. Niitä ovat ikääntyvä väestö ikääntyvissä rakennuksissa ja sopeutuminen ilmastonmuutokseen.

**Markkinat.** Markkinoilla tapahtuu kehityskulkuja, jotka avaavat ovia integroidun tietomallin kehittämiseksi. Integroituun tietomalliin pohjautuvat konseptit voivat yhdistää tuotteita ja palveluita uudella tavalla. Toinen oleellisesti korostuva kehityskulku lyhyellä aikavälillä on käyttäjälähtöinen sisällöntuotanto, joka tulee kasvamaan myös rakennetun ympäristön palveluissa. Lyhyellä aikavälillä rakennusosalalla korostuvat verkostomaiset toimintatavat. Palveluja kehitetään lyhyellä aikavälillä eri kohderyhmille, toimijoille ja verkostoille. Edellä mainitut kehityskulut johtavat tilanteeseen, jossa rakennetun ympäristön informaatioteknologiaan liittyviä palveluita tuottavat yritykset toimivat osana tietomalleihin perustuvia arvoverkkoja. Kyky tuoda uusia tuotteita ja palveluita sekä kyky sopeuttaa yrityksen kompetenssit tähän arvoverkkorakenteeseen ovat tulevaisuudessa keskeisiä kilpailutekijöitä rakennetun ympäristön ratkaisuja tuottaville yrityksille. Kehittämisenäkökulmasta markkinoilla on ongelmana, että kiinteistöjen omistus ja käyttö ovat pitkälti eriytyneet ja että kiinteistöt ovat usein salkkuja, joiden hoitajia ei välttämättä kiinnosta kiinteistön käytön kehittäminen tai taloudellisuus pitkällä jännteellä. Ilmastonmuutos voi olla ajuri, joka vaikuttaa myös omistajien suhtautumiseen.

**Palvelut.** Lyhyellä aikavälillä oleellisiksi nousevat seuraavat neljä palvelukokonaisuutta (ks. tiekartta III, luku 3.4). *Mallipalvelut* kattavat olemassa olevien rakennusten mallin- nuspalvelut ja uudisrakennusten mallipohjaiset suunnittelupalvelut, jotka ovat erityisesti kasvussa lähitulevaisuudessa. Malleihin tulee tämän lisäksi uusia ominaisuuksia, kuten viranomaistarkastukset ja esteettömyyden arviointi suoraan suunnitelmista. *Datan keruu-, ylläpito- ja hallintapalvelut* liittyvät oleellisesti rakennusten elinkaaren aikaisen tiedon tuottamiseen ja prosessointiin. Toteutuakseen tällaiset palvelut edellyttävät panostusta myös julkiselta hallinnolta sekä keskitettyä ohjeistusta ja yhdenmukaistusta eri kuntien vaatimuksissa. Palvelutyyppejä on potentiaalisesti useita. Palveluja tarvitaan esimerkiksi eri lähteistä tulevan datan yhdistämiseen, datan helpon saatavuuden takaamiseen ja yhdistetyn datan prosessointiin. *Informaatiopohjaiset lisäarvopalvelut* kattavat erilaiset lisäarvoa tuovat tiedon analyysipalvelut. Analyysipalvelut voivat liittyä eri toimintojen ja elinkaaren vaiheiden suhteen tapahtuvaan simulointiin. Analyysipalveluita ovat myös

erilaiset etänä tehtävät diagnostiikkapalvelut, mittauspalvelut, paikkatietopalvelut, olosuhdepalvelut ja ToVa-palvelut. *Palveluiden integrointia* voi hoitaa esimerkiksi verkotunut virtuaaliyrittäjä. Palvelukokonaisuus toimii ns. yhden luukun periaatteella, johon sisältyvät integroitu käyttöliittymä ja talon kokonaishallinta.

**Toimintatavat.** Lyhyellä aikavälillä toimintatapojen muutoksissa korostuu räätälöinti koko tuotteen elinkaareen. Tämä tarkoittaa sitä, että palvelukonseptit korostavat yhä enemmän pitkän aikavälin näkökulmia ja myös näiden pitkän aikavälin vaihtoehtojen sovittamista asiakkaan tarpeiden mukaan. Tämän johdosta yritysten liiketoimintamallit muuttuvat tulevaisuudessa: entisen yhdellä kertaa myytävän tuotteen sijaan myydäänkin pitkän aikavälin konsepteja, joissa sekoittuvat materiaaliset tuotteet ja tuotetta tukevat immateriaaliset palvelut. Tämä kuitenkin edellyttää muutosta nykyisiin käytäntöihin, jolloin kiinteistön omistajat arastelevat sitoutua rakentajiin tai toimittajiin elinkaari- palveluiden suhteen. Ei ole ollut myöskään sellaista rakentajien tai tuoteosatoimittajien erityisosaamista, johon tarvittaisiin toimittajaa. Esimerkkinä toteutuneesta konseptista voidaan talotekniikkaan liittyen mainita kuitenkin hissit, joita nykyään myydään siten, että konsepti sisältää varsinaisen hissien lisäksi myös siihen liittyvät huoltopalvelut. Lyhyellä aikavälillä korostuu myös integroitujen tietomallien hyötyjen ymmärtäminen eri toimijoiden näkökulmista. Jotta digitaalisiin ratkaisuihin perustuvia uusia toimintatapoja otettaisiin käyttöön, toimijoiden tulisi ymmärtää prosessien muutoksien tuomat hyödyt. Yksi idea voisi olla prosessien ”koeajo” eli prosessien simulointi, jossa voisi testata toimintatapojen muutosten tuomia etuja ja hyötyjä. Kolmas keskeinen kehityskulku vie kohti ratkaisuja, joilla toimijat voivat saumattomasti ja reaaliaikaisesti seurata projekti- tietojaan.

**Teknologiat.** Tiedon tuottamisen ja hyödyntämisen ratkaisut perustuvat integroitujen tietomallien hyödyntämiseen, uuden sukupolven mallipalvelimiin, todellisuuden mallinnukseen, tiedon hyödyntämiseen ja dokumentointiin, käyttöliittymiin, biometrisiin ja multimodaalisiin tunnistusteknologioihin sekä mobiiliin sisätilapaikannukseen (ks. tiekartta I, luku 3.2). Tiedon välityksessä ratkaisut perustuvat raportoiviin ja kommunikoiiviin järjestelmiin, avoimiin kehitysyhteisöihin, standardeihin ja rajapintoihin sekä sosiaalisen median ja käyttäjien osallistumiseen perustuvien ratkaisujen soveltamiseen (ks. tiekartta I, luku 3.2).

### **Pitkä aikaväli (5–15 vuotta)**

**Ajurit.** Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön keskeiset pitkän aikavälin ajurit ovat pääasiassa samat kuin lyhyellä aikavälillä.

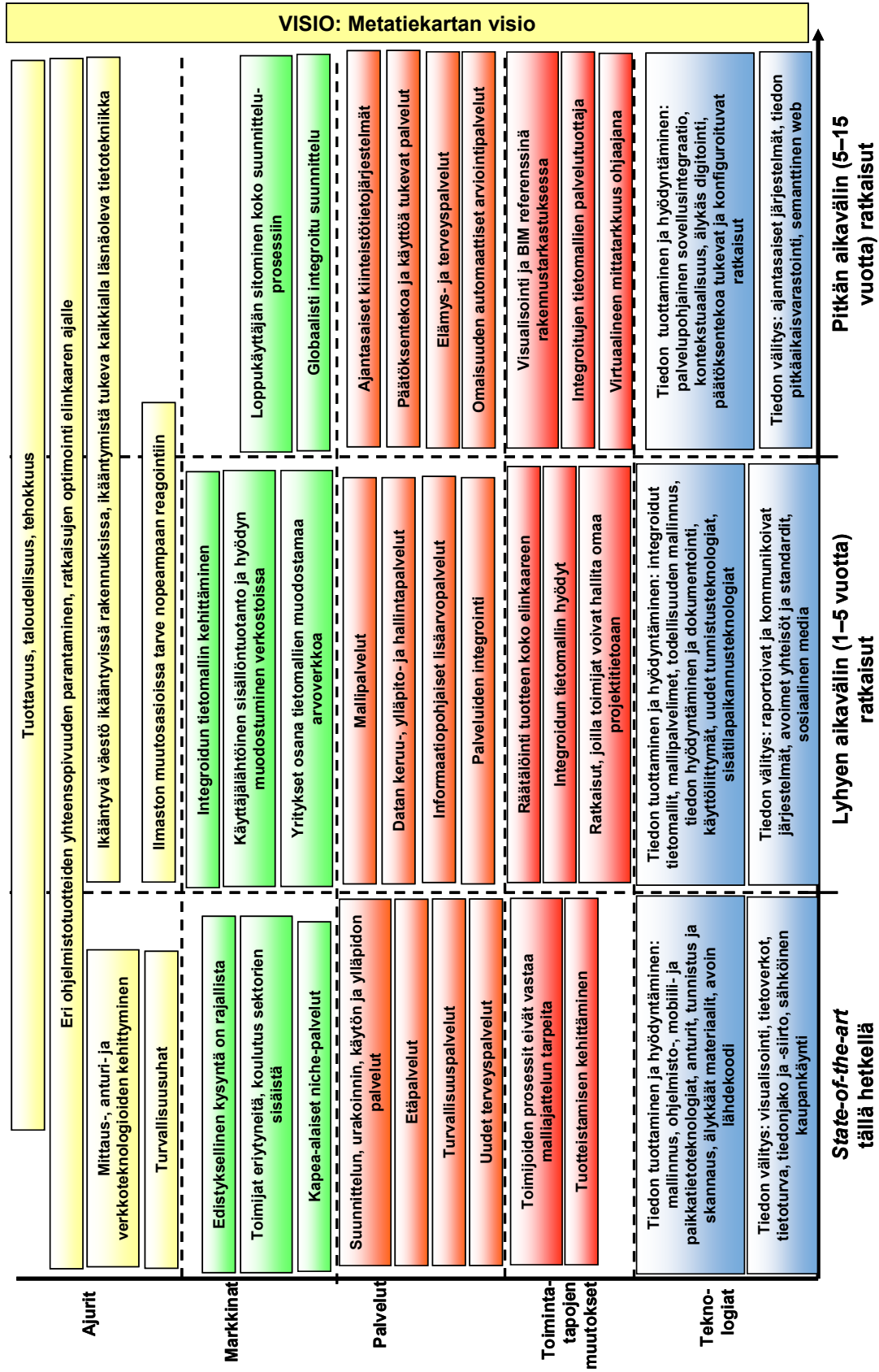
**Markkinat.** Suunnitteluun muodostuu globaalisti integroitu yhteistoimintamalli, jota jotkut toimijat jo suunnittelevat. Massaräätälöinnistä tulee yksi tuotannon keskeisistä

periaatteista. Tuotantotoiminta integroituu globaalisti siten, että laajat verkostot tuottavat rakennetun ympäristön palveluita. Loppukäyttäjä sidotaan koko suunnitteluprosessiin tarjoamalla erilaisia visualisointi-, modularisointi- ja palautteenantomekanismeja.

**Palvelut.** Pitkällä aikavälillä nousevat palvelut voi määritellä neljään kokonaisuuteen (ks. tiekartta III, luku 3.4). *Ajantasaiset kiinteistötietojärjestelmät* tarkoittavat integroitua järjestelmää, joka yhdistää mittaus-, kustannus-, käyttötarkoitus-, kulutus-, huolto-, varaosa-, kunto-, rakenne- yms. tiedot yhdeksi hallituksi kokonaisuudeksi. Ajantasainen raportointipalvelukokonaisuus voi hoitaa esimerkiksi märkätilojen analysointia samaan tapaan kuin autoa huolletaan. *Päätöksentekoa ja käyttöä tukevat palvelut* soveltavat monimuuttujaisia päätöksentekomenetelmiä. Palveluista voi tunnistaa ainakin kaksi esimerkkiä: virtuaaliympäristöt loppukäyttäjälle ja uudenlaiset käyttäjän tarpeen mukaisesti tuotteita räätälöivät toimijat. *Elämys- ja terveystietopalveluita* voidaan toteuttaa eri tavoin, esimerkkeinä erilaiset digitaaliset kulttuuri- ja taidepalvelut, virtuaaliset ja virtuaalimatkailu. *Omaisuuksien automaattiset arviointipalvelut* voivat sisältää esimerkiksi arviointia rakennuksen kunnosta suhteessa hintaan, kulutustietoja ja tietoa erilaisista luokitusjärjestelmistä. Vaikka rakennuksiin ja erityisesti koteihin suhtaudutaan tunteella ja niitä arvioidaan ensisijaisesti muilla perusteilla kuin teknisellä datalla, on niistäkin hyvä saada tietoa päätöksenteon tueksi.

**Toimintatavat.** Pitkällä aikavälillä toimintatapojen muutosten edistämiseksi nousevat prosessien hallintaan tarkoitettavat sovellukset ja työkalut. Keskeinen ratkaisu tässä suhteessa ovat visualisointia ja tietomallia hyödyntävät sovellukset, joita voitaisiin käyttää virallisesti rakennustarkastuksen referenssinä. Visuaalisuuteen perustuvien sovellusten avulla työasemalta voisi saada selkeän visuaalisen kokonaiskuvan yrityksen prosesseista ja tietyn toiminnon osuudesta ja vaiheista näissä prosesseissa. Tietomallin hyödyntäminen tuotteiden suunnittelussa, toteutuksessa ja käytössä perustuu virtuaalisen mittatarkkuuden hyödyntämiseen. Uudenlaisiin tietomalleja ja integrointia hyödyntäviin palveluihin syntyy myös uudenlaisia palvelutuottajia.

**Teknologiat.** Tiedon tuottamisen ja hyödyntämisen ratkaisut perustuvat pitkällä aikavälillä palvelupohjaiseen sovellusintegraatioon, kontekstiohjautuviin järjestelmiin, todellisuuden älykkääseen digitointiin sekä asiakaslähtöisiin, päätöksentekoa tukeviin ja konfiguroitaviin ratkaisuihin (ks. tiekartta I, luku 3.2). Tiedon välityksessä ratkaisut perustuvat ajantasaisiin järjestelmiin, tiedon pitkäaikaisvarastointiin ja semanttiseen webiin (ks. tiekartta I, luku 3.2).



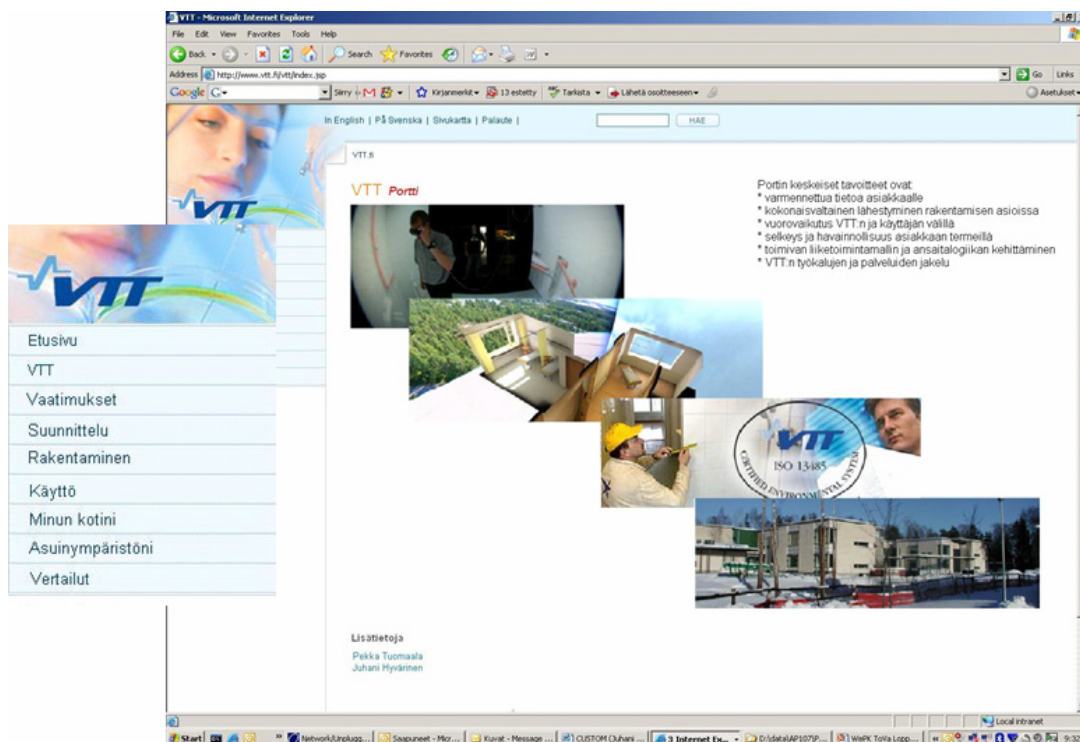
Kuva 7. Muutosmetatietokartta.

## 4. Palvelu- ja toimenpide-esimerkkejä

Tässä luvussa esitetään konkreettisia ideoita ja esimerkkejä, miten ICT:tä voitaisiin hyödyntää digitalisoituvassa rakennetussa ympäristössä.

### Case: Web-portaali palveluiden ja prosessien markkinointiin

Informatiivinen ja helppokäyttöinen portaali on tarkoitettu kuluttajien ja rakennusalan ammattilaisten tarpeisiin. Portaalin tarjoamia palveluita käytetään Internetin välityksellä (Kuva 8), ja ne ovat lähtökohdiltaan niin selkeitä, että niiden käyttö voidaan aloittaa itsepalveluna. Palvelutarjontimeen sisältyy kuitenkin myös syventäviä palveluita, joiden käyttö vaatii esimerkiksi VTT:n tarjoamaa asiantuntijatukea. Palvelutarjotin sisältää asiantuntijapalveluita kuluttajien tarpeiden tunnistamiseen ja havainnollistamiseen, vaihtoehtoisten ratkaisujen tekniseen ja taloudelliseen vertailuun sekä tilaajan ja toimitajan väliseen vuoropuheluun.



Kuva 8. Web-portaali rakentamiseen liittyvien vaihtoehtoisten ratkaisujen analysointiin ja vertailuun sekä kuluttajien ja rakennusalan ammattilaisten väliseen vuoropuheluun.

#### Kiinteistöjen omistajat ja loppukäyttäjät

- saavat puolueetonta ja selkokielellistä tietoa omaan päätöksentekoonsa
- tunnistavat potentiaalisia tavaroiden toimittajia ja palvelujen tarjoajia

- saavat konkreettisia arvioita sisäolosuhteiden, energiankulutuksen ja elinkaari-kustannusten hallintaan.

### *Palvelujen tarjoajat*

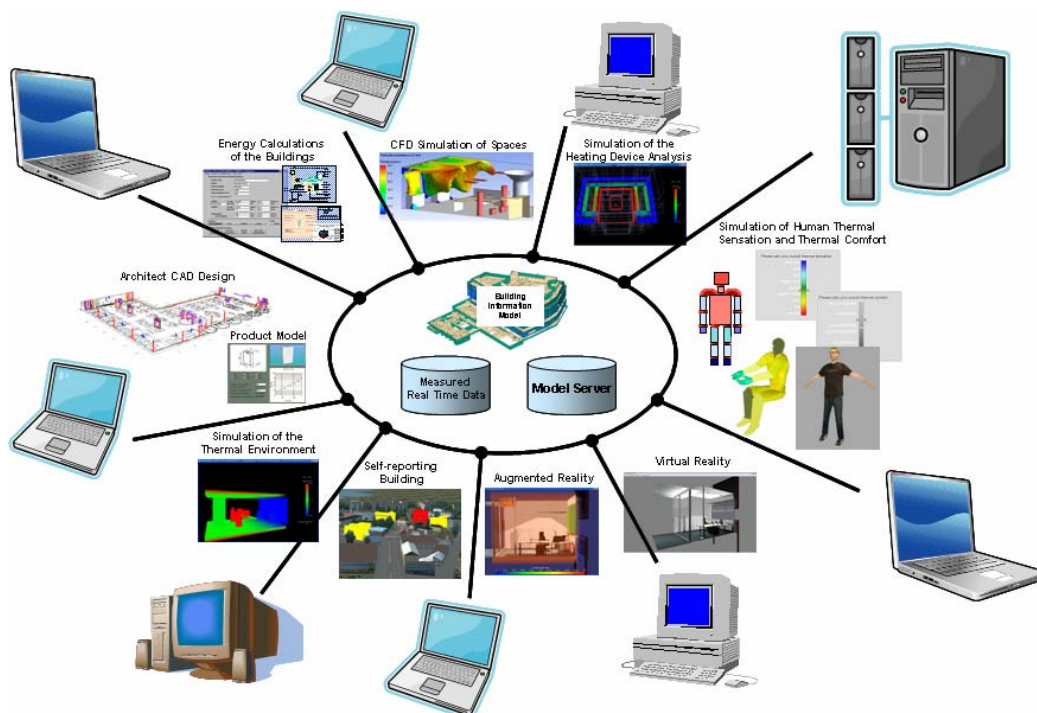
- voivat tarjota kustannustehokkaasti omia palvelujaan voimakkaasti kasvavilla verkostoituneilla toimitusmarkkinoilla
- saavat uutta puolueetonta tietoa kiinteistö- ja rakennusalan uusimmista kehitystrendeistä
- varmistavat oman mukanaolonsa verkkomarkkinoilla.

### *Materiaali- ja tavarantoimittajat*

- voivat tarjota varmennettua tietoa omista tuotteistaan suunnittelun, rakentamisen ja käytön aikaiseen päätöksentekoon
- saavat kattavaa tietoa asiakkaiden tarpeista oman toimintansa kehittämiseksi
- voivat kehittää omia verkostoituneen liiketoiminnan toimintatapojaan.

## **Case: Virtual Building Environment**

Tässä esimerkissä kuvataan joitakin rakennuksen elinkaareen liittyviä tekijöitä, jotka vaikuttavat digitaalisen tiedon ja informaation jakamiseen ja hyödyntämiseen eri sovellusten välillä ja eri toimijoiden tarpeisiin. Kuva 9 havainnollistaa tiedon jakamisen ja hyödyntämisen eri sovelluksia ja tarpeita.



*Kuva 9. Tiedon ja informaation jakaminen eri sovellusten välillä.*



Rakennuksen elinkaaren aikana muodostuu ja tarvitaan monenlaista tietoa. Oleellista on, että kaikkien sovelluksien ja osapuolien ei tarvitse tietää kaikkea. Eri sovellukset ja osapuolet tarvitsevat integroidusta tietomallista siis vain osia. Esimerkiksi rakennuksen energiankulutuksen laskennassa ei tarvita tietoa seinien väristä tai ovenkahvojen muodoista. Näin ollen eri sovellukset ja osapuolet tarvitsevat vain näkymiä tietokantaan eivätkä suoranaisesti integroitua tietoa.

Vastaavasti erilaiset laskentasovellukset tarvitsevat rakennuksen geometriasta yksinkertaistettua tietoa, mitä varten tarvittaisiin työkaluja geometriatietojen yksinkertaistamiseen.

Rakennusprojekti on organisaatioiden välinen yhteistyöhanke. Organisaation sisälle tarvitaan tarkastusportit hallitsemaan versiointia, validoimaan päivityksiä ja varmistamaan toteutusratkaisujen oikeudellisuus. Kyseessä olisi ns. ”Building Secure” -toiminta.

Rakennuksen ylläpito tarvitsee suunnitelmista oman näkymänsä. Huoltopalveluista tulisi olla takaisinkytkentä saman huoltoyhtiön muihin kohteisiin. Jos esimerkiksi jossakin kohteessa lamppujen vaihtoväli on poikkeava, pitäisi huoltoyhtiön miettiä, löytyykö siihen jokin poistettavissa oleva selitys. Huoltopalveluissa on myös oleellista, että huolto liikkeen vaihtuessa historia- yms. tiedot siirtyvät uudelle yritykselle.

*Palvelu:* Edellä kuvattua tiedon hallintaa, muokkausta ja kokoamista eri sovelluksien, käyttäjien ja toimijoiden tarpeisiin voisi hoitaa esimerkiksi virtuaalinen yritys. Kyseessä olisi palveluyritys, jonka toimialana olisi *digitaalisen datan hallinta rakennuksen elinkaaren yli*.

## 5. Johtopäätökset

### 5.1 Yhteenveto tiekartoista

Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymien yleisen vision voi tiivistää seuraavasti:

Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön teknologinen perustanoojaa tiedon oikea-aikaiseen jakamiseen ja hyödyntämiseen. Liiketoiminta tapahtuu verkostoissa. Tämä edellyttää yhteensopivia prosesseja ja toimintatapoja, joissa pystytään hyödyntämään yhteiskäyttöistä digitaalista tietoa, kuten esimerkiksi tietomalleja ja reaaliaikaista tietoa. Nämä tyydyttävät käyttäjän tai asiakkaan muuntuvat tarpeet sekä mahdollistavat hyvän käytettävyyden ja ajantasaiset palvelut.

Tällä hetkellä rakennetun ympäristön informaatioteknologian state-of-the-art-ratkaisut ovat pääasiassa erillispalveluja. Edistyksellinen kysyntä on vielä rajallista, ja rakennetun ympäristön informaatioteknologian tuottajat ja hyödyntäjät ovat eriytyneet kapeisiin lokeroihin. Edistyksellisen kysynnän rajallisuus ja koulutuksen sisällöt ovat johtaneet tilanteeseen, jossa palvelujen tuottajat tarjoavat kapea-alaisia niche-palveluita rajattuihin tarpeisiin. Nykyhetken state-of-the-art-palvelukokonaisuuksia on neljä: 1) suunnittelun, urakoinnin, käytön ja ylläpidon palvelut, 2) etäpalvelut, 3) turvallisuuspalvelut ja 4) uudet terveystalvet. Nykyhetkellä toimijoiden prosessit eivät vielä vastaa rakennetun ympäristön informaatioteknologiassa sovellettavan tietomalliajattelun tarpeita. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa tietomalleja ei voida täysimittaisesti hyödyntää toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Toinen toimintatapojen muutoskohta on tuotteistamisen kehittäminen sekä teknologisissa ratkaisuissa että niitä yhdistävissä palveluissa.

Lyhyellä aikavälillä (1–5 vuotta) rakennetun ympäristön tieto- ja informaatioteknologian kehityskulut johtavat kohti integroidun tietomallin hyödyntämistä. Integroituun tietomalliin pohjautuvat konseptit mahdollistavat tuotteiden ja palvelujen yhdistämisen uusin tavoin. Tietomallien soveltaminen vaatii kuitenkin sitä, että integroitujen tietomallien hyödyt ymmärretään ja avataan eri toimijoiden näkökulmista. Tuotteet ja palvelut käyttävät hyväkseen käyttäjälähtöistä sisällöntuotantoa. Rakennetun ympäristön palveluja tuotetaan moninaisin verkostomaisiin toimintatavoin. Lyhyellä aikavälillä oleellisiksi nousevat erityisesti seuraavat neljä palvelukokonaisuutta: 1) mallipalvelut, 2) datan keruu-, ylläpito- ja hallintapalvelut, 3) informaatiopohjaiset lisäarvopalvelut sekä 4) palveluiden integrointi. Rakennetun ympäristön informaatioteknologian soveltaminen painottaa koko tuotteen elinkaaren arvoa ja siihen kohdistuvia palvelukokonaisuuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että palvelukonseptit korostavat yhä enemmän pitkän aikavälin näkökulmia ja myös näiden pitkän aikavälin vaihtoehtojen sovittamista asiakkaan tarpeiden mukaan.

Pitkällä aikavälillä (5–15 vuotta) suunnitteluun ja tuotantoon alkaa muodostua globaalisti integroituja toimintamalleja siten, että laajat verkostot tuottavat rakennetun ympäristön palveluita. Loppukäyttäjää palvelee koko suunnittelu- ja rakentamisprosessissa tarjoamalla erilaisia visualisointi-, modularisointi- ja palautteenantomekanismeja. Pitkällä aikavälillä nousevat erityisesti seuraavat palvelukokonaisuudet: ajantasaiset kiinteistötietojärjestelmät, päätöksentekoa ja käyttöä tukevat palvelut, elämys- ja terveyspalvelut sekä omaisuuden automaattiset arviointipalvelut. Pitkällä aikavälillä toimintatapojen muutosten edistämiseksi keskeiseksi nousevat prosessien hallintaan tarkoitetut sovellukset ja työkalut. Keskeinen ratkaisu tässä suhteessa ovat visualisointia ja tietomalleja hyödyntävät sovellukset, joita voitaisiin käyttää virallisesti rakennustarkastuksen referenssinä. Uudenlaisiin tietomalleja ja integrointia hyödyntäviin palveluihin syntyyneen myös uudenlaisia palvelutuottajia.

## 5.2 Tulevaisuuden haasteita

Tähän lukuun on koottu työpajassa esille tulleita ajatuksia, joihin olisi syytä keskittää resursseja digitalisoituvan rakennetun ympäristön alueella.

Oleellista on saada *rakennettu ympäristö paremmin haltuun mm. digitalisoinnin keinoin*. Tähän liittyen on otettava huomioon digitaalisen tiedon ja rakennuksen tai kiinteistön hyvin erilaiset elinkaaret. On määriteltävä, miten tietoon päästään käsiksi sekä miten yhdistetään suunnittelu- ja reaaliaikainen tieto ja niihin liittyvät mallit. Miten hoidetaan versionhallinta ja päivitykset? Samoin on ratkaistava, ketkä näkevät rakennuksen tai kiinteistön tiedot ja ketkä niitä voivat käyttää.

Tarvitaan *simulointi- ja visualisointiohjelmia*, joihin kaikki toimijat voivat tuoda tietoa ja joihin kaikki voivat ottaa kantaa. Toteutusratkaisuina voisivat tulla kyseeseen esimerkiksi kollaboratiiviset (web-pohjaiset) työkalut, jotka mahdollistavat asiakkaan osallistumisen suunnitteluprosessiin. Näkökulman pitää olla laajempi kuin pelkkä rakennus ja toimintaympäristö. Simulointi- ja visualisointiympäristöjen pitäisi siirtyä ”design for maintenance” -ajattelusta kohti ”design for information maintenance” -ajattelua. Tällöin myös informaatorakenteita tulisi säilyttää ja tallentaa.

Myös rakennuksen *käyttötavan muutokseen ja elinkaaren loppupäähän* tarvitaan *uusia ratkaisuja*. Nämä ratkaisut mobilisoivat käyttäjiä tuomaan esiin informaatiota rakennuksen ja sen järjestelmien käytöstä ja havaitsemistaan epäkohdista. Tällöin *loppukäyttäjällä* olisi *näkymä taloon* ja hän voisi vaivattomasti äänestää ja antaa palautetta. Tärkeätä on myös tiedostaa *loppukäyttäjän ja asiakkaan todelliset tarpeet*. Lopullinen maksaja saattaa jäädä sivuraiteelle, jos insinöörit kehittävät toisilleen laitteita. Oleellista siis on, mitä tietoja loppuasiakas tarvitsee oman tietämyksensä lisäämiseksi. On kehitettävä toimintatapa,

jossa eri osapuolet saisivat itsensä kannalta oleellista tietoa. Rakennusten *purkuun ja materiaalien kierrätykseen* voidaan hyödyntää myös *tietotekniikkaa*. Voidaan esimerkiksi kehittää malli siitä, miten rakennus puretaan ja miten kierrätettävyys otetaan purkamisessa huomioon.

*Rakennusalan teollistaminen* on välttämättömyys. Tarvitaan teollisesti esivalmistettuja tuotteita ja ratkaisuja ja niitä tukevia prosesseja. Käytössä tulisi olla template-ratkaisuja, joista yksilöllinen talo tai osaratkaisu konfiguroidaan. Teollistamisen tueksi tarvitaan *tietomalleihin perustuvia työkaluja*, joilla prosesseja voidaan suunnitella esimerkiksi kentällä ja joiden avulla suunnittelun toteutumista voidaan valvoa kentällä. Lisäksi tarvitaan *tiedon arkkitehtuurin pohdinta ja tietomallipohjaisen rakennushankkeen johtamistavan kehittämistä*. Esimerkiksi suunnittelijoiden väliset roolit on selvitettävä.

*Koulutus* on mietittävä uudelleen. ”Nyt olen valmis” -ajattelutapa pitäisi saada muuttumaan *jatkuvan oppimisen prosessiksi*. Voitaisiin perustaa esimerkiksi ”*Building Informatics*” -koulutusohjelma, jossa keskeistä olisi siirtymä 2D-maailmasta 3D-maailmaan. Samoin voitaisiin kehittää *koulutuspaketteja*, joissa kentälle tarjottaisiin laaja-alaista koulutusta. Käytössä voisi olla esimerkiksi demonstrointihuone tai -ympäristö, jossa yritykset voisivat demonstroida sovelluksiaan tai kouluttaa mahdollisia käyttäjiä. Demonstrointitilaan tulisi saada tiedon kasautumisen mekanismi, jota voi käyttää soveltavasti ja jonka tulisi mahdollistaa loppukäyttäjän kommentointi.

### 5.3 Keskeiset kehityslinjat

Julkaisun lopuksi esitetään seuraavat viisi asiakokonaisuutta, joita tiekarttaprosessin perusteella voidaan pitää ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön tulevaisuuden suurina kehityslinjoina:

1. Digitaalisen tiedon määrä ja hyödynnettävyys rakennetussa ympäristössä kasvaa. Potentiaalin hyödyntämisen edellytyksenä on, että kehitetään työkalut ja toimintatavat tiedon hallintaan, analysointiin ja tehokkaaseen käyttöön päätöksenteon tukena.
2. Tietomallien, laskentamenetelmien ja tietotekniikan suorituskyvyn kehittyminen mahdollistaa tuotteen monipuolistuvan virtuaalisen testaamisen. Tekniset ominaisuudet ja tuotteen käytettävyys voidaan testata ennen valmistusta ja todentaa käytön aikana. Tällöin tuotteen koekäytössä voivat olla mukana eri osapuolet, mm. loppukäyttäjät.

3. Digitaalinen ja fyysinen maailma liittyvät toisiinsa tuotteen koko elinkaaren aikana. Tuotteeseen liittyvistä tiedoista ja niiden käsittelytekniikoista tulee osa tuotetta; tuotetieto, mittaus, ohjaus, säätö, simulointi ja käyttöhistoria liittyvät tuotteisiin. Tämä vaikuttaa sekä tietotekniikan että tuotteiden kehittämiseen.
4. Palvelupohjainen ohjelmistointegraatio, tilanteen mukaan ohjautuvat järjestelmät, sosiaalinen media ja paikannusteknologiat mahdollistavat automaattisesti käyttäjien tarpeisiin räätälöityvät rakennetun ympäristön palvelut.
5. Olemassa olevan rakennuskannan tietomallintaminen on iso haaste. Se edellyttää menetelmien ja teknologioiden kehittämistä. Pelkästään uudisrakentamisen kautta eteneminen kestää noin 50–100 vuotta.

## Lähdeluettelo

Emerging Industries. 2001. Technology Planning for Business Competitiveness. A Guide to Developing Technology Roadmaps. 19 s. ISBN 0-642-72151-3.

Karstila, K. 2007. Rakennusten tuotemallintamisen sanasto. ProIT, lisätietoja (tarkistettu 3.12.2007): <http://cic.vtt.fi/buildingsmart/>.

Kiviniemi, A. 2007. ICT-barometri – ICT:n käyttö Suomen rakennusallalla. Espoo: VTT. 28 s. (VTT:n tutkimusraportti 17.2.2007).

Kiviniemi, A. Tarandi, V., Karlshøj, J., Bell, H. & Karud, O. J. 2008. Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM. 126 s. (Erabuild, tarkistettu 20.2.2008): <http://www.erabuild.net/>.

Paiho, S., Ahlqvist, T., Lehtinen, E., Laarni, J., Sipilä, K., Ala-Siuru, P. & Parkkila, T. 2007. Talotekniikan kehityslinjat. Teknologiat ja markkinat. Espoo: VTT. 55 s. + liitt. 60 s. (VTT Tiedotteita 2379). ISBN 978-951-38-6910-6.  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2379.pdf>

Phaal, R., Farrukh, Cl. J. P. & Probert, D. R. 2004. Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. Technology Forecasting & Social Change 71, s. 5–26.

ProIT-hanke, web-sivut. 2006. Lisätietoja ProIT-hankkeesta osoitteesta (tarkistettu 2.11.2007): <http://virtual.vtt.fi/proit/>.

Samuelson, O. 2007. The IT-barometer – A Decade's Development of IT use in the Swedish Construction Sector. 24th W78 Conference Maribor 2007 & 5th ITCEDU Workshop & 14th EG-ICE Workshop. 26.–29.6.2007. Paper w78\_2007\_65, s. 247–253.

Tekes. 2008. Sara – Suuntana arvoverkottunut rakentaminen 2003–2007. Loppuraportti. Helsinki: Tekes. 45 s. (Teknologiaohjelmaraportti 1/2008). ISBN 978-952-457-392-4.

# Liite A: Työskentelyprosessi

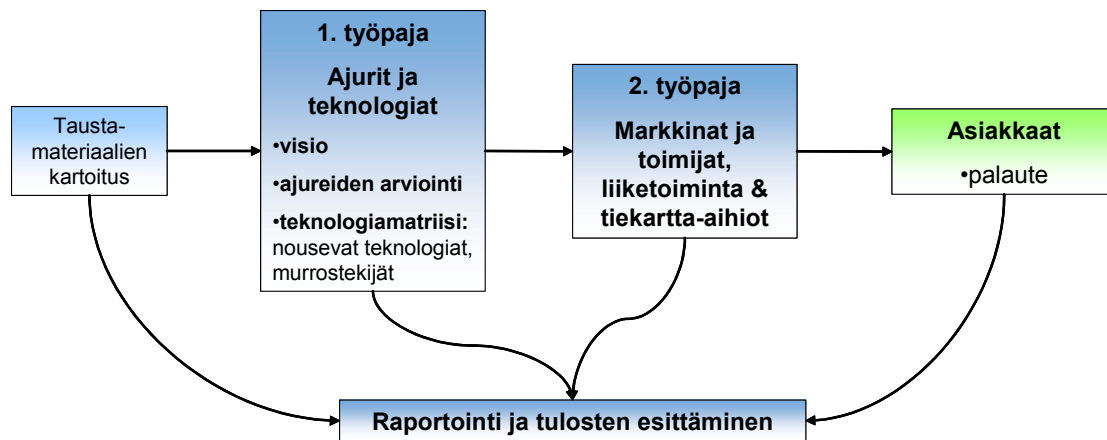
## DigiBuild-tiekartan tavoitteet

”DigiBuild (Open Integrated Digital Built Environment) Roadmap” -projektin tavoitteena oli tehdä VTT-tasoisien näkemyksen sisältävä ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön teknologia- ja markkinatiekartta.

Tiekartan laatimiseen liittyivät tiedonkeruuvaihe ja teknologianäkymien tunnistaminen, joka tehtiin työpajamenettelyin. Tiekartta tehtiin VTT-formaatilla.

## Tiekarttojen rakentaminen – työpajatyöskentely

”DigiBuild Roadmap” -hanke tehtiin kolmessa vaiheessa (kuva A1). Ensimmäinen vaihe oli taustamateriaalien kartoitus, jossa hankkeen ydintiimi teki laajan kartoituksen aihepiirin tiekartta- ja ennakkointihankkeista (liite B). Tämän lisäksi käytiin läpi yleisimpiä laaja-alaisia ennakkointihankkeita. Kartoituksen perusteella tunnistettiin tiekarttatyöskentelyyn vaikuttavat olennaiset tulevaisuuden muutostekijät ja muodostettiin alustava yhteiskunnallisia ajureita koskeva listaus.



Kuva A1. Tiekarttahankeen rakenne.

### Ensimmäinen työpaja: ajurit ja teknologiat

Varsinainen tiekarttatyöskentely lähti liikkeelle oheisen ennakkoon määritellyn vision analysoinnista ja arvioinnista.

**VISIO:** Companies in the real estate and construction industries shall be able to share and/or exchange electronically the information needed to design, build, operate and maintain buildings – and built environment in general – using internationally accepted standards.

Visiosta esitettiin mm. seuraavanlaisia kommentteja:

- Visioon pitäisi lisätä
  - customers and public authorities
  - stakeholders.
- Vision pitäisi kattaa myös infrastruktuuri, joten sen pitäisi näkyä sanana visiossa.
- PLM-näkökulma olisi saatava osaksi visiota. Tietojen kopioitumisen ja yhteensopivuuden tarve tulisi kenties ottaa huomioon, koska järjestelmien välillä joutuu vieläkin tekemään työlästä ”käsikopiointia” tiedonsiirrossa.
- Miten virtuaalinen organisaatio näkyy visiossa? Esim. 20 vuotta sitten puhuttiin ”pehmeistä rakennuksista” ja ”pehmeästä kaavasta”, jotka olisivat yhteensopivia, helposti muokattavia ja muovautuvia. Mutta ne eivät ole vielä todellisuutta.
- Digitaalisuus on mahdollisuus yrityksille organisoitua ja toteuttaa prosesseja uudella tavalla. Tässä on uusi liiketoimintaulottuvuus.
- ”Life cycle engineering” voisi näkyä visiossa.
- Voi olla, että kaikki firmat eivät oikeasti halua ”open integrated environment”-visiota, koska ne haluavat hallita markkinoita.
- Visiossa voisi määritellä sen joukon, jolle visio kuuluu, ja mitä kukin tekee. Näin vision piiriin ei tule ”lukkoja”.

Ensimmäisen työpajan toisessa vaiheessa tehtiin yhteiskunnallisten ajurien arviointi. Ajurien arviointi perustui ydintiimin taustakartoituksen tuloksena työstämään ajuriliistaan, joka oli tehty tausta-aineistossa esiintyneiden ajurien pohjalta (liite B). Samalla ajurit priorisoitiin digitalisoituvan rakennetun ympäristön tulevaisuuden näkökulmasta, jotta saatiin muodostettua kuva yleisistä muutoksista. Priorisoinnin yhteydessä keskeisiä ajureita syvennettiin kuvailemalla ajureiden aiheuttamia oleellisia tulevaisuuden haasteita aihealueen kannalta.

Ensimmäisen työpajan kolmannessa vaiheessa paikannettiin digitaalisen rakennetun ympäristön tulevaisuuden kannalta keskeisiä teknologioita ja teknologiseen kehitykseen vaikuttavia tekijöitä teknologiamatriisin avulla. Työn perustaksi ydintiimi rakensi generisen tavan jäsentää ICT:tä hyödyntävää rakennettua ympäristöä. Tämä tarkoitti sitä, että aihe jaettiin seuraaviin kolmeen osaan:

1. Digitaaliset ratkaisut
2. Toimintatavat ja prosessit
3. Palvelut.



Aiheita tarkasteltiin suhteessa kolmeen määriteltyyn teknologian kypsyysvaiheeseen. Ensimmäinen työpajatyöskentelyssä sovellettu kypsyysvaihe olivat nykyhetken state-of-the-art-sovellukset. Niiden määriteltiin tarkemmin tarkoittavan tämän hetken kärkisovelluksia, jotka ovat jo käytössä johtavilla toimijoilla ja yrityksillä. Toinen teknologian kypsyysvaiheen määrittely olivat nousevat teknologiat. Nousevilla teknologioilla viitattiin lähitulevaisuudessa (1–5 vuotta) käyttöönotettaviin teknologioihin, jotka voivat korvata state-of-the-art-teknologioita tai viedä toimintaa uusiin suuntiin. Kolmas teknologian kypsyysvaiheeseen viittaava määrittely olivat T&K-vaiheessa olevat teknologiat. Ne määriteltiin seuraavasti: teknologiat, jotka ovat tällä hetkellä tutkimus- tai tuotekehitysvaiheessa, mutta joiden vaikutuksia ei pystytä vielä kunnolla ennakoimaan ja joiden potentiaalinen käyttöönotto tapahtuu keskipitkällä tai pitkällä aikavälillä (5–15 vuotta).

### **Toinen työpaja: tiekartta-aihiot**

Ensimmäisen työpajan tulosten perusteella koottiin tiekartta-aihiot, joita työstettiin toisessa työpajassa. Aihiota oli kolme, ja ne vastasivat ensimmäisen työpajan jaottelua: 1) Digitaaliset ratkaisut, 2) Toimintatavat ja prosessit ja 3) Palvelut. Tavoitteena oli terävöittää tiekartta-aihioiden elementtejä ja tarkentaa kytkentöjä eri elementtien välillä. Tarkoituksena oli työstää tiekartta-aihiota mahdollisimman pitkälle kohti lopullisia tiekarttoja.

Jokaisesta tiekartta-aihiosta mietittiin tai tarkennettiin siihen liittyvää visiota. Koska tiekartta-aihiot olivat muuten rakenteeltaan hieman erilaisia, niille esitettiin myös erilaisia tarkentavia kysymyksiä.

”Digitaaliset ratkaisut” -tiekartta-aihiota pohdittiin seuraavista näkökulmista:

- Mitkä ovat esitettyjen digitaalisten teknologioiden suhteet tulevaisuuden mahdollisiin palvelukonsepteihin? Minkälaisia teknologioita tulee kehittää, jotta tietty palvelu mahdollistuu?
- Mitkä ovat teknologioiden väliset vahvat linkit ja keskeiset kytkennät?
- Mitkä ovat digitaalisten ratkaisujen sovelluskelpoisimmat kehityssuunnat?
- Mitkä ovat digitaalisten ratkaisujen mahdolliset murrostekijät?

”Toimintatavat ja prosessit” -tiekartta-aihiossa ryhmätyö painottui erityisesti toimintatapojen muutosprosessiin ja mahdolliseen toimijakentän verkostoitumiseen tai uusiin toimijoihin. Tiekartta-aihiota pohdittiin seuraavista näkökulmista:

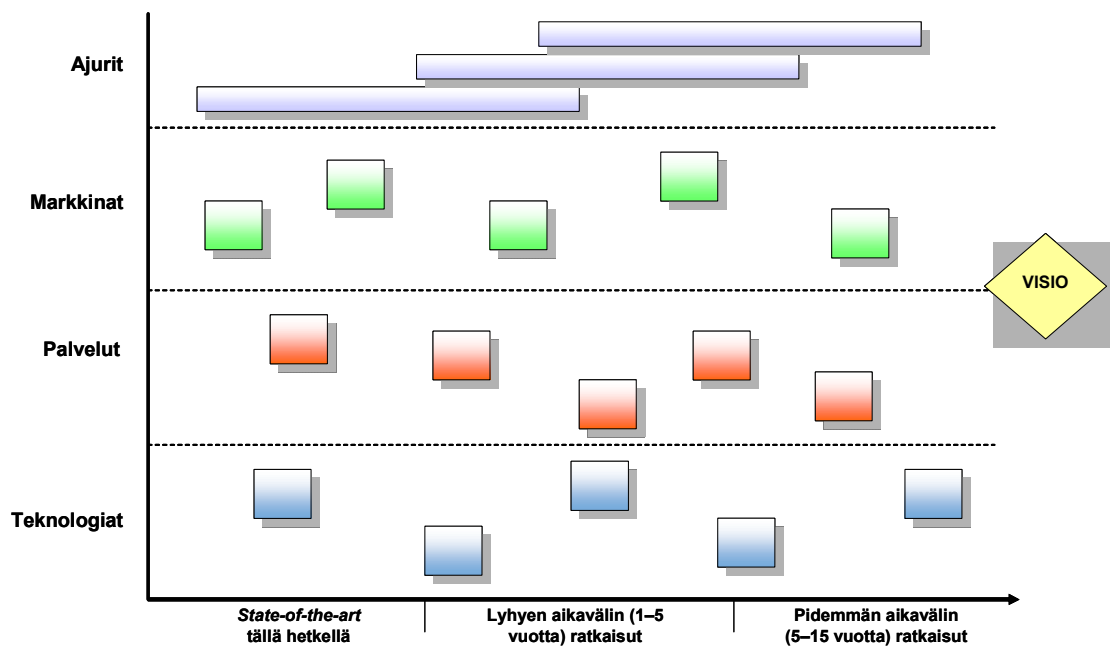
- Mitkä ovat oleellimmat toimintatapojen ja prosessien muutokset, joita digitaalisten ratkaisujen soveltamisesta seuraa?

- Kuinka pitkälle teknologia ohjaa prosessia?
- Mitä uusia liiketoimintamahdollisuuksia tai palveluliiketoimintaa toimintatapojen muutos saa aikaan?

”Palvelut”-tiekartta-aihion ryhmätyö keskittyi vision määrittelyyn ja liiketoimintanäkö-  
kulmien terävöittämiseen. Tiekartta-aihiota pohdittiin seuraavista näkökulmista:

- Millä palveluilla ja toiminnoilla voisi olla liiketoimintamahdollisuuksia? Mihin tarkoitukseen?
- Mitkä toimijat tai verkostot ovat palvelujen potentiaalisia hyödyntäjiä?
- Minkälaisia uusia toimijoita tai palveluntuottajia saattaa syntyä? Nykytilanteessa on markkinatyhjiöitä, jotka antavat uusille toimijoille ja toimintatavoille tilaa, esimerkiksi tiedon hallinta tai mallintaminen

Tiekartta-aihioihin tehtyjen päivitysten perusteella muodostettiin lopulliset tiekartat ja osatiekartat kokoava metatiekartta, jonka rakenne noudatteli kuvassa A2 esitettävää yleistä rakennetta.



Kuva A2. Metatiekartan yleinen rakenne.

Toisen työpajan lopussa käytiin vapaamuotoinen keskustelu ICT:tä hyödyntävän rakennetun ympäristön tulevaisuuden haasteista. Jokainen työpajaan osallistuja sai kertoa, mihin pistäisi 10 tai 100 miljoonaa euroa DigiBuild-teeman alueilla, jos saisi vapaasti valita tärkeimmät kehityskohteet.

## Liite B: Referointi taustamateriaalista

Hankkeen toteutuksessa hyödynnettiin runsaasti taustamateriaalia. Materiaali jaettiin kahteen osaan: muutostekijöihin ja tiekarttoihin. Taulukko B1 listaa jatkossa esitellyn selvitetyn aineiston otsikkotasolla.

*Taulukko B1. Taustamateriaalin jaottelu.*

<b>Muutostekijät</b>	<b>Tiekartat</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• FinnSight 2015</li><li>• NeoClusters</li><li>• Rakesa</li><li>• Roadcon</li><li>• Visio 2010</li><li>• VTT:ssä järjestetty asiantuntija-työpaja</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coconet</li><li>• EXERGAME</li><li>• Fiotech</li><li>• MOSAIC</li><li>• Moses</li><li>• PATH (2 kpl)</li><li>• PeBBu</li><li>• Rakesa</li><li>• Roadcon</li><li>• Strat-CON</li><li>• Talotekniikan tiekartta</li><li>• TUPAROAD</li><li>• Vomap</li></ul>

### Muutostekijät

Suomen Akatemia ja Tekes käynnistivät vuoden 2005 alussa **FinnSight 2015 -ennakointihankkeen** (FinnSight 2006). Hankkeen tavoitteena oli luoda tieteen, teknologian, yhteiskunnan ja elinkeinoelämän tulevaisuuden osaamistarpeita. Ennakointi tehtiin kymmenessä paneelissa, joissa kussakin tutkimuksen ja teollisuuden asiantuntijat toivat monialaista ja laajaa näkemystä teeman pohdintaan. Yhteensä paneelien työskentelyyn osallistui 120 huippuasiantuntijaa, ja heidän verkostonsa mukaan lukien ennakoinnin käyttöön on saatu satojen asiantuntijoiden näkemyksiä. Taulukossa B2 ovat FinnSight 2015 -ennakoinnissa esitetyt yleiset muutostekijät sekä todennäköisimmiksi ja merkittävimmiksi arvioidut tieto- ja viestintäsektorin muutostekijät.

*Taulukko B2. FinnSight 2015 -tulevaisuusraportissa esitetyt yleiset muutostekijät sekä tieto- ja viestintäsektorin muutostekijät.*

Yleiset muutostekijät	Tieto- ja viestintäsektorin muutostekijät
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Globalisaatio</li> <li>• Väestömuutokset</li> <li>• Tiede ja teknologia muutosvoimana</li> <li>• Kestävä kehitys</li> <li>• Osaamisen muutokset</li> <li>• Työn muutokset ja ihmisen henkiset voimavarat</li> <li>• Kulttuuriympäristön muutos</li> <li>• Hallinta ja turvallisuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Globalisaatio, tavallistuminen, mukavoituminen</li> <li>• Viestinten tekninen konvergenssi</li> <li>• Viihde- ja elämysteollisuuden kasvu</li> <li>• Verkkopohjainen yhteiskunta</li> <li>• Suomalainen osaaminen ja oppiminen</li> <li>• Venäjän mahdollisuus</li> <li>• Laskentatehon ja kapasiteetin kasvu</li> <li>• Ohjelmistojen kompleksisuuden kasvu</li> <li>• Tiedon ja viestinnän kaikkiallistuminen</li> <li>• Ihmisten ja koneiden vuorovaikutus</li> <li>• Tietotekniikka ja biotekniikka</li> </ul>

**NeoClusters**-hankkeessa analysoitiin kiinteistöliiketoiminnan trendejä sekä kiinteistöjen ja teknologiabisneksen klusteroimisen uusia mahdollisuuksia (Kanerva & Paloheimo 2005). 1-vaiheessa keskityttiin kotimaisiin kiinteistö- ja ICT-markkinoihin ja 2-vaiheessa tehtiin vertailuanalyysi Yhdysvaltojen markkinoiden nykytrendeihin ja selvitettiin Aasian trendejä ja parhaita käytäntöjä sekä esitettiin T&K-ideoita. Keskeisiksi trendeiksi arvioitiin

- globalisoituminen, Aasian roolin kasvu
- vanhojen teollisuusmaiden uudet strategiat: asiakasorientoituminen, palveluliiketoiminta, verkostoituminen & uudet ja langattomat ICT-sovellukset.

**Rakesa**-esiselvityksessä tunnistettiin rakentamisen toimialan sellaiset keskeiset muutostekijät, päämäärät ja tavoitteet, jotka ohjaavat toimialan ja erityisesti rakennusvalvonnan toiminnan digitalisointia (Sutelainen et al. 2007). Taulukkoon B3 on koottu Rakesa-selvityksessä mainitut keskeiset muutostekijät rakentamisen toimialalla ja kuntien rakennusvalvonnan näkökulmasta.

*Taulukko B3. Rakesa-esiselvityksessä mainitut keskeiset muutostekijät rakentamisen toimialalla ja kuntien rakennusvalvonnan näkökulmasta.*

Keskeiset muutostekijät rakentamisen toimialalla	Keskeiset muutostekijät kuntien rakennusvalvonnan näkökulmasta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lakisääteinen (PARAS-lainsäädäntö) vaatimus kuntien yhteistyön lisäämiseksi</li> <li>• lakisääteinen velvoite käyttää pätevää ja riittävää asiantuntemusta laajenee</li> <li>• tietoyhteiskuntakehitys</li> <li>• yhteiskunnan ikärakenteen muutos</li> <li>• rakennuskohteiden muuttuminen entistä vaativammiksi</li> <li>• normien muuttuminen</li> <li>• korjausrakentamisen osuuden kasvaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tiukentuva kuntatalous</li> <li>• kuntarakenteen muutos</li> <li>• eri viranomaisten valvontatehtävien lisääntyminen</li> <li>• arkistodokumenttien vuosikartunnan merkittävä kasvu</li> <li>• arkistoainesten vaihtelu kunnissa</li> <li>• asiakkaiden kasvavat odotukset ja valmiudet</li> <li>• asiakkaiden uudet palvelutarpeet</li> <li>• kolmannen osapuolen roolin kasvaminen</li> </ul>

**Roadcon**-hankkeessa todettiin, että ICT on välttämätön rakennussektorilla hallitsemaan monivaiheista ja sirpaloitunutta projektin läpivientiä suunnittelussa ja toteutuksessa sekä ottamaan huomioon kehittyviä ympäristön ja tekniikan vaatimuksia (Hannus et al. 2003). ICT mahdollistaa tulevaisuudessa interaktiivisen suunnittelun ja toteutusten demonstroimisen. Se

- edistää automaatiota, eri osien integrointia ja kommunikointia eri osapuolten kesken sekä resurssien hallintaa
- mahdollistaa toiminnallisen demonstroinnin toteuttajien ja käyttäjän kesken
- lisää rakennusten ympäristötarkastelujen mahdollisuutta, taloudellista tuottoa ja elämän laatua
- mahdollistaa rakennuksen elinkaaritarkastelut.

**Visio 2010.** Kiinteistö- ja rakennusalan keskeiset järjestöt ja yritykset päättivät syksyllä 2000 aloittaa työn yhteisten, vuoteen 2010 ulottuvien kehitystrendien tunnistamiseksi. Samalla päätettiin luoda näihin trendeihin perustuva, koko klusterille yhteinen visio 2010. Työssä laadittu ensimmäinen raportti (Kiinteistö- ja rakennusklusterin visio 2010, 2001) esittelee kiinteistö- ja rakennusklusterin visio 2010:n sekä ne globaalit trendit, joihin visio perustuu.

Laajan haastattelukierroksen ja asiantuntijaryhmien työn tuloksena visioiden pohjaksi hahmotettiin projektissa viisi merkittävää yleismaailmallista trendiä, joiden nähtiin kaikkein eniten muuttavan alan tulevaisuutta. Trendit ovat seuraavat:

- Asiakassuhteista kasvaa kumppanuuksia.
- Teknologia uudistaa toimintaympäristön.
- Omistukset ja tukitoiminnat ovat muuttumassa.
- Ympäristöarvot korostuvat.
- Sijoitukset ja liiketoiminnat kansainvälistyvät.

Visioryhmän neljännessä raportissa (Kiinteistö- ja rakennusklusterin visio 2010, 2005) tehtiin vision strategiapäivitys osaamisen ja tiedonhallinnan näkökulmasta. Seuraavien muutostrendien todetaan nopeutuneen tai vahvistuneen yhteisten visioiden asettamisen jälkeen vuosina 2001–2005:

- Kansainvälistyminen kiihtyy ja syvenee.
- Palvelut lisääntyvät ja verkottuvat.
- Tiedonhallinnasta tulee yhä tärkeämpi menestystekijä.
- Energia- ja ekotehokkuuden merkitys korostuu.

Taulukkoon B4 on tiivistetty **VTT:ssä järjestetyssä asiantuntijatyöpajassa** esille tulleita rakennusalan toimintaympäristön muutoksia 5–10 vuoden tähtäimellä (Kohvakka et al. 2005).

*Taulukko B4. Talotekniikka- ja kiinteistösektorin muutoksia 5–10 vuoden tähtäimellä (Kohvakka et al. 2005).*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hintakilpailu</li> <li>• Kasvatavat aikapaineet</li> <li>• Energian ja ympäristön säästäminen korostuu</li> <li>• Huolettomuus</li> <li>• Turvallisuuden tarve</li> <li>• Sään ääritiloihin varautuminen</li> <li>• Eri asiakassektoreiden eriytyvät tarpeet</li> <li>• Kilpailu asiakasrajapinnan hallinnasta</li> <li>• Markkinoiden kiihtyvä muutos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lainsäädäntö/standardit muuttuvat nopeasti</li> <li>• Globalisaatio</li> <li>• Tytäryhtiötalous</li> <li>• Kiinteistöalan liiketoiminnallistuminen</li> <li>• Verkottuneet toimintatavat ja kumppanuusmallit</li> <li>• Elinkaarimallit</li> <li>• Kuntasektorin toimintatavat muutoksessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietotekniikan kehitys mahdollistaa suunnittelun ja toteutuksen aikavälin lyhenemisen tai jopa suunnittelun jatkumisen toteutuksen aikana</li> <li>• Langattomuus</li> <li>• Käyttäjien läsnäoloon ja toimintoihin reagoivat tuotteet</li> <li>• Älykkäät tuotteet</li> <li>• Tuotemallitekniikan ja älykkäiden tuotteiden yhdistelmät</li> </ul>
--	--	--

## Tiekartat

Tässä kohdassa käydään läpi työhön vaikuttaneita tiekarttoja.

### **Coconet – kontekstittietoiset yhteistyöympäristöt tulevaisuuden liiketoimintaverkoissa**

Coconet (<http://coconet.telin.nl/>) oli EU:n IST-ohjelman projekti, jossa projektikoordinaattorina toimi hollantilainen Telematica Instituut ja ydinryhmässä olivat Fraunhofer (Saksa), IBM:n Haifan Laboratoriot (Israel), VTT, University of St. Gallen, MCM Institute (Sveitsi), Pleyma Unternehmensnetzwerke (Saksa), Siemens SPLS (Saksa) ja Mondragon Innovation and Knowledge (Espanja).

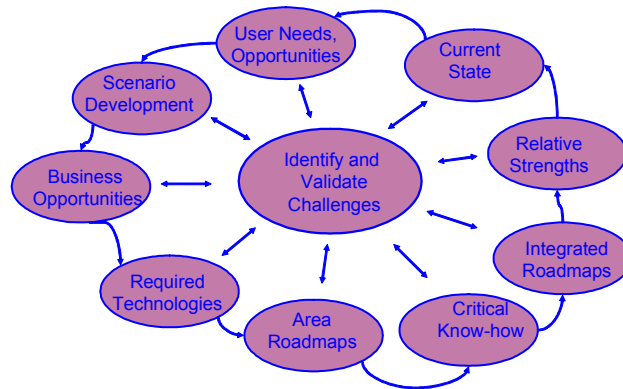
Coconetin tavoitteena oli tehdä strategia ja tiekartta tutkimus- ja teknologiakehitykselle kontekstittietoisien yhteistyöympäristöjen kehittämiseksi tulevaisuuden liiketoimintaverkoissa (<http://coconet.telin.nl/>). Keskeiset yleiset tavoitteet olivat (Södergård & Schaffers 2004)

- tunnistaa tutkimushaasteet kontekstittietoisien yhteistyöympäristöjen kehittämiseksi työssä ja liiketoiminnassa
- arvioida Euroopan kilpailuasemaa ja potentiaalia tässä suhteessa
- kehittää visionäärisiin skenaarioihin perustuva strateginen tiekartta sovelletun tutkimuksen ja teollisuuden vuorovaikutuksesta
- määrittellä tutkimuksen ja teknologian kehityksen strategia 5–10 vuoden aikajänteellä
- yhdistää eurooppalaisten toimijoiden näkemyksiä aihealueesta skenaariotyöskentelyyn, työpajojen ja palautteen kautta
- rakentaa perustaa liiketoimintaa tukeville innovatiivisille ja laajoille projekteille EU:n kuudennessa puiteohjelmassa.

Coconet-projektin tavoitteena on ollut yhdistää henkilökohtaiset ja yhteistyön tukijärjestelmät ja samalla kehittää yhteistyöympäristöjä useamman toimijan prosesseja varten. Haasteena erityisesti yritysten näkökulmasta on ollut yhdistää yritysjärjestelmät tukemaan paremmin yksittäin ja ryhmissä tehtäviä toimintoja. Tavoitteena on ollut kehittää paremmin verkostomaiseen toimintaan sopivia ”ambient intelligence” -tyyppisiä kontekstittietoisia yhteistyöjärjestelmiä, jotka olisivat joustavampia ja paremmin räätälöintiin sopivia kuin olemassa olevat järjestelmät (<http://coconet.telin.nl/>).

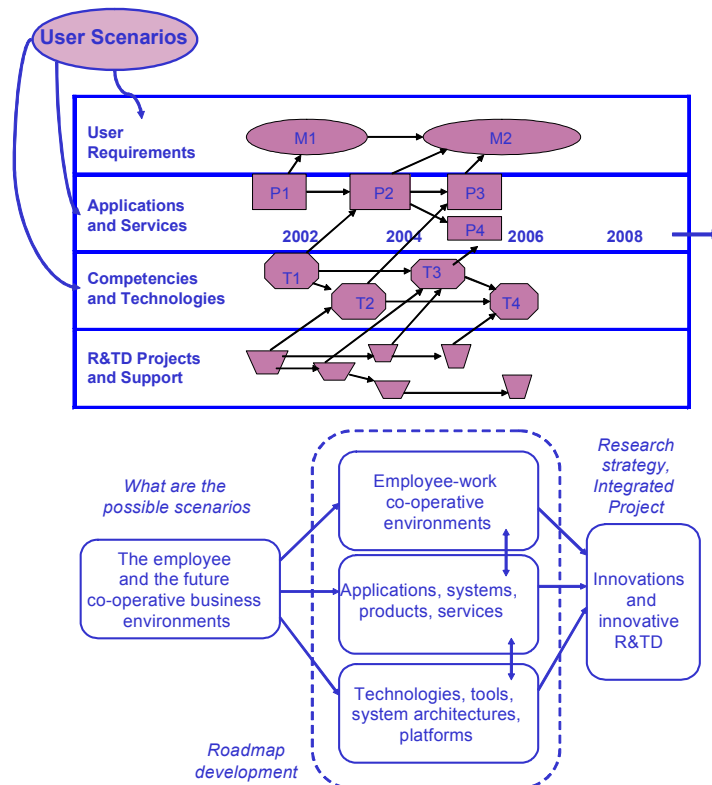
Projektissa toteutettiin kolme kaksipäiväistä tiekarttatyöpajaa (<http://coconet.telin.nl/>). Ensimmäisessä työpajassa kartoitettiin neljään kontekstittietoista ympäristöä käsittelevään skenaarioon perustuvia trendejä ja kehityslinjoja. Ensimmäisen työpajan tarkoituksena oli muodostaa kehys tiekartan muodostamiseksi ja tunnistaa keskeiset tiekartan

elementit, joita olivat teknologiat, sovellukset ja käyttäjäympäristön komponentit. Tiekarttojen keskeiset tekijät esitetään kuvassa B1.



Kuva B1. Coconet-tiekartan elementit (Södergård & Schaffers 2004).

Toisessa työpajassa tunnistettuja elementtejä syvennettiin ja niitä työstettiin eteenpäin tunnistamalla kontekstittietoisten toimintaympäristöjen pullonkauloja ja haasteita tulevaisuudessa. Tunnistettujen elementtien perusteella tunnistettiin erityisesti tutkimuksen ja kehitystoiminnan haasteita. Kolmannessa työpajassa visiot, skenaariot ja tunnistetut tutkimuksen ja kehityksen haasteet yhdistettiin tiekarttoiksi. Kuvassa B2 esitetään Coconetin skenaarioperusteisen tiekartan muodostamisprosessi.



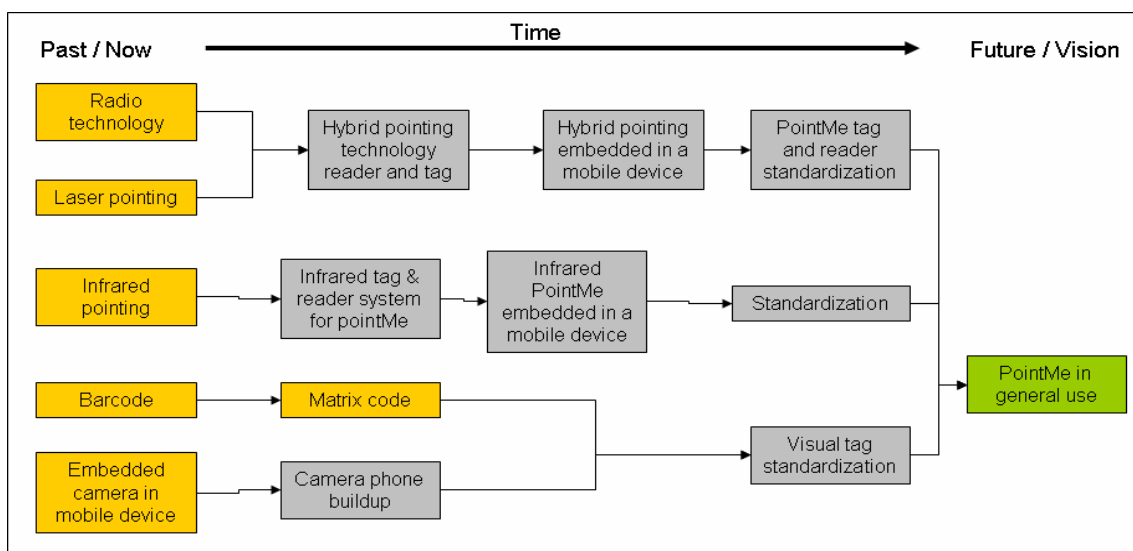
Kuva B2. Coconetin skenaarioperusteisen tiekartan rakenne (Södergård & Schaffers 2004).



## Technology Roadmap for Exergaming, EXERGAME

VTT:n EXERGAME-projektissa tutkittiin, miten nuorten liikuntaharrastuksia voitaisiin lisätä yhdistämällä mobiililaitteilla (mm. matkapuhelin) pelaaminen aktiiviseen liikkumiseen (Ala-Siuru et al. 2006). Samoja tietoliikenne-, tunnistus- ja muita kehittyneitä käyttöliittymäteknikoita voidaan käyttää taloteknisten ICT-pohjaisten ratkaisujen (älytalon toimintojen, huoltoautomaatiikan jne.) toteuttamiseen.

Esimerkkinä ko. tekniikoista on tähän poimittu PointMe-osoitustekniikka (kuva B3), jota voidaan hyödyntää monissa tulevaisuuden käyttöliittymäsovelluksissa. Kuvassa keltaisella merkityt kohdat ovat jo nykytekniikkaa, harmaat kehitymässä tai kehitettäviä ja vihreä tavoitetilä. Osoitus voidaan tämän mukaan tehdä mm. RFID-tageja hyväksi käyttäen, laserilla, infrapunatekniikalla, viivakoodin lukijalla tai kameralla.



Kuva B3. PointMe-osoitustekniikoiden kriittinen polku.

## Fiatech-raportti

Raportin tarkoituksena on tiivistää ja jakaa informaatiota rakennusteollisuuden teknologiaan todennäköisesti merkittävästi vaikuttavista, nousevista ICT-teknologioista: mitä ne ovat ja miten ne todennäköisesti tulevat vaikuttamaan (Wood & Alvarez 2005). Raportissa käsitellään yhdeksää eri nousevaa teknologiaa tai sovellustekniikkaa:

- simulointitekniikoita rakennustyössä
- RFID-teknologiaa materiaalivirtojen hallinnassa
- langattomia kommunikaatioverkkoja
- mobiilikäyttöliittymälaitteita

- koulutustyökaluja uusien teknologioiden ja sovellustekniikoiden käyttöönoton helpottamiseksi
- automaattisia työkalujen, työvoiman ja varastojen valvonta- ja hallintatekniikoita rakennustyömaalla
- mittausteknologioita, sensoreita ja langattomia sensoriverkkoja
- materiaalilogistiikan hallintatekniikoita
- maaperän kartoittamistekniikoita.

Jokaista teknologiaa ja sovellustekniikkaa analysoitiin

1. teknologiaalhtëisesti: mikä on sovelluksen mahdollistava teknologia tai tekniikka ja mikä on sen kypsyytstas, miten tekniikkaa sovelletaan ja mitä sovellus tekee.
2. työprosessin kannalta: mihin rakennustyömaan prosesseihin sovellustekniikalla voidaan vaikuttaa, miten se tehdään nykypäivänä ja miten se tehtäisiin tämän uuden sovellustekniikan avustamana.
3. saatavien potentiaalisten hyötyjen kannalta: miten uuden tekniikan tai teknologian avulla muutettu työprosessi hyödyttää tekniikan käyttäjää (tehostaa, madaltaa työkustannuksia jne.).
4. taloudellisten ajureiden kannalta: minkälaista taloudellista hyötyä uudesta tekniikasta tai teknologiasta on ja ovatko saatavat hyödyt riittäviä kannustamaan uuden tekniikan tai teknologian investointiin.
5. teknisten rajoitusten kannalta: mitkä tekniset asiat voivat rajoittaa sovellustekniikan laajaa kaupallistamista, minkälaisia muutoksia vielä tarvitaan, että tekniikka tai teknologia on valmista sovellettavaksi rakennusteollisuudessa.
6. kaupallisten rajoitusten kannalta: mitä kaupallisia asioita täytyy kehittää, jotta sovellustekniikka voidaan laajasti yleistää käyttöön rakennusteollisuudessa.

Raportti on kattava yleiskuvaus nousevista ICT-teknologioista, joiden vaikutusta rakennusteollisuuteen analysoidaan hyvin. Raportti keskittyy pääasiassa rakennusvaiheen prosessiin, hyvin vähän käsitellään rakennusten koko elinkaarta.

### **Roadmap for Implementing Mobile Workplace Innovation in Life-Cycle Management Sectors, MOSAIC**

Tämä tiekartta (Fernando & Huovila 2005) on kehitetty EU:n kuudennen puiteohjelman rahoittamassa MOSAIC- eli Mobile Worker Support Environments -projektissa. Tiekartan tavoitteena on kuvata ja helpottaa mobiililyömpäristöön liittyvien innovaatioiden

kehitystä ja jatkojalostamista eri insinöörialoilla. Vertailtavina teollisuudenaloina tiekartassa käytetään auto-, ilmailu- ja rakennusteollisuutta.

MOSAIC-projektin tiekartassa mobiililyön käsittely jaotellaan kolmeen osaan: Ensin käsitellään jokaisen kolmen teollisuudenalan (auto-, ilmailu- ja rakennusteollisuuden) mobiililyön markkinavaikutuksia ja mahdollisia työprosesseja, joissa mobiliteetilla saavutettaisiin merkittävää hyötyä. Toisessa osassa esitellään mobiililyön mahdollistaman yhtenäisemmän, mutta silti paikkariippumattoman työskentelyn visioita ja tulevaisuuden näkymiä. Toisen osan visioita ja näkymiä käytetään dokumentin kolmannen osan varsinaisen tutkimustiekartan tutkimushaasteiden määrittelyssä. Visioiden, tulevaisuuden näkymien ja tutkimushaasteiden perusteella tiekartassa määritellään muutosprosessien potentiaaliset esteet ja mahdollisuudet.

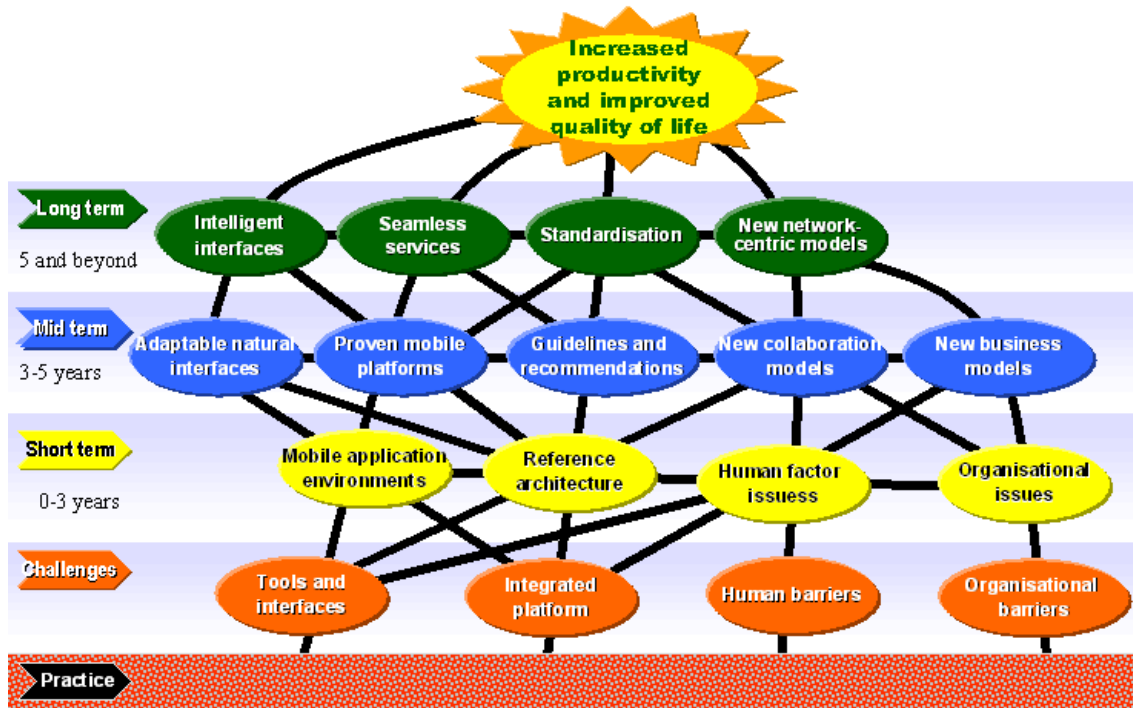
Tiekartan mukaan kiinteistö- ja rakennusalalla nähdään tällä hetkellä suurimpina markkinavetoisina kehitysmahdollisuuksina ja -haasteina seuraavat:

- kiinteistöjen elinkaarenaikaisten mobiilipalveluiden mahdollistaminen ja tarjoaminen käyttäjien muuttuviin tarpeisiin
- kiinteistöjen ja rakennusten elinkaarenaikaisten kustannusten madaltaminen, kuitenkin säilyttäen hyvä suorituskyky ja ottaen huomioon ympäristön kestävä kehitys
- olemassa olevan rakennuskannan ylläpitäminen, kehittäminen ja muuttaminen vastaamaan nykyaikaisen tietoyhteiskunnan sosiaalisiin ja kulttuurillisiin haasteisiin.

Rakennusteollisuus on kehittynyt hyvin informaatiointensiivisiksi, ja informaation hallinta hajautetussa toimijakentässä on hyvin haasteellista. Integroivan ohjelmistoalustan kehittäminen rakennusteollisuuden käyttöön on tärkeä tulevaisuuden vaatimus. Ohjelmistoalustan täytyy pohjautua standardiin informaatiomalliin, jolla työvoima, prosessit ja työkalut voidaan yhdistää toimivaksi kokonaisuudeksi. Standardilla ohjelmistoalustalla voitaisiin muun muassa parantaa eri toimijoiden välistä yhteistyötä sekä mahdollistaa samanaikainen tuote- ja valmistussuunnittelu, kuten auto- ja ilmailuteollisuudessa. Mobiiliteknologialla, yhdistettynä integroivaan ohjelmistoalustaan, nähdään olevan suuri vaikutus rakennusteollisuudessa esimerkiksi logistiikan tehostamisessa sekä työntekijöiden valvonnassa ja tuottoisuuden tehostamisessa. (Fernando & Huovila 2005.)

Mobiililyökalujen, järjestelmäkehitysvarojen sekä mobiiliteknologian tai informaatiojärjestelmien luotettavuuden ja turvallisuuden puutteet nähdään tiekartan mukaan suurina mobiiliteknologian yleistymisen esteinä rakennusteollisuudessa. Lisäksi inhimillinen uuden teknologian tai uuden työmenettelytavan vastustus ja osapuolten yhteistyötä tukevien uusien liiketoimintamallien puute ovat muutosta hidastavia tekijöitä. (Fernando & Huovila 2005.) Rakennusteollisuuden kehitysvaatimusten ja kehitystä hidastavien asioiden perusteella MOSAIC-projektin tiekartassa määritellään tutkimusagenda mobiili-

teknologian kehitykselle ja hyödyntämiselle rakennus- ja kiinteistöteollisuuden näkökulmasta. Tutkimusagenda jaetaan neljään lohkoon: tämän hetken haasteisiin sekä lyhyen (0–3 vuotta), keskipitkän (3–5 vuotta) ja pitkän aikavälin (5→) tutkimushaasteisiin. Kuva B4 on graafinen esitys MOSAIC-projektin tiekartan tutkimusagendasta.



Kuva B4. MOSAIC-projektin tiekartan graafinen esitys (Fernando & Huovila 2005).

### Moses, Mobiilipalveluiden tiekartta rakennus- ja liikennesektorilla

Tiekartan tavoitteena on tukea VTT:n ja yritysten välistä vuoropuhelua ja yhteistyötä mobiilin teknologian kehitystyössä ja käyttöönotossa (Moses 2002). Mobiilit palvelut todetaan tulevaisuuden keskeisenä kehitysalueena, jolla T&K-toiminnan määrä on jatkossa erittäin huomattava. Sisällöllisenä tavoitteena on ollut selvittää, mitä VTT:n on tehtävä, jotta rakennetun ympäristön käyttöön liittyvien mobiilipalvelujen T&K:sta tulisi VTT:lle liiketoimintaa.

Työssä tehtiin teemoittaiset tiekartat (8 kpl) seuraavista osa-alueista: rakennustuotanto (liiketoiminta ja prosessit), rakennusten käyttö (rakennusten palvelukonseptit [käyttö ja ylläpito, turva, hoiva, uudet palvelut] ja käyttäjätarpeet), liikenne sekä logistiikka.

Raportissa esitetään mm. seuraavanlaisia, muutoksia aiheuttavia trendejä ja ajureita:

- Asiakastarpeet monimutkaistuvat.
- Verkottuneet win-win-win-palvelut kehittyvät.

- Läpinäkyvyys lisääntyy kysyntä-tarjontaketjussa.
- Tieto digitalisoituu.
- Käyttäjän prosessiin tuodaan lisäarvoa.
- Ympäristönäkökulma korostuu.
- Tieto ajantasaistuu ja muuttuu paikasta riippumattomaksi.
- Mobiilipalvelujen tarjonta lisääntyy.
- Asiakkaiden vaatimustaso kasvaa (ns. vaativa asiakas).
- Ymmärrys osapuolten tarpeista lisääntyy, ja se linkitetään tuotantoon.
- Toimittajaketjun laadunvalvonta tehostuu.
- Järjestelmät ja laitteet vaihtavat tietoa.
- Palvelut tuotetaan tarpeen mukaisina.

Tiekartan esitys rakenne on selkeä ja havainnollinen kaaviokuvaesitys ja eri teemoissa samanmuotoinen. Kaaviokuva on jaettu neljään osioon, joissa esitetään nykytila (state-of-the-art), tulevaisuuden visio (ihannetilä, kun kaikki toimii, vuotta ei ole selkeästi mainittu), toimintaympäristön haasteet ja tarjoamat (teknologiatrendit, elinkeinorakenteiden muutokset jne.) sekä VTT:n mahdolliset toimenpiteet lyhyellä, keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä.

### **PATH (Partnership for Advancing Technology in Housing) -tiekartat**

PATH (Partnership for Advancing Technology in Housing) on Yhdysvaltojen yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyöhön perustuva ohjelma, jonka tavoitteena on kehittää ja tukea ”seuraavan sukupolven” amerikkalaisia asumisratkaisuja ja luoda markkinoita niille. Tavoitteena on uusien, innovatiivisten teknologioiden avulla mm. parantaa tulevaisuuden asuinrakennusten laatua, kestävyyttä, ympäristötehokkuutta ja kohtuuhintaisuutta. Ohjelman kolme keskeisintä tavoitetta ovat seuraavat:

- määrittää, minkälaisia tarpeita rakennusteknologioiden kehittämiseen on, ja tarjota asianmukaisia strategisia palveluja
- kehittää uusia rakennusteknologioita
- levittää tietoa olemassa olevista ja uusista teknologioista.

PATHin tiekarttaprosessin tavoitteena on tunnistaa teknologia-aloja, joissa tehdään talonrakennusta koskevaa teknologista tutkimusta, joka voisi antaa suuntaviivoja hallituksen ja teollisuuden tutkimusinvestoinneille. Tiekartat määrittävät tärkeimmät tutkimus- ja kehitysalueet sekä tarjoavat alan teollisuudelle strategisen suunnitelman teknologioiden kehityksestä lähitulevaisuudessa. PATHin ohjausryhmä käynnisti tiekarttaprosessin vuonna 2000. Tähän mennessä ovat valmistuneet tiekartat, jotka käsittelevät vanhojen asuinrakennusten energiatehokkuutta (kolme osaa), uusien teknologioiden hyödyntämistä rakentamisessa, talojen tehdasmaista rakentamista, informaatioteknologioiden hyödyn-

tämistä rakentamisessa ja runkoelementtiperusteista rakentamista. Tiekarttojen aikajänne on varsin lyhyt: se ulottuu tyypillisesti noin vuoteen 2010 saakka.

PATHin tiekartat ovat rakenteeltaan samanlaisia: Ensin määritellään tavoitetila, johon pyritään, ja kuvataan nykytilanne. Tämän jälkeen varsinaisessa tiekartassa kuvataan strategiat, joilla tavoitetilaan päästään. Strategiat esitetään konkreettisina toimenpideehdotuksina ja ne jaotellaan tärkeyden mukaan kolmeen ryhmään. Tärkeys määräytyy sen mukaan, kuinka nopeasti strategian toteuttaminen on käynnistettävä. Jokainen strategia jakaantuu osatehtäviin tai toimenpiteisiin, jotka on sijoitettu aikajanelle.

Seuraavassa tarkastellaan lähemmin uusien teknologioiden ja informaatioteknologioiden hyödyntämistä rakentamisessa koskevia tiekarttoja.

### PATH – Technology Roadmap: Whole House and Building Process Redesign

Tiekartan (NAHB Research Center 2002a) mukaan pyrkimyksenä on rakentaa parempia elementtitaloja nopeammin ja alhaisemmin kustannuksin. Konkreettisena tavoitteena on, että vuonna 2010 suunnittelu ja rakentaminen on niin tehokasta, että talo voidaan pystyttää 20 päivässä. Tämän ansiosta kustannukset pienenevät niin, että jopa 90 %:lla väestöstä on varaa omistusasuntoon. Suunnittelua ja rakentamista tehostetaan hyödyntämällä uusia ja innovatiivisia tuotteita, järjestelmiä ja prosesseja sekä lisäämällä koulutusta.

Tiekarttaraportissa kuvataan asuntorakentamisen nykytilannetta Yhdysvalloissa. Koska asunto ei ole pelkästään paikka, jossa asutaan, vaan se on yhä enemmän tapa identifioitua, koteja räätälöidään yhä enemmän omanlaisikseen. Asuntojen hinnat ovat myös selvästi kasvaneet. Rakennusteollisuus on entistä hajanaisempaa, ja urakoitsijoiden määrä on lisääntynyt huomattavasti. Rakennusprosessin kokonaishallinta on suuri haaste: Alihankintaketjut ovat pitkiä, ja toimijoita on suuri määrä. Tuottavuutta parantavia työkaluja ja järjestelmiä käytetään aika vähän. Kokonaisvaltainen systeemiajattelu on kuitenkin nousussa.

Tiekartassa luetellaan lukuisia seikkoja, jotka vaarantavat visioiden toteutumisen. Tiekartan mukaan rakentamisessa ei oteta riittävästi huomioon, millä tavoin kustannuksia voitaisiin pienentää ja millä tavoin rakennuksista saataisiin kestävämpiä ja energiatehokkaampia. Yleinen näkemys on, että kuluttajat vaativat yksilöllisiä asuntoja. Ilmeisesti kuluttajat todella suosivatkin suuria ja erikoisia asuntoja ja vieroksuvat elementtitaloja. Toiseksi työvoiman koulutustasossa ja ammattitaidossa on selviä puutteita. Kolmanneksi rakennusvalvonta suhtautuu varauksellisesti uusiin teknologioihin ja materiaaleihin, ja myös rakennuttajat ovat haluttomia hyödyntämään niitä. Neljänneksi erityisesti pienet urakoitsijat, jotka ovat riippuvaisia alihankkijoista, pystyvät huonosti kontrolloimaan rakennusprosessia. Viidenneksi teollisuuden muutosvastarinta ja kyvyttömyys yhteistyöhön aiheuttavat ongelmia. Kuudenneksi myös asuntojen laadussa on parantamisen varaa. Useimmat näistä ongelmista ovat tuttuja myös Suomessa.

Tiekartassa esitetään viisi keskeistä strategiaa:

- muutosprosessin hallinta: uusien innovatiivisten rakennusteknologioiden käyttöönoton tehostaminen
- lähestymistavan muuttaminen: edellytysten luominen kokonaisvaltaisten systeemisten ratkaisujen toteuttamiselle
- rakennusprosessin teollistaminen
- rakennettavuuden parantaminen
- rakennusprosessin siirtäminen tehtaalle.

Muutosprosessin hallinnassa keskeistä on tehostaa uusien innovatiivisten rakennusteknologioiden käyttöönottoa. Tavoitteena on luoda prosessityöryhmä, jonka tehtävinä ovat muutosprosessin hallinta, täsmällisen viitekehyksen kehittäminen uusien teknologioiden käyttöönoton tehostamiselle (esim. uusien innovaatioiden analysoinnille), tiedon välittäminen teollisuudelle ja muille osapuolille, välineiden kehittäminen valvontaan ja palautteen hankintaan sekä muutoksenhallintalähestymistavan ”institutionalisoiminen” (esim. pitämällä huolta siitä, että se näkyy alan opetuksessa).

Lähestymistavan muuttamisessa keskeistä on luoda edellytyksiä kokonaisvaltaisten systeemisten ratkaisujen toteuttamiselle. Tavoitteena on ensinnäkin selvittää, mikä tilanne on muualla (esim. Euroopassa), ja määrittää tavoitteet ja kehittää tunnus, joka tiivistää systeemisen lähestymistavan rakentamiseen (esim. FutureHome). Seuraavaksi tehtävänä on soveltaa kokonaisvaltaista menetelmää tutkimuksessa ja tuotekehittelyssä sekä muodostaa osaamiskeskustoimintaa, joiden tehtävänä on kehittää ja tutkia teknologioita sekä edistää asuntorakennustoiminnan teollistamista.

Rakennusprosessin teollistamisessa keskeisiä tehtäviä on soveltaa tehdasvalmistusprosesseja, jotka ovat osoittautuneet toimiviksi muilla aloilla, ja hyödyntää robottiautomaatioteknologioita tehdasvalmistuksessa. Rakennettavuuden parantamisessa pyrkimyksenä on tehostaa mekaanisten järjestelmien (LVI, sähkö ym.) asennusta, kehittää integroitua mekaanisia järjestelmiä ja tuotteistaa talojen rakentaminen (esim. kehittämällä uusia materiaaleja ja parempia työskentelytapoja). Rakennusprosessin siirtämisessä tehtaalle pyritään kehittämään standardoituja elementtityyppejä ja -kokoja sekä standardoituja liitännöitä, parantamaan ja tehostamaan rakennuselementtien kuljetusta, kehittämään parempia tekniikoita ja välineitä elementtien rakennuspaikalla tapahtuvaan kokoamiseen sekä tehostamaan koulutusta. Useimmat näistä kustannustehokkuutta parantavista ja laadun varmistamista tukevista toimintamalleista ovat sovellettavissa myös Suomen oloihin.

## PATH – Technology Roadmap: Information Technology to Accelerate and Streamline Home Building

Tiekartan (NAHB Research Center 2002b) visiona on informaation saatavuus milloin ja missä tahansa talonrakennusprosessin aikana, jotta asianosaiset voivat tehdä työnsä tarkasti, tehokkaasti ja ajoissa.

Haasteiksi ja esteiksi informaatioteknologian laajalle leviämiselle talonrakennusteollisuudessa mainitaan

- teollisuuden sirpaleisuus
- alihankkijoitten käyttäminen
- paikalla rakentaminen.

Tiekartassa listataan neljä strategiaa edistää informaatioteknologian hyödyntämistä talonrakennuksessa:

1. Yhteisen kielen kehittäminen (Develop a Common Language), joka mahdollistaa ihmisten, prosessien ja informaatioteknologiatyökalujen kommunikoinnin kodinrakennusprosessin aikana.
2. Viranomaisprosessien virtaviivaistaminen (Streamline the Regulatory Process), jolloin informaatioteknologian avulla tehostetaan lupamenettelyjä, suunnitelmakatselmuksia, työmaatarkastuksia ja tuotehyväksyntää.
3. Ei-kaupallisen informaatioportaalin pystyttäminen (Build a Non-Commercial Information Portal), joka tuottaa talonrakentamiseen liittyvän objektiivisen, luotettavan ja teknisen informaatiolähteen rakentajille, tavarantoimittajille ja kuluttajille. Näin helpotetaan päätöksentekoa tuotteista, materiaaleista, järjestelmistä ja prosesseista.
4. Rakennusprosessin aikaisten tuotannonhallintajärjestelmien luominen (Create Production Management Systems from Concept to Closure), jolloin yhdistetään informaatioteknologian työkalut ja tieto keskenään sekä yritysten välillä. Tällöin parannetaan talonrakennusprosessin tehokkuutta alusta loppuun, ei vain sulavoiteta ja täsmennetä nykyisiä johtamistapoja, vaan myös luodaan perusta tuottavammille liiketoimintatavoille.

### **Performance Based Building (PeBBu) R&D roadmap -tiekartta**

Performance Based Building -verkosto on EU:n viidennen puiteohjelman toimintakokonaisuuden ”Competitive and Sustainable Growth” rahoittama. Verkosto oli toiminnassa vuodesta 2001 vuoteen 2005. Verkoston laatiman tiekartan tavoitteena on soveltaa



toimivuuksajattelua käytäntöön ja näyttää, että tiekarttaa soveltamalla rakennusteollisuus ja kiinteistöala voivat kehittyä asiakaslähtöisiksi, palvelusuuntautuneiksi ja tietopohjaisiksi teollisuudenaloiksi, joita luonnehtivat jatkuva innovatiivisuus ja huippuosaaminen. Tiekartan aikahorisontit ulottuvat vuosiin 2010, 2020 ja 2030 (Foliente et al. 2005).

VTT:n Pekka Huovilan mukaan toimivuuksajattelulla rakentamisessa tarkoitetaan menetelytapaa, jossa rakentamisen lopputuotteesta kuvataan valintavaiheessa sen käytönaikeiset ominaisuudet teknisten ratkaisujen sijasta. Toimivuuksvaatimus (performance requirement) on Huovilan mukaan vaadittu ominaisuus, joka esitetään teknistä ratkaisua erittelemättä.

PeBBu-tiekartan visiona on, että toimivuukskäsite omaksutaan teollisuudessa niin hyvin, että eri osapuolet saavat hyötyä sen käyttämisestä, se tuottaa pysyviä tuloksia ja rakennusteollisuus ja kiinteistöala muuttuvat tieto- ja palveluperusteisiksi aloiksi, joita luonnehtivat jatkuva innovatiivisuus ja huippuosaaminen (Foliente et al. 2005). Tiekartassa kuvataan, minkälaiset valinnat johtavat haluttuun lopputulokseen, ja siinä korostetaan, että reaktiivisten (määräyksiin perustuvien) strategioiden lisäksi tulisi käyttää proaktiivisia (toimivuuksmäärittelyihin perustuvia) strategioita.

Vuoteen 2010 mennessä tavoitteena on

- kehittää kattava tietokanta, joka koskee rakennusten toimivuuteen kuuluvia tekijöitä, toimivuuksvaatimuksia, toimivuuden arvioinnin työkaluja ja teknisiä ratkaisukeinoja
- kehittää menetelmiä käyttäjien tarpeiden ja vaatimusten selvittämiseen
- kehittää seuraavan sukupolven yhteensopivia suunnittelu- ja arviointityökaluja (ts. laskennallisia malleja ja tietokoneohjelmia)
- arvioida toteutuneista projekteista saatujen kokemusten perusteella lähestymistavan hyötyjä ja kustannuksia
- kehittää hankintojen hallintaa koskevia menetelmiä
- kerätä kvalitatiivisin tai kvantitatiivisin menetelmin tietoa käyttäjien kokemuksista ja toiminnasta
- kehittää objektiivisia menetelmiä toimivuuden arviointiin.

Vuoteen 2020 mennessä tavoitteena on

- kehittää ”avoin” ICT-pohjainen järjestelmä toimivuuden integroituun analysointiin ja sen pohjalta koko rakennuksen elinkaaren kattavia nD-malleja
- kehittää reaaliaikaisia toimivuuden ja sisäolosuhteiden valvontajärjestelmiä

- ennakoida paremmin teknologista kehitystä sekä käyttäjien tarpeissa ja vaatimuksissa tapahtuvia muutoksia
- kehittää menetelmiä, joilla voidaan arvioida toimivuuteen perustuvan lähestymistavan hyötyä eri osapuolille
- kehittää edelleen kvantitatiivisia toimivuuskriteerejä
- luoda entistä kompleksisempia, systeemisiä toimivuusmalleja
- tuottaa uutta koulutusmateriaalia.

Vuoteen 2030 mennessä tavoitteena on luoda integroitu kokoelma nD-malleja ja arviointityökaluja koko elinkaarenaikaiseen kiinteistöjen hankintaan ja hallintaan, kehittää toimivuuteen perustuvista säätelyjärjestelmistä mahdollisimman ”ohuita” ja läpinäkyviä ja huolehtia siitä, että rakennusteollisuus ja kiinteistöala tieto- ja palvelusuuntautuneena pyrkisi huippuosaamiseen ja jatkuvaan oppimiseen.

PeBBu-tiekartalla on täsmällinen fokus: siinä määritellään selkeästi tuottavuusajattelua koskevat tavoitteet eri aikajännteille ja strategiat näihin tavoitteisiin pääsemiseksi.

### **Rakennusvalvonnan digitalisoitu tavoitetoimintamalli rakennuksen elinkaaren näkökulmasta, Rakesa**

Rakesa-hankkeen tavoitteena oli kuntien rakennusvalvonnan palveluiden ja toiminnan kehittäminen sähköisen asioinnin, arkistoinnin ja asianhallinnan keinoin (Sutelainen et al. 2007). Hankkeessa oli tavoitteena kehittää yhteisen sähköisen tiedon vastaanoton, viranomaisten käsittelyn, asianhallinnan, tallennuksen ja palvelun tietotekniset ja sisältömääritykset. Toteutus perustuu verkottuneeseen toimintaan, tietoliikenneverkkoihin ja monikanavaisiin verkkopalveluihin. Lähtökohtana ovat kuntien rakennusvalvonnan toimintaprosessi ja palveluiden tuottaminen.

Rakennusvalvonnan kehittämisessä tunnistetut keskeiset ratkaisut liittyvät uusiin toiminta- ja palvelumalleihin sekä uusien teknologioiden hyödyntämiseen:

- rakennusvalvonnan palvelusuositus
- asiakaslähtöisyyden lisääminen
- rakennusvalvonnan dokumentoinnin digitalisointi
- työnjaon selkiyttäminen ja erikoistuminen
- sähköisen asianhallinnan ratkaisut
- sähköiset asiakas- ja viranomaispalvelut
- prosessien digitalisointi ja virtaviivaistaminen
- rutiinitehtävien automatisointi

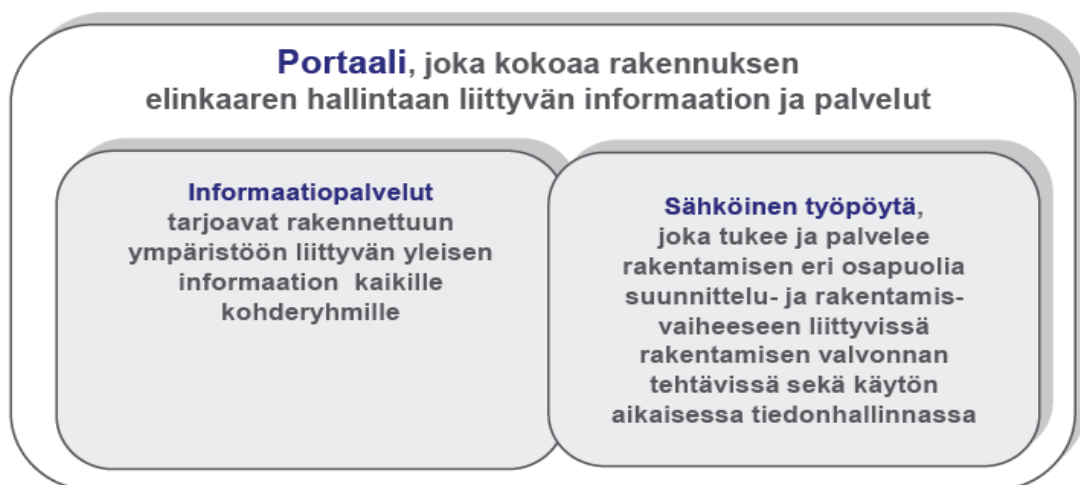
- olemassa olevan tiedon hyödyntäminen automaattisesti palvelu- ja viranomaisprosesseissa
- kolmansien osapuolten auktorisointi
- palvelujen priorisointi ja hinnoittelu
- uusien toimintamallien hyödyntäminen (tilaaja-tuottajamalli, palvelukeskukset yms.)
- monikanavaisuuden hyödyntäminen
- yhteiset tietovarannot
- tietokantojen ja rajapintojen standardointi.

Esiselvityksessä luotiin kokonaiskuva kuntien rakennusvalvonnasta. Kokonaiskuvassa kartoitettiin seuraavat osatekijät:

- sidosryhmät
- rakennuksen elinkaari ja asiakkaan prosessi
- asiakassegmentit
- kuntien rakennusvalvonnan palvelut
- uudet sähköiset ratkaisut ja toimintamallit
- teknologia ja tietovarannot.

Rakesa-esiselvityksessä luotiin visio rakennusvalvonnan digitalisoidusta toimintamallista (Sutelainen et al. 2007). Tavoitetoimintamalli kattaa sellaiset rakennuksen elinkaareen liittyvät palvelut, joissa käytetään hyväksi ja luodaan rakennettuun ympäristöön liittyvää tietoa. Tavoitetoimintamallin asiakasrajapintana toimii portaali, joka muodostuu (kuva B5)

1. informaatiopalveluista
2. sähköisestä työpöydästä.

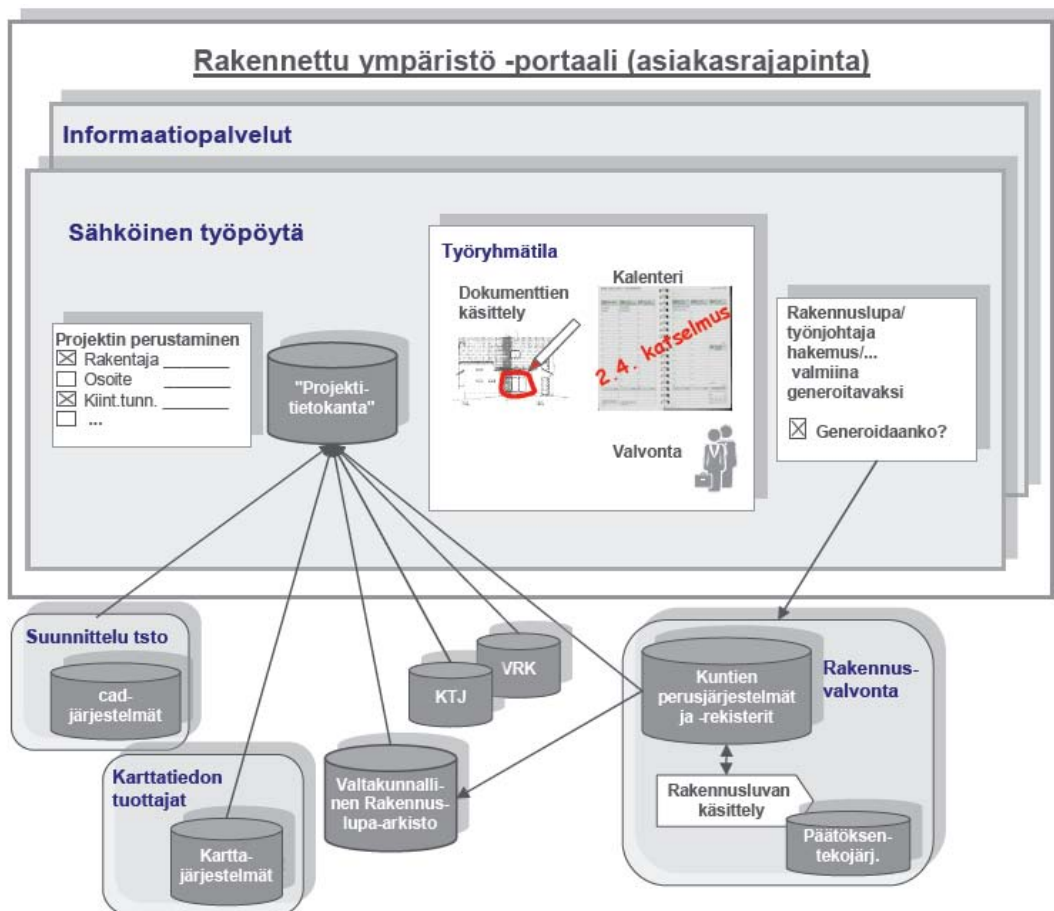


*Kuva B5. Tavoitetoimintamallin asiakasrajapinta.*

*Informaatiopalvelut* mahdollistavat sen, että rakennuksen elinkaareen liittyvillä sidosryhmillä on käytettävissä keskitetty ajantasainen palvelu, josta löytyy rakennettuun ympäristöön liittyvä yleinen informaatio, ohjeistus ja neuvonta. Informaatiopalvelut ovat tärkeässä roolissa mm. silloin, kun kansalainen harkitsee rakentamista, etsii tonttia, vertailee asuinalueita ja kerää rakennuspaikkaan liittyvää informaatiota ja ohjeita.

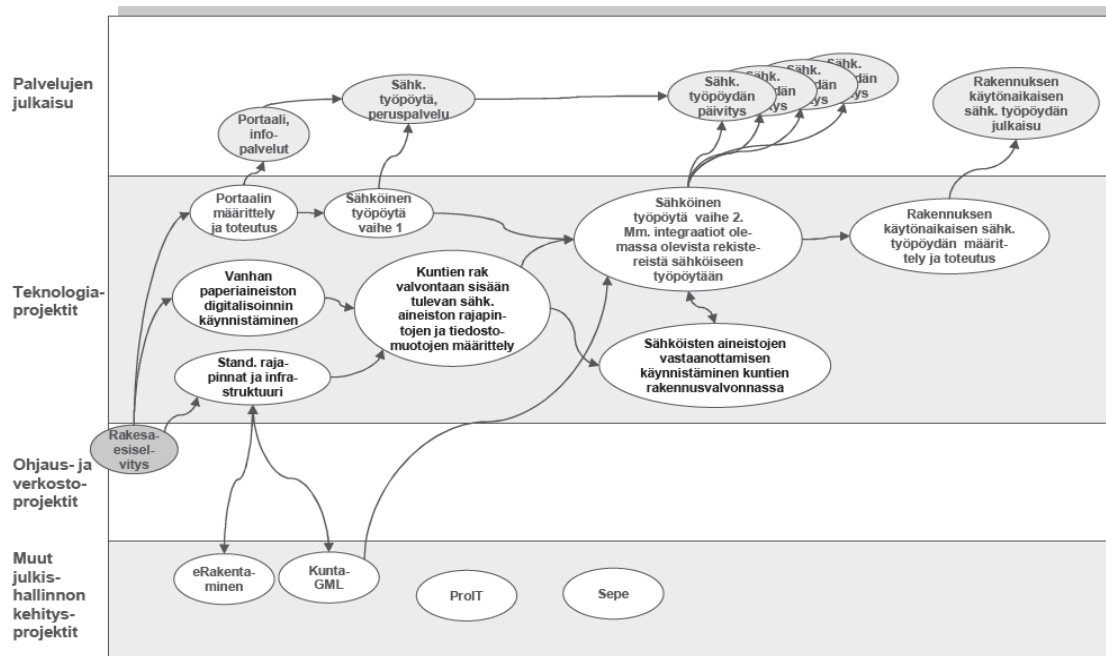
*Sähköinen työpöytä* toimii rakennuttajan, rakentamisen ammattilaisten ja rakennusvalvonnan sähköisenä työtilana. Työpöytä ohjaa rakennusprojektin suunnitteluja rakentamisvaiheessa niissä tehtävissä, jotka liittyvät lähtötietojen keräämiseen, suunnitteluun, rakennusluvan valmisteluun ja hakemiseen sekä rakentamisen aikaiseen valvontaan.

Tietohallinnon kehittämistä ja johtamista tukevalla kokonaisarkkitehtuurilla tarkoitetaan toiminnan, tietoarkkitehtuurin sekä tietojärjestelmä- ja teknologia-arkkitehtuurien yhtenäisillä kuvaustavoilla ja -menetelmillä toteutettua kuvausta. Keskeistä on kokonaisuuden kuvaaminen rakennusvalvonnan näkökulmasta ja arkkitehtuurin osa-alueiden tunnistaminen (Sutelainen et al. 2007). Rakesa-esiselvityksessä määritettiin tavoitetoimintamallille sähköistä asiointia, asianhallintaa ja arkistointia tukeva arkkitehtuuri. Kuvassa B6 esitetään tavoitetoimintamalliin liittyvät keskeiset perusrekisterit ja -järjestelmät.



Kuva B6. Tavoitetoimintamallin keskeiset perusrekisterit ja -järjestelmät.

Rakesa-esiselvitys sisältää myös vaiheistetun tiekartan, jolla esiselvityksestä edetään teknologiaprojektien kautta rakennuksen käytönaikaisen sähköisen työpöydän julkaisuun (kuva B7). Tiekartassa esitetään myös liittynät muihin keskeisiin julkishallinnon kehitysprojekteihin.

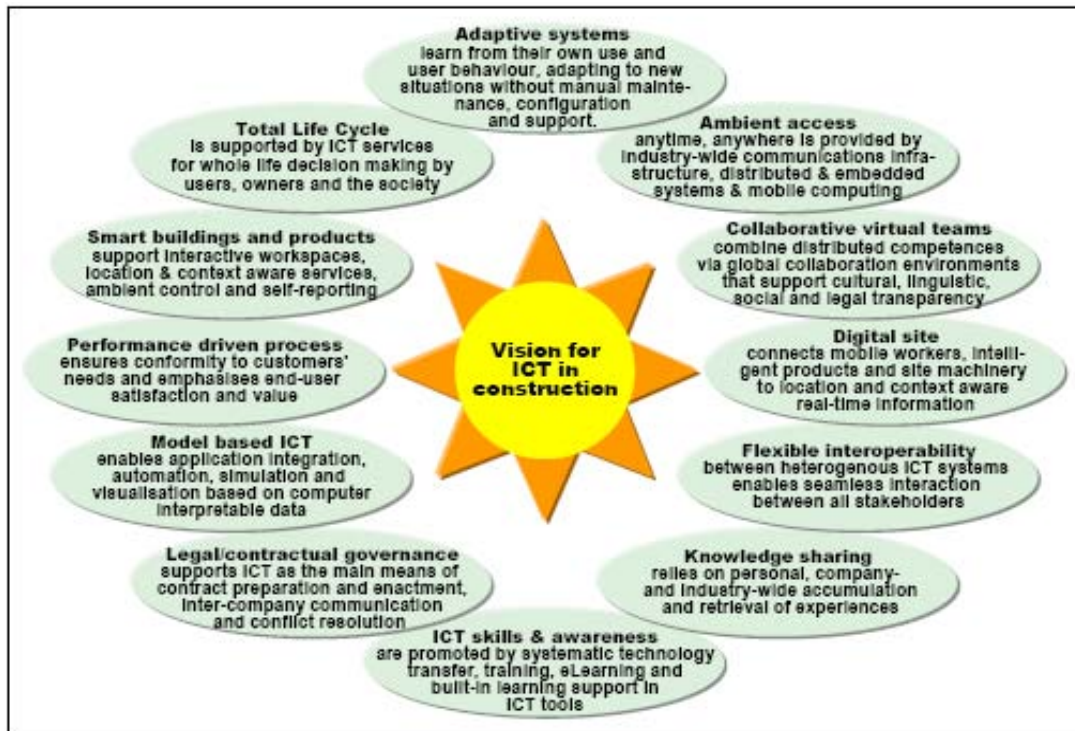


Kuva B7. Rakesa-kehityshankkeen tiekarttamuotoinen alustava hankekartta.

## ROADCON, Construction ICT Roadmap

Rakennussektori on heterogeeninen ja sirpaloitunut sekä työvoimavaltainen ja riippuvainen eri ammattialojen osaajista (Hannus et al. 2003). Yrityskoko on pieni, ja yritykset ovat erikoistuneet paikallisten markkinoiden kysyntään. Toiminta on hyvin projektivetoista ja jakautuu pieniin aliurakoihin. Aliurakoitsijat työskentelevät usein ensimmäistä kertaa yhdessä. Rakennukset ovat lähes prototyyppitason urakoita, ja ne toimivat sitten 25–50 vuotta, ja niitä modernisoidaan aika ajoin vastaamaan sen hetken vaatimuksia. Sektori on hyvin säädeltyä standardeilla ja määräyksillä. Uusia rakentajia syntyy paljon, koska toimintaan tarvittava pääoma on pieni ja perustietoa toiminnasta on saatavilla.

Roadcon-projektin päätavoitteena oli kehittää visio ICT:n hyödyntämisestä rakennussektorilla (Hannus et al. 2003). Kuva B8 esittää vision ICT:n käytöstä talonrakennustekniikassa 10–20 vuoden tähtäimellä.



Kuva B8. ICT-visio talonrakennustekniikassa 10–20 vuoden päästä.

### Strategia ICT:n edistämiseksi rakennusteollisuudessa

#### Vaikuttavuus:

- maailmanlaajuinen kilpailu, vaikuttavuus, toiminta ja standardit
- kuluttajan ja yhteiskunnan ympäristötietoisuuden ja laadun korostaminen entisen kustannusten ja aikataulun sijaan
- laaja kattavuus koko yhteiskunnan eri tasoilla.

#### Liiketoimintaprosessit:

- Yhteistyö tuo parhaan osaamisen yhteen riippumatta organisaatiosta tai sijainnista.
- ICT tulisi yleiseen mediakäyttöön kommunikoinnissa, yhteistyössä yksilöiden ja yhteisöjen kesken lain ja suunnittelustandardien rajoissa.
- ICT:n tukemat fyysiset ja virtuaaliset toiminnot sekä toimintaympäristöt tulevat inhimillisemmiksi.
- Liiketoimintaprosessit tukevat aikaisemman kokemuksen hyödyntämistä projektisuunnittelussa ja elinkaariajattelussa.
- Liiketoimintaprosessit lisäävät standardisoitujen prosessien ja tuotteiden käyttöä.

- Liiketoimintaprosessit mahdollistavat systemaattisen teknisten ratkaisujen suunnittelun ja toteuttamisen koko rakennusprojektin ajan.
- Liiketoimintaprosessit palvelevat asiakastarpeita eri tuotevaihtoehtojen valinnassa.
- Liiketoimintaprosessit tukevat rakennuksen elinkaariajattelua.

#### Sovellukset ja järjestelmät:

- Sovellukset tukevat käyttäjää valinnoissa. Tämä parantaa päätöksentekoa, kommunikointia, yhteistyötä ja koordinoitua.
- Sovellukset ja järjestelmät ovat geneerisiä ratkaisuja, jotka tukevat kriittisen massan syntymistä koko rakennussektorilla.
- ICT-sovellusten pitää olla käyttäjäystävällisiä, avoimia, web-käyttöisiä, käytön mukaan maksettavia tai mahdollisesti sponsoroituja ja käytön tuen riittävän hyvin toteutettua.

#### Rakenne:

- automatisoituja ja älykkäitä tuotteita, jotka soveltuvat joka paikkaan: ”chips”, ”tags”, ”sensors”
- kaikki tuotteet ja kehitysinformaatio kaikkien toimijoiden käytössä viimeisenä versiona tietyssä paikassa
- itse opeteltava ja käyttäjän tarpeisiin sovellettavissa sekä tarvittaessa automaattisesti päivittyvä; huolto ja käytön tuki järjestetty
- webpohjainen (NGI) ja semanttinen informaatiorakenne kaikkeen kommunikointiin.

#### ICT-teknologia ja standardit:

- kaikki informaatio saatavissa yleisesti kaikkiin laitteisiin, aina ja turvallisesti; mobiilikäyttöisyyteen erityishuomiota
- itse opeteltava ja käyttäjän tarpeisiin sovellettavissa sekä tarvittaessa automaattisesti päivittyvä; huolto ja käytön tuki järjestetty
- fiksu softa, joka tukee rakennusteollisuuden tarpeita ja jota käyttäjät voivat kehittää joustavasti; hyvä käyttäjätuki
- tuotetietoa, prosesseja ja muuta dataa imuroitavissa eri sovelluksiin
- avoin standardi, jota voidaan kehittää nopeasti ja joustavasti.

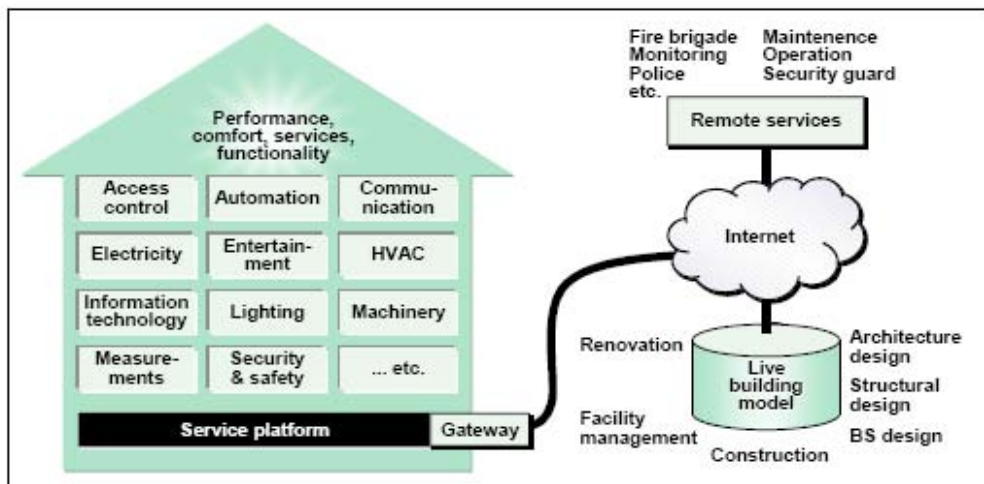
## Sulautettu ICT-järjestelmä älykkäissä rakennuksissa

### *Nykyinen tilanne rakennuksissa*

Rakennukset sisältävät erilaisia ja monipuolistuvia valvonta- ja ylläpitojärjestelmiä. Ne ovat nykyisin toimittajasidonnaista tekniikkaa hyödyntäviä ”passiivisia” laitteita ja käyttävät suojattua softaa ja protokollaa. Valvonta, huolto ja palvelut hoidetaan niihin jokaiseen niihin erikoistuneiden yritysten toimesta.

### *Visio*

Rakennuksen kaikki laitteet sopivat yhteiseen palvelualustaan ja verkkoon ja tukevat samaa protokollaa (kuva B9). Yhteydet toimivat suojatun Internet-verkon kautta ja mahdollistavat etä- ja mobiilikäytön, vianmäärityksen, operoinnin ja raportoinnin. Raportoivat rakennuksen tiedot suunnittelusta käytön historiaan ovat kaikkien toimijoiden käytettävissä kaikkialla ja milloin tahansa. Langattomat omatoimiset sensorit keräävät tietoa paikallisesti yksilöllisestä interaktiivisesta tilan käytöstä ja tukevat tarvittavia palveluja.

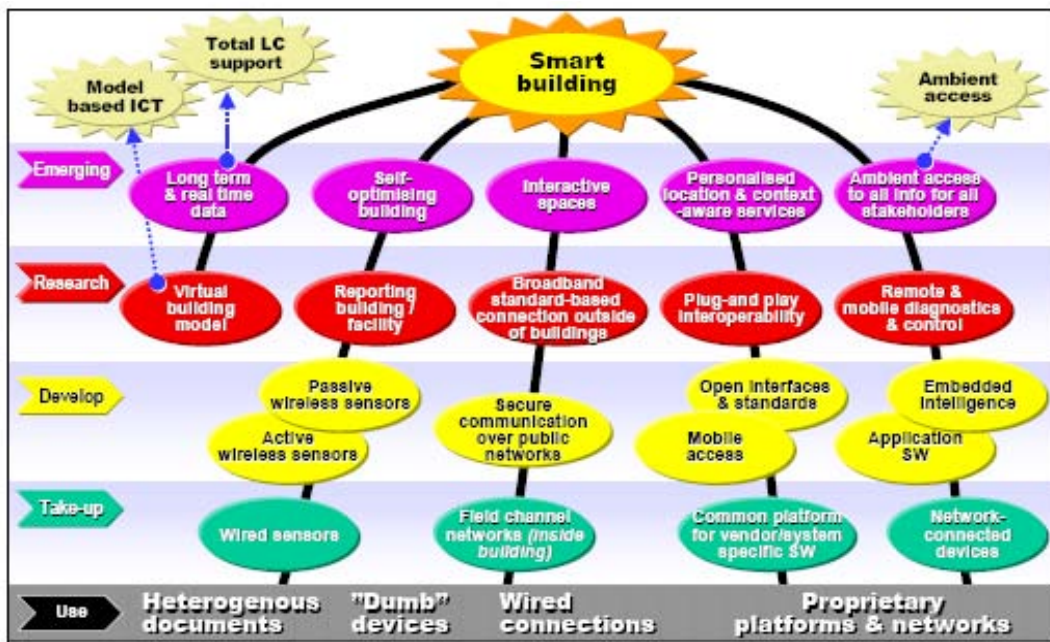


*Kuva B9. Älyrakennuksen toiminnot.*

Kuva B10 esittää älyrakennuksen tiekartan, jossa aika esitetään y-akselilla. Alimpana (Use) esitetään jo käytössä olevat, kaupallisesti saatavilla olevat ja johtavan teollisuuden käyttämät ratkaisut. Seuraavaksi (Take-up) kuvataan olemassa olevat teknologiat, jotka otetaan käyttöön, joita demonstroidaan ja joita käytetään 0–2 vuoden sisällä. Kehitysvaiheessa (Develop) ja selvästi määriteltävissä olevat sekä suoraan 3–5 vuoden päästä käytettävissä olevat tulokset esitetään keskellä. Tutkimusta ja prototyyppejä tarvitsevat teemat kuvataan seuraavaksi (Research) ja niiden markkinoille tulon aikajänteeksi arvioidaan 6–10 vuotta. Ylimpänä esitetään nousevia T&K-mahdollisuuksia (Emerging),



joissa tarkastelujakso on yli 10 vuotta. Kuvan B10 ”auringot” kuvaavat visiota ja mustat viivat vaihtoehtoisia polkuja vision saavuttamiseksi.



Kuva B10. Älyrakennuksen tiekartta.

## Strat-CON

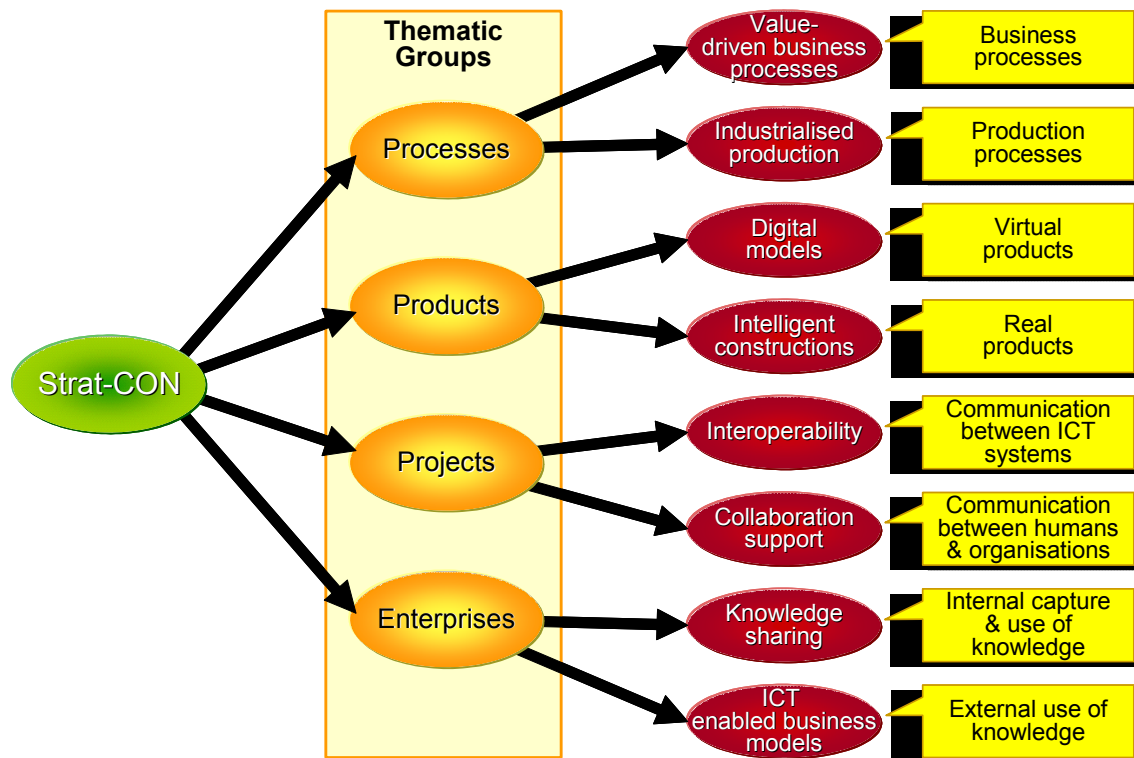
Strat-CON-projektilla oli kolme tieteellistä tavoitetta (Zarli et al. 2007):

1. parantaa, perustella ja tarvittaessa jatkokehittää rakentamisen ICT:n visiota ja tiekarttaa, jotka oli esitetty ROADCON-hankkeessa
2. tunnistaa joukko strategisia toimenpiteitä em. vision toteuttamiseksi
3. saattaa voimaan strategisia toimenpiteitä ja esittää ohjeita implementoinnille.

Kehittäessään ROADCONin (Hannus et al. 2003) tiekarttoja ja tunnistessaan strategisia tutkimusaiheita Strat-CON sovelsi neljää temaattista aluetta:

- prosessit: liiketoiminta- ja tuotantomallit
- tuotteet: tuotteiden digitaalinen mallintaminen ja älykäs rakentaminen
- projektit: ICT-järjestelmien yhteentoimivuus, ICT:n tuki kollaboratiiviseen työhön
- yritykset: projektikokemusten haltuunotto tietämysomaisuudeksi ja niiden hyödyntäminen ICT:n mahdollistamissa uusissa liiketoimintamalleissa.

Kun ROADCON oli tutkimus- ja kehityslähtöinen, Strat-CON oli teollisuuskeskeinen. Strat-CONissa tiekarttoja kehitettiin pitäen mielessä liiketoiminta-ajurit. Kuva B11 esittää Strat-CONin temaattisen ryhmittelyn ja siihen liittyvät kahdeksan pääteemaa.



Kuva B11. Strat-CONin temaattiset ryhmät ja strategiset tutkimusprioriteetit (tiekartat).

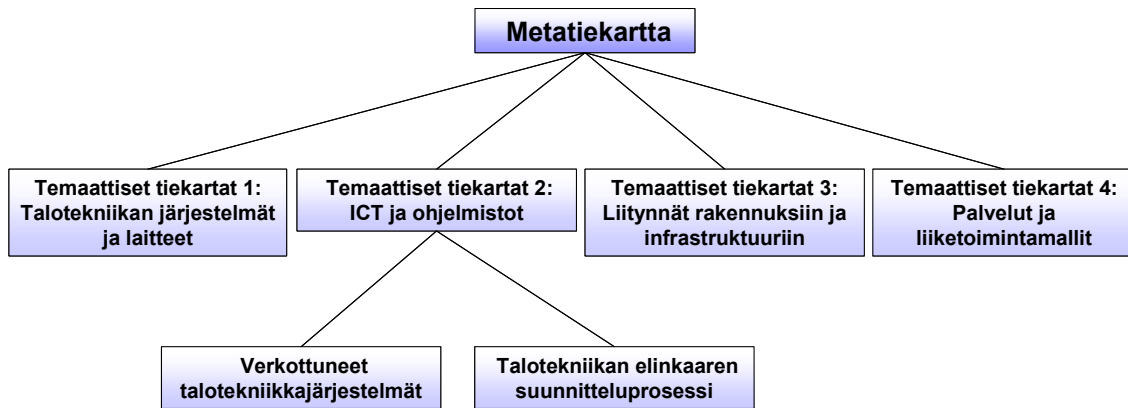
### Talotekniikan tiekartta

Talotekniikka tuottaa kiinteistöissä ja tiloissa tapahtuville toiminnoille yksilölliset, käytäjälähtöiset ja hallitut olosuhteet (Paiho et al. 2007). Niitä ovat mm. ilman, veden, lämmön, energian, valon ja tiedon välittäminen, sähköisesti hallittavat ja ohjattavat turvallisuus- ja liikkumispalvelut sekä muut aineen, elektronien, ääniaaltojen yms. liikkumiseen perustuvat palvelut. Talotekniikka muodostuu teknisistä järjestelmistä, laitteista ja palveluista.

Paiho et al. (2007) esittävät tiekarttojen muodossa näkemyksen talotekniikan kehityksestä tulevaisuudessa. Tiekartoissa kuvataan keskeiset teknologiat, niihin perustuvat tuotteet ja ratkaisut, oleelliset markkinatilanteet sekä toimintaympäristöön vaikuttavat ajurit.

Talotekniikan tiekartta rakentuu kuudesta tiekartasta (kuva B12). Metatiekartta on ”sateenvarjo”, jonka alla esitetään yksityiskohtaisemmat temaattiset tiekartat. Alatasen tiekarttojen teemoja on neljä, itse tiekarttoja on viisi. Ensimmäinen näistä on talo-

tekniikan järjestelmien ja laitteiden tiekartta. Toinen teema on ICT ja ohjelmistot, joka koostuu verkottuneiden talotekniikkajärjestelmien ja talotekniikan elinkaaren suunnittelu-prosessin tiekartoista. Kolmas alatasen tiekartta käsittelee talotekniikan liityntöjä sekä rakennuksiin että infrastruktuuriin. Neljäs alatasen tiekartta tarkastelee talotekniikan liiketoimintamallien ja palvelukonseptien kehitystä tulevaisuudessa.



*Kuva B12. Talotekniikan tiekarttojen rakenne.*

Tällä hetkellä talotekniikka perustuu pääosin eri toimittajien tuottamiin teknologiavetoisiin erillisratkaisuihin, joista eri suunnittelijat kokoavat talokohtaiset järjestelmät. Laitteet eivät juuri kommunikoi keskenään eivätkä ole keskenään yhteensopivia. Talotekniikan markkinat ovat pirstoutuneet hyvinkin erikoistuneisiin aloihin. Markkinoiden toimintaperiaate perustuu pääosin osaoptimointiin. Palveluliiketoimintamallit eivät ole kovinkaan kehittyneitä.

Lyhyellä aikavälillä (1–5 vuodessa) talotekniikan teknologiassa korostuvat erityisesti modulaarinen talotekniikka, matalaeksergiatekniikka, matalaenergiarakentaminen, tuotemallintaminen ja muu ICT sekä mittaus- ja anturitekniikka. Tuotteissa ja ratkaisuissa korostuvat eri tavoin paketoitujen ja konseptoidun käyttäjälähtöiset palvelut, häiriöttömän korjauksen ratkaisut sekä integroidut käyttöliittymät ja muut integroidut toteutukset. Talotekniikan markkinatoiminnassa korostuvat erilaisten palvelukonseptien kehittäminen ja tarjonta.

Pitkän aikavälin (5–15 vuotta) teknologioissa korostuvat tuotemallitekniikan soveltaminen, matalaeksergiatekniikka, integroitu infrastruktuuri sekä anturiverkkojen ja uusien materiaalien hyödyntäminen. Tuoteratkaisut korostavat integroituja ja käyttäjälähtöisiä palveluja, jotka kootaan keräämällä tarvittavaa tietoa langattomista laitteista ja joita tuetaan huomaamattomilla ja mukautuvilla käyttöliittymillä. Kokonaistoimitukset ja palvelukokonaisuudet ovat markkinoiden keskeiset toimintaideat. Kilpailuetua luova liiketoimintamalli perustuu kiinteistön palvelukyvyyn ja tuottavuuden hallintaan.

## **Tulevaisuuden palveleva kotiautomaatio – nykytilanneselvitys, skenaariot ja roadmap (TUPAROAD)**

Tulevaisuuden palveleva kotiautomaatio – nykytilanneselvitys, skenaariot ja roadmap on Tekesin CUBE-ohjelmassa v. 2003 tehty raportti (Ala-Siuru et al. 2003). Selvitystyön tarkoituksena oli kartoittaa suomalaisen kotiautomaation nykytilaa ja kehitysnäkymiä. Selvityksen perusteella VTT yhdessä yritysten kanssa rakensi Automaatioseuran 50-vuotisjuhlanäyttelyyn Heurekaan kotiautomaatiodemonstraattorin, jonka toteuttamisessa käytettiin uusinta teknologiaa (langaton tiedonsiirto, älykkäät anturit, eleohjaus, RFID-tunnistus, valaistuksen automaattinen säätö tilanteen ja tunnelman mukaan).

TUPAROAD-tiekartan ennustejakso oli viisi vuotta (2003–2008). Ennusteista tarkemmin ovat toteutuneet laajakaistapalvelut ja -sovellukset ja esim. uusien rakennusten osalta tiedonsiirtokaapelointi. Lisäksi ennustettu kodin valvonta- ja turvallisuuselektronikan tarpeen kasvu on jo toteutumassa. Toisaalta vuodelle 2006 ennustettu kodinohjausjärjestelmien kasvu ei ole merkittävästi toteutunut. Osin TUPAROAD on liian optimistinen, esim. kontekstietoisuuden kehittyminen osaksi kotisovelluksia ei ole toteutunut (vielä tutkimusasteella), eivätkä myöskään laitteiden ja sovellusten käyttöliittymät ole kovin multimodaalisia. TUPAROAD-tiekartan laiteteknologiaennusteen (”kauempana tulevaisuudessa”) mukaan tulevaisuuden tekniikoita ovat kehovertkot<sup>a</sup>, optiset verkot kuluttajille asti, täysin ääniohjatut päätelaitteet, orgaaniset, taivutettavat näytöt, ympäristön äly, tietoisuus sosiaalisesta kontekstista, absoluuttinen integroitu sisätila ja ulkotilapaikannus, ”digitaalinen minä” ja digitaalinen paperi. Kodintekniikan digitalisointuminen on kuitenkin väistämätöntä; TUPAROAD-tiekartassakin mainittu digiboksien määrän kasvu on jo selviö.

## **VOmap – virtuaalisten organisaatioiden kehityksen tiekartta**

VOmap-tiekartta toteutettiin vuosina 2002–2003 Euroopan unionin IST (Information Society Technologies) -ohjelmassa. Projektin koordinaattorina toimi portugalilainen Uninova (Institute for Development of New Technologies) ja projektin ydinryhmän jäseninä olivat Fraunhofer (Saksa), Amsterdamin yliopisto (Hollanti), CAS Software Oy (Saksa), Virtuelle Fabrik (Sveitsi), CeTIM Centre for Technology and Innovation Management ja VTT (<http://www.uninova.pt/~vomap/partners.htm#Coordinator>).

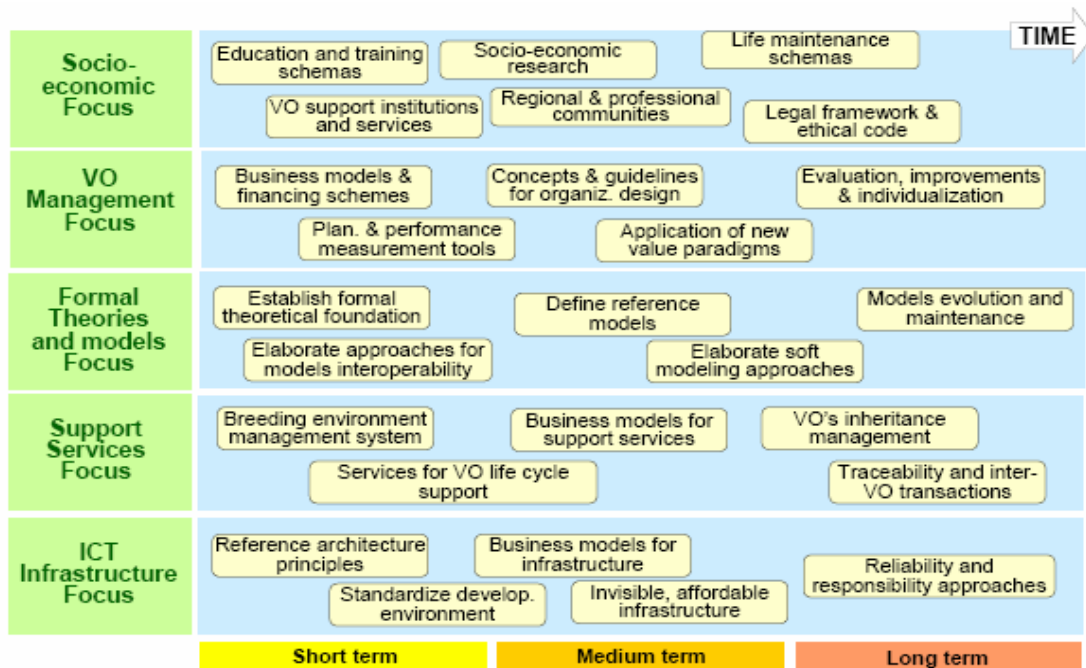
VOmap-tiekartan tavoitteena on kulkea 2000-luvun itseorganisoituvan ad hoc-toiminnan kautta muodostuvien ”nousevien yhteistyöverkkojen” (emerging collaborative networks) kautta kohti ”kestäviä yhteistyöverkkoja” (sustainable collaborative networks), jotka toimisivat hyvin suunniteltujen rakenteiden, mallien ja työkalujen sekä

---

<sup>a</sup> PAN (personal area network) eli kehovertko.

toistettavissa olevien infrastruktuurien perustalla (Camarinha-Matos & Afsarmanesh 2003, s. 5). VOmap-tiekartta kohdistui strategiseen tiede- ja tutkimustasoon. Tavoitteena ei ollut tunnistaa tiettyyn teknologiaan tai tuotteeseen kytkeytyvää tulevaisuuden polkua vaan muodostaa ja määritellä ”strateginen tutkimusohjelma” virtuaalisten organisaatioiden kehitykselle (Camarinha-Matos & Afsarmanesh 2003, s. 3). Hankkeen visio vuoteen 2015 on tiivistetysti seuraava: ”In 2015 most enterprises will be part of some sustainable collaborative networks that will act as breeding environments for the formation of dynamic virtual organizations in response to fast changing market conditions.”

VOmap-tiekartan rakentaminen tapahtui viiden vaiheen kautta (Camarinha-Matos & Afsarmanesh 200, s. 7–9). **1)** Ensimmäisessä vaiheessa tehtiin ns. gap-analyysi, jossa tunnistettiin virtuaalisten organisaatioiden nykytila ja nykytilan suhde visioon erityisesti vahvuuksien ja heikkouksien kautta. **2)** Toisessa vaiheessa muodostettiin suunnitelma toimista, joilla nykytila ja visio voitaisiin yhdistää. Toimia kutsuttiin muutosaskeleiksi (transition steps) ja niitä tunnistettiin viidellä eri tasolla: sosioekonomiset muutokset, johtaminen, infrastruktuurit, tukipalvelut (support services) sekä teoriat ja mallit. Askeleet tuotettiin tässä vaiheessa vielä melko ad hoc -menettelyllä. **3)** Kolmannessa vaiheessa suunnitellut toimet verifioitiin ja validoitiin kahden kriteerin avulla. Ensimmäinen kriteeri oli arvioida ehdotettujen toimien oikeasuuntaisuutta suhteessa vision toteuttamiseen. Toinen kriteeri oli toimien uskottavuuden ja toteutettavuuden arviointi. Tämän perusteella muodostettiin toimien ”kvalitatiivinen arvo” (qualitative value). **4)** Neljännessä vaiheessa suunniteltuihin toimiin lisättiin arvioita toteutuksen ajoittumisesta ja toteutukseen vaikuttavista muista tekijöistä, esim. resursseista ja toimijoista. **5)** Viidennessä vaiheessa rakennettiin varsinainen tiekartta. Tiekartan muodostamisessa keskeistä oli tunnistaa eri toimien väliset vuorovaikutussuhteet ja kytkennät viidellä tasolla (sosioekonomiset muutokset, johtaminen, infrastruktuurit, tukipalvelut sekä teoriat ja mallit) sekä pohtia näiden merkitystä erityisesti suhteessa toimien ajoittumiseen. Eri tasojen välisten vuorovaikutussuhteiden tunnistamisen jälkeen tiekartta yhdistettiin laajemmaksi kokonaisuudeksi. Kuvassa B13 esitetään projektissa muodostettu tiekartta.



Kuva B13. VOMap – virtuaalisten organisaatioiden kehityksen tiekartta (Camarinha-Matos & Hamideh 2003, s. 28).

## Liitteen B lähdeluettelo

Ala-Siuru, P., Laikari, A., Lappalainen, V. & Urhema, T. 2003. Tulevaisuuden palveluva kotiautomaatio – nykytilanneselvitys, skenaariot ja roadmap (TUPAROAD). Espoo: VTT. 69 s. ([http://virtual.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2003/tuparoad\\_raportti.pdf](http://virtual.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2003/tuparoad_raportti.pdf))

Ala-Siuru, P., Pohjanheimo, L., Laikari, A., Koivisto, J., Pärkkä, J., Heino, I., Pihlajamaa, O., Väättä, A., Penttilä, M. & Kangas, S. 2006. Technology Roadmap for Exergaming. Espoo: VTT. 26 s. (Exergame-projekti, Tekninen raportti).

Camarinha-Matos, L. M. & Afsarmanesh, H. 2003. VOMap, Roadmap Design for Collaborative Virtual Organizations in Dynamic Business Ecosystems. Draft Roadmap D5. 29 s. (IST-2001-38379). (<http://www.vomap.org>)

Fernando, T. & Huovila, P. 2005. Roadmap for Implementing Mobile Workplace Innovation in Life-Cycle Management Sectors. MOSAIC Final Report. 38 s.

FinnSight 2015: Tieteen, teknologian ja yhteiskunnan näkymät. Paneelien raportit. 2006. Helsinki: Suomen Akatemia & Tekes. 292 s. ([www.finnsight2015.fi](http://www.finnsight2015.fi)). ISBN 951-715-610-3.

Foliente, Gr., Huovila, P., Ang, G., Spekkink, D. & Bakens, W. 2005. Performance Based Building R&D Roadmap. PeBBu Final Report. 79 s. (EUR 21988). ISBN 90-6363-048-4.

Hannus, M., Blasco, M., Bourdeau, M., Böhms, M., Cooper, Gr., Garas, F., Hassan, T., Kazi, A. S., Leinonen, J., Rezgui, Y., Soubra, S. & Zarli, A. 2003. ROADCON. Construction ICT Roadmap. Final Report. 77 s. (IST-2001-37278).

Kanerva, J. & Paloheimo, K.-St. (toim.). 2005. New Business Opportunities for Finnish Real Estate and ICT Clusters. Helsinki: Helsingin kauppakorkeakoulu. 63 s. (Helsingin kauppakorkeakoulun selvityksiä, E-104). ISBN 95117919557.

Kiinteistö- ja rakennusklusterin visio 2010. 2001. Hyvän elämisen puitteet. Raportti 1. Helsinki: Kiinteistö- ja rakentamisfoorumi. 34 s.

Kiinteistö- ja rakennusklusterin visio 2010. 2005. Hyvän elämisen puitteet. Vision strategiapäivitys. Raportti 4. Helsinki: Kiinteistö- ja rakentamisfoorumi. 36 s.

Kohvakka, A., Kohonen, R., Hedvall, K., Aalto, E., Saarimaa, J. & Kokkala, M. 2005. Rakennusalan toimintaympäristön tulevat muutokset ja haasteet. Talotekniikka- ja kiinteistösektorin näkemyksiä. Workshop 2.2.2005. – Yhteenveto. (Julkaisematon työraportti.)

Moses. 2002. Mobiilipalveluiden tiekartta rakennus- ja liikennesektorilla. 2002. 46 s. (Julkaisematon työraportti.)

NAHB Research Center. 2002a. PATH Technology Roadmap: Whole House and Building Process Redesign. Partnership for Advancing Technology in Housing.

NAHB Research Center. 2002b. PATH Technology Roadmap: Information Technology to Accelerate and Streamline Home Building. Year One Progress Report. 34 s.

Paiho, S., Ahlqvist, T., Lehtinen, E., Laarni, J., Sipilä, K., Ala-Siuru, P. & Parkkila, T. 2007. Talotekniikan kehityslinjat. Teknologiat ja markkinat. Espoo: VTT. 55 s. + liitt. 60 s. (VTT Tiedotteita 2379). ISBN 978-951-38-6910-6.

Sutelainen, J., Elonen, R. & Akselin, L. 2007. Rakesa-esiselvitys. Rakennusvalvonnan digitalisoitu tavoitetoimintamalli rakennuksen elinkaaren näkökulmasta. Yhteenvetoraaportti, versio 1.2. TietoEnator 18.1.2007. 21 s.

Södergård, C. & Schaffers, H. 2004. Coconet: Context-Aware Collaborative Environments for Next Generation Business Networks. Esitelmä 29.5.2005.

Wood, C. & Alvarez, M. W. 2005. Emerging Construction Technologies – A FIATECH™ Catalogue. FIATECH™, October 2005. 102 s.

Zarli, A., Kazi, A. S., Hannus, M. & Bourdeau, M. 2007. Strat-CON: A Strategic Vision for Future R&D and Innovation in ICT-enhanced Construction. Proceedings of the 13th International Conference on Concurrent Engineering, 4–6 June 2007, Sophia Antipolis, France. Pp. 67–76. ISBN 978-0-85358-2335.



<p><b>Tekijä(t)</b> Paiho, Satu, Ahlqvist, Toni, Piira, Kalevi, Porkka, Janne, Siltanen, Pekka &amp; Tuomaala, Pekka</p>	
<p><b>Nimeke</b> <b>Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymät</b></p>	
<p><b>Tiivistelmä</b> Rakennettu ympäristö muodostaa kansallisvarallisuudestamme merkittävän osan. Rakennettu ympäristö on ihmisen tuottamaa fyysistä ympäristöä, joka koostuu rakennuksista, liikenne-, energia-, vesi- ja jätehuollon sekä tietoliikenteen verkoista sekä niihin toiminnallisesti liittyvistä rakennelmista, laitteista ja (rakennetuista) luonnonelementeistä. Tämä julkaisu esittelee näkemyksen tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehityslinjoista painottuen rakennuksiin ja rakentamiseen. Näkemys esitetään muutostiekarttoina, joita on neljä. ”Digitaaliset ratkaisut” käsittelee aihealueeseen liittyviä ja siinä sovellettavia teknologioita rakennetun ympäristön näkökulmasta. ”Toimintatavat ja prosessit” käsittelee uusien teknologioiden mahdollistamia ja edellyttämiä yhteensopivia prosesseja ja toimintatapoja, joissa pystytään hyödyntämään yhteiskäyttöistä digitaalista tietoa, kuten esimerkiksi tietomalleja ja reaaliaikaista tietoa. Nämä tyydyttävät käyttäjän tai asiakkaan muuntuvat tarpeet sekä mahdollistavat hyvän käytettävyyden ja ajantasaiset palvelut. Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymien visio on seuraava: Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön teknologinen perusta nojaa tiedon oikea-aikaiseen jakamiseen ja hyödyntämiseen. Liiketoiminta tapahtuu verkostoissa. Tämä edellyttää yhteensopivia prosesseja ja toimintatapoja, joissa pystytään hyödyntämään yhteiskäyttöistä digitaalista tietoa, kuten esimerkiksi tietomalleja ja reaaliaikaista tietoa. Nämä tyydyttävät käyttäjän tai asiakkaan muuntuvat tarpeet sekä mahdollistavat hyvän käytettävyyden ja ajantasaiset palvelut. Tällä hetkellä rakennetun ympäristön tieto- ja viestintäteknologian state-of-the-art-ratkaisut ovat pääasiassa erillispalveluja. Edistyksellinen kysyntä on rajallista, ja rakennetun ympäristön informaatioteknologian tuottajat ja hyödyntäjät ovat eriytyneet kapeisiin lokeroihin. Palvelujen tuottajat tarjoavat kapea-alaisia niche-palveluita rajattuihin tarpeisiin. Nykyhetken state-of-the-art-palvelukokonaisuuksia on neljä: 1) suunnittelun, urakoinnin, käytön ja ylläpidon palvelut, 2) etäpalvelut, 3) turvallisuuspalvelut ja 4) uudet terveyspalvelut. Nykyhetkellä toimijoiden prosessit eivät vielä vastaa rakennetun ympäristön informaatioteknologiassa sovellettavan tietomalliajattelun tarpeita. Siksi tietomalleja ei voida täysimittaisesti hyödyntää toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Toinen toimintatapojen muutoskohta on tuotteistamisen kehittäminen sekä teknologissa ratkaisuissa että niitä yhdistävissä palveluissa. Lyhyellä aikavälillä (1–5 vuotta) rakennetun ympäristön tieto- ja viestintäteknologian kehityskulut johtavat kohti integroidun tietomallin hyödyntämistä, mikä mahdollistaa tuotteiden ja palvelujen yhdistämisen uusin tavoin. Tietomallien soveltaminen vaatii kuitenkin sitä, että integroitujen tietomallien hyödyt ymmärretään ja avataan eri toimijoiden näkökulmista. Tuotteet ja palvelut käyttävät hyväkseen käyttäjälähtöistä sisällöntuotantoa. Rakennetun ympäristön palveluja tuotetaan verkostomaisin toimintatavoin. Lyhyellä aikavälillä oleelliseksi nousevat erityisesti seuraavat neljä palvelukokonaisuutta: 1) mallipalvelut, 2) datan keruu-, ylläpito- ja hallintapalvelut, 3) informaatiopohjaiset lisäarvopalvelut sekä 3) palveluiden integrointi. Rakennetun ympäristön tieto- ja viestintäteknologian soveltaminen painottaa koko tuotteen elinkaaren arvoa ja siihen kohdistuvia palvelukokonaisuuksia. Pitkällä aikavälillä (5–15 vuotta) suunnitteluun ja tuotantoon alkaa muodostua globaalisti integroitua toimintamalleja siten, että laajat verkostot tuottavat rakennetun ympäristön palveluita. Loppukäyttäjää palvelevaan koko suunnittelu- ja rakentamisprosessissa tarjoamalla erilaisia visualisointi-, modularisointi- ja palautteenantomekanismeja. Pitkällä aikavälillä nousevat erityisesti seuraavat palvelukokonaisuudet: ajantasaiset kiinteistötietojärjestelmät, päätöksentekoa ja käyttöä tukevat, integroituihin tietomalleihin perustuvat palvelut, elämys- ja terveyspalvelut sekä omaisuusautomaattiset arviointipalvelut. Pitkällä aikavälillä toimintatapojen muutosten edistämisessä keskeiseksi nousevat prosessien hallintaan tarkoitettavat sovellukset ja työkalut. Keskeinen ratkaisu tässä suhteessa ovat visualisointia ja tietomalleja hyödyntävät sovellukset, joita voitaisiin käyttää virallisesti rakennustarkastuksen referenssinä. Uudenlaisiin tietomalleja ja integrointia hyödyntäviin palveluihin syntyyneen myös uudenlaisia palvelutuottajia. Tiekarttaprosessin perusteella tunnistettiin tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön tulevaisuuden viisi suurta kehityslinjaa: 1) Digitaalisen tiedon määrä ja hyödynnettävyys rakennetussa ympäristössä kasvaa. On kehitettävä työkalut tiedon hallintaan, analysointiin ja tehokkaaseen käyttöön päätöksenteon tukena. 2) Tietomallien, laskentamenetelmien ja tietotekniikan suorituskyvyn kehittyminen mahdollistaa tuotteen monipuolisuuden virtuaalisen testaamisen. 3) Digitaalinen ja fyysinen maailma liittyvät toisiinsa tuotteen koko elinkaaren aikana. 4) Palvelupohjainen ohjelmistointegraatio, tilanteen mukaan ohjautuvat järjestelmät, sosiaalinen media ja paikannusteknologiat mahdollistavat automaattisesti käyttäjien tarpeisiin räätälöityvät rakennetun ympäristön palvelut. 5) Olemassa olevan rakennuskannan tietomallintaminen on merkittävä haaste, josta selviäminen edellyttää menetelmien ja teknologioiden kehittämistä.</p>	
<p><b>ISBN</b> 978-951-38-7198-7 (nid.) 978-951-38-7199-4 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a>)</p>	
<p><b>Avainnimeke ja ISSN</b> VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a>)</p>	<p><b>Projektinumero</b> 16776</p>
<p><b>Julkaisu aika</b> Huhtikuu 2008</p>	<p><b>Kieli</b> Suomi, engl. tiiv.</p>
<p><b>Sivu</b> 60 s. + liitt. 34 s.</p>	<p><b>Toimeksiantaja(t)</b> VTT</p>
<p><b>Projektin nimi</b> DigiBuild Roadmap</p>	<p><b>Julkaisija</b> VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374</p>
<p><b>Avainsanat</b> ICT, constructed environment, buildings, construction industry, roadmaps, digital solutions, development, modelling, real estate, information systems, automatic property assessment services, visualisation</p>	



<p><b>Author(s)</b> Paiho, Satu, Ahlqvist, Toni, Piira, Kalevi, Porkka, Janne, Siltanen, Pekka &amp; Tuomaala, Pekka</p>		
<p><b>Title</b> <b>Roadmap for ICT-based Opportunities in the Development of Built Environment</b></p>		
<p><b>Abstract</b> The built environment is a significant part of our national wealth. The built environment is the physical environment created by people. It consists of the buildings and all networks serving the flow of traffic, energy, water, waste and digital information, and the assemblies, equipment and (built) natural elements connected to them.</p> <p>This publication presents a review of the development trends of the built environment that utilise information and communication technology. The focus is on buildings and construction. The review is presented in the form of four change roadmaps. The "Digital solutions" section presents the technologies related to the subject field and applied in it from the perspective of the built environment. The "Operation methods and processes" section presents the changes required and enabled by the new technologies in the operation methods and processes. The "Services" section presents the services enabled by digital solutions and changing operation methods and processes. The "Meta Roadmap" encapsulates the essential ideas of the other roadmaps.</p> <p>The vision of development prospects in the built environment utilising information and communication technology is as follows: The technological foundation of the built environment utilising information and communication technology is based on well-timed sharing and utilising of information. Business is done through networks. This requires compatible processes and operation methods which can utilize commonly available interoperable digital information, such as, building information models and real-time information. These will fulfil the evolving needs of the user or customer and enable good usability and real-time services.</p> <p>Current state-of-the-art solutions for information and communication technology in the built environment are mainly separate services. Progressive demand is limited and the suppliers and exploiters of information technology in the built environment are differentiated into narrow categories. The service providers offer niche services for specific purposes. Currently there are four state-of-the-art service entities: 1) planning, construction, operation and maintenance services; 2) remote services; 3) security services and 4) new health services. At the moment, the processes used by operators do not yet correspond to the requirements of information modelling applied in the information technology of the built environment. Therefore, model information cannot be fully utilised in the planning and realisation of operations. Another area of change for operation methods is the development of commercialisation in both technological solutions and in the services packaging them.</p> <p>In the short term, i.e. 1–5 years, the development paths in the information and communication technology of the built environment will lead towards the utilisation of an integrated information model which opens up new ways of connecting products and services. However, the application of information models requires that the integrated information models are understood and explained from the points of view of different operators. Products and services utilise user-oriented content production. The services of the built environment are produced with networked operation methods. In the short term, the essential factors will especially include the following four service entities: 1) information model services; 2) data collection, maintenance and management services; 3) information-based additional value services; and 4) the integration of services. The application of information and communication technology in the built environment emphasises the value of and services targeted at the whole life span of the product.</p> <p>In the long term, i.e. 5–15 years, the formation of globally integrated operation models will start in planning and production, and large networks will produce services for the built environment. The end-user will be served in the whole design, planning and construction process by offering different mechanisms for visualisation, modularisation and giving feedback. In the long term, the following service entities will especially increase: real-time building information systems, services based on integrated information models supporting decision-making and operation, experience and health services and automated property assessment services. In the long term, a central factor supporting the change in operation methods will be the applications and tools designed for process management. In this respect, the key solution is found in the applications that utilise visualisation and information models and can officially be used as references for building inspections. New kinds of service providers may also be established for the services that exploit information models and integration.</p> <p>The roadmap process helped to recognize five large development paths that will exploit information and communication technology in the future of the built environment. 1) The amount and exploitability of digital information in the built environment will increase. Tools must be developed for the management, analysis and effective use of information to support decision-making. 2) The development of information models, computation methods and computing performance enables more versatile virtual testing of products. 3) The digital and physical worlds are interconnected during the whole life span of a product. 4) Service-based software integration, situation-specific systems, social media and location technologies enable services that are automatically tailored according to users' needs in the built environment. 5) Information modelling of the existing buildings is a significant challenge that requires the development of appropriate methods and technologies.</p>		
<p><b>ISBN</b> 978-951-38-7198-7 (soft back ed.) 978-951-38-7199-4 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a>)</p>		
<p><b>Series title and ISSN</b> VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a>)</p>		<p><b>Project number</b> 16776</p>
<p><b>Date</b> April 2008</p>	<p><b>Language</b> Finnish, Engl. abstr.</p>	<p><b>Pages</b> 60 p. + app. 34 p.</p>
<p><b>Name of project</b> DigiBuild Roadmap</p>		<p><b>Commissioned by</b> VTT</p>
<p><b>Keywords</b> ICT, constructed environment, buildings, construction industry, roadmaps, digital solutions, development, modelling, real estate, information systems, automatic property assessment services, visualisation</p>		<p><b>Publisher</b> VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4520 Fax +358 20 722 4374</p>



## VTT Tiedotteita – Research Notes

- 2405 Olin, Markus, Lahti, Seppo, Valli, Asko, Hasari, Heikki, Koistinen, Ari & Leppänen, Seppo. SISU. Simuloinnin ja suunnittelun uudet sovellustavat ja liiketoiminta. Projektin tavoitteet ja simulointiesimerkkien yhteenveto. 2007. 58 s.
- 2406 Häkkinen, Kai, Hemilä, Jukka, Uoti, Mikko, Salmela, Erno, Happonen, Ari, Hämäläinen, Harri, Siniluhta, Eero, Nousiainen, Jukka & Kärkkäinen, Mikko. VMI teollisuudessa. Teoriaa, teknologiaa ja sovelluksia. 2007. 142 s.
- 2407 Koskela, Mika & Haajanen, Jyrki. Business Process Modeling and Execution. Tools and technologies report for SOAMeS project. 2007. 63 p. + app. 2 p.
- 2408 Kemppe, Paul. Next generation satellite navigation systems. 2007. 61 p. + app. 2 p.
- 2409 Pulakka, Sakari, Heimonen, Ismo, Junnonen, Juha-Matti & Vuolle, Mika. Talotekniikan elinkaari-kustannukset. 2007. 58 s. + liitt. 3 s.
- 2410 Mikkola, Markku & Ryyänen, Tapani. Liiketoimintamallit talotekniikan elinkaari palveluissa. 2007. 40 s.
- 2411 Kaartinen, Tommi, Laine-Ylijoki, Jutta & Wahlström, Margareta. Jätteen termisen käsittelyn tuhkien ja kuonien käsittely- ja sijoitusmahdollisuudet. 2007. 44 s. + liitt. 20 s.
- 2412 Bioetanolia maatalouden selluloosavirroista. von Weymarn, Niklas (toim.). 2007. 44 s.
- 2413 Pietiläinen, Jorma, Kauppinen, Timo, Kovanen, Keijo, Nykänen, Veijo, Nyman, Mikko, Paiho, Satu, Peltonen, Janne, Pihala, Hannu, Kalema, Timo & Keränen, Hannu. ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. 2007. 173 s. + liitt. 56 s.
- 2415 Hietaniemi, Jukka. Tiiviin ja matalan pientaloalueen paloturvallisuus. 2007. 227 s. + liitt. 144 s.
- 2416 Vesanto, Petri, Hiltunen, Matti, Moilanen, Antero, Kaartinen, Tommi, Laine-Ylijoki, Jutta, Sipilä, Kai & Wilén, Carl. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuudet ja käyttö. Selvitys kierrätyspolttoaineiden laatuominaisuuksista ja soveltuvuudesta leijupoltoon. 2007. 55 s. + liitt. 4 s.
- 2417 Leinonen, Arvo. Wood chip production technology and costs for fuel in Namibia. 2007. 66 p. + app. 21 p.
- 2418 Kirkinen, Johanna, Soimakallio, Sampo, Mäkinen, Tuula, McKeough, Paterson & Savolainen, Ilkka. Turvepohjaisen F-T-dieselin tuotannon ja käytön kasvihuonevaikutukset. 2007. 45 s.
- 2419 Martikainen, Antti, Pykälä, Marja-Leena & Farin, Juho. Recognizing climate change in electricity network design and construction. 2007. 106 p. + app. 29 p.
- 2420 Leviäkangas, Pekka, Hautala, Raine, Räsänen, Jukka, Öörni, Risto, Sonninen, Sanna, Hekkanen, Martti, Ohlström, Mikael, Venäläinen, Ari & Saku, Seppo. Benefits of meteorological services in Croatia. 2007. 71 p. + app. 2 p.
- 2421 Hostikka, Simo, Korhonen, Timo, Paloposki, Tuomas, Rinne, Tuomo, Matikainen, Katri & Heliövaara, Simo. Development and validation of FDS+Evac for evacuation simulations. Project summary report. 2007. 64 p.
- 2422 Vestola, Elina & Mroueh, Ulla-Maija. Sulfaatinpelkistyksen hyödyntäminen happamien kaivosvesien käsittelyssä. Opas louhoskäsittelyn hallintaan. 2008. 58 s. + liitt. 13 s.
- 2424 Ilomäki, Sanna-Kaisa, Simons, Magnus & Liukko Timo. Kohti yritysten vuorovaikutteista kehitystoimintaa. 2008. 45 s.
- 2425 Talja, Asko, Vepsä, Ari, Kurkela, Juha & Halonen, Matti. Rakennukseen siirtyvän liikennetärintän arviointi. 2008. 95 s. + liitt. 69 s.
- 2426 Nylund, Nils-Olof, Aakko-Saksa, Päivi & Sipilä, Kai. Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles. 2008. 161 p. + app. 6 p.
- 2427 Paiho, Satu, Ahlqvist, Toni, Piira, Kalevi, Porkka, Janne, Siltanen, Pekka & Tuomaala, Pekka. Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymät. 2008. 60 s. + liitt. 34 s.

Rakennettu ympäristö muodostaa merkittävän osan kansallisvarallisuudestamme. Tieto- ja viestintäteknikan hyödyntämispotentiaali rakennetun ympäristön suunnittelussa, urakoinnissa sekä käytössä ja ylläpidossa kasvaa huomattavasti, kun rakennetun ympäristön tieto digitalisoituu voimakkaasti, rakentamisessa siirrytään dokumenteista mallintamiseen, rakennustoiminta verkostoituu ja kestävä kehitys ja ympäristönäkökulma korostuvat. Tämä julkaisu esittelee VTT:n näkemyksen tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehityslinjoista painottuen rakennuksiin ja rakentamiseen. Näkemys esitetään muutostiekarttoina.

---

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>

---