



Yhteistä tulevaisuutta
rakentamassa ja
kartoittamassa

Yhteistä tulevaisuutta
rakentamassa ja kartoittamassa

Yhteistä tulevaisuutta rakentamassa ja kartoittamassa

Julkaisija	Metropolia Ammattikorkeakoulu, rakennus- ja kiinteistöala Bulevardi 31, 00180 Helsinki PL 4000, 00079 Metropolia
Kannen kuvat Ulkoasu ja taitto Piirokset ja kuvat	Hannu Hyyppä, Marika Ahlavuo Hannu Hyyppä, Matti Kurkela Hannu Hyyppä, Marika Ahlavuo, Juho-Pekka Virtanen & kirjoittajat
Kuvankäsittely	Hannu Hyyppä
Paino	Libris, Helsinki 2014
	ISBN 978-952-6690-52-0

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.metropolia.fi/koulutusohjelmat/rakennus-ja-kiinteistoala/julkaisut/

© 2014 Julkaisun tekijät ja Metropolia Ammattikorkeakoulu

Tämän teoksen kopioiminen on tekijänoikeuslain (404/61, muut. 712/96) ja valokuvain (405/61, muut. 446/95) mukaisesti kielletty. Teoksen valokopioiminen on kielletty, ellei valokopiointiin ole hankittu lupaa. Lisätietoa luvista antaa Kopiosto ry, www.kopiosto.fi. Teoksen tai sen osan digitaalinen kopiointi tai muuntelu on ehdottomasti kielletty.



Sisältö

Esipuhe

OSA I: UUDET TOIMINTATAVAT JA OSAAMINEN 11

Innovaatiokehitys uudistaa toimintatavat - rakennus- ja kiinteistöala muutoksessa 12
Hannu Hyypä, Marika Ahlavo, Pirjo Ståhle, Jukka Nivala, Mika Lindholm, Simo Hoikkala
Metropolia Ammattikorkeakoulu, Aalto-yliopisto

Osaaminen tulevaisuuden elinehtona ja voimavarana 21
Marika Ahlavo, Hannu Hyypä, Markku Markkula
Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Huippututkimuksesta huippuopetukseen 29
Hannu Hyypä, Marika Ahlavo, Antero Kukko, Mikko Vastaranta, Jorma Nevaranta, Juhani Talvela, Juho-Pekka Virtanen, Harri Kaartinen, Anttoni Jaakkola, Ninni Saarinen, Matti Kurkela, Tommi Hollström, Markus Holopainen, Petri Rönholm, Ville Saukko, Lars Miikki, Henrik Haggrén, Juha Hyypä
Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Helsingin yliopisto, Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Geodeettinen laitos, Adminotech Oy

Näkökulmia julkaisu- ja popularisointikulttuurin vaikuttavuudesta 38
Marika Ahlavo, Hannu Hyypä, Juha Hyypä, Antero Kukko, Juho-Pekka Virtanen, Ville Saukko, Juhani Talvela, Markus Holopainen
Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Geodeettinen laitos, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Helsingin yliopisto

OSA II: TUTKIMUS- JA KEHITYSPROJEKTIT 46

Älykkäät kaupungit toteutuvat uusilla toimintatavoilla ja tekniikoilla 47
Hannu Hyypä, Marika Ahlavo, Jukka Heinonen, Tommi Sulander, Markku Markkula, Juho-Pekka Virtanen, Lars Miikki
Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Islannin yliopisto, Helsingin yliopisto, Geodeettinen laitos, Järvelin Design Oy

Tarkat paikkatietomenetelmät parantavat ilmastonmuutoksen aiheuttamien luonnonvarariskien hallintaa 55
Marika Ahlavo, Hannu Hyypä, Juha Hyypä, Markus Holopainen, Mikko Vastaranta, Juho-Pekka Virtanen, Petteri Alho
Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Geodeettinen laitos, Helsingin yliopisto, Turun yliopisto

3D-virtuaalimaailmat muuttavat älykstä suunnittelua 65
Hannu Hyypä, Juho-Pekka Virtanen, Marika Ahlavo, Tapio Hellman, Tommi Hollström, Juha Hyypä, Markku Markkula, Jussi Lehtinen, Tapani Honkanen, Tuomas Turppa, Lingli Zhu
Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Adminotech Oy, Geodeettinen laitos, Espoon kaupunki

Monialaisesti ratkaisuja kaupungistumiseen – Energizing Urban Ecosystems 73
Juho-Pekka Virtanen, Hannu Hyypä, Marika Ahlavo, Markku Markkula, Lars Miikki, Juha Hyypä, Matti Kurkela, Pentti Launonen, Tommi Hollström
Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Järvelin Design Oy, Adminotech Oy

<u>OSA III: INNOVATIIVISTA KEHITTÄMISTÄ</u>	81
Fotogrammetrinen mittaus- ja mallinnusprosessi sisätilojen suunnittelussa ja muotoilussa	82
Matti Kurkela, Hannu Hyypä, Juho-Pekka Virtanen, Henrik Haggrén, Petri Rönholm, Marika Ahlavo, Matti Vaaja, Mika Lindholm Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu	
Näkökulmia pelinkehityksestä Unity 3D-pelimoottorilla	91
Tuomas Turppa, Hannu Hyypä, Harri Airaksinen, Marika Ahlavo, Juha Hyypä Metropolia Ammattikorkeakoulu, Aalto-yliopisto, Geodeettinen laitos	
Fotogrammetrian ja laserkeilausmallintamisen mahdollisuudet peliteknologiassa	112
Tuomas Turppa, Juho-Pekka Virtanen, Matti Vaaja, Hannu Hyypä, Marika Ahlavo, Matti Kurkela, Juha Hyypä Geodeettinen laitos, Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu	
Kellokoneisto – Unity-peliprojekti	123
Tuomas Turppa, Hannu Hyypä, Marika Ahlavo, Harri Airaksinen, Juho-Pekka Virtanen Geodeettinen laitos, Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu	
Näkökulmia Espoon rakennettuun digiympäristöön – nyt ja tulevaisuudessa	138
Heikki Kotkavuori, Mikko Holmberg, Hannu Hyypä, Marika Ahlavo, Lars Miikki, Mika Lindholm Metropolia Ammattikorkeakoulu, Aalto-yliopisto, Järvelin Design Oy	
Näkökulmia terveeseen taloon	152
Piia Hietsalo, Mika Lindholm, Marika Ahlavo, Hannu Hyypä Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu	
RFID rakennustuotannossa	162
Teemu Leppänen, Merwace Akbari, Marika Ahlavo, Hannu Hyypä, Mika Lindholm Metropolia Ammattikorkeakoulu, Aalto-yliopisto	
Maunulan keskustan kehittäminen	169
Sanni Levy, Kirsten Weiste, Marika Ahlavo, Mika Lindholm, Hannu Hyypä Metropolia Ammattikorkeakoulu, Aalto-yliopisto	
Kustaankartanon vanhustenkeskuksen ”Pihaprojekti”	182
Annika Ruokoniemi, Tommi Juutilainen, Juho-Pekka Virtanen, Mika Lindholm, Marika Ahlavo, Hannu Hyypä, Matti Vaaja Metropolia Ammattikorkeakoulu, Aalto-yliopisto	
Retrofitting and Rehabilitation of High Rise Fire Damaged Concrete Building	192
Haseeb Uz Zaman, Mika Lindholm Metropolia Ammattikorkeakoulu - HTW Berlin	
<u>OSA IV: RATKAISUJA</u>	201
Uudet tavat toimia – uniikit T&K-yhteistyöalustat ja niiden johtaminen	202
Hannu Hyypä Aalto-yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu	

Esipuhe

Metropolian rakennus- ja kiinteistöalalla on tehty pitkäjänteistä osaamisen kehittämistä yhteistyössä yritysten, yliopistojen, korkeakoulujen, tutkimuslaitosten, kaupunkien ja tutkimusrahoittajien kanssa. Käsissäsi on Rakennus- ja kiinteistöalan julkaisu numero 2, jota on valmisteltu vuosina 2012-2014. Julkaisu perustuu paljolti Metropolia Ammattikorkeakoulun rakennus- ja kiinteistöalan ja Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin sekä Geodeettisen laitoksen tutkimusverkostoon, yhteisiin poikkitieteellisiin avauksiin sekä hankkeisiin alan uudenlaisen yhteistyön vauhdittamiseksi.

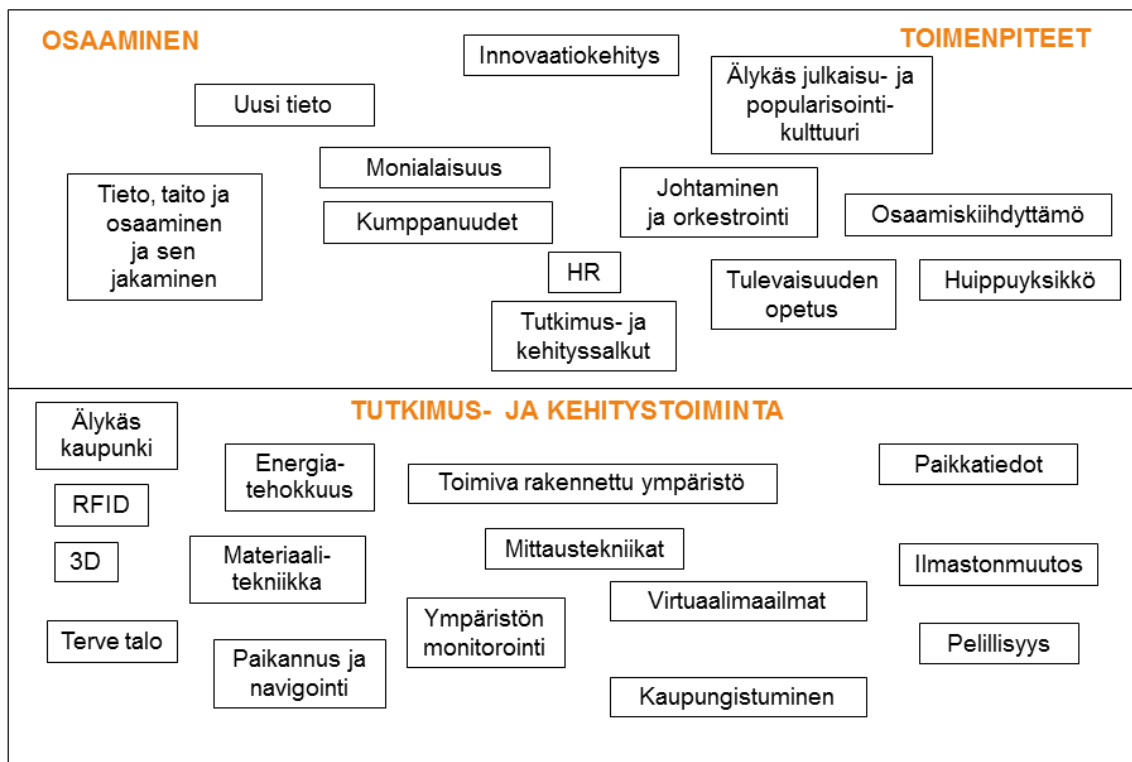
Tämä teos on jatkoa loppuvuonna 2012 ilmestyneelle ”Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä”-julkaisulle. Tarkoituksena on vastata siihen, kuinka korkeakoulut ja yliopistot tuottaisivat tulevaisuudessakin suomalaiselle rakennus- ja kiinteistöalalle osaajia, joiden avulla kehittäisimme kansainvälisesti kilpailukykyistä osaamista ja palveluja unohtamatta kotimaan rakentamisen laadun parantamista terveellisen ja turvallisen asumisen takaamiseksi.

Tavoitteenamme on kuvata ratkaisujamme huippuosaamisen ja erilaisten projektien tuloksetkaassa ja motivoivassa tekemisessä. Haasteena on saada uusi tieto kohtaamaan olemassa oleva pirstaloitunut tieto ja saada se tukemaan mm. rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden kehitystä. Olenaisen tiedon löytäminen ja analysointi jatkokäyttöön vaatii uudenlaista ja uudistuvaa toimintakulttuuria, jota olemme pyrkineet kuvaamaan myös tässä julkaisussa.



Julkaisu on jaettu neljään osaan, joissa ensimmäisessä hahmotetaan opetus- ja tutkimusorganisaation osaamista, innovaatiokehitystä ja siihen liittyvää johtamista sekä toimenpiteitä tekemisemme kehittämiseksi. Osaaminen näkyy lisääntyneenä verkottumisena, monialaisuutena sekä tiedon jakamisena ja näkyvyytenä. Tietojohtamisella päästään suunnitelmalliseen, oleellisen tiedon nopeampaan hyödyntämiseen. Julkaisussa esitetään toimintatapoja toimintaympäristön kehittämiseksi ja tulosten jakamiseksi. Toisessa osiossa on esitetty kärkeosaamistamme nykyisten muutamien T&K-hankkeiden myötä. Kolmannessa osiossa esittelemme mahdollisia tulevaisuuden nousevia osaamisia sekä parhaita ja kiinnostavimpia yhdessä tehtyjä opinnäytteitä sekä innovaatiotöitä. Julkaisussa kuvatut hankkeet ja projektit ovat olemassa olevaan yhteistyöhön pohjautuvaa sekä alueellisen toiminnan kehittämiseen ja parantamiseen liittyvää tekemistä. Eri osaajien yhteistyö ja vaihtuvat tilanteet vaativat uudenlaista osaamista ja kokonaisuuksien hahmottamista. Lopussa kuvataan lyhyesti ratkaisuja edellä esitettyihin haasteisiin.

Yritysten panos innovaatio- ja projektitöiden teettämisessä on korvaamattoman arvokasta, jota tieto liikkuu myös oppilaitoksiin ja rikastaa näin opetusta. Tämä julkaisu on syntynyt tarpeesta esitellä konkreettista tekemistä ja toimivaa yhteistyötä yli oppilaitosrajojen, ajankohtaisia innovatiivisia tutkimusaiheita ja sovelluskohteita. Metropolissa ovat yleistyneet myös monialaiset innovaatio- projektit, jossa esimerkiksi media-, hyvinvointi- ja rakennusala sekä Aalto-yliopisto ovat yhdistäneet osaamistaan ja tuottaneet rakennusosalalle hyödyllisiä selvityksiä ja käytännön ratkaisuja. Esimerkkeinä tehdystä T&K:sta ovat mm. tehdyt opinnäytetyöt ja innovaatioprojektit RFID-tekniologiasta, pelillisyydestä, terveestä talosta ja älykkäistä kaupungeista. Lisäksi kiinteässä yhteistyössä yritysten ja kaupunkien (mm. Espoo, Vantaa, Helsinki ja Järvenpää) on tehty kehityshakuisia projektitöitä, innovaatioprojekteja ja erilaisia opinnäytetöitä.. Näistä yhtenä esimerkkinä on Helsingin kaupungin senioriasumiseen liittyvä korjausehdotus Kustaankartanon vanhainkodin asumisviihtyvyyden parantamiseksi aktiivisemmän vanhuuden turvaamiseksi.



Yhteistä tulevaisuutta rakentamassa ja kartoittamassa-julkaisun rakenne.

Kiitämme julkaisun kirjoittajia, julkaisun tekemiseen osallistunutta laajaa verkostoa, projektien parissa työskennelleitä siitä, että he ovat panoksellaan tehneet mahdolliseksi tämän julkaisun. Eri-tyiskiitokset kuuluvat Maankäyttö-lehden päätoimittajalle Ari Laitalalle. Johtaja Seija Ristimäkeä kiitämme tämän julkaisun syntyyn liittyneistä ideoinneista ja esimerkeistä näkyvöittää T&K-osaamista. Lisäksi kiitokset FT Susanna Näreaholle ja FT Anna-Maria Vilkunalle monipuolisesta ja näkemykselli-

sestä T&K-osaamisesta ja lukuisista keskusteluista sekä yhteistyöstä liittyen tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaan ja sen kehittämiseen. Erityiskiitokset myös Dipolin johtavalle koulutuspäällikölle Merja Karivalolle vuosien varrella käydyistä keskusteluista ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun rehtorille Tapio Varmolalle esimerkistä edistää yliopistojen, ammattikorkeakoulujen ja kaupunkien yhteistä T&K:ta.

Kiitokset myös seuraaville tutkimustyön rahoittajille: Tekes (ÄRY, EUE), RYM-Shok (EUE, PRE, BIMCity, Sisäympäristö), Cleen (MMEA), Maa- ja metsätalousministeriö (GeoIT) ja Suomen Akatemia (3Dwiki, Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö, Kestävää aluesuunnittelua aluerakenteiden ja kulu-
tustottumusten välisten yhteyksien ymmärtämisellä).

Halumme on olla yhdessä vahva keskittymä rakennus- ja kiinteistöalalla välittämällä tutkimus- ja kehitysosaamistamme alan toimijoille. Suomessa T&K-toimintaa rahoitetaan paljolti julkisin varoin, joten tunnistamme myös yhteiskunnallisen vastuumme tiedon välittämisessä nopeammin kotimaisen yhteiskunnan energiaksi. Toivomme tämän julkaisun herättävän kiinnostusta ja keskustelua alalla. Mukavia lukuhetkiä.

Espossa 6.12.2014 Hannu Hyyppä, Marika Ahlavuo ja Mika Lindholm





1 Uudet toimintatavat ja osaaminen

Innovaatiokehitys uudistaa toimintatavat – rakennus- ja kiinteistöala muutoksessa

Hannu Hyyppä^{1,2}, Marika Ahlavuo^{2,1}, Pirjo Ståhle², Jukka Nivala¹,
Mika Lindholm¹, Simo Hoikkala¹

¹Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

²Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Maankäyttötieteiden laitos, Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti, Suomen Akatemian Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö

Tiivistelmä

Yhteiskunnan vahvat muutostrendit luovat rakennus- ja kiinteistöalalle paineita kehittää uusia toimintatapoja. Kaupungistuminen ja uudenlainen kaupunkisuunnittelukulttuuri, väestön ikääntyminen, kansainvälistyminen, kestävä kehitys ja muuttuva energia ovat esimerkkejä muutoksen ajureista, jotka pakottavat alan toimijat monialaiseen ja kansainväliseen yhteistyöhön. Kuvaamme tässä artikkelissa ensin rakennus- ja kiinteistöalan muutoksia ja niiden tuomia haasteita alan toimintatapojen uudistumiselle. Sen jälkeen tarkastelemme alan toimintaympäristöä innovaatioekosysteeminä ja sen tuomia edellytyksiä yhteistyölle.



Muuttuva liiketoimintaympäristö luo uusia osaamistarpeita

Kansainvälisen liiketoimintaympäristön muutokset vaikuttavat voimakkaasti rakennus- ja kiinteistöalan toimijoihin ja verkostoihin. Kiinteistöomistuksen arvopaperistuminen on vahva muutostrendi. Rahastojen ohella myös säätiöt hallitsevat yhä suurempaa osaa ammattimaisesta kiinteistöomistuksesta. Kiinteistöjen hoito taas on lisääntyvässä määrin ulkoistettu alan globaaleille palveluyrityksille. Kehitys on tuonut uusia haasteita alan toimijoille, esimerkiksi kiinteistösalkkujen tuottojen optimointi on mahdotonta ilman juridis-hallinnollista osaamista (Viitanen 2013).

Kiinteistö- ja rakennusalalle tarvitaan kiinteistöihin, rakennuksiin ja rakennettuun ympäristöön perehtynyttä monialaista henkilöstöä. On hallittava rakennusten elinkaariajattelu, kestävä kehitys, arktinen rakentaminen, puurakentaminen, energiatehokkuus, hiilijalanjälki, materiaaliteknologia, palvelumallit ja hankintamenettelyt sekä ryhmä- ja täydennysrakentaminen. Vahvan osaamisen lisäksi vaaditaan taitoa uudenlaisen tiedon nopeaan ja vaihtelevaan käytännön soveltamiseen yhä haastavammissa kohteissa. (ERA 17; ROTI 2013; Rakennetun ympäristön roadmap, 2011; Rakennettu ympäristömme nyt/2025). Älykkäässä rakennetussa ympäristössä yhdistyvät erilaiset näkökulmat kuten talous-, liikenne-, turvallisuus-, terveydenhuolto- ja koulutus, joten ajattelulle ja tiedon jalostumiselle on myös varattava oma paikkansa.

Yliopisto- ja korkeakoulukentässäkään roolit ovat muutoksessa. Meneillään oleva koulutus- ja rakenteiden uudistus antaa erinomaiset mahdollisuudet kehittää osaamista vastamaan yhteiskunnan tulevaisuuden tarpeita. Korkeakoulut ja yliopistot kehittävät ja pilotoivat jo nyt innovaatioita sekä kouluttavat moniosaajia, joilla on tarvittavaa media-, viestintä-, liiketoiminta-, ympäristö- ja palveluosaamista sekä design-taitoa työelämän tarpeisiin (Hyyppä ym., 2012).

Näin monimuotoinen kirjo osaamista edellyttää aina lukuisten asiantuntijoiden yhteistyötä, sillä kukaan ei voi hallita laajoja kokonaisuuksia yksin. Tästä seuraa, että ilman verkostoitumista ja yhteistyötä tuloksia on miltei mahdoton saavuttaa. Verkostot edellyttävät kuitenkin yksilöiltä paljon. Suurten kokonaisuuksien hallinta ja eri alojen riittävä ymmärtäminen oman erikoistumisen rinnalla on tärkeää kaikille verkoston toimijoille, mikä tulee ottaa huomioon sekä koulutus- että yrityspuolella.



Maailman moninaiset muutostrendit vaikuttavat voimakkaasti rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuteen.

Myös uudet palveluratkaisut edellyttävät yhä enemmän yhteistoimintaa. Julkisen sektorin laajat hankinnat ovat tuoneet uusia toiminta- ja rahoitusmalleja, kuten lean-ajattelu ja elinkaarimalli, joista jälkimmäinen on suomalainen versio kansainvälisestä Public Private Partnership (PPP) -mallista. Elinkaarimallissa rakentaja vastaa kohteen toimivuudesta, ylläpidosta ja sitä tukevista palveluista ja tilaaja puolestaan sitoutuu hankkeeseen pitkäaikaisella vuokrasopimuksella. Näin kustannustietoisuus laajenee kattamaan koko elinkaaren. Suomessa elinkaarirakentamista on sovellettu mm. kouluihin, sairaaloihin ja tiehankkeisiin. Esimerkkejä ovat Kuninkaantien lukio, Espoon liikunta-

keskus sekä Valtatie 4 välillä Järvenpää-Lahti. Suurten hankkeiden riskejä ja onnistumisia jaetaan toimijoiden kesken uusilla allianssimalleilla, jolloin yhteenliittymillä voidaan hyödyntää optimaalisesti kaikkien osapuolten vahvuudet.

Teknologinen kehitys muuttaa toimintatapoja

Digitaalinen vallankumous läpäisee tätä nykyä koko yhteiskunnan, kansalaisten työn ja vapaa-ajan kaikki alueet. Kehityksen myötä on jo syntynyt uudenlaisia toimintatapoja, esim. erilaiset living labit, mobiilisovellukset ja virtuaaliset oppimisympäristöt. Haaste on edelleen saada ne tuottamaan viihdearvon lisäksi aitoa hyötyä käyttäjilleen. (Ahlavuo ja Hyyppä, 2010)

Koteihin ja asumiseen liittyvä älykkyys liittyy digitaalisuuden kokonaisten kaupunkien toimivuuteen. Älykkäissä ympäristöissä ja kaupungeissa otetaan huomioon asukkaiden viihtyvyyteen ja elinympäristöön liittyvät toiveet. Luovuus, sosiaaliset innovaatiot ja verkostot toimivat kaupungin kehityksen runkona. Älykkyydellä vaikutetaan myös rakennuksien elinkaareen. Tällöin rakennuksien ja ympäristön mittarointi, anturointi ja muu big data tuottavat jatkuvasti ajantasaista tietoa, jota monitoroimalla korjaustoimenpiteet voidaan ajoittaa oikein. (Finnsight 2015; Nurmi ym. 2010)

Sähköinen asiointi tuli mahdolliseksi kiinteistökaupoissa vuoden 2013 marraskuussa. Suomesa esimerkki kiinteistötekniikan huippuosaamisesta on toimiva, laadukas ja Euroopan mittapuussakin moderni kiinteistöjärjestelmä.

3D-kiinteistöjen luominen edellyttää tulevaisuudessa vankkaa yhteistyötä toimitusinsinöörien, rakentajien, kaavoittajien ja rakennusvalvonnan välillä. Nivoutuessaan 3D-kiinteistöihin kiinteistöjärjestelmä ja tarkat paikkatiedot avaavat myös kiinteistöarviointiin ja -johtamiseen uusia näkökulmia. (Vitikainen, 2013)

Kestävä kehitys ja ympäristötietoisuus suuntaavat kehitystä

Uudet palvelut tulevat nopeasti rakennus- ja kiinteistöalalle. Anturi-, mittarointi- ja RFID-tekniikan hyödyntäminen kiinteistöjen valvonnassa, rakenteiden kunnan arvioinnissa, kulunvalvonnassa ja ostoskäyttäytymisen seurannassa lisääntyvät jatkuvasti. Palvelujalanjälki auttaa palautteen kohdistamisessa ja digitaalikamerat toimivat virtuaalivartijoina. Kehityksen myötä lainsäätäjien ja kiinteistön haltijoiden on osattava myös ennakoida uuden tekniikan potentiaalisia riskejä, joista suurin liittyy yksityisyyden suojaan.

Ympäristötietoisuus lisää panostuksia rakentamisen laatuun ja terveelliseen asumiseen sekä luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen. Ympäristövaikutusten seurantaan tullaan tiukentamaan melutason, pölyn, tärinän, kemikaalipäästöjen, veden kulutuksen, pohjaveden ja vesistöjen suojelun sekä rakennusaikaisten ympäristövahinkojen ehkäisyn osalta. Energiatietoisuus kohdentuu rakentamisen energiatehokkuuteen ja lähienergiaan, jonka kysyntä lisääntyy, kun omaa hiilijalanjälkeä halutaan pienentää.

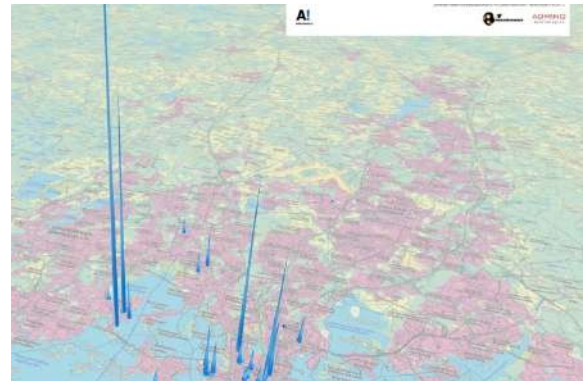
Kotimaassa kaupunkirakenteen tiivistämisellä pyritään kehittämään yhdyskuntia täydennysrakentamisen keinoin. Tiivistämisen tavoitteena on energian säästäminen, päästöjen vähentäminen ja tehokkuuden parantaminen. Uudet toiveet ja asukkaiden aktiivisuus ovat jo muuttaneet asuinalueiden toimintaa enemmän dialogia painottavaksi; esimerkkeinä tästä ovat Suurpelto, Maunula,

Sundsberg ja Sipoon Sibbesborg (Hyyppä ja Ahlavo, 2013). Seniorirakentamisen palvelumuotoilusta hyvä esimerkki on Kustaankartano.

Alueet muodostavat innovaatiokeskittymiä

Alueet ovat ratkaisevassa roolissa osaamisen jalostamisessa. Alueellisten kokonaisuuksien muodostamisessa innovaatiokeskittymissä saadaan smart city -ajattelua siirrettyä kaupungin toimintoihin. Alueellinen kokonaisuus vetää puoleensa osaamista, investointeja ja pääomia sekä keskeisiä resursseja yhteiskunnallisesti merkittävien haasteiden ratkaisemiseksi. Alueellisen toiminnan tulisi auttaa meneillään olevia ja käynnistyviä T&K-hankkeita ja tukea niitä uudenlaisen yhteisöllisyyden, palveluinnovaatioiden, digitalisoinnin ja elävän kaupunkikulttuurin osalta. Alueen innovaatiokyvyyden nostamiseksi tarvitaan uusia yhdessä tekemisen tiloja ja toimintatapoja, jotka kannustavat eri tahoja uutta luovaan, rikastavaan vuorovaikutukseen ja uutta osaamista tuottavaan yhteistyöhön. (Miikki, 2013)

Monet tutkimusohjelmat kehittävät kaupunkeja ja rakennetun ympäristön laatua yhdistämällä urbaanin ympäristön toimintaedellytyksiä ja tekniikan mahdollisuuksia. Suomen suurimmissa kaupungeissa yhteistyötä on tiivistetty kaupungin, koulutus- ja tutkimusorganisaatioiden ja alueen yritysten kanssa. Uudenlaista kaupunkitutkimusta ja moniosaamista tarvitaan myös asukkaiden, kaupungin virkakoneiston ja päätöksenteon tueksi.



Euroopan Unionin alueiden komitea tarjoaa kansallisille alueviranomaisille mahdollisuuden vaikuttaa EU:n digitaalistrategiaan ja yhteiskunnallisten innovaatioiden syntyyn.

Teknologia tukee uudenlaisia palvelukonsepteja

Alueellinen tietomallintaminen muuttaa suunnittelukäytäntöjä ja toimintatapoja. Lähtökohtana ovat olemassa olevat kartta-, rakennus- ja paikkatiedot sekä suunnitelmat, jotka mahdollistavat tarkan virtuaalisen suunnittelun yksityiskohdista laajoihin alueisiin. Virtuaalinen suunnittelu yhdistää alueen dynamiikan, tietomallintamisen ja visualisoinnin useasta näkökulmasta. Hyvin suunnitellulla, tarvittaessa mittatarkalla ja nopealla visualisoinnilla voidaan rakentamisessa säästää merkittävästi.

Virtuaalimaailmojen ja -tilojen tavoitteena on edistää uusia palvelukonsepteja, kuten tilan muunneltavuutta. Virtuaalinen ja fyysinen tila luovat uutta liiketoimintaa sekä lisäävät tilojen käytet-

tävyttä. Esimerkiksi luokka- ja luentotilat kaipaavat edelleen interaktiivisia toimintoja ja virtuaalisia oppimisympäristöjä. Ulkomaiset tekniikan yliopistot ja korkeakoulut ovat panostaneet jo vuosia virtuaalisiin oppimisympäristöihin ja MOOC:iin (Massive Open Online Course). Vaikka Suomessa panostus on vielä vähäistä, myös hyvän suomenkielisen oppikirjamateriaalin osalta, globaalin opettamisen ja oppimisen raja-aidat ovat meilläkin madaltumassa (Laitala, 2014).

Palvelumuotoilu tulee nopeuttamaan rakennetun ympäristön suunnittelua ja on jo rantautunut osaksi rakennetun ympäristön suunnittelua. Rakennettu ympäristö on solmukohta, jossa sekä käyttäjien että koko yhteiskunnan tarpeet ja ratkaisut kohtaavat. Seurauksena syntyy yhteiskunnallisia innovaatioita ja uudenlaisia vientituotteita. Käyttäjän tarpeisiin mitoitettut tilat ja kiinteistökohteen asiakaskeskeinen ylläpito ovat keskeinen osa kiinteistöliiketoimintaa (Hyyppä ja Ahlavo, 2013). Käyttäjä- ja kuluttajalähtöisyys on noussut yhdistäväksi tekijäksi, kun kiinteistö- ja rakennusalan toimijat kartoittavat muutostarpeitaan. Kuntalaisten aktiivisuus palveluiden ja toiminnan kehittämisessä on kunnalle erittäin tärkeää, koska hyöty näkyy konkreettisesti palveluiden tasossa. Lisäksi palvelumuotoilu tukee kuntaa strategisten kehityskohteiden valinnassa ja kehittämisessä. Kuntalaisen demokraattinen oikeus osallistua alueelliseen päätöksentekoon helpottuu nykyteknologian myötä. Osallistuminen alueen ja rakennusten suunnitteluun mahdollistuu, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi vaikuttamista vuokra- ja omistusasuntotuotantoon, valituille käyttäjäryhmille suunnattuun ”täsmärakentamiseen” ja alueelliseen viihtyvyyteen.



Tilat ovat jatkuvassa murroksessa. Berliinin Sony Center ja Seinäjoen pääkirjasto ovat muotoutuneet monikäyttöisiksi ja idearikkaiksi viihtymiskeskuksiksi.

Innovaatioekosysteemit synnyttävät uutta osaamista

Paineet osaamisen jakamiselle, vuorovaikutukselle ja monialaiselle yhteistyölle ovat kasvaneet, kuten edellä kuvatut kehitystrendit osoittavat. Osaamistason ylläpito uusien haasteiden pohjalta vaatii ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen aktiivisuuden lisäksi myös yritysten aktiivisuutta tavoitteiden ja tekemisen yhdistämiseksi. Innovaatioekosysteemin osaamista, tekemistä ja resursseja pitää osata hyödyntää entistä enemmän. Perinteinen toiminta ei enää riitä, vaan tulokset edellyttävät uudenlaisia taitoja, mm. tiedon ja osaamisen jalostamista ja hankkeiden tehokasta orkestrointia.

Tulevaisuuden haasteisiin vastataan verkostojen ja uusien kytkentämekanismien avulla. Yhteistyö opetus-, tutkimus-, kehitys ja yrityspuolella synnyttää konsortioita, joissa ympäröivän alueen eri toimijoiden intressit yhdistyvät laaja-alaisesti. Metropolia Ammattikorkeakoulun suunnitteilla olevat osaamiskiihdyttämöt tai osaamot sekä Aalto-yliopiston instituutit, Factoryt ja Urban Mill sekä uuden sukupolven virtuaalimaailmat ovat tästä kehityksestä hyviä esimerkkejä.

Globaali talous muodostaa maailmanlaajuisen verkoston, jossa voimavarat keskittyvät maailman suurille metropolialueille. Kun saman toimialan yritykset hakeutuvat toistensa lähelle, koko toimialan osaaminen alueella kehittyä, mikä vetää puoleensa teollisuuden tarvitsemia ammattilaisia. Tällainen kasaantumiskehitys ja sen positiiviset seuraukset on tunnettu jo pitkään (Marshall, 1890).

Innovaatiokeskittymät tuottavat uutta osaamista ja siihen perustuvia innovaatioita suotuisan paikallisen ”ekosysteemin” ansiosta. Termi ekosysteemi on verrattain uusi kaupunkitutkimuksessa. Innovaatioekosysteemissä on kyse etenkin suhteista. Sitä voidaan kuvata dynaamisena verkostona, jossa toimijat ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa keskenään – se voi viitata esimerkiksi paikallisiin klustereihin, globaaleihin verkostoihin tai jopa teknologialustoihin. Alueen menestykseen vaikuttavat voimakkaimmin kaksi asiaa: edellytykset, jotka paikallinen ekosysteemi tarjoaa alueen osaamisen ja siihen perustuvan liiketoiminnan kehittämiseksi, sekä se, miten tiiviisti alue on kytkeytynyt maailmanlaajuisiin arverkostoihin. (Oksanen ja Stähle 2014)

Etzkowitzin ja Leydesdorffin (1997 toim.) mukaan uusi tieto tuotetaan yhteiskunnassa yhä useammin yliopistojen, elinkeinoelämän ja julkisen hallinnon välisessä yhteistyössä (ns. kolmoiskierre eli Triple Helix). Näin syntyy tiedon tuottamista tukevia rakenteita, verkostoja, tutkimusryhmiä ja yhteisessä ohjauksessa toimivia organisaatioita. Yliopisto ja muut tietointensiiviset laitokset kehittävät ja tuovat järjestelmään uutta osaamista, elinkeinoelämä hyödyntää uutta osaamista ja julkinen sektori toimii innovatiivisen toimintaympäristön mahdollistajana (Leydesdorff ja Mayer 2006). Kolmoiskierroille on ominaista, että a) yliopistoilla on entistä suurempi ja pysyvämpi rooli innovaatiotoiminnassa, b) innovaatiot nähdään kolmen institutionaalisen tahon yhteistyön tuloksena ja c) institutionaalisten toimijoiden roolit ovat osin päällekkäisiä, sillä perinteisesti elinkeinoelämälle ja julkiselle hallinnolle kuuluvia rooleja on siirtynyt yliopistolle (Etzkowitz ja Klofsten 2005). Suomessa esimerkiksi Oulun kaupunki, Oulun yliopisto, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, VTT ja Technopolis Oyj tekivät strategisen sopimuksen, jossa innovaatiotoimintaan osallistuvia toimijoita ja siihen vaikuttavia institutionaalisia elementtejä on jäsennetty kolmoiskierrojen avulla (Klemetilä 2009). Triple Helix-mallia kehitetään aktiivisesti, ja siihen on viime aikoina liitetty myös kehittämisen tilat (Triple Helix Spaces). Tietämys-, innovaatio- ja yhteisymmärryksen tilat kuvaavat prosesseja ja mekanismeja, joilla institutionaalinen vuorovaikutus ja yhteistyö kehittyvät (Etzkowitz ja Ranga 2010). Tietämys-tila, knowledge space, on yliopistojen, tutkimuslaitosten ja T&K:n sekä taide- ja kulttuuritoimijoiden muodostama tila, jossa korostuvat sekä tutkimuksen ja koulutuksen rooli että inhimillisen pääoman kriittinen massa (Oksanen ja Stähle 2014).

Innovaatiokeskittymän kehittämisen kannalta on tärkeää kehittää erilaisia virtuaalisia ja fyysisiä tiloja (yrityskampukset, hubit ja ”protomot”), lisätä eri kehittäjätahojen yhteisiä hankkeita ja yhteistyötä sekä käynnistää kansalaisia osallistavia palveluita ja prosesseja. Alueen koulutus-, tutkimus- ja kehittämisorganisaatiot – esimerkiksi yliopisto, ammattikorkeakoulu, ammattioppilaitos, kehittämisyritykset, kaupakamari ja yrittäjäjärjestöt – pystyvät käyttämään hyväkseen näitä luovia ympäristöjä. (Hautamäki ja Oksanen 2012)

Innovaatiokeskittymän toimintaan vaikuttavat lukuisat toimijat ja niiden intressit, ja siksi järjestelmän kehittäminen ei onnistu suoraviivaisesti ylhäältä alaspäin. Innes ja Booher (2010) ovat hahmottaneet toimintamallin, jota he kutsuvat yhteistyörationaalisuudeksi (collaborative rationality). Yhteistyörationaalisuus syntyy, kun kaikki intressiryhmät sitoutuvat yhteiseen dialogiin, jossa ne voivat tuoda esiin omat näkökulmansa ratkaistaviin kysymyksiin. Dialogi onnistuu vain, jos kaikki osapuolet ovat hyvin informoituja, saavat tilaisuuden ilmaista näkökulmansa ja tulevat kuulluksi riippumatta asemastaan.

Launonen ja Viitanen (2011) argumentoivat, että useimmat ekosysteemit tarvitsevat erillisen ydinorganisaation, jolla on päävastuu systeemin suunnittelu-, organisointi-, kehitys- ja yhteistyötehtävistä. Käytännössä ydinorganisaation rooli on hallita muutosta, rakentaa kumppanuuksia ja brändejä sekä koordinoita ja kanavoita erilaisia pääomia alueelle ja alueella. Onnistumiselle keskeistä on erityinen systeemisen kehittämisen ja hallinnan ote. Esimerkiksi metropolialueen INKA-aiehakemuksessa argumentoitiin, että vastuuorganisaation on kyettävä sekä joustavasti ja uudistavasti tuottamaan ideoita että yhdistämään erilaisia osaamisia ja toimijoita. Innovaatiokeskittymän koordinointi- ja orkestrointi toteutetaan usein hankkeina, jotka muodostavat suuria kokonaisuuksia, joten ydinorganisaation tulee olla kyvykäs mobilisoimaan paikallisesti laajoja voimavaroja. (Oksanen ja Ståhle 2014)

Innovaatiokeskittymien ja -ekosysteemien rakentaminen globaalissa taloudessa, jossa liikkuvuus on entistä helpompaa, ei voi onnistua pelkästään kehittämällä TKI-infrastruktuuria, vaan viime kädessä kysymys on siitä, minne osaajat haluavat asettua. Kiinnostavat työpaikat ovat merkittävä vetovoimatekijä, mutta yhä tärkeämmäksi on muodostumassa alueen mahdollistama elämän laatu. Alueen vetovoimaisuus rakentuu useasta tekijästä, joita ovat esimerkiksi hyvät julkiset palvelut (koulut ja terveydenhoito), hyvät liikenneyhteydet, monipuolinen ja vilkas kulttuurielämä, hyvät vapaa-ajan viettomahdollisuudet, turvallisuus sekä puhdas ja kaunis ympäristö (Hautamäki, 2007). Vetovoimaisuuden moniulotteisuus osoittaa, että kuntien ja kaupunkien rooli innovaatiokeskittymien rakentamisessa on ratkaiseva.

Ajankohtaista on kyetä vastaamaan siihen, miten alueen rakennettu ympäristö voi tukea arvoa tuottavaa yhdessäoppimista ja yhdessätekemistä tuottaen uusia kestäviä ratkaisuja, innovaatioita ja kyvykkyksiä. Rakennus- ja kiinteistöala on läsnä arjessa 24/7, sisältäen työn ja vapaa-ajan kaikki osa-alueet, joten sen hyödyntäminen yhteiskunnan eri alueilla on välttämätöntä. Tämä tapahtuu innovativisuuden ja avoimen yhteistyön voimin.

Kiitokset

Kiitämme tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem EUE), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemia (Laserekeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

- Ahlavuo, Marika ja Hyyppä, Hannu. 2010. Tulevaisuuden elinehto: Tiedon, taidon ja osaamisen välittäminen. Maankäyttö 4/2010. 37-40.
- ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017 –toimintaohjelma. 2010. Kirsi Martinkauppi (toim), erillisjulkaisu, Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes. 92 s.
- Etzkowitz, Henry ja Klofsten, Magnus. 2005. The innovating region: toward a theory of knowledge-based regional development. R&D Management, 35 (3), 243-255.
- Etzkowitz, Henry ja Leydesdorff, Loet (toim.).1997) Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix University-Industry-Government Relations. Pinter, London.
- Etzkowitz, Henry ja Ranga, Marina. 2010. A Triple Helix system for knowledge-based regional development: from “spheres” to “spaces”. Paper to The Triple Helix VIII International Conference on University, Industry and Government Linkages. Madrid, Spain.
- Finnsight 2015. 2006. Tieteen, teknologian ja yhteiskunnan näkymät. Suomen Akatemia. Tekes.
- Hautamäki, Antti. 2007. Innovaatioiden ekosysteemi ja Helsingin seutu, Maailmanluokan innovaatioekologian rakentamisen lähtökohtia. Helsingin kaupungin tietokeskus, Tutkimuskatsauksia 1/2007.
- Hautamäki, Antti ja Oksanen, Kaisa. 2012. Suuntana innovaatiokeskittymä. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Hyyppä, Hannu (toim.). 2012. Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä. Metropolia Ammattikorkeakoulu, rakennus- ja kiinteistöala. 64 s.
- Hyyppä, Hannu ja Ahlavuo, Marika. 2013. Käyttäjälähtöisyys ja monialaisuus kiinteistö- ja rakennusalan tulevaisuutena. Maankäyttö 2/2013 20-23.
- Hyyppä, Hannu, Ahlavuo, Marika ja Hyyppä, Juha. 2014. Innovatiivinen opetus- ja tutkimusekosysteemi. Teoksessa Kestävä innovointi - Oppimista korkeakoulun ja työelämän dialogissa, toimittaneet Tiina Rautkorpi, Arto Mutanen ja Liisa Vanhanen-Nuutinen. Metropolia Ammattikorkeakoulun julkaisusarja. Taito-työelämäkirjat 7 2014. 238-258.
- Innes, Judith E. ja Booher, David E. 2010. Planning with complexity, An introduction to collaborative rationality for public policy. London, New York: Routledge.
- Klemettilä Jukka. 2009. Oulun innovaatiokeskittymä – yhteistyön seuraava askel. Oulu Innovation, 22.10. 2009. <http://www.interregnord.com/media/24344/jukka%20klemettila%20221009.pdf>
- Laitala, Ari. 2014. MOOCit ovat täällä. Maankäyttö 2/2014. 28-30.
- Launonen, Martti ja Viitanen, Jukka. 2011. Hubconcepts. The Global Best Practice for Managing Innovation Ecosystems and Hubs. Helsinki: Hubconcepts Inc.
- Leydesdorff L. ja Mayer M. 2006. Triple Helix Indicators of Knowledge-based Innovation Systems: Introduction to the special issue. Research Policy, vol 35, iss. 10. 1441-1449.
- Marshall, Alfred. 1890. Principles of Economics. London: Macmillan and Co.
- Miikki, Lars. 2013. DI Lars Miikin haastattelu, Urban Mill 22.2.2013.
- Miikki, Lars. 2014. DI Lars Miikin haastattelu, Urban Mill 16.4.2013.
- Nurmi, Timo, Vähätalo, Mikko, Saarimaa, Riikka ja Heinonen, Sirkka. 2010. Ubitrendit 2020: Tulevaisuuden ubiteknologiat. Kehityskulkuja, sovelluksia, trendejä sekä heikkoja signaaleja. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto. Tutu e-julkaisuja 4/2010. 99 s.
- Oksanen, K. ja Ståhle, P. 2014. Innovaatiotoiminnan kriteerit maakunnallisen päätöksenteon ja kehittämisen näkökulmasta. Julkaisematon raportti. Uudenmaan liiton työpaja 29.4.2014.

Rakennetun omaisuuden tila 2013 – ROTI. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto). 52 s.

Rakennetun ympäristön roadmap loppuraportti. 2011. Miimu Airaksinen, Olli Hietanen, Ari-Pekka Manninen, Kari Reijula ja Terttu Vainio. Toimittanut Suvi Nenonen. Tekesin loppuraportti 5/2011. Helsinki. 84 s.

Rakennettu ympäristömme nyt / 2025. 2011. Kiinteistö- ja rakentamisfoorumi. Toim. Juha Salmi, Jukka Pekkanen, Katja Lindroos. 52 s. Helsinki.

Viitanen, Kauko. 2013. Professori Kauko Viitaseen haastattelu, Aalto-yliopisto 21.2.2013.

Vitikainen, Arvo. 2013. Professori Arvo Vitikaisen haastattelu, Aalto-yliopisto 21.2.2013.



Osaaminen tulevaisuuden eilinehtona ja voimavarana

Marika Ahlavo^{1,2}, Hannu Hyyppä^{1,2}, Markku Markkula¹

¹Aalto-yliopisto, Suomen Akatemian Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

Tiivistelmä

Suomi on sijoittunut erinomaisesti tai hyvin useimmissa kansainvälisissä kilpailukykyvertailuissa jo liki 20 vuoden ajan. Kansakuntana emme kuitenkaan ole onnistuneet siirtämään tätä menestystä työelämän hyväksi tuottavuudeksi. Globalisaatio on merkinnyt siirtymistä dynaamisten arvoverkostojen aikakauteen, jossa digitalisaatio on muutosta vauhdittava tekijä ja ihmisyhteisöjen henkinen hitaus uudistua on kehitystä estävä tekijä. Tässä artikkelissa analysoimme työelämän työkuulttuurista muutosta. Kuinka yksilöiden, yhteisön, organisaation, kumppanien ja sidosryhmien osaaminen saadaan jalostumaan ja välittymään tarvitsijoiden kesken? Mikä on kriittinen osaaminen ja mitkä ovat osaamistarpeet? Kuinka tunnistetaan ja yhdistetään uudenaikainen osaaminen?



Digitalisaatio mahdollistaa uuden yhdessätekemisen työkuulttuurin

Pääministeri Matti Vanhasen johdolla toiminut Tietoyhteiskuntaneuvosto määritteli vuonna 2005 vision suomalaisesta työelämästä 2015 seuraavasti: ”Suomi asemoituu vuonna 2015 kansainvälisen kehityksen kärkeen työkuulttuurin kehittyneisyyttä vertailtaessa. Menestyksen avaintekijäksi on noussut työyhteisön osaamispääoma, johon vaikuttavat erityisesti yhteisön ja yksilöiden systemaattinen ammatillinen kehittyminen ja uudistumiskyky sekä prosessien dynaaminen hallinta. Muita suomalaisille tyypillisiä menestystekijöitä ovat rakenteellista pääomaa kuvaavat tekijät, kuten kehittäjäverkostot, asiakasverkostojen käyttö sekä arvoverkkoihin pohjaava ansaintalogiikka.” (Tietoyhteiskuntaneuvosto, 2005)

Tuon määrittelyn jälkeinen globaali kehitys on osoittanut, että visiossa oli oikeat ainekset. Suomalainen työelämä ei kuitenkaan ole kyennyt panemaan täytäntöön tuon vision aineksia. Mitä tulisi siis tehdä?

Digitalisaation aiheuttama muutos korkeakoulukentässä on haasteellinen, mutta tarjoaa alan toimijoille ja osaamisen hyödyntämiselle mahdollisuuksia. Toimintatavat muuttuvat jatkuvasti. Rat-

kaisevinta on menestystekijöiden haltuunotto kokonaisuutena. Sen tärkeimmät osatekijät ovat työyhteisön yhdessä tekemisen kulttuuri, ICT:n tehokkaan käytön avulla saavutettava tuottavuus ja tietämyksen hallinta sekä verkostotoiminnalla saavutettava innovatiivisuus ja uudistumiskyky. Yhdessä tekeminen ja kyky jakaa osaamista on mahtava voimavara, kun työskennellään hektisessä ja alati muuttuvassa ympäristössä.

Useat insinöörit olivat aiemmin moniosaaja. Nykyään alat ovat pirstouneita ja laaja-alaisia, uudistuvaa tekniikkaa hyödyntäviä osaajia on jatkuvasti vähemmän. Perinteisillä insinöörialoilla on suलाuduttava osaksi julkisen ja yksityisen sektorin toisiinsa kytkeytyvää tulevaisuuden liike-elämää. Tietoa kerätään uudella teknologialla ja kerättyä tietoa analysoidaan ja jalostetaan erilaisissa monialaisissa konteksteissa. Työntekijän osaamiseen on työuralla useimmiten jäänyt aukkoja. Tekniikat ovat kehittyneet ja projektyössä aika on kortilla. Työtä on voitu tehdä perinteisesti totutulla kaavalla, jota on lähes mahdotonta yksin lähteä muuttamaan.

Hyvä teoriapohja yhdistettynä käytännön osaamiseen on välttämätöntä. Työyhteisön toiminta on tarpeen nähdä monien rinnakkaisten prosessien muodostamana kokonaisuutena. Yksilöiden osaamisen kasvattaminen vaatii esimiehiltä tarvittavan osaamisen tason tunnistamista. Tiimien osaamisen tulee tukea eri osaamisalueita. Työyhteisön johdon on oltava selvillä osaajien tietotaidosta, jotta se saadaan jalostettua nopeasti organisaatiota ja asiakasta kiinnostavaksi. Hiljainen tieto on saatava näkyväksi ja laajemmin käyttöön organisaatiossa. Osaamisen kehittämistä voidaan osaamiskartoitusten lisäksi toteuttaa ns. osaamissalkulla, jolla yksilön tämän hetkistä osaamista ja toiminnan vaikuttavuutta kuvataan.

Osaamispääoman tärkeys on korostunut yritysmaailman siirtyessä tuotannosta palveluihin ja tietotoimintaan. Osaamispääoma on Otalan (2008) mukaan jaettavissa henkilö-, rakenne- ja suhdempääomaan. Henkilöpääoma koostuu organisaation ihmisistä, heidän osaamisestaan, motivaatiostaan ja sitoutumisestaan organisaatioon. Henkilöpääoma on edelleen jaettavissa henkilöiden määrään ja laatuun, osaamiseen, ammattitaitoon, luovuuteen ja innovatiivisuuteen, innostukseen, sitoutumiseen ja motivaatioon. Yksilöiden henkilökohtaiset ominaisuudet kuten asenne, tahto, taidot, kokemus, tiedot, kontaktit ja verkostot vaikuttavat henkilöpääomaan. Rakennepääoma koostuu teknologiasta, tietoverkoista, henkisistä rakenteista, järjestelmistä ja toimintatavoista. Suhdepääoma (Ojala 2008) koostuu suhteista avainasiakkaisiin, kumppaneihin, osaamisen tuottajiin ja osaamisyhteisöihin sekä henkilöstön osallistumisesta verkoston sosiaalisiin ammatillisiin yhteisöihin. Tämän osaamisen hyödyntämisessä tarvitaan entistä enemmän suurten kokonaisuuksien hahmottamista, orkestrointia ja monialaista osaamista.

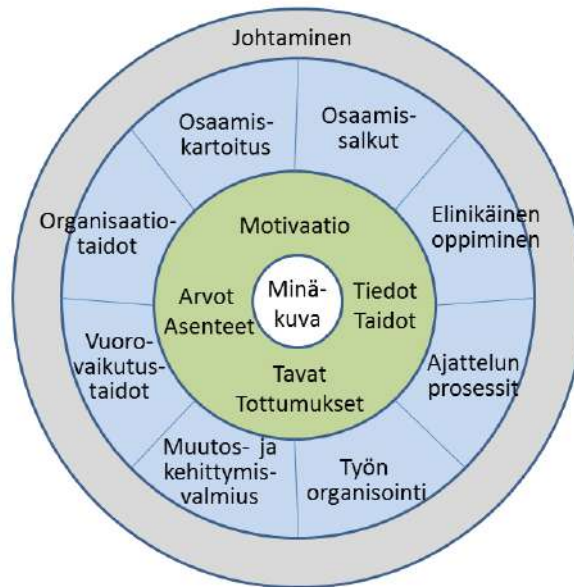
Verkostoituminen tukemaan uudistumista

Tavoiteltava työyhteisön muutos on mahdollista saavuttaa hyödyntämällä nopeasti tapahtunutta ICT:n kehitystä. Verkostoituminen merkitsee sekä henkisten kehittäjäverkostojen rakentamista että virtuaalisten työkalujen käyttöönottoa. Muutosta hidastava ja jopa estävä tekijä on kuitenkin ihminen: niin yksilö- kuin yhteisötasolla työ- ja toimintatapojen muutos tapahtuu hitaasti. Menestyminen globaalissa kilpailussa kuitenkin vaatii muutosta.

Työyhteisön muutos mahdollistaa uudet liiketoimintarakenteet ja -menetelmät. Tiedon digitaalisuus sekä tietoverkkojen ja niihin kytkeytyvien laitteiden monipuolistuva käyttö mahdollistavat muutoksen kohti uudenlaista yhteisöllisyyttä ja verkottunutta globaalia toimintakulttuuria. Tietämyk-

sen hallinta on olennainen osa jokaisen työyhteisön ja jokaisen tietoammattilaisen toimintaa. Yksilön ja työyhteisön menestys perustuu pitkäjänteiseen osaamisen lisäämiseen, jossa tietojen, menetelmien ja prosessien hallinta on ratkaisevaa. Luovuus ja näkemyksellinen tietämys korostuvat. (Tietoyhteiskuntaneuvosto, 2006)

Verkostoissa työntekijät ja opiskelijat viestivät sidosryhmilleen organisaationsa johtamistavasta, työkuulttuurista ja innovatiivisuudesta. Verkostojen toimivuutta voi hyödyntää suunnitelmallisesti paitsi organisaation sisällä myös eri toimijoiden välillä. Tarpeellisen tiedon oikea-aikaisuus ja nopea reagoitihalukkuus tietoon omien kiireiden ja rutiinien keskellä vaatii harjoittelua. Uudenlaisia mahdollisuuksia syntyy, kun tietoa dokumentoidaan ja reflektoidaan eri toimijoiden kesken. Tieto ja osaaminen alistetaan laajemmalle käsittelylle, jolloin tieto ja osaaminen jalostuvat yhteiseksi tekemiseksi.



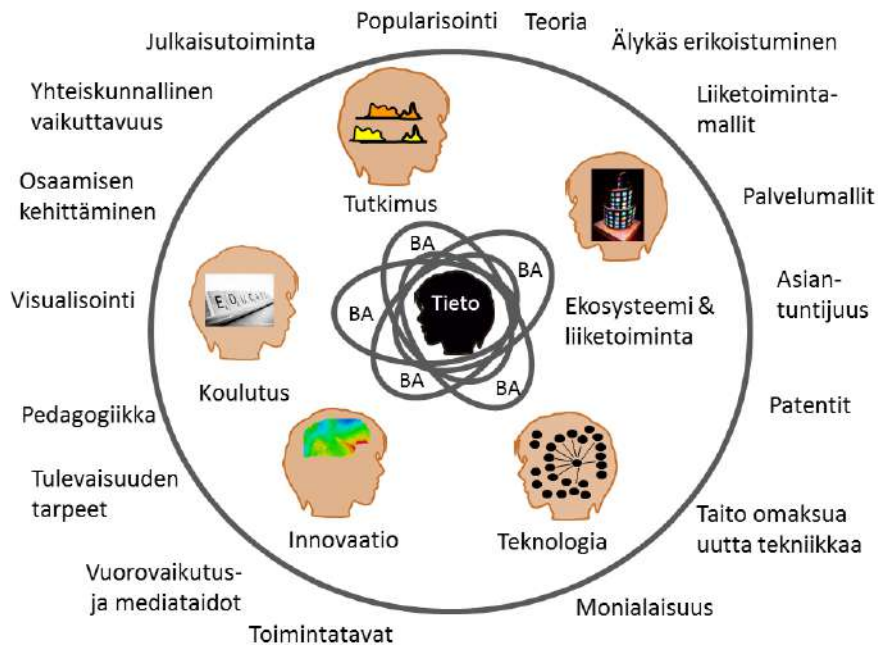
Ryhmän osaamisen johtaminen ja varsinkin itsensä johtaminen haastaa organisaation kehittymistä.

Uusia oppimisen ja yhdessä tekemisen haasteita

Yliopisto- ja ammattikorkeakoulukentässä tapahtuva rahoitusmallin muutos muovaa tekemistä uuteen suuntaan. Aalto-yliopiston ja Metropolian tulevaisuuden voimavarat ovat Suomen monialaisuudessa ja moniosaamisessa. Opetusta on kehitetty suunnitelmallisesti vastaamaan elinkeinoelämän vaatimuksia, globalisaatiota ja tekniikan kehittymistä. Uusin osaaminen tulee soveltuvien osien siirtää paitsi oman alan opetukseen myös poikkitieteellisille opetusaloille ja peräti koko suomalaisen yrityselämän tietotaidoksi. Koulutustarjontaa tulee rakentaa laajemmin yhdessä alan toimijoiden kanssa. Puolueettomuus koulutustarjonnassa on yliopiston ja korkeakoulun koulutustarjoajalle valtti. Kokonaiskoulutustarpeen selvittäminen ja eri alojen toimijoiden valjastaminen yhteistoimintaan työpaikkojen osaamistason säilyttämiseksi on ajankohtaista.

Osaamisen yhdessä kasvattaminen on etu kansainvälisiin kilpailuihin nähden. Useat suuryritykset tekevät tätä automaattisesti. Muutos vaatii myös osaamiskulttuurin kehittämistä. Tämä vaatii erilaisten arvojen tunnistamista, ryhmän ja oman roolin tilannekohtaista tiedostamista ja runsaasti luottamusta ja kannustusta. Suomessa ei ole enää varaa tutkia, kehittää ja innovoida pienessä piirissä pelkästään omaan käyttöön. Suuri osa tutkimustoiminnasta tehdään yhteiskunnan varoin, joten uusia osaamista tulee jalostaa tulevaisuutta turvaamaan esim. spin-offeiksi yhteistyössä oppilaitosten, yritysten ja yhteiskunnan toimijoiden kanssa.

Osaamishubit ja allianssit eri toimijoiden välillä voisivat parantaa varsinkin pirstaleisten tai pienten alojen yhteistyötä Suomessa. Tällöin alan strategisen osaamisen "hubi", voisi linkittää eri osapuolia (korkeakouluja, yliopistoja, yrityksiä kuntia ja kaupunkeja) koulutuksen, tutkimuksen, kehittämisen ja innovaatioiden osalta. Suuri kysymys on, mikä olisi tuollaisen yhteistyöallianssin muoto ja toimintatapa, koska tällaista toimintatapaa ei vielä ole. Aalto-yliopisto ja Metropolia Ammattikorkeakoulu ovat aloittaneet yhteistyön mm. rakennus- ja kiinteistöalan toiminnassa päivittääkseen omaa panostaan ja toimintansa rakennetun ympäristön osaajien valmentamisessa.



Opetuksen, tutkimuksen, innovaatiotoiminnan nivoutuminen teknologiaan, ekosysteemiin ja liiketoimintaan eli ympäröivään maailmaan. (Hyyppä ym. 2012)

Huippuosaamisen keskittymät ja sektoritutkimuslaitokset osana uudenlaista tekemistä

Kohtuullisen uusia ja vaikutusvaltaisia toimijoita Suomessa ovat strategisen huippuosaamisen keskittymät. Ne tarjoavat huipputason tutkimusyksiköille ja näiden tutkimustuloksia hyödyntäville yrityksille uuden tavan tehdä tiivistä ja pitkäjänteistä yhteistyötä keskenään. Keskittymissä toteutetaan

koordinoidusti yritysten, yliopistojen ja tutkimuslaitosten yhdessä määrittelemää tutkimusstrategiaa. Keskittymät ovat sovelluslähtöisiä ja ne tukevat monitieteisyyttä. Käynnissä olevat keskittymät ovat muutoksen kohteena. Nämä SHOKit ovat paljon vartijoina yrittäessään laajentaa alojen osaamista ja synnyttää uudenlaista kulttuuria.

Suomessa tutkittua tietoa käytetään liian vähän systemaattisen päätöksenteon tukena. Suomeen suunnitteilla oleva sektoritutkimusjärjestelmän rakenteellinen uudistus vie Suomea merkittävästi kohti todellista tietoyhteiskuntaa. On kyettävä joustavasti muuttamaan tutkimuksen painopisteitä ja tuottamaan tarvittavaa tietoa päättäjille sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Tutkimuksen tulee toimia yhteiskunnan kehittämisen ja päätöksenteon strategisena resurssina. (Valtioneuvosto 2013)

Tutkimus- ja opetusuudistuksien tavoitteena on vahvistaa monitieteistä, korkeatasoista ja yhteiskunnan kannalta merkityksellistä tutkimusta, vapauttaa resursseja tutkimuksen tukipalveluista ja kiinteistä rakenteista tutkimustoimintaan sekä muodostaa tutkimuslaitoksista aihepiireittäin nykyistä suurempia ja vahvempia kokonaisuuksia.

Ilmatieteenlaitos on esimerkki palvelu- ja tutkimuslaitoksesta, joka on tuottanut yleisen turvallisuuden ja elinkeinoelämän toimintaedellytysten kannalta tärkeitä sää-, meri- ja ilmastopalveluja. Kansainvälisestikin arvostetun tutkimuslaitoksen osaamiseen kuuluu tutkimus- ja menetelmäkehitys. Isojen kokonaisuuksien keskittämisestä ja huippuosaamisen tehokäytöstä Ilmatieteenlaitos toimii hyvänä esimerkkinä. Ilmatieteenlaitos on tutkimuslaitokseksi onnistunut loistavasti oman yhteiskunnallisen vaikuttavuutensa lisäämisessä. Ilmastonmuutoksen vaatimaan haasteeseen on vastattu mm. kehittämällä uudenlaisia havaintomenetelmiä ja avaruustutkimusta. Ilmatieteenlaitoksen muuttuminen kotimaisesta vaikuttajasta kansainväliseksi vaikuttajaksi on korostunut viime aikoina.

Geodeettinen laitos on pyrkinyt kansainvälisesti tunnetuksi modernina maanmittaustieteen tutkimuslaitoksena. Tutkijat ovat kansallisesti huipputasoa. Verkostoja hyödyntäen Geodeettinen laitos on kehittynyt varteenotettavaksi toimijaksi myös maailmanlaajuisesti nostamalla huomattavasti ulkopuolisen rahoituksen osuutta, ammattimaista tutkimusta, kansainvälistä verkottumista ja huippujulkaisemista sekä vaikuttavuutta (Koskinen, 2012). Geodeettinen laitos yhdistyy vuoden 2015 alusta Maanmittauslaitoksen osaksi, joka tulee osaltaan vaikuttamaan Suomen paikkatietotutkimukseen.

Ryhmän osaaminen

Ryhmän tietämyksen ja osaamisen pohjalta voidaan organisaation toimintaa ja osaamista ohjata ja muuttaa voimavaraksi muuttuvassa tutkimuskentässä. Tiedon ja tietämyksen hallinta ovatkin pakollisia ensiaskeleita siirryttäessä kohti oppivia organisaatioita, jotka tähtäävät avoimuuteen, elinikäiseen oppimiseen, innovointiin ja kilpailukykyyn. Kehitetyt hiljaisen tiedon hyödyntämismallit vaativat sitoutumista ja dokumentointia pitkälläkin aikavälillä. Se, joka tämän toimintamallin omaksuu voi oppia muilta ja muiden kanssa. Mallin sisäistämisessä voi mennä aikaa, mutta hallitsemalla prosessin voi osaamistaan kehittää yllättävilläkin alaan liittyvillä osa-alueilla.

Yhteiskunnan tietovirrat, kuten rahavirrat, menevät pääsääntöisesti elinikäiseen oppijaan päin. Tavoitteena on kuitenkin saada tarvittava pohjakoulutus, jotta opituilla taidoilla ja osaamisella voidaan tuottaa rahallisestikin mitattavaa tulosta työelämässä – niin tutkimuksessa kuin yritysmaailmassa. Tiedon siirtyminen yhteiskunnan uudistumisen energiaksi on haasteellista Suomessa luodun vahvan tasapäistämisaikajattelun takia. Tasa-arvo opiskelussa ei kuitenkaan tarkoita tasapäistämistä. Nyt on aika löytää osaajat niin koulussa kuin työelämässäkin, jotta saamme yhteiskunnan pyörät taas pyörimään. Erilaiset muuntokoulutukset tai täsmäkoulutukset voivat olla ratkaisuja korkeasti koulutettujen työttömyyden laskuun.



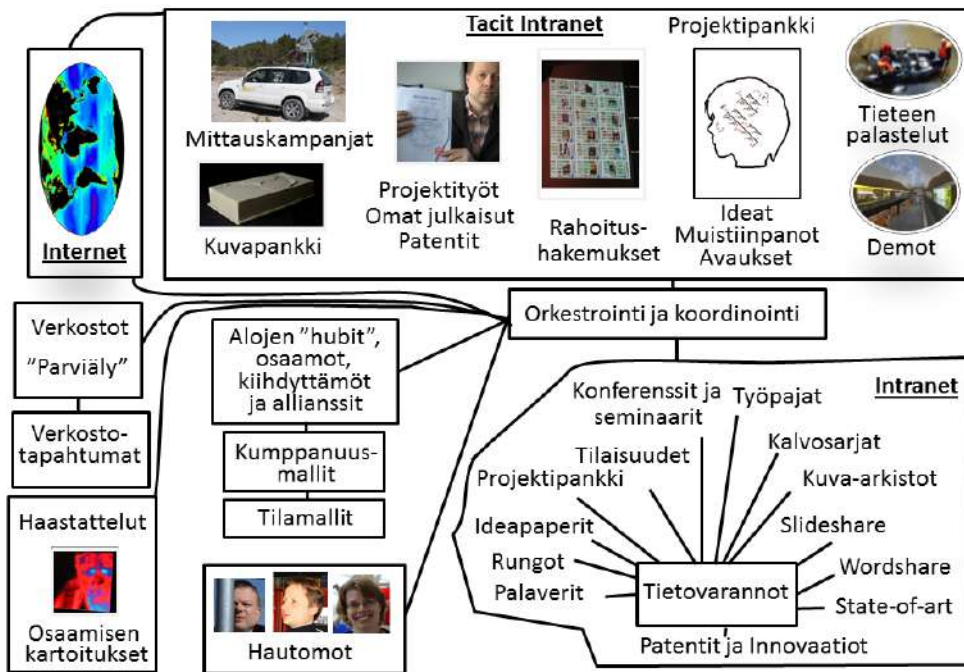
Tiedon hankinnan ja -välityksen merkitys korostuu opetuksessa ja tutkimuksessa.

Tiedon ja osaamisen hankinta ja jalostaminen

Pienessä ekosysteemissä, kuten huippututkimuksessa, hankkeissa tarvittava valtava tietomäärä kerätään ja hankitaan suunnitelmallisesti hyödyntäen koko ryhmän ja sidosryhmien osaamista ja kokemusta. Tietoa kerätään lukuisin eri tavoin: verkostotapahtumista ja foorumeista, seuraamalla julkaisuja ja internetiä, suorittamalla mittauskampanjoita ja erilaisia koejärjestelyitä sekä osallistumalla erilaiseen yhteiskunnalliseen ja tieteelliseen toimintaan ja järjestöihin ja osallistumalla yritysten toimintaan. Tiedon ja osaamisen kartuttaminen vaativat aina erikoistumista ja oikeita ratkaisuja kumppanien valintaan.

Patentit ja patentoinnin laajuus sekä kaupalliset spin-offit ja start-upit kuvaavat potentiaalia tehdä teknologiansiirtoa. Osaamisen ja tutkimustiedon avulla tapahtuvaan teolliseen hyödyntämiseen tulisi panostaa entistä enemmän. Teollinen hyödyntäminen edellyttää myös tiedon suojaamista, mikä on osin ristiriitaista yhä lisääntyvän julkaisuvaatimuksen kanssa. Tietoa voidaan kuitenkin sujuvasti suojata patentoimalla ja ohjelmoimalla (ja jättämällä julkaisematta yksityiskohtia). Patentointia maanmittausalalla on harrastettu tutkimuksen yhteydessä lähinnä VTT:llä, GL:llä ja Aalto-yliopiston

fotogrammetrian ja laserkeilauksen aloilla. Yhteiskunnassa on siirrytty kuitenkin yhä enemmän Open Innovation-ajatukseseen, jossa uudet ideat siirtyvät muiden hyödynnettäviksi jo tutkimuksen varhaisessa vaiheessa. Patentointi, erityisesti kansainvälinen patentointi, luo option tulevalle teolliselle hyödyntämiselle siten, että tuotteesta on saatavissa vielä kohtuullinen kate. Kansainvälinen patentointi mahdollistaa paremmat mahdollisuudet vientimarkkinoilla. Yliopistot, korkeakoulut ja tutkimuslaitokset eivät kuitenkaan osaa eivätkä halua hyödyntää patentejaan parhaalla mahdollisella tavalla. Maailmalla suositellaan yhä enemmän, että tutkimustiedon hyödyntämisen oikeudet jäisivät tutkijoille itselleen. Kanadassa kehitys on selkeä: patenteja pitää luoda enemmän ja synnyttää teollista vaikuttavuutta (El-Sheimy, 2011). Ohjelmistoissa tiedon suojaaminen on varsin helppoa. Tärkeimmät ratkaisut eivät näy käyttäjälle. Ohjelmistot ovatkin yksi tärkeimmistä mahdollisuuksista viedä suomalaista osaamista ulkomaille. Ohjelmistovientiä tulisi maanmittaustieteiden alalla tukea enemmän tutkimuksen avulla. Suomessa kartoitusalan yrityksissä on lisäksi harvinaisen voimakkaasti korostunut ohjelmisto-osaaminen. (Hyyppä ja Salonen, 2011)



Systemaattisen tiedon keräämisen, hankinnan ja välityksen merkitys korostuu osaamisen kehittämässä. Ajantasaisen tiedon muuttamisesta osaamiseksi on muodostunut vähitellen kilpailuvaltti. © Hyyppä ja Ahlavo 2014

Järjestelmällisen verkostomainen toiminta leimaa tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatiota. Haasteena tieto-organisaatioissa on erilaisten prosessien avulla saada siirrettyä tietoa yksilöiden, ryhmien, tietosäilöiden ja organisaatioiden välillä. (Ahlavo ja Hyyppä, 2009).

Motivaatio- ja kannustintekijöiden merkitys kasvaa. Samoin työkuulttuurinen muutos siiloutu-neista työtavoista ja yksittäisten projektien hallinnoinnista synergiaa korostavaan kokonaisuuksien

orkestrointiin. Uutta tutkimustietoa ja menetelmäkehitystä sekä patentointi- ja yrityksen perustamistaitoja tarvitaan Suomessa. Ennen kaikkea siitä, miten eri yhteisöjen ja eri prosessien väliset rajapinnat otetaan aiempaa paremmin haltuun ja viedään liiketoiminnaksi.

Kiitokset

Kiitämme tutkimustyön rahoittajia: RYM-SHOK (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippututkimusyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

- Ahlavuo, Marika, Hyyppä Hannu 2009. Hiljainen tieto tutkimusympäristöissä. *Positio* 3/2009. 11-13.
- Ahlavuo, Marika, Hyyppä, Hannu, Haggrén, Henrik. 2011. Tietovirrat akateemisessa tutkimusympäristössä, *The Photogrammetric Journal of Finland*, Vol. 22, No. 3, 2011. 54-67.
- European Commission Directorate General for Research and Innovation 2012. Study to assist the European Research Area Board: Investing in Research and Innovation for Grand Challenges. Joint Institute for Innovation Policy. 47 s.
- Hyyppä, Hannu (toim.) 2012. Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä. Metropolia Ammattikorkeakoulu, rakennus- ja kiinteistöala 2012. 62 s.
- Hyyppä, Hannu, Ahlavuo, Marika ja Hyyppä, Juha. 2014. Innovatiivinen opetus- ja tutkimusekosysteemi. Teoksessa *Kestävä innovointi - Oppimista korkeakoulun ja työelämän dialogissa*, toimittaneet Tiina Rautkorpi, Arto Mutanen ja Liisa Vanhanen-Nuutinen. Metropolia Ammattikorkeakoulun julkaisusarja. *Taitotyöelämäkirjat* 7. 2014. 238-258
- Hyyppä, Juha, Salonen, Anna. 2011. Tutkimuksen vaikuttavuuden mittaaminen maanmittaustieteissä. *The Photogrammetric Journal of Finland*, Vol. 22, No. 3, 2011. 22-32.
- Intunex, 2013. <http://intunex.fi/2014/05/22/xtune-palvelu-seuraavalle-tasolle-uedella-nimella-skillhive/>
- Koskinen, Jarkko, 2012. Ylijohtaja, professori Jarkko Koskisen haastattelu 2.2.2011.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. OKM 2013. Ehdotus ammattikorkeakoulujen rahoitusmalliksi vuodesta 2014 alkaen. www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/.../amk_rahoytusmalli.pdf.
- Otala, Leenamajja 2008. Osaamispääoman johtamisesta kilpailuetu. Helsinki: WSOYpro. 362 s.
- Stähle, Pirjo ja Ainamo, Antti (toim.) 2012. Innostava yliopisto: Kohti uudistavaa yliopistojohtamista. *Gaudeamus* 2012. 220 s.
- Stähle, Pirjo ja Grönroos, Mauri 1999: *Knowledge management: tietopääoma yrityksen kilpailutekijänä*. Helsinki. WSOY, 1999. 218 s.
- Stähle, Pirjo ja Wilenius, Markku 2006. *Luova tietopääoma – tulevaisuuden kestävä kilpailuetu*. 2006. Edita.
- Suomen Akatemian strategia ja strategian toimenpideohjelma 2013. Suomen Akatemia. Toiminnan ja talouden suunnitelma vuosille 2015-2018. Hallituksen päätös 24.9.2013. 25 s.
- Sydänmaanlakka, Pentti 2012. Älykäs johtaminen 7.0. Miten kasvaa viisaaksi johtajaksi. Talentum. Helsinki.
- "Licence to SHOK?" 2013. TEM. External evaluation of the strategic centres for science, technology and innovation. 2013. Publications of the Ministry of Employment and the Economy. ISBN 978-952-227-729-9. 405 s.
- Tiedebarometri 2013. Tieteen tiedotus ry. ISSN 1799-3423. 99 s.
- Tietoyhteiskuntaneuvosto 2005. *Tulevaisuuden verkottuva Suomi*.
- Tietoyhteiskuntaneuvosto 2006. *Tulevaisuuden elinvoimainen Suomi*.
- Valtioneuvoston periaatepäätös valtion tutkimuslaitosten ja tutkimusrahoituksen kokonaisuudistukseksi. 2013.

Huippututkimuksesta huippuopetukseen

Hannu Hyyppä^{1,2}, Marika Ahlavo^{1,2}, Antero Kukko³, Mikko Vastaranta⁴, Jorma Nevaranta⁵, Juhani Talvela⁶, Juho-Pekka Virtanen¹, Harri Kaartinen³, Anttoni Jaakkola³, Ninni Saarinen⁴, Matti Kurkela¹, Tommi Hollström⁷, Markus Holopainen⁴, Petri Rönholm¹, Ville Saukko¹, Lars Miikki⁸, Henrik Haggrén¹, Juha Hyyppä³

¹Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

³Geodeettinen laitos

⁴Helsingin yliopisto, Metsätieteiden laitos

⁵Seinäjoen ammattikorkeakoulu

⁶Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

⁷Adminotech Oy

⁸Järvelin Design Oy

Tiivistelmä

Uudet tekniikat ovat mahdollistaneet visuaalisen ja nopean tiedon jakamisen viimeisimmästä tutkimustiedosta huippuopetukseen. Yhteiskunnan uteliaisuus tiedettä kohtaan, kuten läpi elämän jatkuva opiskelukin, on jatkuvasti lisääntynyt. Tämä haastaa liike-elämässä toimivat asiantuntijat, opettajat ja tutkijat uudenlaiseen yhteistyöhön niin tiedon tuottamisessa, jakamisessa kuin visualisoinnissakin. Tiedon välitön hyödyntäminen vaatii tutkijalta ja opettajalta uudenlaista ajattelua ja toimintaa. Nykyaika mahdollistaa perinteisen opiskelun ja työskentelyn rinnalla mahdollisuuden työskennellä, oppia ja opiskella ajasta sekä paikasta riippumatta. Tiedon on liikuttava ja tuotettava lisäksi uudenlaista tulevaisuuteen suuntaavaa toimintaa.



Tiedon ja osaamisen elinkaari

Hyvinvointiyhteiskunnan taustalla on tehokas uusimman tietämyksen hyödyntäminen. Etulyöntiasema vaatii käytännössä joko omaa tutkimustoimintaa tai läheistä yhteistyötä tutkimusorganisaatioiden kanssa. Tiedon jakamisessa opetus on ensiarvoisen tärkeässä asemassa. Tiedon elinkaari on tärkeä aspekti sekä tutkimuksessa että opetuksessa. Ratkaisevassa roolissa on organisaatioiden ja henki-

löiden reagointikyky kulloinkin olennaisen tiedon löytämiseen ja hyödyntämiseen omassa työskente-lyssä. Monipuolinen popularisointi-, julkaisu- ja vaikuttavuustoiminta ovat opetus- ja tutkimusorgani-saatioiden menestyksekkään toiminnan edellytyksiä. Vahva opittu ja ymmärretty asiantuntijatieto ja älykäs erikoistuminen ovat pohjana huippututkimuksessa sekä vaihtelevissa yhteistyöhankkeissa. Tietoyhteiskunnassa tiedon määrä lisääntyy jatkuvasti. Globaalista tietomäärästä on löydettävä olen-nainen tieto ja toimijat, jotta oma työ erottuu massasta. Tutkijan taito hyödyntää tieteellisiä teorioita ja tutkimusmenetelmiä monialaisesti ja vaihtuvissa ryhmissä on olennaista. Tilanteeseen sopiva par-haiden käytäntöjen tunnistaminen ja oman erikoisosaamisen esittäminen helpottavat yhteistyötä kulloistenkin toimijoiden kanssa. Kaikki tämä vaatii lahjakkaita avainhenkilöitä, jotka ovat harjaantu-neet opetus- ja tutkimustoimintaan. Lisäksi tarvitaan jatkuvuutta, jolloin uusista sukupolvista löyde-tään kantavia osaajia.

Kilpailtu tutkimusrahoitus on nykyään riippuvaista tutkimusryhmän tuloksista. Näiden tuloksi-en esittäminen vaatii näkyvyyttä. Tutkimusryhmällä on harvoin käytettävissään mediatoimiston apua tarvittavaa näkyvyyttä varmistamassa, jolloin työ jää tutkijalle itselleen. Huippuopetuksen pelisään-nöt ovat melko samanlaiset. Opettajan ja tutkijan perinteisiin rooleihin ei ole kuulunut omasta teke-misestä suureen ääneen mediassa kertominen. On kuitenkin mahdollista saavuttaa laajempi yhteis-kunnallinen vaikuttavuus, jos opettajat ja heidän hallitsemansa aiheet näkyvät laajemmin yhteiskun-nallisessa keskustelussa. Näkyvyyden lisäämiseksi kaivataan myös organisaation tukea ja resursseja. Ammattikorkeakoulujen yhteiskunnallinen näkyvyys tulee jatkossa lisääntymään. Tätä tukee esimer-kiksi yliopistojen mallin mukainen ”kaikki tutkivat ja opettavat” -ajattelun rantautuminen myös am-mattikorkeakouluihin.

Huippututkimuksen tulosten konkretisointi on keskeisessä asemassa tiedon levittämisessä. Tutkimuksen avaamia mahdollisuuksia on esitettävä helposti ymmärrettävässä muodossa. Tavat de-monstroida huippuosaamista visuaalisesti on olennaista työn nopeuttamisen kannalta. Demojen toteuttaminen, tiedon esittäminen populaarissa muodossa ja start-up-henkinen työ ovat tässä kes-keisiä tutkijan työvälineitä. Tutkimuksen ydinosaamisen lisäksi tämä vaatii tutkimusryhmiltä monia-laista soveltavaa osaamista. Tutkijan onkin oman tutkijayhteisönsä lisäksi pystyttävä kommunikoimaan suuremman yleisön kanssa ja linkitettävä oma erikoistumisalansa laajempaan yhteiskunnalli-seen keskusteluun.

Start-Upit – uusia yrityksiä uusille aloille

Huippututkimuksen tuloksien pohjalta voidaan synnyttää kaupallista spin-off toimintaa, johon tutkijat osallistuvat. Käytännössä nämä spin-offit voivat olla esimerkiksi tutkijoiden käynnistämää, aloittavia start-up-yrityksiä. Lisäksi huomionarvoisia ovat myös kokemuksen kautta uudenlaista liiketoimintaa aloittavat uudet toimijat, joita ei välttämättä aina huomioida start-uppeina. Esimerkkinä tästä on Otaniemen campusalueella yritysmäisesti toimiva Urban Mill. Tiedon oikea-aikainen tuotteistaminen yhteiskunnan tarpeisiin mahdollistaa uudet spin-offit ja niistä syntyvät start-upit, joilla pyritään vas-taamaan tarpeisiin uusilla, entistä tarkoituksenmukaisemmilla ja tehokkaammilla tavoilla. Tutkimus- ja koulutusorganisaatioilla on haasteena oppia tukemaan niitä huippuosaajia, jotka pystyvät toimi-maan yrityskehittäessä. Tähän ei vielä ole valmista toimintamallia vaikka uusia spin-offeja syntyykin jatkuvasti, kun uusia tutkimustietoon pohjautuvia sovelluskohteita kehittyy. Lähtökohtana start-upissa on vankka erityisosaaminen, usko omaan liikeideaan sekä realistiset mahdollisuudet yrittäjyy-

den ja tutkijauran yhdistämiselle. Lisäksi verkostojen hyödyntämisen taito on välttämätöntä. Hyppy suoraan yrittäjäksi ei aina ole paras ja tuottavin mahdollisuus, mutta start-upin pyörittäminen tutkimusorganisaatioissa toimimisen rinnalla mahdollistaa tutkimustiedon välittömän hyödyntämisen yhteiskunnan päivän tarpeisiin.

Huippuopetus on monialaista osaamista ja pedagogiikan hyödyntämistä

Monialainen huippuopetus vaatii kokonaiskuvan ymmärtämistä sekä opettajalta että oppilaalta. On olennaista tunnistaa, miten eri aineissa opetettavat asiat liittyvät toisiinsa ja saada sanoma välitty-mään myös opiskelijoille. Opettajan tehtävä on opastaa opiskelijaa, jotta hän saa vahvan kokonaisnä-kemyksen alasta sekä riittävät perustaidot, joilla tähän pohjaan on mahdollista rakentaa uuden sovel-tamista ja kehittämistä. Tuomalla huippututkimuksen tuloksia opetukseen opettaja ei ainoastaan opeta uusimpia asioita, vaan myös valottaa, miten huippututkimusta tehdään ja mistä se rakentuu. Alan tuoreimpien tutkimustulosten ja teknologioiden esittely innostaa ja motivoi opiskelijoita, jolloin he ovat valmiita tekemään töitä oppimisen eteen ja näin koulutuksen hedelmä kantaa pitkälle työ-elämään. Huippuopetuksen tulee vastata muuttuviin elinkeinoelämän vaatimuksiin, huomioida glo-balisaatio ja tekniikan kehittyminen.



Huippuopetuksen haasteet siirryttäessä 2020-luvulle.

Korkeakouluissa ja yliopistoissa tiedon mittaamisesta tenttein siirrytään hiljalleen toiminnalli-seen tietokäsitykseen, jossa tavoitteena on taito hyödyntää vahvaa teoriaosaamista muuttuvissa tilanteissa sekä tietojen ja osaamisen kasvattaminen yhdessä tekemisen kautta. Varsinkin opintojen loppuvaiheessa projektimuotoinen ja ongelma-perusteinen opetus mahdollistavat aiemmin opittujen

tietojen ja teorioiden liittämisen laajempaan kokonaisuuteen. Tällaiset opetusmenetelmät mahdollistavat erilaisten tietolähteiden hyödyntämisen sekä monipuolisen yhteistyön oppilaitoksen ulkopuolisten organisaatioiden kanssa. Tutkimus- ja opetusympäristön on huomioitava entistä enemmän yhteiskunnallinen vaikuttavuus tärkeänä osana opetus- ja tutkimusryhmän strategista toimintaa. Tutkimus, opetus ja innovaatiotoiminta ovat jatkuvasti kehittyvässä vuorovaikutuksessa yrityselämän, opetus- ja tutkimusorganisaatioiden sekä julkisten toimijoiden kanssa.

Monialaisissa oppimisryhmissä, erilaisia oppimisen menetelmiä hyödyntäen, voidaan jo opiskelun aikana edistää tärkeitä työelämävalmiuksia. Monialaisuuden lisäksi korkeakouluilla on myös erinomainen mahdollisuus monikansallisiin ryhmiin vaihto-opiskelijoiden kautta. Tällä edistetään paitsi opiskelijoiden kielitaidon kehittymistä myös vieraiden kulttuurien tuntemusta. Vaikka korkeakoulut pyrkivät ennakoimaan tulevaisuuden osaamistarpeita, on elinikäinen oppiminen oman ammattitaidon kehittämisessä hyvin tärkeää. Korkeakouluopetuksen tuleekin kasvattaa myös itseoppimisen valmiuksia ennen työelämään siirtymistä. Opetuksen tarjoajien ja yritysten näkemykset poikkeavat usein suuresti koulutuksen sisällön, painopistealueiden sekä opetuksen laaja-alaisuuden osalta. Yhteinen tarve suurten monialaisten kokonaisuuksien hallintaan ja samalla oman erikoistumisen ylläpito haastaa toimijat niin tutkimus-, koulutus- kuin yrityspuolellakin.

Virtuaalisuus ja materiaalit

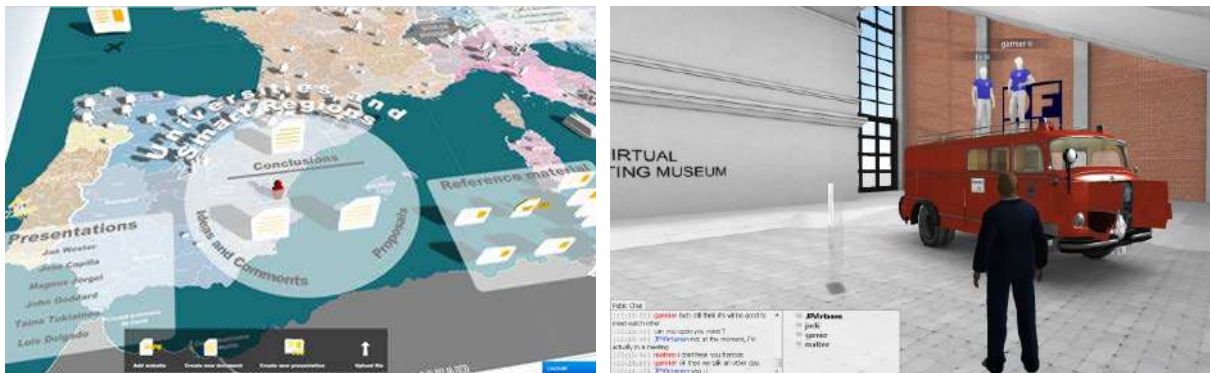
Opetuksen materiaalit ovat siirtymässä verkkoon ja mobiililaitteisiin, jonka myötä itseoppiminen helpottuu. Suuria puutteita mm. opetusaineistojen osalta ovat niiden riittämätön visuaalisuus sekä kotimaisten ja hyvin suunniteltujen ajantasaisten oppikirjojen vähäisyys. Haasteena tiedon saamisessa koko Suomessa uudenlaiseen käyttöön ovat edelleen pääasiassa tutkimustiedon tekijänoikeudet, organisaatioiden väliset totutut hierarkiat, yhteistyötavat ja käytännöt. Pedagoginen koulutus mahdollistaa erilaisten opiskelijaryhmien hallinnan ja opetustekniikoiden ja -psykologian hyödyntämisen motivoinnin ja tuloksellisen oppimisen tukena. Uusi opettajuus sisältää lisäksi geneeristen kykyjen hyödyntämisen (Wilenius, 2012).

Mobiililaitteita, älypuhelimia ja tabletteja käytetään opetuksessa ja opiskelussa eri tavoilla, mutta tämä vaatii opettajilta teknologian ja pedagogiikan yhdistämisen taitoa. Massiiviset avoimet verkkokurssit, MOOCit (Massive Open Online Course) ovat suuri mahdollisuus. Massiivisiksi MOOCit muuttuivat kun Stanfordin tekoälykurssille vuonna 2011 ilmoittautui 160 000 opiskelijaa ympäri maailman. Joka tapauksessa globaalin opettamisen ja oppimisen raja-aidat ovat kaatumassa tai vähintäänkin madaltumassa. (Laitala 2014).

Virtuaaliset ympäristöt avaavat uusia mahdollisuuksia toteuttaa oppimista verkon yli. Uusissa monen käyttäjän kolmiulotteisissa virtuaaliympäristöissä verkossa opiskelu ei enää tarkoita yksin tapahtuvaa tekstin kirjoittamista ja lukemista tietokoneella. Verkossa voidaan keskustella ryhmissä, tutustua laajoihin kolmiulotteisiin ympäristöihin ja tehokkaasti yhdistää erilaisia oppimateriaaleja. Virtuaalisista oppimisen tiloista voidaan tehdä hyvin erilaisia riippuen tilanteesta, aina mahdollisimman helpokäyttöisistä 2,5D -ympäristöistä lähes fotorealistiin 3D-ympäristöihin, joissa käyttäjät liikkuvat avatar-hahmoina. Yhteisiä piirteitä näille erilaisille virtuaaliympäristöille ovat materiaalin nopea lisääminen ja monen käyttäjän samanaikainen vuorovaikutus. Samoin pelillisyyden mukaan ottaminen opintomateriaalien tekemiseen tekee kurseista monimuotoisempia. Pelimäisissä ympä-

ristöissä oppiminen tapahtuu yleensä osin pelaamisen ohessa, jolloin opiskelijat on helpompi saada viihtymään opetettavan aiheen parissa.

Itseopiskelu vaatii opiskelijalta voimakkaan sisäisen motivaation sekä opettajan ohjauksen. Tyypillisesti opiskelijan motivaatio paranee, kun hän pääsee pidemmälle opinnoissaan. Opettajan merkitys opintojen alkuvaiheessa ja myöhemmin motivaation ylläpitäjänä on erityisen tärkeä. Lisäksi mielekkäiden materiaalien tuottaminen ja ylläpitäminen sopivassa oppimisympäristössä ja opetusmenetelmillä vaatii erityisosaamista. Haasteena on myös erilaisten vaihtoehtojen määrän räjähdysmäinen lisääntyminen. Tyypillisesti yksittäisen opettajan aikaresurssit estävät kaikkien mahdollisuuksien hyödyntämisen. Tässä tulevat apuun verkostot ja pedagogiset koulutukset, joiden avulla mielekkäitä uusia opetusmenetelmiä voi ottaa haltuun entistä nopeammin.



Teemoittain jaoteltua materiaalia virtuaaliympäristössä (Kuva: Aalto-yliopisto), joukko käyttäjiä tutustuu virtuaaliseen museoituun paloautoon (Kuva: Adminotech Oy).

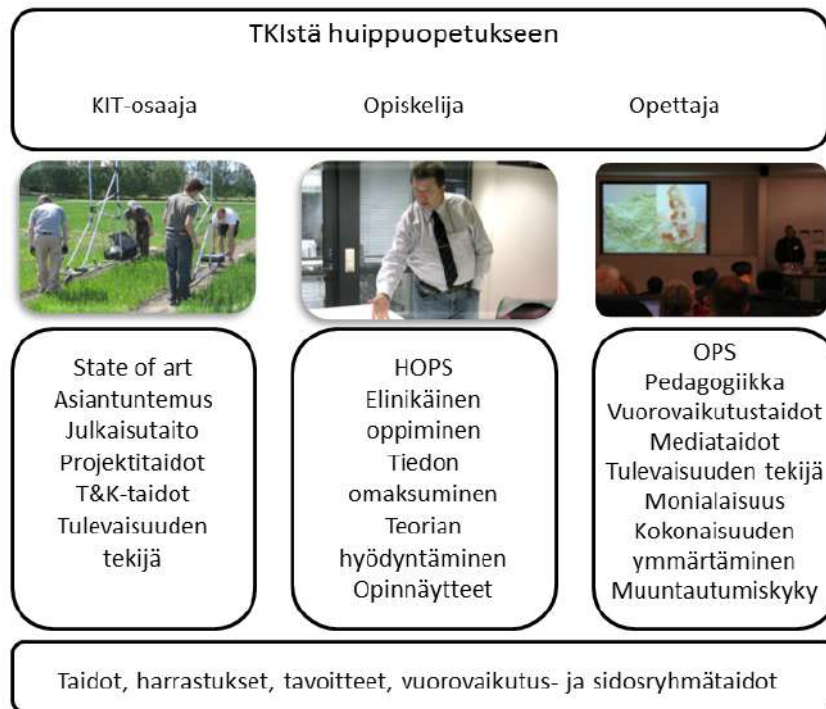
Huippututkimus käytäntöön

Huippututkimusta syntyy uuden teorian tuottamisesta ja olemassa olevan teorian uudenaikaisesta yhdistämisestä. Yliopistojen huippututkimus näkyy perinteisesti valmistuneina tohtoreina, julkaisuina alan huippulehdissä sekä sidosryhmien osaamisen kasvamisena ja näkyvyytenä. Huippututkimus analysoi valikoiden olemassa olevaa huipputietoa. Huippututkimusta arvioitaessa julkaisumäärien ohella ratkaisee uusien tutkimustuloksien hyödyntäminen. Kokeneempien post doc -tutkijoiden rooli vuorovaikutuksessa aloittavien tutkijoiden ja opiskelijoiden kanssa on korostunut korkealaatuisessa tutkimustyössä.

Tutkimus- ja kehitystehtävät ovat muuttuneet popularisoinnin suuntaan

Huippututkimuksessa tieto kerätään ja hankitaan pääasiassa orkestroidusti hyödyntäen ryhmän osaamista ja kokemusta, osallistumalla ja järjestämällä verkostotapahtumia ja foorumeita, seuraamalla julkaisuja ja internettiä, suorittamalla mittauskampanjoita ja erilaisia koejärjestelyitä sekä osallistumalla erilaiseen yhteiskunnalliseen ja tieteelliseen toimintaan ja järjestöihin yms.

Pedagoginen tai tieteellinen tausta ei yksistään takaa tiedon hyödynnettävyyttä. Haasteena on saada tutkijan ja opettajan väliin dialogi, jossa tieto ja ymmärrys aidosti välittyy. Organisaation asettama paine, mutta erityisesti luodut mahdollisuudet ja keinot yhteistyölle tutkimustiedon uudenaissa hyödyntämisessä opetuksessa helpottavat yksittäisen toimijan motivointia organisaatiosta riippumatta. Yliopistojen tavoite, että kaikki tutkijat opettavat ja toisaalta kaikki opettajat tutkivat, lisää mahdollisuuksia viimeisimmän huippututkimustiedon hyödyntämistä opetuksessa. Näin sekä opettajat että tutkijat ovat luonnollisesti vuorovaikutuksessa sekä tutkimukseen että opetukseen liittyvissä aihepiireissä ja aito vuoropuhelu sekä yhteistyö kehittyvät. Myös rajanveto tutkijan ja opettajan välillä kaventuu. Yhteistyökumppaneiden luova orkestrointi mahdollistaa myös aivan uudenlaisen toimintakulttuurin syntyvän yhteistoiminnan siivellä. Huippututkimuksen linkittäminen yhteistyökumppaneiden tarpeisiin lisää tutkimustiedon hyödynnettävyyttä ja sidosryhmien kanssa käytävää keskustelua.



Virtuaalisen, fyysisen ja yksilöiden kiinnostuksesta riippuvan tiedon omaksuminen ja hyödyntämistaito haastaa opettajien työn tulevaisuudessa.

Tutkimustiedon mallintaminen näkyväksi

Organisaatiossa tehtävän tutkimuksen siirtäminen opetukseen vaatii käytäntöjä tiedon siirtämiseen. Parhaimmillaan organisaatioissa on selkeät käytännöt, miten tutkimushankkeista tuotetaan hyvät opetusmateriaalit. Lisäksi tarvitaan resursseja. Näin opettaja voi integroida helposti saadun tiedon opetukseen. Tiedon tulee kulkea myös toiseen suuntaan. Opettajat käyvät paljon tietoa läpi,

jolloin kumpuavia ajatuksia kannattaa siirtää tutkimuksen käytettäväksi. Oleellisen tiedon löytäminen kulloisessakin opetuksessa, vaatii niin tutkijalta kuin opettajalta sopivaa tapaa etsiä ja hyödyntää tietoa opetussuunnitelmien suomissa rajoissa. Mistä löytyy kulloinkin tarvittavaa aineistoa, kuvia ja videoita, julkaisuja ja muuta materiaalia huippuopetuksen pohjaksi? Kuka analysoi ja tekee tiedosta opetusmateriaalia tekijänoikeudet huomioiden? Olisiko kansallinen opetusaineistopankki jo ajankoh- tainen valtakunnallinen hanke tiellä tasa-arvoiseen oppimiseen?

Korkeakoulujen opetusympäristöjen kehittämistä tehdään sekä itsenäisesti että osana tutki- mus ja kehittämistoimintaa. Erityisen selvästi tämä toteutuu opetuksen laboratorioympäristöjen kehittämisessä sekä laite- ja ohjelmistoresurssien hankkimisessa. Seuraavat esimerkit ovat Kymen- laakson ammattikorkeakoulusta:

- Energiatekniikan hanketoiminnan tuloksena on toteutettu voimalaitoksen 3D simuloin- tiohjelmisto, jota käytetään keskeisenä työkaluna voimalaitosoperoinnin koulutuksessa.
- Useiden hankkeiden toimesta on toteutettu 3D tulostus- ja mallinnysoympäristö sekä CNC- prototyyppiösaamisen kehittäminen. Näitä käytetään aktiivisesti mm. tuotemu- toilun koulutusohjelman opetuksessa ja opiskelijatyössä.
- Hanketoiminnan kautta kehitettyä osaamista energiakatselmointien tekemiseen hyö- dynnetään aktiivisesti energia-alan opetuksessa ja opiskelijatyössä.
- Tietoverkkotekniikan SimuNet-verkko on täysimittainen, operaattoritasoinen Internet palveluntuotantoon soveltuva ympäristö, joka on toteutettu hankerahoituksella ja sitä käytetään aktiivisesti sekä opetuksessa että tutkimustyössä.

Vastaavanlaisia huippuopetusympäristöjä ovat Seinäjoen ammattikorkeakoulun 3D-cave ja Metropolissa ambulanssimulaattori. Metropolian Electria on sovelletun elektroniikan tutkimus- ja kehitysyksikkö, jonka tavoite on konkretisoida ubiikkiteknologian huippututkimuksen tuloksia ope- tusta, käytäntöä ja liiketoimintaa palveleviksi sovelluksiksi. Electrian menestystarinoita ovat mm. painettava pelto.

TKI-hankkeiden kautta opetuksen tuotetaan myös osaamisen päivitystä sekä uusien aihealuei- den osaamista. Näiden osalta saadaan parhaat tulokset silloin kun opettajat itse osallistuvat hank- keen toimintaan. Hankkeissa saatu osaaminen siirtyy luontaisesti osaksi opetusta. Hankkeessa toimi- vien tutkijoiden käyttäminen opetuksen asiantuntijoina on edelleen liian vähän hyödynnetty tapa.

Yhteenveto

Yliopisto- ja korkeakouluopettaja on aikaansa seuraava, muuntautumiskykyinen ja monialainen tule- vaisuuden tekijä sekä omaa hyvät ihmissuhde-, vuorovaikutus- ja mediataidot. Jotta opetus voisi olla parempaa, opettajalla tulisi olla suora yhteys tutkimusorganisaatioihin ja yrityksiin, jolloin on mah- dollista tarjota uusimpia tutkimustuloksia ja liittää ne yritysten tarpeisiin. Opettaja on alansa asian- tuntija, jolla on uusin pedagoginen osaaminen, laaja tutkimusverkosto ja tulevaisuudessa yhä enem- män tutkijankoulutustaitoja, jotka mahdollistavat tulevien yhteiskunnallisten ilmiöiden analysoinnin.

Tähän asti varsinkaan yliopistot eivät ole tarpeeksi tukeneet opetuksen sisällön tuottamista. Aineistot ovat usein vaikealukuisia ja tieto jää paljolti hiljaisen tiedon (tacit knowledge) tasolle. Usein opettaja joutuu opiskelemaan itse uusimmat tutkimustulokset tieteellisistä artikkeleista ja kirjoitta- maan koko tarinan uudestaan ymmärrettäväksi opetusmateriaaliksi. Tutkimuksen tuloksista on siis vielä pitkä matka helppokäyttöiseen opetusmateriaaliin, jossa huomioidaan opettajan osaaminen

sekä eri kuulijoiden taustat sekä kiinnostuksen kohteet. Tiedon ja tietämyksen vaihtoa, voidaan parantaa vakiinnuttamalla systemaattisia käytäntöjä osaksi tutkimusprojektien julkaisutoimintaa.

Suomen mahdollisuudet nostaa yliopisto- ja korkeakouluopetus maailmanluokkaan kaikilla aloilla kaipaavat enemmän yhteyksiä huippututkimukseen. Opetuksen tasoa on vaikea mitata lyhyellä aikavälillä, mutta valmistuneiden korkea osaamis- ja motivaatiotaso lisää oppilaitoksen mainetta. Kansainvälisesti oppilaitoksen opetuksen laatu liitetään mielikuvissa usein suoraan organisaatiossa tehtävän tutkimuksen tasoon. Näin näkyvä huippututkimus parantaa suoraan yliopiston tai korkeakoulun mainetta opiskelupaikkana.

Kiitokset

Kiitämme tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeolIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Ahlavuo, Marika, Kurkela, Matti, Hyyppä, Hannu, Hyyppä, Juha, Haggrén, Henrik. 2010. Tietovirrat akateemisessa opetus- ja tutkimusympäristössä - huippututkimuksesta ajan tasalla olevaan opetukseen

Reflektori 2010, Tekniikan opetuksen symposium, 9.-10.12.2010, Espoo, Otaniemi.

Aalto-yliopisto, Koulutuskeskus. <http://opetuki2.tkk.fi/p/reflektori2010/documents/reflektori2010.pdf>

ISBN: 978-952-60-3477-5. ISSN: 1458-4859.

Hyyppä, Hannu, Ahlavuo, Marika, Holopainen, Markus, Vastaranta, Mikko, Alho, Petteri, Hyyppä, Juha, Haggrén, Henrik, Rönnholm, Petri, Hollström, Tommi, Saarinen, Ninni, Kaartinen, Harri Virtanen, Juho-Pekka ja Kurkela, Matti. 2013. What it takes to refine world-class research into High-class education. Maankäyttö. Nordiskt Häfte. 3a/2013. 32-36.

Laitala, Ari. 2014. MOOCit ovat täällä. Maakäyttö 2/2014. 28-30.

Wilenius, M. 2012. "Kuudes aalto & Suomen teollisen rakenteen murros ja metsäosaamisen mahdollisuudet". TEKES 18.9.2012



Näkökulmia julkaisu- ja popularisointikulttuurin vaikuttavuudesta

Marika Ahlavuo^{1,2}, Hannu Hyyppä^{1,2}, Juha Hyyppä³, Antero Kukko³,
Juho-Pekka Virtanen¹, Juhani Talvela⁴, Markus Holopainen⁵

¹Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

³Geodeettinen laitos

⁴Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

⁵Helsingin yliopisto, Metsätieteen laitos

Tiivistelmä

Popularisointi- ja julkaisutoiminta ovat opetus- ja tutkimusorganisaatioiden menestyksekkään toiminnan edellytyksiä. Popularisoinnin tarkoituksena on yhteiskunnallisen vaikuttamisen lisäksi aktivoida uusia lahjakkuuksia kiinnostavan tieteen alalle mahdollisimman nuorena.



Taustaa

Yhteiskunnallisen ja alueellisen vaikuttamisen kautta yliopistoissa ja korkeakouluissa on tavoitteena vastata olemassa oleviin tietotarpeen vaatimuksiin. Organisaatioihin pakkaantunut tieto ja osaaminen on hankittu pääasiassa yhteiskunnan varoilla, joten yhteiskuntavastuu ulottuu myös tutkimusrahoituksella tuotetun tiedon popularisointiin.

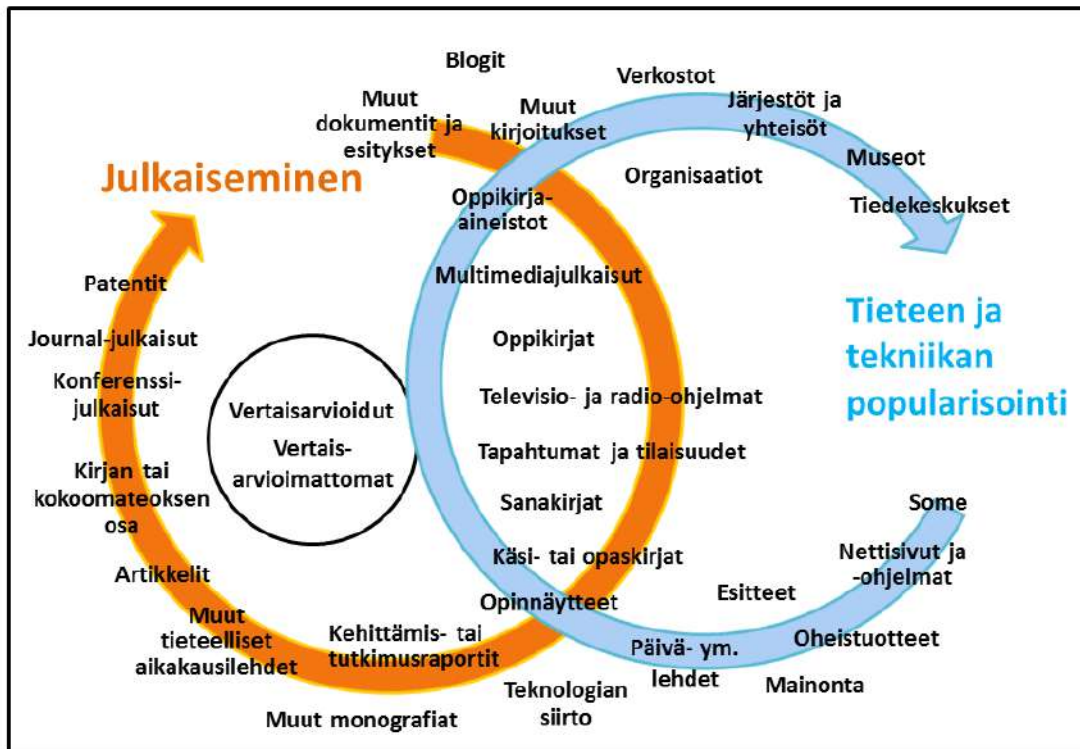
Tieteen popularisoinnissa on kyse kolmesta päälinjasta. Kuinka saada alalle brändi ja imago, missä mediassa sitä tulisi esittää ja kuinka voidaan määrittää kohderyhmät ja niiden priorisointi. Popularisoidussa muodossa alan ammattikieli puretaan yleiskielelle niin, että se on tavallisen yleisön ymmärrettävissä myös visuaalisesti. Tutkimuksesta tiedottamisessa on huomioitava erilaiset kohderyhmät sekä uudenaikaiset mediat monilla eri areenoilla. Samaa asiaa joudutaan esittämään eri yleisöille eri tavalla. Yliopistolle, tutkimukselle tai tutkijalle itselleen tärkeät kohderyhmät, joille media suunnataan, täytyy priorisoida. Se, miten tutkija pystyy popularisoimaan tiedettä ja hallitsemaan

mediaa on haastava tehtävä. (Wikipedia Heikkinen, 1996; Valste, 2002; Välvirronen, 2002; Heikkinen, 2008).

Yliopistojen laatukäsikirjoissa ja portfolioissa tulee kiinnittää huomiota popularisoinnin tärkeyteen haettaessa uusia, varsinkin poikkitieteellisiä tutkimusavauksia rahoittajilta. Alan tutkimuksen ja osaamisen tunnettavuus yhteiskunnassa näkyy paljolti yhteiskunnallisena vuorovaikutuksena lehdistössä ja muussa mediassa. Mutta minkä tiedon varassa yhteiskunnan kehitys lepää? Kuinka hyödyntää mediaa ja materiaaleja oman toiminnan esittelyssä? Kuinka tiedottaa tutkimustuloksista ja niiden synnyttämistä mahdollisuuksista Suomessa?

Osaajakeskittymät ja kumppanuusmallit keskittävät voimavaroja

TEKES, Sitra, SA ja muut rahoittajat painottavat tarvetta uudentilaiselle yhteistoiminnalle, jossa tutkimustulokset saadaan nopeammin tukemaan suomalaista liiketoimintaa. Metropolian rakennus- ja kiinteistöala on yhdessä Geodeettisen laitoksen, Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin, Turun ja Helsingin yliopistojen kanssa kehittänyt osaamisverkostoa, jossa toiminnan ytimeksi muodostuu yhteisöllinen tiedon rakentaminen ja jakaminen siten, että asiantuntijatietoa pystytään hyödyntämään yhteiskunnallisesti myös yrityksissä. Ajankohtainen tieto opinnäytteistä, tutkimuksista, hankkeista ja alan tulevaisuudesta muutetaan ymmärrettäväksi ja helposti saavutettavaksi.



Popularisointi ja julkaiseminen tukevat organisaation integroitua markkinointiviestintää.

© Hyyppä ja Ahlavo 2013

Uudenlainen ajattelutapa ja tuloksellinen toimiminen vaativat teorian lisäksi käytännön soveltamista, luottamusta sekä kykyä toimia opetuksellisesti yhteistyössä kotimaassa.

Ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen kahden välinen yhteistyö ja siinä tarvittavat alustat voivat kehittää tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaa sekä yhteistä verkottumista ja näkyvyyttä täysin uudella tavalla.

Miten Suomi näkyy tieteellisesti?

Tutkimusrahoituksen ollessa kilpailtua vaaditaan tehdystä tutkimuksesta julkisesti näkyvämpää tietoa. Mielikuvat rakentuvat vähitellen ja nykymediassa on paljon vaihtoehtoisia näkymismuotoja. Enää ei voi olla näkymätön, jos haluaa jatkossakin rahoitusta omalle tutkimukselle.

Suomen kansainvälinen tieteellinen julkaisutoiminta on menettänyt näkyvyyttään ja tieteellistä vaikuttavuuttaan kansainvälisissä vertailuissa. Ministeriöiden tulosohejauksessa ei ole painotettu riittävästi julkaisutoimintaa, tutkimuksen laatua tai sen kansainvälisyyttä. Vaikka tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnalle on asetettu erilaisia yhteiskunnallisen vaikuttavuuden vaatimuksia, ei suurin osa tästä sinänsä arvokkaasta tekemisestä ikinä kohtaa riittävässä määrin suurta yleisöä.



Visualisointi toimii kiinnostuksen herättäjänä. NykYTEknologia mahdollistaa uuden tavan hyödyntää tietoa.

Tutkimuksen mittarit

Mitkä ovat korkealaatuisen tutkimuksen mittarit? Aiheesta löytyy laajasti kirjallisuutta. Ongelmaksi erilaisten mittareiden käyttämisessä nousee se, että liian monen mittarin käyttö johtaa tilanteeseen, jossa niiden seuraaminen ei enää tuota haluttuja vaikutuksia. Geisler (2000) on kuvannut joukon avainmittareita, joilla voi mitata ja arvioida tieteen ja teknologian vaikuttavuutta.

Myös rahoittajat ilmaisevat omat korkealaatuisen tutkimuksen tuntomerkinsä. Suomen Akatemian huippuyksikön tuntomerkit (Suomen Akatemia, 2009) ovat 1) korkeatasoinen tutkimus- ja tutkijankoulutus, 2) yksiköllä tulee olla mahdollisuudet päästä kansainväliseen johtoasemaan tutki-

musalueellaan, 3) huippuyksikön tutkimuksella voi olla myös yhteiskunnallista merkitystä, 4) huippuyksikkö muodostuu yhdestä tai useasta tutkimusryhmästä. Sillä on selkeät yhteiset tutkimukselliset päämäärät sekä yhteinen johto. Huippuyksikön voivat muodostaa sekä yliopistoissa että tutkimuslaitoksissa toimivat tutkimusryhmät.

Vastaavanlaisia hyvän tutkimuksen kriteerejä löytyy myös esim. EU:n tutkimusohjelmien hankkeiden arviointikriteeristöistä, ERC:n (European Research Council) Advanced Grant-kriteeristöistä sekä muista kansainvälisistä tutkimusohjelmista. (Hyyppä ja Salonen, 2011)

ERC:n Advanced Grant -kriteeristö henkilökohtaisille senioritutkijoiden meriiteille on 1) tieteelliset läpimurrot, 2) tieteelliset artikkelit huippulehdissä, konferensseissa, monografiat ja niiden viittaukset, 3) kansainvälisten konferenssien tieteelliset ja hallinnolliset jäsenyydet, 4) keynote- ja plenary-esitykset kansainvälisissä konferensseissa, 5) editorina toimiminen kansainvälisissä lehdissä, 6) ohjautut väitöskirjat, 7) patentit, 8) tutkimusretkikuntien johtajuus ja 9) tieteelliset palkinnot ja tunnustukset. (Hyyppä ja Salonen, 2011)

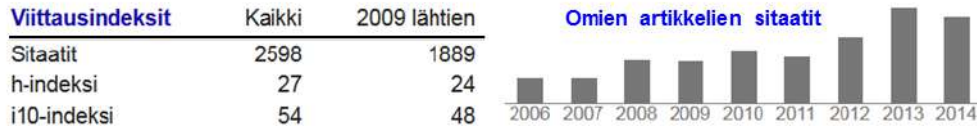
Opetus- ja kulttuuriministeriö uudisti yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen uutta rahoitusmallia vuoden 2014 alusta. Opetuksen painoarvo on edelleen suuri, mutta vähitellen tutkimusrahoituksen ja julkaisuiden painoarvo huomioidaan rahanjaossa. OKM:n rahoitusmalli muuttui kustannuspohjaisesta järjestelmästä tuotospohjaiseen järjestelmään. Ammattikorkeakouluille tutkimus- ja kehittämistoiminnan perusteella jaetaan n. 15 % laskennallisesta rahoituksesta. Rahoituksen perusteina olevat mittarit lasketaan pääosin kolmen vuoden keskiarvoilla. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan perusteeksi on valittu seuraavat ammattikorkeakoulutoiminnan laatua, aluevaikuttavuutta ja työelämäyhteistyötä sekä kansainvälisyyttä kuvaavat tekijät: 1) ulkopuolinen tk-rahoitus, 2) suoritettut ylempät ammattikorkeakoulututkinnot, 3) julkaisut, taiteellinen toiminta, audiovisuaaliset aineistot ja tieto- ja viestintätekniiset ohjelmat ja 4) henkilökunnan kansainvälinen liikkuvuus. Yliopistojen malli korostaa tutkimuksen osuutta (34 % rahoituksesta), joista julkaisuiden osuus on 13 %. Tulevaisuudessa (OKM 2014) rahoitus kohdentuu entistä enemmän huippujulkaisuihin, tällöin huomioidaan julkaisufoorumien mukainen tasoluokitus.

Luonnontieteiden ja tekniikan alalla teollinen vaikuttavuus on hyvin tärkeää, joten se on syytä nostaa esille erikseen. Yliopistot voivat nostaa tähän rinnalle koulutukseen liittyvät mittarit (tutkinnot), mutta maailmalla tutkintoja ei ole aina koettu yhtä arvokkaiksi tutkimuksen laadun mittareiksi kuin Suomessa. Lisäksi on syytä muistaa, että kaikissa hankkeissa ei synny kaikkea edellä mainittuja vaikuttavuuden muotoja, mutta hyvä tutkimusryhmä kokonaisuudessaan synnyttää aina näitä kaikkia. (Hyyppä ja Salonen, 2011)

Julkaisutaito hukassa – H-indeksi mittaa siteerattua julkaisutaitoa

Tutkimusta tullaan ravistelemaan tulevina vuosina ja sen ”säännöt” muuttuvat koko ajan. Tutkimuksen edustajan näkökulmasta on parempi, jos toiminnan säännöt ja tavoitteet tehdään pitkäkestoisiksi. Tutkimuksen vaikuttavuuden mittareiden tulisi olla sellaisia, että niiden avulla pärjää sekä nykyisessä että tulevassa kilpailussa. Päätöksiä tehtäessä tulisi huomioida, tukevatko päätökset itse itsemme asettamiamme päämääriä ja mittareita. Toisaalta on huomioitava myös kansalaisten etu, koska me tutkijat toimimme paljolti veronmaksajien rahoilla. (Hyyppä ja Salonen, 2011)

H-indeksi on tutkijan julkaisutehokkuutta ja tuotettujen julkaisujen merkittävyyttä kuvaava mittari. Tutkijan h-indeksi on se luku, jossa viittausten määrä kohtaa julkaisun järjestysnumeron. Eli tutkijan h-indeksi on 20, jos hänen 20:nneksi eniten siteerattu artikkelinsa on saanut vähintään 20 viittausta. Käytetyimmät kanavat h-indeksin ja julkaisutehokkuden mittamiseen ovat mm. WoS - Web of Science (ennen käytettiin nimeä ISI Web of Knowledge), Google Scholar ja Microsoft Academic Network, jolloin pystytään hahmottamaan myös alakohtaisesti tutkimuksien vaikuttavuutta. Samalla uudet open-access julkaisut korvaavat vähitellen hitaana pidetyt perinteiset akateemiset lehdet.



Google Scholar on Googlen hakupalvelu, jonka avulla voi etsiä tieteellisiä julkaisuja sekä esittää henkilöiden julkaisukyvykkyyden kehittymistä ja viittausmääriä.

Julkaiseminen kansainvälisissä referee-lehdissä tarkoittaa, että artikkelien oikeellisuus ja uutuusarvo on vertaisten tutkijoiden hyväksymiä. Viittaukset (ISI-WoS ja Google Scholar) kuvaavat sitä, miten paljon muut tutkijat ovat tutkimuksiin viittaneet, H-indeksi kuvaa myös tutkijan jatkuvaa kykyä tuottaa paljon viittauksia synnyttäviä julkaisuja. Web of Science (ISI) -julkaisujen viittaukset kertovat huippujulkaisujen saamista viittausmääristä ja scholar.google.com viittaukset kuvaavat, paljonko viittauksia tutkija/tutkimusryhmä on saanut laajemmin myös muissa julkaisukanavissa. Näissä näkyvät myös oppikirjat ja muu popularisoidumpi materiaali.

Teollinen ja yhteiskunnallinen vaikuttavuus

Tutkimuksen tulokset voidaan todentaa julkaisumäärien lisäksi mm. parantuneina prosesseina, muiden käyttöönottamina menetelminä, uusina tuotteina ja synnytettyinä perusosaamisena. Ilman uutta tietoa tai infraa laajempi kokonaisuus ei välttämättä toimisi. Mainituissa tapauksissa joku muukin voi luoda tiedon ja synnyttää infran ja varsinainen säästö on usein mitattavissa luotettavimmin euroissa. (Hyypä ja Salonen, 2011)

Alan menestyminen merkitsee työllistämistä, uusia yrityksiä, alan liikevaihdon kasvua, uusien, yhteiskunnan varoja säästävien prosessien luomista. Alojen väliset erot julkaisumahdollisuuksissa ja myös viittausmahdollisuuksissa ovat merkittävät, mutta rakennus- ja maanmittausalan sisällä ei näitä eroja pahemmin ole. (Hyypä ja Salonen, 2011)

Laserkeilaustutkimus on osa suomalaista mittausalan menestystarinaa. Yhden maailman arvostetuimman julkaisutietokannan mukaan (Lehtonen 2013) seitsemän kymmenestä johtavasta laserkeilaustutkijasta on suomalaisia. Maanmittauslaitoksen (MML) kansallinen korkeusmallituotanto laserkeilauksella ja metsäkeskuksien siirtyminen lasertekniikkaan ovat yhteiskunnan kannalta mitattavissa olevia parannuksia toimintaan. Jälkimmäinen säästää yhteiskunnalle lähes 20 M€ vuodessa. Lisääntyvä työllistyminen kasvattaa alan merkitystä ja luo myös uusia T&K-mahdollisuuksia. Ruotsiin on kopioitu Suomen mallia kansallisesta laserkeilauksesta lähes samoisenaan. Kun avoimet maastoaineis-

tot vapautuivat vuonna 2012, on laseraineiston käytöstä tullut kolmanneksi käytetyin MML:n toimitamista aineistoista (Lehtonen 2013).

Tutkimustiedon käyttöä teollisuudessa voidaan lisätä, kun tietoa suojataan patentoimalla tai ohjelmoimalla. Yhteiskunnassa on siirrytty yhä enemmän Open Innovation -ajatuksen, jota Nokia Oyj lanseerasi. Patentointi, erityisesti kansainvälinen patentointi, luo option tulevalle teolliselle hyödyntämiselle siten, että tuotteesta on saatavissa vielä kohtuullinen kate. Suomalaisen yhteiskunnan kehitys, jossa tieteellisen tutkimuksen oikeudet omistaa käytännössä laitos ja jota myös kansainvälisten tutkimusten sopimukset edellyttävät, ei kuitenkaan ole osoittautunut toimivan, koska yksiköt eivät osaa ja eivät halua hyödyntää patenteja parhaalla mahdollisella tavalla. Maailmalla suositellaan yhä enemmän, että tutkimustiedon hyödyntämisen oikeudet jäisivät tutkijoille itselleen. Kana-dassa kehitys on selvästi: pitää luoda enemmän patenteja ja synnyttää teollista vaikuttavuutta (El-Sheimy, 2011).

Hyvälle tutkimusryhmälle on määritetty monesti kaksi tärkeää ja hyvin tunnustettua toimintaperiaatetta 1) Publish or Perish ja 2) Demo or Die. Nämä periaatteet ovat tulleet erittäin tutuiksi myös koko T&K-kentässä. Molemmissa on tarve saada enemmän näkyvyyttä ja sitä kautta enemmän vaikuttavuutta.

Mainitut toimintaperiaatteet eivät takaa, että tutkimus olisi innovatiivista ja laadukasta. Toiminnan laatua tulee aina tarkastella myös seuraavista kahdesta näkökulmasta: 1) tieteellinen vaikuttavuus, joka on mitattavissa julkaisujen viittauksina ja 2) yhteiskunnallinen ja teollinen vaikuttavuus, joka on varsin usein mitattavissa myös uusina tuottavina toimintatapoina ja lopulta euroina. Siirtäessä innovaatioketjussa perustutkimuksesta tuotekehitykseen, on tuottoja voitava laskea yhä nopeammin. Teollinen vaikuttavuus voidaan kuvata synnytetyn liiketoiminnan volyyminä ja määränä. T&K:n yhtenä tavoitteena on synnyttää Suomeen uusia työpaikkoja.

Pitämällä edellä mainittuja T&K:n arvoina ja päätöksenteon tukena, voidaan tehdä yhteiskuntaa palvelevaa innovatiivista ja korkealaatuaista TKI-toimintaa. Kehittämällä verkoston julkaisu- ja popularisointitaitoja saadaan vastattua yhteiskunnallisiin haasteisiin tehokkaammin kuin perinteisellä toiminnalla. Organisaatioiden tulisi palkita näissä onnistuneet tutkijat ja yksiköt. Henkilövalinnoissa tulisi priorisoida henkilöitä, jotka pärjäävät parhaiten näillä mittareilla mitattuna.

Popularisointi on muuttanut muotoaan

Popularisoinnin avulla havainnollistetaan monimutkaisia teknisiä, teknistaloudellisia ja luonnontieteellisiä ilmiöitä tarkoituksenmukaisella tavalla erilaisille käyttäjille. Vuorovaikutteista analysointi- ja visualisointitekniologiaa ja sosiaalisen median sekä uusien välineiden menetelmien käyttöä voidaan hyödyntää popularisoinnin apuna. Tekniologia mahdollistaa uudenlaiset tietovirrat ja interaktiiviset virtuaaliverkostot. Tiedon näkymistä tutkimusverkostoissa voidaan hahmotella myös toimintaa tukevana tai hidastavana. Tekijänoikeudet ja orkestrointi vaativat kärsivällistä asennetta toimintaan. Uuden, joko itse tuotetun tai muualta hankitun, tiedon jakaminen oikeaan paikkaan edellyttää organisaatiolta dynaamisuutta, luottamusta ja toimivia organisaatorakenteita. Suomessa on edelleen suuri pula tekniikan alan kansallisista oppikirjoista, jotka synnyttävät osaamista myös kansainvälisesti. Myös uudet oppimisympäristöt, tilat ja uudenlainen yrittäjyys ovat avainasioita. Viestintäyksikön mukaan ottaminen tutkimushankkeeseen on olennaista, jos viestintää halutaan toteuttaa ryhmän ulkopuolelle. Tämä vaatii aikaa ja resursseja eikä aina onnistu.

Uudenlainen yrittäjyys siirtää teknologiaa yhteiskuntaan

Tutkimuslaitokset, yliopistot ja korkeakoulut suhtautuvat myönteisesti teknologian siirtoon. Uutta liiketoimintapotentiaalia synnytetään Aalto Venture Garage -tyyppisillä toimenpiteillä, jolloin kasvu-yritykset voivat hyödyntää ideoita ja kehittää liiketoimintaansa.

Toimivat tiedon luomisen ja jakamisen tilat nousussa

Älykkäät tilat luovat mahdollisuuden esitellä toimintaa visuaalisesti. Posterit, esitteet, erilaiset näyttöt, videotykit ja cavet mahdollistavat tekemisen havainnollistamisen. Internet, sosiaalinen media ja lehdet luovat alustan, jossa omaa tekemistään voi esitellä laajasti hyödyntäen valokuvia, videoita ja tekstiä. Lisäksi piirustukset ja animaatiot elävöittävät esitystä.

Useaan paikkaan on kehitetty ns. Learning Cafe -tiloja, jolloin yritysten, julkisen sektorin ja korkeakoulumaailman edustajat esittelevät mahdollisuuksia ja keskustelevat yhteistyöstä ja ratkaisuista. Aalto-yliopiston Maankäyttötieteiden laitokseen on perustettu 3D-studio ja Otaniemessä campusaluetta yhdistäväksi ja alueen yrityksiin kohtauspaikaksi on vakiintumassa Urban Mill. Urban Mill on käynnistynyt vuoden 2013 aikana ja on urbaanien innovaatioiden luomisen uusi kansainvälinen keskiö Otaniemessä. Fyysinen ja virtuaalinen toiminta sekoittuvat Urban Millissä. Yhdessä tekemisen tila tuo yhteen rakennetun ympäristön, kaikkialla läsnäolevan tietotekniikan, urbaanien palveluiden sekä urbaanin elämän tutkijat, innovaattorit ja käyttäjät. Tällaiset tilat mahdollistavat mm. tutkimustiedon popularisoinnin innovatiivisella tavalla. Havainnolliset tilaan sijoitetut demonstraatiot ja teknologiset alustat esim. cave, mahdollistavat uudenlaisen näkyvyyden verkostomarkkinoinnin keinoin. Vierailija vie tiedon tekijöistä tai teknologioista omille yhteistyöverkostoilleen mahdollistaen näin ennakoimattomat kohtaamiset esim. tutkijoiden ja tutkimustiedon sovellusalueiden hyödyntäjien välillä. Spinoffina toimiva Urban Mill on paitsi rakennus myös perinteisen popularisoinnin rinnalla toimiva uudenlainen tiedon jakelukanava, jossa ennakoimaton yhteistyö on mahdollista.

Miten hyödynnämme uudet toimintatavat?

Nykyään järjestetään poikkialaisia workshoppeja, ideariihä, työpajoja ja hautomoita, joissa tavataan eri alojen toimijoita uudenlaisen yhteisen tekemisen löytämiseksi. Toiminnan hyödyntäminen vaatii sitoutumista, dokumentointia ja muistiinpanojen hyödyntämistä pitkälläkin aikavälillä. Kaikki saavat olla mukana ja voivat hyödyntää tietoa soveltuvin osin myös omassa työssään. Asiantuntijoiden välisiä keskusteluja ja yhteistyötä helpottaa, jos omaa tekemistä osataan kuvata eri näkökulmista.

Tutkimustuloksien tuominen näytille ja arvioitaviksi on yksilölle haaste, joka vaatii paitsi henkilöltä myös ryhmältä oman roolin tiedostamista ja sen noudattamista. Luottamus on edellytys toiminnan onnistumiselle. Luottamus on myös kirjoittamaton lupaus tietojen, ideoiden ja materiaalin koskemattomuudesta – kunnes esim. oikeuksien jakamisesta on sovittu tapauskohtaisesti henkilöiden välillä. Akateemisessa maailmassa ongelmana on tiedon hidas ja vapaaehtoisuuteen perustuva tuoteistaminen.

Kiitokset

Kiitämme tutkimustyön rahoittajia: Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeolIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

El-Sheimy, N. 2011. Henkilökohtainen keskustelu prof. Naser El-Sheimyn kanssa tutkimuksen nykysuuntauksista, elokuussa 2011.

Geisler, E. 2000. *The Metrics of Science and Technology*. Praeger. 400 s.

Heikkinen, M. 2008. Tieteen popularisointi tietoverkossa - kuka ja miten? *Luonnon tutkija* 112 (2008): 5, 151-153.

Heikkinen, O. 1996. Voiko tutkija kirjoittaa populaaristi? Sisältyy julkaisuun: *Tieteessä tapahtuu* 14 (1996).

Helsingin Sanomat. 2014. Laserkeilaus tekee kolmiulotteisen kuvan vaikka metsästä. Julkaistu 21.5. toimittaja: Kimmo Taskinen, kuvaaja: Petri Krook. <http://www.hs.fi/hstv/uutiset/v1400567740921>.

Hyyppä, H., Ahlavuo, M. 2013. Älykäs elinympäristömme vaatii uudenlaista julkaisu- ja popularisointikulttuuria. *Maankäyttö* 1/2013. 6-9.

Hyyppä, H., Ahlavuo, M., Haggrén H., Hyyppä, J. 2007. Maanmittausalan popularisointi. *ReflekTori 2007* Tekniikan opetuksen symposium 3.-4.12.2007 TKK Dipolissa. Espoo 2007, TKK, 187-188. Elektroninen julkaisu. http://www.dipoli.tkk.fi/ok/p/reflektori2007/refl07paptodo/nettiin/Reflek_tori2007.pdf

Hyyppä, J. ja Salonen, A. 2011. Tutkimuksen vaikuttavuuden mittaaminen maanmittaustieteissä. *The Photogrammetric Journal of Finland*. Vol. 22. No. 3. 2011. 22-32.

Lehtonen, P. 2013. Suomalainen laserkeilaus on maailman huippua. *Maankäyttö* 2:2013. 6-10.

Opetus- ja kulttuuriministeriö. OKM 2013. Ehdotus ammattikorkeakoulujen rahoitusmalliksi vuodesta 2014 alkaen. www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/.../amk_rahoytusmalli.pdf.

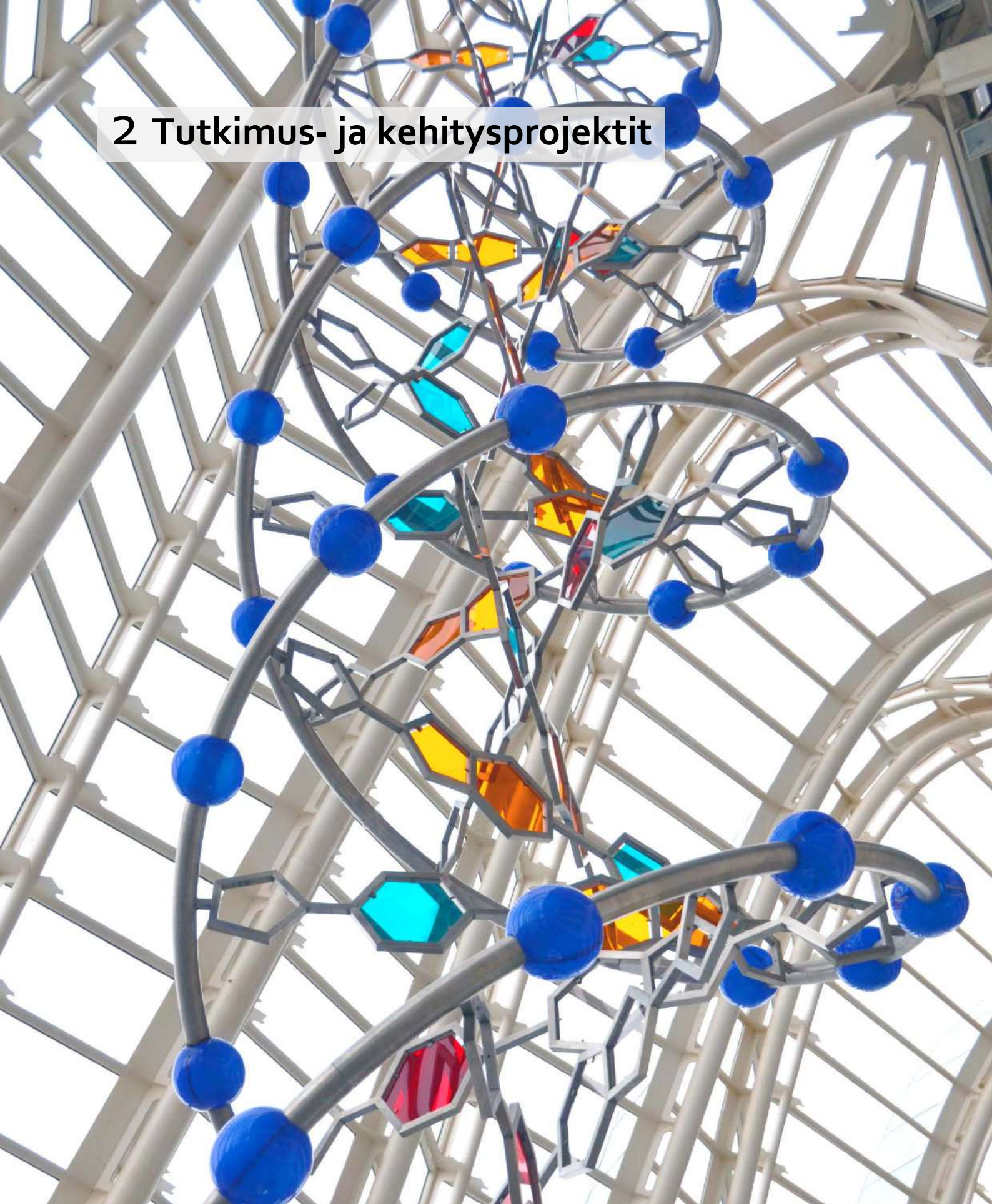
Opetus- ja kulttuuriministeriö. OKM 2011. Laadukas, kansainvälinen, profiloitunut ja vaikuttava yliopisto – ehdotus yliopistojen rahoitusmalliksi vuodesta 2013 alkaen. Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2011:26.

Opetus- ja kulttuuriministeriö. OKM 2014. Ehdotus yliopistojen rahoitusmallin tarkistamiseksi vuodesta 2015 alkaen. Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2014:7.

Valste, Juha 2002. Kirjoittaminen popularisoinnin välineenä. Tieteen popularisointi-luentosarjan esitelmä. Helsingin yliopiston ekologian ja systematiikan laitoksella 18.1.2002.

Väliverronen, E. 2002. Tieteen popularisointi. Tieteen popularisointi-luentosarjan esitelmä. Helsingin yliopiston ekologian ja systematiikan laitoksella 16.1.2002.

2 Tutkimus- ja kehitysprojektit



Älykkäät kaupungit toteutuvat uusilla toimintatavoilla ja tekniikoilla

Hannu Hyyppä^{1,2,4}, Marika Ahlavo^{1,2}, Jukka Heinonen³, Tommi Sulander⁵,
Juho-Pekka Virtanen¹, Markku Markkula¹, Lars Miikki⁶

¹Aalto-yliopisto

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

³Islannin yliopisto

⁴Geodeettinen laitos

⁵Helsingin yliopisto

⁶Järvelin Design Oy

Tiivistelmä

Älykkäät kaupungit ovat ihmisläheisiä ja avoimia ympäristöjä tarjoten tietoa ja palveluita edistämään kaupunkilaisten hyvinvointia sekä yhteiskunnallista keskustelua. Uudenlaisten palveluiden ja aktiiviteettien avulla asukkaiden elämisen laatua voidaan parantaa. Kaupungista on tullut ekosysteemi, joka vetää puoleensa tai hylkii asukkaita. Vuorovaikutteisuus asukkaiden ja päätöksentekijöiden kesken vaatii raikasta ajattelua myös toimintatavoissa. Älykkäisiin kaupunkeihin kohdistetaan myös suuria odotuksia erilaisten kestäväen kehityksen ongelmien ratkaisijoina.



Älykkäät kaupungit - taustaa

Suurin osa maapallon väestöstä elää kaupunkialueilla. Kaupungistumisen alkuaikoina 1900-luvun alussa vain noin joka kymmenes maailman ihmisistä asui kaupungissa. Vuonna 2008 kaupungeissa asui jo puolet maailman väestöstä ja vuonna 2050 kaupunkilaisia on YK:n mukaan jo 75 %. Afrikassa ja Aasiassa kaupungistuminen on nopeampaa kuin Euroopassa. Kaupunkien vanhentunut infrastruktuuri ja alati laajenevat asutuskeskukset, ilmastonmuutos ja luonnonvarojen jatkuva kulutus luovat paineita innovaatioiden ja teknologian uudella hyödyntämiselle. Älykkäät kaupungit voidaan tunnistaa kuudella pääkategorialla: älykäs talous, mobiilisuus, ympäristö, ihmiset, asuminen ja hallinto. Nämä kuusi akselia perustuvat alueen kilpailukykyyn, liikenteeseen, tietotekniikkaan, luonnonva-

roihin, elämisen laatuun, ihmisten osallistumiseen alueen hallintaan ja yksilön ja ekosysteemin suhde-, rakenne- ja kansalaispääomaan.

Älykäs kaupunkikonsepti hakee suuntaansa

Suomessa Smart City tarkoittaa kaupunkia, jossa asukkaiden tarpeet ja toiveet huomioidaan viihtyvyyden ja elinympäristön osalta. Luovuus, sosiaaliset innovaatiot ja verkostot toimivat kaupungin tulevaisuuskehityksen runkona. Asukkaiden lisäksi varsinkin media on kiinnostunut mm. alueellisesta maapolitiikasta ja päätöksenteosta kaupunkisuunnittelussa. Älykäs kaupunki -konseptit hyödyntävät tuoreimman tekniikan ja tietotaidon kautta innovaatioketjua. Uudet toiminta- ja ajattelutavat vahvistavat vaadittavaa monitieteistä yhteistoimintaa. Toimiva kaupunki helpottaa ihmisten elämää, liikumista ja asiointia sekä parantaa alueen vetovoimaisuutta.

Pääkaupunkiseudulla älykäs kaupunki -konseptia toteutetaan Länsimetron rakentamisen yhteydessä. Metron tuomat ihmisvirrat vaativat toimivan infrastruktuurin ja tuoreita liiketoimintamalleja.

Useissa älykäs kaupunki -projekteissa kehitetään sähköisiä kaupunkipalveluita, jotka helpottavat ihmisten elämää ja liikkumista, esimerkkinä mm. Forum Viriumin -hanke, jossa Helsingin asukkaat osallistuvat palvelujen kehittämiseen ja testaamiseen. Vuorovaikutteisuus, sosiaalinen media ja yhdessä tekeminen auttavat ideoiden työstämisessä ja muuttavat totuttua toimintaa.

Innovatiiviset kaupungit -ohjelman lähtökohta on tutkimuksen, koulutuksen, yritysten ja julkisen hallinnon tiivis paikallinen yhteistyö ja voimavarojen koonti. Keinoina ovat uuden tyyppiset kehitysympäristöt, edelläkävijämarkkinoiden luominen sekä kansallinen ja kansainvälinen yhteistyö osaamisen hyödyntämisessä.

Kehitysympäristöinä ovat uusien teknologioiden ja palveluiden demonstraatio- ja testialustat sekä osaamis pohjaisen yrittäjyyden uudet toimintamallit. Kaupunkien suuret tulevaisuusinvestoinnit esimerkiksi energia-, vesi- ja jätehuollossa, asumisessa, liikenteessä ja terveydenhuollossa ovat vielä hyödyntämättä innovaatiotoiminnan alustoina. Kehittäminen ja pilotointi toteutetaan aidoissa kehitysympäristöissä käyttäjien, yritysten ja julkisen sektorin yhteistyönä. Edelläkävijämarkkinoiden luomiseksi kaupunkien odotetaan lisäävän myös innovatiivisten julkisten hankintojen käyttöä. Toimenpiteillä tavoitellaan yritysten viennin kasvattamista. (TEM, 2013)

Innovatiivinen kaupunki ohjelmaan valittiin kaupunkiseutujen esitysten pohjalta kysyntälähtöisiä, ratkaisukeskeisiä ja monialaisia teemoja (tulevaisuuden terveys, biotalous, kestävä energiaratkaisut, älykäs kaupunki ja uudistuva teollisuus sekä kyberturvallisuus), joissa yhdistyy useita osaamisalueita.

Elämisen laadun parantaminen suunnittelun taustalla: Mitä ovat älykkäät kaupungit?

Älykästä kaupunkikulttuuria on toteutettu laajemmin mm. Barcelonassa, Manchesterissa, Amsterdamissa ja Lontoossa. Euroopassa asiantuntijoiden ja asukkaiden osaamista on yhdistetty ja uskallettu toteuttaa uusia kaupunki-ilmettä uudistavia ratkaisuja.

Yleisesti älykästä kaupunkia kuvattaessa siinä yhdistyvät erilaiset palvelut, talous-, liikenne-, turvallisuus-, terveydenhuolto- ja koulutusnäkökulmat. Kaupungit pyrkivät jatkuvasti ottamaan käyttöön nykyistä parempaa teknologiaa vähentääkseen mm. energian- ja vedenkulutusta, luonnonvaro-

jen käyttöä, jätevuoria sekä saastumista. Uuden teknologian hyödyntäminen aluesuunnittelussa vaatii uutta osaamista alasta riippumatta esim. ongelmien tunnistamisessa ja tarvittavan teknologian hankintaprosessien hallinnassa kilpailutuksineen ja sääntöineen. Kaupungin toimintojen näkeminen rengasmaisina tai ekosysteemissä vaikuttavina toimintoina yksittäisten toimintojen sijaan haastaa työntekijät ja antaa mahdollisuuden täydennyskouluttajille. Yhteistyö voi olla esim. vapaamuotoisia alueen teemoihin liittyviä foorumeita, living labeja, hautomoja tms.



Älykkään kaupungin osa-alueita. © Hannu Hyyppä ja Marika Ahlavuo

Älyliikenteellä parannetaan liikenteen, matkustamisen ja kuljetusten sujuvuutta ja turvallisuutta tieto- ja viestintäteknologian avulla sekä vähennetään ympäristön kuormitusta. Logistiset prosessit, paikannus- ja karttateknologian hyödyntäminen reittien optimoinnissa, joukkoliikenteen informaatio-ratkaisut, ohjaus- ja maksujärjestelmät sekä kuljetusten ja infrastruktuurin välinen tiedonvaihto ovat osa älyliikennettä. Tulevaisuudessa järjestelmät reagoivat ennakoivasti. Ruuhkat ja päästöt tulevat suunnittelun tuloksena vähenemään. Asukas itse hyötyy suoraan yhdistetyistä tietorekistereistä parantuneena ja nopeutuneena palveluna. Älykkäät kaupungit varautuvat myös turvallisuushäikiin kuten rikollisuuteen, tulviin, myrskyihin ja maanjäristyksiin. Tulevaisuuden mallintaminen tehdään hyödyntäen visualisointien taustalla pelillisyyttä, paikkatietotekniikkaa, erilaisia skenaarioita ja aikasarjoja.

Älykäs kaupunki edesauttaa iäkkäiden ihmisten toimimista lähiympäristössä, millä on suotuisa vaikutus elämänlaatuun. Esimerkiksi Helsingin keskustassa asuvista yli 75-vuotiaista ihmisistä yli puolet kokee, etteivät he tiedä riittävästi asuinalueensa vanhusten palveluista. Älykkään suunnittelun myötä tiedon saantia ja palveluiden saavutettavuutta voidaan tehostaa. Lisäksi esteettömyyden tehostaminen hyödyntäen paikkatietoanalyysijä ja ihmisten omia kokemuksia kohentaa liikkumismahdollisuuksia. Esteettömällä ja helposti lähestyttävällä ympäristöllä voidaan edistää ihmisten kokoon-tumista yhteen ja näin edesauttaa sosiaalista kanssakäymistä.

Kaupungin keskustoissa asuvat iäkkäät hyödyntävät monipuolisesti joukkoliikennettä. Älyliikenteen tuottamien parannusten avulla voidaan entisestään kohentaa iäkkäiden liikkumista ja osallisuutta. Joukkoliikenteen sujuvuus ja turvallisuus ovat iäkkäiden ihmisten näkökulmasta ensisijaisen tärkeitä tekijöitä.



Virtuaalimaailmat ja tilat - osaaminen ja tekeminen näkyvät uusina toimintoina

Uusilla kaavoitusalueilla on mahdollista, että tulevat asukkaat osallistuvat uuden kaupunginosan suunnitteluun virtuaalimaailman kautta. Älykkään kaupungin runko voi olla todellisuutta vastaava virtuaalikaupunki, joka on geometrisesti oikea ja visuaalisesti riittävän aidon tuntuinen. Viranomaiset voivat siirtää suunnitelmansa ja toteutuksensa yhteisesti näkyvään virtuaaliympäristöön, jolloin voidaan myös päättää mitä tästä tiedosta jaetaan kaupungin tietokantoihin ja missä muodossa tieto tavoittaa asukkaat. Virtuaalinen kaupunki tarjoaa mahdollisuuden tehdä tarkkoja paikkatietoanalyysijä ja yhdistää sitä asukkailta saatavan palautteen kanssa. Näin saadaan jatkuvasti ajankohtaista tietoa kaupungin viihtyvyyttä ja tyytyväisyyttä edistäviin päätöksiin. Virtuaalimalleista voidaan tuottaa esteettömyyskarttoja, yhdistää siihen nähtävyydet, tapahtumat sekä tarjota muita erilaisia paikkaan sidottuja palveluita.

Uudet visualisoinnit tehokkuuden analysoinnissa

Kaupungin palveluiden sijoittumista ja kaupungissa tapahtuvaa toimintaa ja vetovoimaisuutta voidaan parantaa seuraamalla ajallisesti ja alueellisesti laajojen asiakasryhmien matkapuhelintietoja, luottokorttistoja, etukorttien käyttöä ja ostotapahtumia, kuitenkin tietoturvaa ja yksityisyyttä loukkaamatta. Kasvavana trendinä on kulutus- ja liikkumiskäyttäytymisen reaaliaikainen ja dynaaminen analysointi ja visualisointi. Luottokorttien käyttöön liittyvän massa-aineiston haltijana pankkiala mahdollistaa luottamuksellisen tiedon keräämisen. Se, miten kaikkea kerättyä tietoa voidaan ja osataan hyödyntää uusina tapoina toimia paikkatietomaailmassa on haaste, mutta pilotteja on tehty jo mm. Barcelonassa. Paikkaan sidotun tiedon hyödyntäminen osana uudenlaisia palveluratkaisuja luo uusia mahdollisuuksia. Kaupunkilaisten liikkumista ja käyttäytymistä seurataan keräämällä mm. digitaalaisia sensori- ja tapahtumatietoja. Isona haasteena on digitaalisen informaation kulloiseenkin tarpeeseen tehty analysointi ennen tiedon hyödyntämistä suunnittelussa ja päätöksenteossa.

Ekodatasysteemien hallinta ja uudet liiketoimintamallit

Dataekosysteemien hallinta on suuri haaste. Nykyisissä kaupunkimaisissa keskuksissa sensorit ja järjestelmät eivät kommunikoi keskenään. Kaupunki koostuu useista aktiivisista ja operatiivisista järjestelmistä. Kaupunkilaista palvelevat toimijaryhmät kuten terveydenhuolto, pelastuspalvelu ja koulut toimivat omilla alueillaan ilman monialaista vuorovaikutusta. Virastot toimivat omana kokonaisuutenaan ilman mitään standardoitua keskinäiskommunikointia. Tulevaisuuden kaupungissa eri toiminnot keskustelevat keskenään. Esimerkkinä mm. yhteen toimivat turva-, terveys- ja muut tietovarannot.

Kaupungit alkavat muistuttaa yhä enemmän nykyaikaista Formula 1 -tiimiä, jossa tietokoneet analysoivat jatkuvasti sensoreiden avulla reaaliaikaisia tapahtumia. Tekniikkaa hyödynnetään suoritusten parantamiseksi, mutta samalla henkilöstöä tarvitaan tarkkailemaan ja ohjeistamaan. Kaupungin ekosysteemissä tulevaisuuden vaikuttajin ovat koululaiset ja opiskelijat, joiden digimediataidot ovat pääsääntöisesti kehittyneemmät kuin työelämässä toimivilla. Verkostojen ja tietovarantojen luominen koulujen ja oppilaitosten välillä yhteisen tekemisen kautta, tullee nostamaan päätään mm. innovatiivisten ratkaisujen löytämisessä tukemaan kaupunkilaisten arkea. Asukkaiden tarpeet ohjaavat uudenlaista tekemistä, jossa kuva- ja paikannuspalveluiden päälle rakennetaan esimerkiksi energiatehokkuuden reaaliaikaisia monitorointia hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Staattisten paikkaan sidottujen tietojen yhdistyessä ihmisten liikkumiseen ja hiljaiseen tietoon voidaan kaupunkisuunnittelua kehittää ja tehostaa. Vaikeinta on löytää juuri se informaatio, josta on kulloinkin apua. Virtuaali- ja pelialustojen hyödyntäminen avoimen datan jalostamisessa on kasvava ala. Tietosuojaa on edelleen yksi suurimmista haasteista yksilölle suunnattujen palveluiden tuottamisessa. Useat yritykset kehittävät yksilöllistä käyttäjäprofiilia yhä enemmän asiakaskuntaansa palvelevaksi.

Asenteet suuressa roolissa

Toive saada puhtaampi ja vähemmän liikkuva kaupunki yhdistää älykkäiden kaupunkien suunnittelua. Kevyen liikenteen turvallisuutta, joustavuutta sekä ohjausta kehitetään kohti logistisesti toimivampia liikkumisratkaisuja. Tilan puute ja ruuhkat ohjaavat mm. autojen ja polkupyörien yhteiskäyttöön ja omistukseen.



Älykästä ja kestäväää?

Älykkäät kaupungit samaistetaan usein kestäviin kaupunkeihin ja kestävään, ekologiseen elämään. Älykkyys ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita nykyisiä toimintamalleja kestävämpää tai vähemmän kestävää kehitystä. Älykkyiden lisääntyminen on myös haaste. Älykkäät toiminnot mahdollistavat tehokkaamman ohjauksen ja siten esimerkiksi energiatehokkuuden parantamisen niin rakennuksissa kuin liikenteessäkin. Toisaalta lisääntyvä teknologia tarkoittaa lisää energiaa kuluttavia ja materiaaleja vaativia koneita ja laitteita. Suuret kehityshankkeet aiheuttavat myös pitkäaikaisia ja usein peruuttamattomia ympäristövaikutuksia, jotka jättävät käyttövaiheen hyödyt pitkiksi ajoiksi varjoonsa. Historian saatossa olemme saaneet todistaa lukuisia kestäväää kehitystä edistävinä myytyjä hankkeita, jotka toteutuessaan ovat kuitenkin osoittautuneet lupausiltaan vahvasti liioitelluiksi tai niihin liittyviä ympäristövaikutuksia ei ole lainkaan ymmärretty etukäteen. Kevyen liikenteen kehittäminen, liikenteen sähköistäminen, rakennusten tehokkaampi energiankäytön ohjaus ja älykkäät sähköverkot ovat kuitenkin esimerkkejä älykkäiden kaupunkien elementeistä, jotka tarjoavat järkevästi yhdistettynä mahdollisuuden ottaa merkittäviä askeleita kohti kestävämpiä yhdyskuntia asukkaiden ja käyttäjien hyvinvointia lisäten.

Miten Suomessa tulisi rakentaa älykästä kaupunkia?

Eri toimijoiden tulee koota resurssit ja hahmotella kaikille orkestroidusti soveltuvaa Smart City-konseptia. Alueen erikoistumista ja toimivuutta tulee korostaa suunnittelussa. Kokoamalla yritykset, kaupungit ja yliopistot sekä oppilaitokset yhteisen tavoitteen ympärille, saadaan muodostettua kaikkia osapuolia hyödyttävä kokonaisuus. Yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen rooli yhteiskunnallisena vaikuttajana korostuu, jos teoriaa ja tutkimustietoa hyödynnetään nopeasti käytäntöön.

Tärkeimpiä haasteita ovat yhdessä tekemisen tavat ja toimivat rahoitusmallit. Yhteisten vision saavuttamiseksi on uudistettava toimintatapoja, käsityksiämme tiloista ja niissä toimimisesta, sopia tiedon jakamisen tavoista, kehittää kaupunkien hallintomalleja sekä tuoda avointa päätöksentekoa lähemmäs asukkaita ja alueella toimivia asiantuntijoita.

Älykkään kaupungin runko on todellisuutta vastaava virtuaalikaupunki, joka on geometrisesti oikea ja visuaalisesti riittävän aidon tuntuinen. Uusilla kaavoitusalueilla on mahdollista, että tulevat asukkaat osallistuvat uuden kaupunginosan suunnitteluun virtuaalimaailman kautta. Virtuaalikaupunki on myös potentiaalinen tulevaisuuden ekosysteemi ICT-teollisuudelle. Rakennusteollisuudelle virtuaalikaupunki on tärkeä elementti elikaariajattelun, allianssien, BIMin ja alueellisen tietomallin toteuttamisessa.

Uudet toimintatavat ja yhdessä tekeminen ovat avainasemassa kaupunkien toimintoja päivitetessä reaaliaikaisiksi ekosysteemeiksi. Se tapahtuu pääasiassa ihmislähtöisyyden pohjalta ja uusien periaatteiden omaksumisen sekä tekniikan kehittymisen myötä. Professori Pekka Himasen sanoin: ”Yhdessä tekeminen vaatii luottamuksen lisäksi rikastuttavaa yhteistyötä, luovuutta ja unelmia.” Asukkaiden, yritysten, yhteisöjen ja kaupungin tarpeet ohjaavat uudenlaisen palvelun tuotteistamista. Teknologian avulla ihminen voi ratkaista tulevaisuuden haasteita – koneet ovat avuksi, mutta ihmisen on löydettävä tapoja yhdistää ja jakaa omaa osaamistaan ja tietojaan yhteisen päämäärän saavuttamiseksi. Älykästä kaupunkia suunnitellaan ja rakennetaan toivottavasti asukkaiden tarpeisiin.

Kiitokset

Kiitämme myös tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö ja Kestävää aluesuunnittelua aluerakenteiden ja kulutustottumusten välisten yhteyksien ymmärtämisellä, 268099).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Hyyppä, Hannu, Ahlavo, Marika, Markkula, Markku, Miikki, Lars, Hyyppä, Juha, Launonen, Pentti. 2013. Monialaisesti ratkaisuja kaupungistumiseen. Maankäyttö 3:2013, 20-22.

Hyyppä, Hannu, Ahlavo, Marika. 2012. Rakennetaan älykäs kaupunki. Positio, 2012. Nro 2, 13-15.

Hyyppä, Hannu, Ahlavo, Marika. 2012. Smart City – Kilpailukykyinen ja energisoiva kaupunki. Maankäyttö 1/2012. 10-13.

Kotkavuori, Heikki, Holmberg, Mikko. 2013. Espoon rakennettu digiympäristö – nyt ja tulevaisuudessa. Innovaatioprojektityö. 72 s.

Kutinlahti, Pirjo. 2013. INKA – Innovatiiviset kaupungit – Ohjelma 2014-2020 Aiehaku Elinkeino- ja innovaatio-osasto 13.5.2013. Työ- ja elinkeinoministeriö. 2013.

Mikkilä, Kari, Miikki, Lars, Hyyppä, Hannu, Virtanen, Juho-Pekka, Ahlavo, Marika. 2013. Tilat yhteiskäyttöön - Urban Mill, Maankäyttö 3:2013, 23-25.

Sulander, Tommi, Nisén, Jessica, Heimonen, Sirkkaliisa, Pohjolainen, Pertti, Virkola, Elisa, Karvinen, Elina, Koivula, Riitta. 2009. Vanhuksen koti keskellä kaupunkia. Kyselytutkimuksen tulokset. Ikäinstituutin raportteja 4/2009.

TEM 2013. <http://www.tem.fi/inka>. Innovatiiviset kaupungit -ohjelma (INKA) luettu 20.12.2013.



Tarkat paikkatietomenetelmät parantavat ilmastonmuutoksen aiheuttamien luonnonvarariskien hallintaa

Marika Ahlavuo^{1,2}, Hannu Hyyppä^{1,2}, Juha Hyyppä³, Markus Holopainen⁴,
Mikko Vastaranta⁴, Juho-Pekka Virtanen¹, Petteri Alho^{5,1}

¹Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

³Geodeettinen laitos

⁴Helsingin yliopisto, Metsätieteen laitos

⁵Turun yliopisto, Maantieteen ja geologian laitos

Tiivistelmä

Maailmanlaajuisestikin ilmastonmuutoksen aiheuttamat paikalliset riskit ja niiden ennakointi ovat valjastaneet eri alojen tieteen tekijät yhteistyöhön. Tulvat, kovat tuulet ja tuhohyönteiset saattavat aiheuttaa laajoja metsä- ja viljelystuhoja. Sama luonnonvoima saa aikaan hyvin erilaisia ongelmia osuessaan joko viljelyalueille, metsään tai kaupunkiin. Tuhoja voidaan kuitenkin ennakoinnilla vähentää. Tiivis kaupunkiympäristö haavoittuu helposti ja aineelliset, taloudelliset ja henkiset vahingot ovat useimmiten moninkertaiset harvaan asuttuihin tai asumattomiin alueisiin verrattuna. Vahingot tulevat kalliiksi yhteiskunnalle ja sille kaupungille, johon luonnonvoimat kulloinkin iskevät.



Johdanto

Ilmastonmuutostermillä tarkoitetaan useimmiten pääasiassa ihmisen toiminnasta johtuvaa, ilmakseen lisääntyvästä kasvihuonekaasupitoisuudesta aiheutuvaa globaalia ilmaston lämpenemistä. Ilmastonmuutos on merkittävä pitkän aikavälin muutos globaalissa ja paikallisessa ilmastossa. Tarkasteltava aikaväli voi vaihdella kymmenistä vuosista miljooniin vuosiin. Yleisesti ottaen ilmastonmuutos voi aiheutua tapahtumista, jotka liittyvät muun muassa merien lämpömekanismeihin, maapallon rataa, mannerlaattojen liikkeisiin, auringon aktiivisuuteen, vulkaaniseen toimintaan, asteroiditörmäyksiin ja ihmisen toimintaan, mikä on nyt käynnissä olevan ilmastonmuutoksen aiheuttaja. Luonnonvarasektorin toimintaympäristöön aiheutuu muutoksia, jotka tulisi pystyä ennakoimaan ja hallitsemaan. Paikkatiedolta vaaditaan tarkkuutta ja sopivuutta nopeaan tarkasteluun. Taloudelliset hyödyt näky-

vät, kun ennakointi saadaan osaksi yhteiskunnan toimintaa. Ilmastonmuutoksen vaikutusten tutkimus on laajentunut nykyään enemmän ilmastonmuutoksen hallintatoimiin, siihen sopeutumiseen ja sen hillintään. (Wikipedia)

Tutkijoiden mukaan maapallon keskilämpötila tulee nousemaan vuoteen 2100 mennessä todennäköisesti 1,5-6 astetta. Keskilämpötilan nousu riippuu siitä, kuinka ihmiskunnan ilmakehään syyttämien kasvihuonekaasujen määrä kasvaa tai vähenee. (Tulevaisuusselonteko, 2008)

Nykyisellä kehityksellä ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuus tulisi lähes kolminkertaistumaan nykyisestä. Ilmaston lämpeneminen johtuu ennen kaikkea ilmakehän hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipitoisuuksien sekä troposfäärin otsonipitoisuuksien noususta. Pienhiukkasten eli aerosolien vaikutusta pilvisyyteen on vaikea arvioida tarkasti, mutta nykytiedon valossa pienhiukkasilla olisi voimakas ilmasto viilentävä nettovaikutus, joka on huomioitu ilmastomalleissa ja -ennusteissa. Pienhiukkasten suhteellinen ilmakehää viilentävä vaikutus vähenee jatkuvasti, koska kasvihuonekaasujen pitoisuus ilmakehässä kasvaa voimakkaasti ja näillä kaasuilla on huomattavasti pidempi elinkaari kuin pienhiukkasilla. (Nevanlinna ym., 2008)

Kasvavia hiilidioksidipäästöjä tuottava fossiilisten polttoaineiden lisääntyvä käyttö on suurin yksittäinen syy ihmisten toiminnasta johtuvaan ilmastonmuutokseen. Myös maankäytön muutokset kuten metsien hävitys ja soiden kuivatus pelloksi sekä maatalous voimistavat ilmastonmuutosta. Nautakarjan pito ja riisinviljely aiheuttavat ilmasto lämmittäviä metaanipäästöjä. Ilmakehän metaanipitoisuus onkin noussut lähes kolminkertaiseksi esiteolliseen aikaan verrattuna. Ilmasto lämmittävää typpioksiduulia muodostuu viljelysmaassa nitraattien hajotessa ja keinolannoitteiden käyttö lisää typpioksiduulipäästöjä. Typpioksiduulipäästöt kasvavat tällä hetkellä lineaarisesti. (Nevanlinna ym., 2008; Wikipedia).

Viimeisten 55 miljoonan vuoden aikana ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on vaihdellut luontaisesti n. 200–300 ppm:n välillä, ja viimeiset 1000 vuotta pitoisuus on ollut n. 280 ppm, ollen vuonna 2004 jo 380 ppm tasolla (BBC, 2006).

Maailmalla tutkitaan intensiivisesti ilmastonmuutosta ja sen moninaisia vaikutuksia. Ilmastonmuutoksen hillintä perustuu siihen, että ihmiskunnan päästöjä vähentämällä maapallon lämpenemistä voidaan hidastaa. Monitieteistä tutkimustietoa tarvitaan edistämään yhteiskunnallista keskustelua ja tukemaan kansallisia ja kansainvälisiä päätöksiä. Ilmastopolitiikassa tehdään ilmastonmuutoksen hallintaan liittyviä päätöksiä, jotka voivat koskea esimerkiksi ilmastonmuutoksen hillinnän ja sopeutumisen toimenpiteiden, teknologioiden ja ohjauskeinojen valintaa tai sitä, millä tasolla päätöksiä tehdään. Ilmastopolitiikaksi voidaan myös kutsua jotain tiettyä toimenpidekokonaisuutta tai määriteltyä poliittista prosessia.

Ilmastonmuutoksen tutkimuksesta on tarve muodostaa päättäjille ja kansalaisille mahdollisimman hyvä käsitys. Sopeutumista ilmastonmuutoksen vaikutuksiin voidaan tarkastella esim. teknisesti, taloudellisesta, infrastruktuureihin liittyvästä ja vaikkapa kulttuurin näkökulmasta. Kansalaisen näkökulmasta suuret uhkat, joita ilmastomuutos tuo, kohdistuvat mm. hänen omaan omaisuuteensa. Oma kiinteistö, mökki ja metsäomaisuus ovat kansalaisen omaa ilmastomuutokselle alttiina olevaa omaisuutta. Myrskytuhot aiheuttavat merkittävää haittaa myös rakennetulle ympäristölle. Suomessa oli Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2012 kaikkiaan 496 200 kesämökkiä. (SVT, 2012)

Lämpenevät kesät lisäävät Suomessa vedenrantojen levien esiintymiä ja haittaavat merkittävästi mökkiomaisuuden virkistyskäyttöä parhaimpaan kesälomasesonkiin. Helsingin Sanomat raportoi

18.1.2012, että Suomenlahdelta on paljastunut Itämeren ilmeisesti jo vuosia rehevöittänyt päästölähte, josta ei ole aikaisemmin tiedetty.

Yli 70 % Suomen kansallisvarallisuudesta perustuu rakennettuun ympäristöön. Vuonna 2011 Suomen kansallisvarallisuus oli 800 mrd €, josta asuin- ja muiden rakennusten osuus oli 365 mrd € eli 45 %. (Kiinteistöyönantajat, 2013)

Suomessa on liki miljoona metsänomistajaa eli joka viides kansalainen omistaa metsää. Metsämaata on kansallisen määritelmän eli valtakunnan 10. metsien inventoinnin mukaan (2004-2008) 20,1 ja YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön FAO:n määritelmän mukaan 22,1 miljoonaa hehtaaria eli neljä hehtaaria jokaista suomalaista kohti. Euroopan keskiarvo on noin kolmasosa siitä eli 1,3 hehtaaria. Valtio omistaa noin kolmanneksen metsistä. (Metla, 2013)

Tulvien määrä on kasvamassa ilmastonmuutoksen myötä. Tulvat ovat taloudellisesti suuri luonnonkatastrofi teollistuneissa maissa. Tulvien uhka kohdistuu erityisesti rakennettuun ympäristöön: kotitaloon, mökkiin ja mökkivesien laatuun ravinteiden huuhtoutumisen lisääntyessä. Itämeren keskikorkeuden odotetaan nousevan ilmastonmuutoksen vaikutuksesta Helsingissä yli 70 senttimetrillä sadan vuoden sisällä.

Euroopassa oli 100 haitallista tulvaa vuosina 1998-2002. Niissä kuoli 700 henkeä, puoli miljoonaa henkeä jäi kodittomiksi ja aineelliset vahingot olivat n. 25 miljardia euroa. Pahimpia riskialueita ovat olleet Itä-Unkari, Romania, Kaakkois-Ranska, Etelä-Saksa ja Sveitsi. Vuosittainen sademäärä on noussut Pohjois-Euroopassa vuosien 1900-2000 aikana 10-40 prosenttia. Ilmaston lämpenemisen vuoksi jokien virtaama kasvaa Pohjois- ja Koillis-Euroopassa 50 prosentilla vuoteen 2070 mennessä. Pohjoisen Euroopan rannikoilla tulvatilanteiden esiintymistiheys voi kymmenkertaistua. (Rakennuslehti, 2005)

Suomi voidaan jakaa kolmeen alueeseen vesistötulvien syntyvän mukaan: 1) Rannikkoalue, jossa varsin vähäjärvinen jokiuomasto laskee Itämereen. Tällä alueella tulvien syntyyn riittää lyhytkestoinen, muutaman päivän tai viikon sadejakso. 2) Järvi-Suomessa tulvatilanne vaatii tyypillisesti pidemmän sadejakson, jolloin järvien varastointikapasiteetti täyttyy ja tulvia alkaa syntyä valuma-alueelle. Myös edellisen vuoden pinta- ja pohjavesitilanteella on suuri vaikutus tämän alueen tulvien syntyyn. 3) Pohjois-Suomessa keskeisin tulvien synnyttäjä on keväinen lumen sulaminen. Lumien sulamisvedet aiheuttavat kevättulvia, joiden laajuus on riippuvainen lumipeitteen paksuudesta ja eritoten lumen vesiarvosta sekä kevään lämpötilan noususta. Pahimmat tulvat koetaan runsaslumisen talven jälkeen keväällä, jolloin on pitkään kylmää ja lämpeneminen tapahtuu nopeasti kylmän jakson jälkeen. Tässä tapauksessa vesisade nopeuttaa entisestään lumen sulamista ja voimistaa osaltaan tulvahuippua. Viimeisin merkittävä tällainen tulvavahinko koettiin Kittilässä keväällä 2005, jolloin vajaat 100 rakennusta kärsi tulvista, vanhainkoti jouduttiin evakuoimaan ja liikenne oli poikki tulvaveden noustua ajoteille.

Euroopan unionin Tulvadirektiivi antaa viitekehyksen tulvatilanteiden ennakkointiin sekä tulvariskien ennustuksiin. Tulvadirektiivi velvoittaa jäsenvaltion arvioimaan potentiaaliset tulva-alueensa. Suomessa tällaisia alueita on seitsemänkymmentä. Näille alueille on tehty yleispiirteinen tulvavaara- eli tulvan laajuuskartoitus. Tulvavaarakartoituksessa kartoitetaan eri toistuvuusajoilla (esim. tilastollisesti kerran 20 vuodessa tapahtuva tulva) tapahtuvien tulvien laajuudet ja syvyydet. Tulvavaarakartat laaditaan Suomessa vähintään toistuvuusajoille kerran 20, 50, 100, 250 ja 1000 vuodessa.

Tulvavaarakarttojen lisäksi suoritetaan tulvariskien kartoitus kuluvan vuoden loppuun mennessä. Tulvariskikartoissa esitetään tulvavaarakarttojen toistuvuuksien mukaisesti esiintyviin tulviin mahdollisesti liittyvät vahingolliset seuraukset mukaan lukien seurauksista mahdollisesti kärsivien asukkaiden määrä, alueella harjoitettavan taloudellisen toiminnan tyyppi ja laitokset, jotka voivat aiheuttaa äkillistä veden tai maaperän pilaantumista tulvatilanteessa ja toisaalta seurauksista mahdollisesti kärsivät suojelualueet.

Näiden kartoitusten ja asiantuntija-arvioiden perusteella Maa- ja metsätalousministeriö nimesi viime vuoden lopussa 21 aluetta, joilla vesistöjen tai meren tulvimisesta aiheutuvia riskit ovat merkittäviä. Näistä alueista 17 sijaitsee sisämaassa vesistöjen varrella ja neljä rannikolla. Merkittävälle tulvariskialueille tehdään paraikaa tulvariskien hallinnan suunnitelmia. Arvioiden mukaan vesistön tulvimisesta aiheutuu suurimmat riskit Rovaniemellä ja Porissa. Meriveden noususta taas aiheutuu merkittäviä riskejä muun muassa Helsingissä ja Turussa.

Tulvariskien hallintasuunnitelmissa on esitettävä tulvariskien hallintatavoitteet ja toimenpiteet niiden saavuttamiseksi. Suunnitelmissa käsitellään kaikkia tulvariskien hallinnan näkökohtia. Niissä keskitytään tulvien ehkäisyyn, suojeluun sekä valmiustoimiin ja otetaan huomioon myös vesistöalueen erityispiirteet.

Tulevaisuuden tulviva Suomi tulee olemaan varsin erilainen. Ilmastonmuutos vaikuttaa jokien huippu- ja alivirtaamiin. Muutos Suomessa ei kuitenkaan ole alueellisesti samanlainen. Tuoreessa tieteellisessä tutkimuksessa on tehty lukuisia virtaaman muutosskenaarioita ajanjaksoille 2010-2039 ja 2070-2099. Nämä skenaariot sisältävät 20 erilaista arviota virtaamien muutoksista pienikeskimääräinen-äärimmäinen vaihteluvälillä ja kattavat kaikki Suomen valuma-alueet.

Tämän tutkimuksen mukaan rannikkoalueen huippuvirtaamat eivät kasva vuoteen 2039 mennessä, vaan ne voivat jopa pienetä. Äärimmäisten skenaarioiden mukaan myöhäisemmällä ajanjaksolla Lounais- ja Länsi-Suomen jokien virtaamat kasvavat. Järvi-Suomessa huippuvirtaamat pysyvät skenaarioiden ensimmäisellä ajanjaksolla samoina ja kasvavat jonkin verran myöhäisemmällä ajanjaksolla. Pohjois-Suomessa tulvavirtaamat pysyvät yleisesti ottaen kaikilla skenaarioilla samoina tai jopa pienenevät molemmilla tarkasteluajanjaksoilla.

Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että tulvaongelmat pienenisivät pitkällä aikavälillä, vaan päinvastoin. Suurin muutos tulvimisessa on vuosittaisten tulva-ajankohtien muuttuminen. Suurten virtaamien frekvenssi tulee myös kasvamaan tulevaisuudessa. Suurimmat tulvat tähän mennessä ovat liittyneet lumen sulamiseen. Ilmastoskenaariot kuitenkin osoittavat, että sään ääri-ilmiöt, erityisesti kesän ja syksyn rankkasateet, yleistyvät. Tulvat Pohjanmaalla ja Satakunnassa tulevat tulevaisuudessa yleistymään eteläisessä Suomessa. Toisaalta kesäajan kuivuusajat ja siihen liittyvä jokien alivirtaamat tulevat myös lisääntymään. Voidaankin sanoa, että vesistöolosuhteet tulevat äärevöitymään Suomessa. Toinen tulevaisuuden piirre tulvimisessa on talvitulvien lisääntyminen. Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta talviajan lämpötilat tulevat olemaan yleisimmin nollan yläpuolella ja jokiuomaan ei luonnollisestikaan muodostu tällöin jääkantta. Sään kylmetessä nopeasti alijäähtynyt vesi muodostaa jäätä jokiuoman pohjaan, kun tältä suojaavaa jääkantta ei ole joessa. Tällöin uoman kapasiteetti kuljettaa vettä pienenee nopeasti ja pienemmätkin virtaamat aiheuttavat tulvia. Talviajan tulvien torjunta ja tulvavahinkojen korjaaminen on huomattavasti haasteellisempaa ja kalliimpaa kuin muiden vuodenaikojen tulvien.

Nykyiset tulvailmiöt ja niihin liittyvät syntymekanismit tunnetaan kohtuullisen hyvin Suomessa. Tutkimus- ja kehitystyötä tulee kuitenkin edelleen keskittää tulevaisuuden tulviin ja niihin liittyviin syntymekanismeihin. Vain näin voidaan ylläpitää ja parantaa nykyistä tulvatietämystä Suomessa.

Nykyisin kerran sadassa vuodessa esiintyvä tulva iskee tulevaisuudessa kerran kymmenessä vuodessa. (Rakennuslehti, 2005)

Suomen metsiä runtelivat Asta-, Veera-, Lahja- ja Sylvi-myrskyt vuoden 2010 heinä-elokuun vaihteessa. Metsäntutkimuslaitoksen tekemän arvion mukaan tuolloin kaatui kaikkiaan 8,1 miljoonaa kuutiometriä puuta. Näitä myrskypuita on korjattu tyypillisesti seuraavaan kesään saakka. Marraskuun 2001 Pyry- ja Janika -myrskyt kaatoivat puolestaan yli seitsemän miljoonaa kuutiometriä puuta. Joulukuussa 2012 myrskyissä eri puolilla Suomea vaurioitui ja kaatui puustoa lähes 3,5 miljoonaa kuutiometriä eli noin 120 miljoonan euron arvosta. Pahimmat tuhot aiheutti Tapani-myrsky, joka riehui pääasiassa Länsi-Suomessa. Hannu-myrsky teki tuhojaan seuraavana päivänä lähinnä Itä-Suomessa. Myrskyistä on seurannut metsänomistajille jopa 30 miljoonan euron myyntitulojen menetykset. (Metla, 2012)

On ennustettu, että ilmastonmuutos nostaa Suomen vuotuista keskilämpötilaa 4–5 °C talvisin ja 2–3 °C kesäisin seuraavan sadan vuoden aikana. Kohoava lämpötila edistää esimerkiksi metsätuho- ja aiheuttavien häiriötekijöiden runsastumista. Metsien tuhonaiheuttajien esiintymistiheys, tuhojen kesto ja pinta-ala tulevat lisääntymään. Useat erityyppiset tuhot myös kytkeytyvät toisiinsa. Myrskyt ja kuivuus johtavat usein hyönteistuhoihin, joiden jälkeen myös metsäpalojen riski kasvaa. (Hyypä ym. 2009).

Etelä-Pohjanmaalla ja Keski-Suomessa noin 500 000 hehtaarin alueelle levinnyt ruskomäntypistiäistuhon aiheutti pääasiassa neulastuhoja vuosien 2006 -2010 aikana (MMM, 2012).

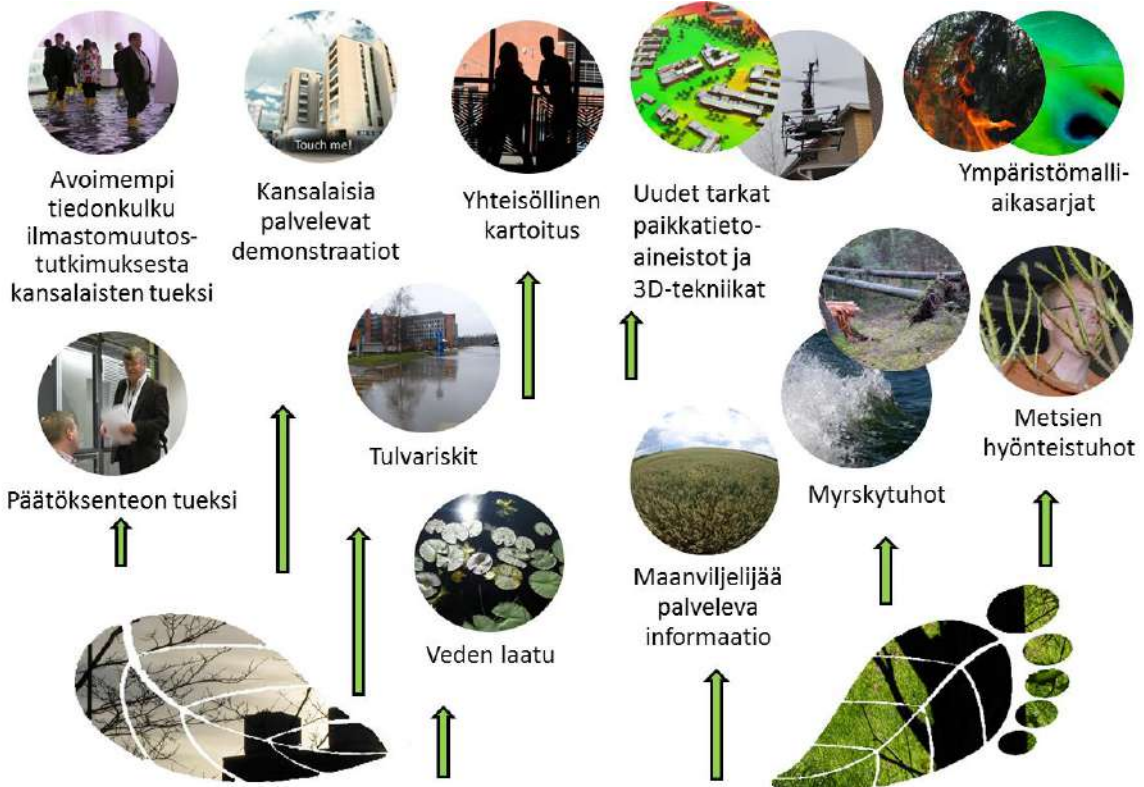
Maataloudesta saa pääsääntöisesti toimeentulonsa noin 100 000 suomalaista. Maatalouden ongelmat muuttuvassa tilanteessa ovat sähkö- ja tietoliikenneverkon ongelmat, tuotanto-olosuhteiden muuttuminen arvaamattomammiksi. Sään ääri-ilmiöiden lisääntyminen, kuivuus, tulvat, korjuukausien sateet tai lisääntyvät kasvitaudit hankaloittavat maataloutta ja syövät sen kannattavuutta. (Suomen Akatemia, 2014).

Kaupunkien ja asukkaiden toiveet, tietolähteiden yhdistäminen, toimintojen optimointi, palveluiden tuottaminen sekä aineistojen avoimuus takaavat sen, että GEO-IT ja virtuaalimaailmat tulevat monialaistamaan osaamista useiksi vuosikymmeniksi. Ratkaisevaa on se, kuinka hyödynnetään tehokkaasti käsissämme olevaa paikkaan sidottua tietoa ja virtuaalisuuden tuottamaa läsnäolontunnetta, digitaalisia trendejä ja markkinoita tukemaan? Kuinka saada tarvittava tieto virtuaalimaailmaan luotettavasti?

LuHaGeoIT - Luonnonvarojen hallinta GeoIT-ratkaisuilla -hanke kokoaa yhteen alan toimintaa

Yhteistyö mahdollistaa olemassa olevan pirstaleisen tutkimustiedon ja osaamisen hyödyntämisen nopeammin tulevien turvallisuusriskien ennakoinnissa. Geodeettinen laitos, Aalto-yliopisto, Metropolia, Turun yliopisto, Helsingin yliopisto ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus ovat kehittämässä hallinto- ja toimintarajat ylittävää yhteishankkeessa uusia paikkatiedon menetelmiä ja kaukokartoitusta ilmastonmuutoksen riskien hallintaan. Tarkkaa paikkatietoinformaatiota demonstroidaan mm. tulevaisuuden karttavisuaalisointijärjestelmissä ja kännykköpohjaisissa 3D-pelimoottoreissa. Tuloksia välitetään mm. kansallisen ilmastopaneelin, päättäjien ja kansalaisten

käytettäviksi ja arvioitaviksi. Tavoitteena on hahmotella avoimempaa tiedonkulkua ja yhteistyötä ilmastonmuutostutkimuksesta päätöksenteon ja kansalaisten tueksi. Luonnonvarasektorille kehitetyt ratkaisut toimivat myöhemmin pohjana laajennettaessa tulevaisuuden turvallisuusriskien ennustamista myös rakennettuun ympäristöön.



Hanke mahdollistaa tuoreimman mittaus-, sensori- ja tietotekniikkakehityksen nopean hyödyntämisen poikkitieteellisen innovaatioketjun osana.

Uudet avoimet ja tarkat paikkatietoaineistot mullistavat paikkatietoalan ja aineiston käytettävyyden

Paikkatietoaineistot tarkentuvat ja toimivat vähitellen insinöörialojen suunnittelun tukena. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat mobiilikartoituksen ja UAV-tekniikan ratkaisut. Kolmiulotteisia tietokantoja ja -malleja voidaan tuottaa yhä nopeammin saaduista pistepilvistä. Automaattiset tulkinta- ja muu-
 tostulkintamenetelmät maasto- ja ympäristötietojen keräyksessä ja ajantasaistuksessa tulevat nopeuttamaan ja tarkentamaan maastotietokannan täsmäpäivitystä ja laadun tarkastamista. Vaatimukset ajantasaisen tiedon saamisesta eri aloille sovellettavan paikkatiedon käyttöön kasvaa jatkuvasti, kun tieto tutkimuksen suomista mahdollisuuksista leviää tutkimuslaitoksista kentälle. Ilmastonmuu-

tos vaatii eri toimijoita varautumaan uusiin riskeihin, joista olemme saaneet jo vuosien varrella esimakua niin kotimaasta kuin ulkomailta.

Olemassa olevan tutkimustiedon yhdistäminen asukkaiden tuottamaan visuaaliseen paikkatietoon on hyvässä vauhdissa. Ilma- ja satelliittikuvien hyödyntämistä aikasarjoina on tehty jo pitkään. Viljelijöille, metsänomistajille, mökkeilijöille, veneilijöille tarvitaan tulevaisuuden ilmastonmuutoksen aiheuttamiin mahdollisiin riskeihin mobiileja paikkatietosovelluksia. Oman toiminnan vaikutuksia ympäristöön voidaan jo hyvin todentaa pelialustoilla. Pelimaailmoihin voidaan vähitellen syöttää alueellista tietoa niin, että todellisuus ja tulevaisuus sekoittuvat. Nähtävissä on myös alueellisten ja valituille käyttäjäryhmille tuotettavien sovellusten kehittämisen nopeutuminen esim. huvi- ja virkistyskäyttöön.

Metsäpalot, tulvat ja lumi ovat vuosittain otsikossa Euroopan katastrofiuutisoinnissa. Myrskytuhoista varoittavana esimerkkinä on 2012 New Yorkiin osunut Sandy-myrsky, jonka tuhot New Yorkissa rakennetuissa ympäristössä olivat valtavat. Viranomaisten vastuulle jäi mm. alueen asukkaiden turvallisuudesta huolehtiminen evakuoinneilla, liikenne- ja metroverkoston ja virastojen sulkemisella. Myrsky aiheutti alueellisen tuhonsa lisäksi viivettä totuttuun toimintaan: lentoliikenne suljettiin, pörssi piti taukoa, kansainväliset virastot sulkivat ovensa ja kaupunki tyhjensi kansainvälisistä liikemiehistä. Vahingot ovat suurempia, mikäli ympäristökatastrofit alkavat näyttää toistumisen merkkejä samalla alueella. Yritysten tulee huomioida paitsi liiketoiminnan riskit, myös ilmaston aiheuttamien riskien vaikutus omaan kiinteistö- ja maaomaisuuteensa sekä pyrittävä takaamaan henkilöstönsä turvallisuus. Pääkonttorit etsivät vähitellen turvallisemmat alueet omille toiminnoilleen, rakennuksilleen sekä työntekijöilleen. Asukkaat etsivät turvallisen asuinsijan itselleen ja omaisilleen.

Tutkimustiedolla turvallisuutta

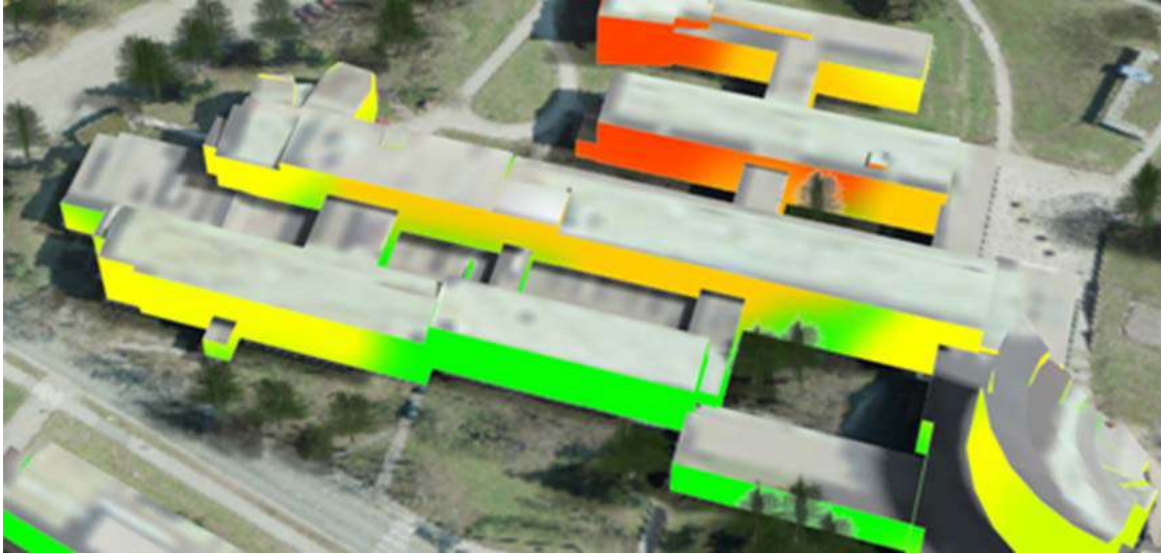
Metsätuhoihin liittyvät riskit, kuten kuivuus-, lumi-, myrsky-, ja hyönteistuhot ovat lisääntyneet. Yksityiskohtainen kaukokartoitus mahdollistaa tuhojen inventoinnin, kartoituksen ja seurannan. Lisäksi kaukokartoitustulkinnalla saatu tieto toimii lähtökohtana tuhojen syiden analysoinnissa, jota voidaan tehdä spatiaalisen tilastotieteen ja paikkatietojärjestelmien avulla.

LuhaGeoIT-projektissa osoitettiin, että puustoon sitoutunutta biomassaa sekä metsissä tapahtuneita biomassamuutoksia, kuten myrskytuhoja, voidaan kartoittaa hyvällä tarkkuudella joko yhden tai useamman ajankohdan ilmalaserista tehdyillä pintamalleilla tai laser- ja ilmakuva-pintamallien yhdistelmällä. Lisäksi SAR-radargrammetria osoittautui potentiaalisesti menetelmäksi metsäbiomassan kartoituksessa. Muutostulkintakarttoja jalostettiin eteenpäin spatiaalisen mallinnuksen avulla tuottamalla myrsky- ja lumituhojen riskikarttoja pilottialueille.

Myös metsien hyönteistuhojen (kuusikoiden kirjanpainajatuhot ja mäntypistiäistuhot) kartoitusta testattiin usealla eri kaukokartoitusmenetelmällä, kuten laserkeilauksella ja lentokoneesta otetuilla lämpökuvilla. Tulokset osoittivat, että kaukokartoitus toimii kohtuullisesti karkeiden tuholuokien kartoituksessa, jolloin siitä on hyötyä esimerkiksi tarkempien maastomittausten suuntaamisessa. Hyönteistuhojen kaukokartoituksen perustuva inventointi on huomattavasti haastavampaa kuin esimerkiksi myrskytuhojen, koska kyse on neulastasolla tapahtuvasta muutoksesta. Myrskytuho puolestaan koskee yleensä kokonaisia puita.

Päätöksentekijöiden ongelmana on, etteivät tutkimuslaitosten ja yliopistojen tiedemiehet ja tutkijat osaa antaa vastauksia tarvittavalla nopeudella päätöksentekoon liittyvissä ajankohtaisissa ja

konkreettisissa kysymyksissä. Soveltavaa tietoa tarvitaan riskitilanteissa nopeasti. Rakennetun ympäristön osalta on kiinnostavaa etsiä ratkaisuja päivän polttaviin kysymyksiin kuten: kuinka ennakoida katastrofien aiheuttamia vahinkoja esim. terveys- ja hyvinvointipalveluiden, liikenneverkon ja energiatuotannon toimivuuden ja muun hyvinvoinnin kannalta välttämättömän toiminnan osalta.



Esimerkki - miten tietoa voidaan osaltaan tuottaa, kerätä ja visualisoida uuden teknologian avulla.

Useat tutkimuslaitokset ja SHOKit tuottavat jo kansalaisia kiinnostavaa tietoa. CLEEN-SHOKin MMEA-hankkeessa (Measurement, Monitoring and Environmental Assessment) mm. Geodeettinen laitos, Metropolia, VTT ja yritykset kehittävät EnviToria, joka pyrkii edistämään ympäristötiedon laajempaa hyödyntämistä luomalla ympäristötiedon markkinapaikan, jossa julkiset ja yksityiset tahot pystyvät jakamaan käsiteltyä monitorointi- ja ympäristötietoa keskenään.

Geodeettisen laitoksen esittämä ratkaisu demonstraattorille perustuu paikkatietojen lähdeaineistojen avoimeen saatavuuteen. Maanmittauslaitoksen laserkeilauspisteaineistoista ja digitaalikuvista voidaan tuottaa karkea 3D-malli automaattisesti. Mobiilikeilauksella ja -kuvauksella voidaan tehdä tarvittavat tihennykset aineistoon. Kehitettyyn 3D-karttaliittymään yhdistetään virtuaalinen maailma ja todellinen maailma 3D-virtuaalimallin ja -pelimoottorin avulla siten, että se toimii puhelimesta, tabletissa tai tietokoneessa. Kun mobiilimittausteknologian huikkea kehitys yhdistetään lisättyyn todellisuuteen, yhteisölliseen kartoitukseen, spatiaaleihin tietoaaineistoihin ja sen avulla mallinetaan globaalimuutoksia (esim. tulvalaajuudet, ja -riskit sekä puuston myrsky- ja hyönteistuhot), voidaan ymmärrettävällä tavalla ennustaa ympäristön muuttumista. Nämä muutokset voidaan edelleen visualisoida mobiileissa karttasovelluksissa.

Ilmastonmuutos on todellisuutta. Alueelliset riskienhallintajärjestelmät on tehtävä tarvelähtöisiksi. Suomen mittakaavassa alueellinen tuho ei ole vielä aiheuttanut mittavaa kansallista ongelmaa, koska korvausjärjestelmä on toiminut. Tiedon saamisessa alueellisesti uudelleenlaiseen käyttöön riskien ennakkoinnissa ovat moninaiset. Yhteisenä haasteena ovat edelleen tutkimustiedon tekijänoikeudet,

ohjelmistojen yhteensopivuus, koordinaatistot, eri alojen tekniset sanastot ja organisaatioiden väliset totutut hierarkiat, yhteistyötavat ja käytännöt. Ilmastonmuutos on haaste, josta GeoIT-hankkeessa on otettu koppi. Ilmastonmuutoksen mukanaan tuomia ongelmia ei voida kokonaan poistaa, mutta sen katastrofaalisia alueellisia vaikutuksia voidaan totutut rajat ylittävällä yhteistyöllä helpottaa.

Kiitokset

Kiitämme rahoittajia: Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Ahlavuo, M., Hyyppä, H. 2012. Luonnonvarariskien hallintaa tarkoilla paikkatietomenetelmillä. Maankäyttö 4/2012. 7-9.

BBC News. 2006. Sharp rise in CO2 levels recorded. David Shukman. Tuesday 14 March 2006. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4803460.stm>

Helsingin Sanomat 18.1.2012. Jättipäästöt Suomenlahteen.

Holopainen, M, Kankare, V., Vastaranta, M., Liang, X., Lin, Y., Vaaja, M., Yu, X., Hyyppä, J., Hyyppä, H., Kaartinen, H., Kukko, A., Tanhuanpää, T. & Alho, P. 2013. Tree mapping using airborne, terrestrial and mobile laser scanning - a case study in a heterogeneous urban forest. Urban Forestry & Urban Greening.

Hyyppä, Juha, Lyytikäinen-Saarenmaa, Päivi, Holopainen, Markus, Litkey, Paula, Hyyppä, Hannu ja Kaasalainen Sanna. Lasermittauksiin perustuva biomassamuutosten ja metsätuhojen seuranta. Metsätieteen aikakauskirja 4/2009. 366-369.

Kasvi, E., Alho, P., Vaaja, M., Hyyppä, H., Hyyppä, J., 2013. Spatial and temporal distribution of fluvio-morphological processes on a meander point bar during a flood event. Hydrology Research. 2013.

Kasvi, E., Vaaja, M., Alho, P., Hyyppä, H., Hyyppä, J., Kaartinen, H., Kukko, A. 2013. Morphological changes on meander point bars associated with flow structure of different discharges. Earth Surface Processes and Landforms. Volume 38, Issue 6, pages 577–590.

Kiinteistötyönantajat, 2013. <http://www.kiinteistotyönantajat.fi/tietoatoimialasta/>

Maa- ja metsätalousministeriö, 2012. Metsätuholakityöryhmän muistio. Helsinki 2012., MMM, 4:2012.

Metla, 2012. <http://www.metla.fi/suomen-metsat/>

MTK, 2012. Myrskyissä kaatuneista puista jopa 30 miljoonan euron tulonmenetykset metsänomistajille. 2.1.2012. http://www.mtk.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset_2012/fi_FI/myrskytuhot/

Nevanlinna, Heikki (toim.) 2008. Muutamme ilmastoa. Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden katsaus ilmastonmuutokseen.

Rakennuslehti, 2005. Tulvariski moninkertaistumassa. Rakennuslehti 39/2005 , 24.11.2005 – KorjausPlusssa.

Saarinen, Ninni, Vastaranta, Mikko, Vaaja, Matti, Lotsari, Eliisa, Jaakkola, Anttoni, Kukko, Antero, Kaartinen, Harri, Holopainen, Markus, Hyyppä, Hannu, Alho Petteri. 2013. Area-based approach for mapping and monitoring of Riverine Vegetation using Mobile Laser Scanning. Remote Sensing

Suomen Akatemia. 2014. Heikki Lehtonen. Kuinka Suomen maatalous sopeutuu ilmaston muuttuessa? <http://www.aka.fi/fi/T/Tiedetapahtumat/Tiedekahvilat/Kuinka-Suomen-maatalous-sopeutuu-ilmaston-muuttuessa/>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökkit [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-677X. 2012, Kesämökkit 2012. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 22.4.2014].

http://www.tilastokeskus.fi/til/rakke/2012/rakke_2012_2013-05-24_kat_001_fi.html

Tekniikka ja Talous, 2014. Suomalainen vesiosaaminen halutaan valjastaa ilmastotalkoisiin. 16.4. 2014.

Tulevaisuusselonteko. 2008. Epälineaariset ja äärimmäiset ilmaston muutokset. Selvitys Vanhasen II hallituksen tulevaisuusselontekoa varten. Natalia Pimenoff, Ari Venäläinen, Karoliina Pilli- Sihvola, Heikki Tuomenvirta, Heikki Järvinen ja Kimmo Ruosteenoja, Jari Haapala, Jouni Räisänen.

<http://www.vnk.fi/julkaisukansio/2008/j14-epalineaariset/pdf/fi.pdf>

Wang, Y., Chen, R., Chen, Y., Pei, L., Hyyppä, H., Hyyppä, J., Zhu, L., Virrantaus, K. 2013. Evaluations on 3D Personal Navigation based on Geocoded Images in Smartphones. Journal of Global Positioning Systems Vol. 11, No.1:116-126. DOI: 10.5081/jgps.11.2.116.



3D-virtuaalimaailmat muuttavat älykästä suunnittelua

Hannu Hyyppä^{1,2}, Juho-Pekka Virtanen¹, Marika Ahlavo^{1,2},
Tapio Hellman³, Tommi Hollström⁴, Juha Hyyppä⁵, Markku Markkula¹,
Jussi Lehtinen⁶, Tapani Honkanen⁶, Tuomas Turppa⁵, Lingli Zhu⁵

¹Aalto-yliopisto, Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

³Seinäjoen ammattikorkeakoulu

⁴Adminotech Oy

⁵Geodeettinen laitos

⁶Espoon kaupunki

Tiivistelmä

Eurooppalaisen digitaalistrategian tavoitteena on hyödyntää nykyaikaisen tieto- ja viestintäteknologian mahdollisuudet kestävän kehityksen, sosiaalisen osallisuuden ja työllisyyden edistämiseksi. Jo vuonna 2010 EU:n alueiden komitea nosti esille tietomallien käytön alue- ja kaupunkisuunnittelussa.



Taustaa

Suomi on merkittävä toimija Eurooppa 2020 strategian tavoitteiden toteuttamisessa. Tietomallintamisen osalta olemme maailman johtavia maita (Tekes, 2007). Useissa hankkeissa työskennellään virtuaalimaailmojen ja tietomallintamisen parissa tavoitteena saada ne vientituotteiksi kansainvälisille markkinoille. 3D-internet ja verkossa tapahtuva tiedon yhteisöllinen tuottaminen, arviointi ja kommentoiminen luovat uuden lähestymistavan aluesuunnitteluun.

Rakennetun ympäristön suunnittelijat, päätöksentekijät ja asukkaat pääsevät virtuaalimaailmaa hyödyntävissä piloteissa totuttua nopeampaan dialogiin virtuaalisten mallien ja niiden kanssa käytettävien työkalujen avulla. Yhteisen tietämyksen hallinnan avulla virtuaalimaailma tarjoaa globaalistikin jaetun alustan, joka luo arvoa monialaiselle rakennetun ympäristön suunnittelulle ja käyttäjälähtöisten liiketoimintojen kehittämiseksi. Virtuaalimaailmat ovat jo käytössä, mutta niiden laajamittaisempi hyödyntäminen vaatii vielä runsaasti tutkimusyhteistyötä ja kokemusten vertailua. Visuaalinen ympäristö tukee virtuaalimaailmassa tapahtuvaa dialogia, joka nopeuttaa ja helpottaa päätöksentekoa. Rakennetun ympäristön suunnittelussa virtuaalisuuden hyödyntäminen etenee vaiheittain. Tilamalle ja käytetään asuntojen ja alueiden esittelyissä. Alue-, rakennus- ja ympäristösuunnittelussa hyödyn-

netään kaupunkien tarkkaa virtuaalista 3D-mallia, jolloin eri vaihtoehdot saadaan samaan malliin vertailukelpoisiksi. Väylä- ja ympäristösuunnittelu hyödyntää jo valmiita malleja perinteisen 3D-havainnollistamisen tukena. Rakennusalan BIM-mallinnus on ollut käytössä vuosia. Tähän yhdistettynä virtuaalisuus mahdollistaa sisätilojen mallinnuksien täysimittaisen hyödyntämisen mm. sisustus-, valaistus- ja toimitilasuunnittelussa ajasta ja paikasta riippumatta. Paikkaan sidotun tiedon hyödyntäjänä mobiilialan ohjelmistoyrityksillä tulee olemaan suuri rooli vietäessä suunniteltuja malleja navigaattori- ja kännykkämaailmaan lisätyn todellisuuden tekniikoilla.

Tulevaisuuden mahdollisuuksia ovat mm. viihdeteollisuus, virtuaalitodellisuuden, visuaalisen median ja peliteollisuuden yhdentyminen ja uudet, julkiseen käyttöön jaetut kaupunkimallit. Aiemmin esimerkiksi GIS-järjestelmät ovat olleet lähinnä ammattikäyttäjien ulottuvilla, eikä yleisölle suunniteltujen järjestelmien kehittämisessä ole hyödynnetty peliteollisuuden tekniikoita. Peliteknologiaan perustuvia rakennusten virtuaalisia mallejaon kuluttajakäytössä hyödynnetty yksittäisissä kaupallisissa kohteissa, mutta ne eivät useinkaan ole olleet yhteydessä sosiaaliseen mediaan tai tarjonneet mahdollisuutta kuluttajien väliselle kommunikaatiolle eivätkä aidolle kaksisuuntaiselle tiedon kululle. National Academy of Engineering Yhdysvalloissa on määritellyt 14 suurta insinööritaidon haastetta, joista virtuaalitodellisuuden kehittäminen on yksi.

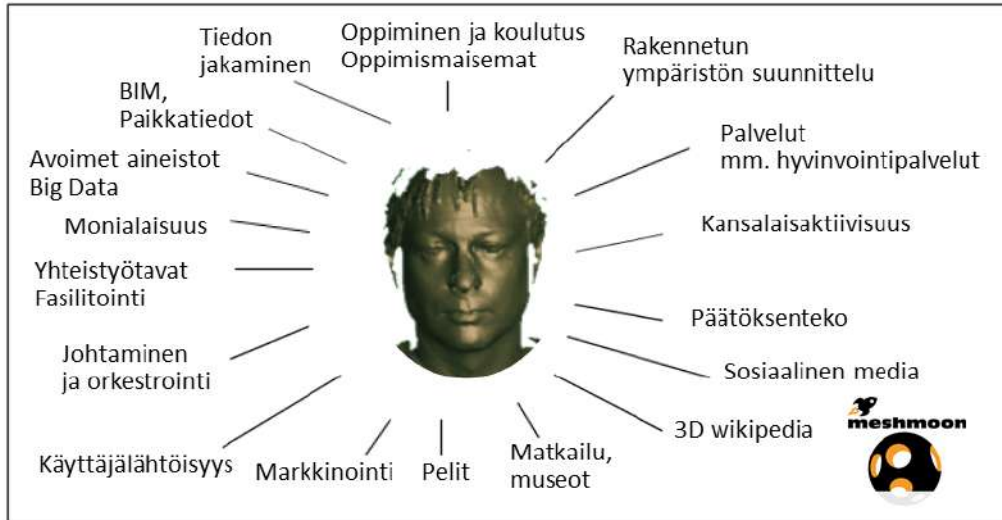
Minun kaupunkini - paikkatietojen ja virtuaalitekniikan rooli?

Kaupunkien ja asukkaiden toiveet, tietolähteiden yhdistäminen, toimintojen optimointi, palveluiden tuottaminen sekä aineistojen avoimuus takaavat sen, että virtuaalimaailmat tulevat monialaistamaan osaamista useiksi vuosikymmeniksi. Ajantasaisen ja visuaalisen tiedon päälle voidaan rakentaa uudenlaista yhdessä tekemistä päätöksenteon ja oppimisen tueksi. Ratkaisevaa on, kuinka tehokkaasti osaamme hyödyntää olemassa olevaa paikkaan sidottua tietoa sekä virtuaalisuuden tuottamaa läsnäolontunnetta, tukemaan digitaalisia trendejä ja markkinoita. On aina ratkaistava tapauskohtaisesti, kuinka tarvittava tieto saadaan luotettavasti virtuaalimaailmaan.

Käytettävyyden varmistamiseksi virtuaalimaailmoin täytyy kehittää intuitiivisia tapoja ja työkaluja kolmiulotteisessa virtuaaliympäristössä liikkumiseen, virtuaaliobjektien kanssa interaktiossa olemiseen, käyttäjien väliseen kommunikaatioon ja sisällöntuotantoon. Osin työkalut vastaavat nykyisillä nettisivuilla käytettyjä työkaluja: objekteja täytyy voida lainata, kommentoida, merkitä ja lisätä. Ilman tällaisia perustoiminnallisuuksia virtuaalimaailmat pysyvät yhtä passiivisinä ympäristöinä kuin varhaiset internet-sivut.

Internetin kymmenistä erilaisista virtuaalimaailmoista Second Life lienee tunnetuin. Suomalainen virtuaalimaailmakehitysalusta realXtend pohjautuu avoimeen lähdekoodiin. RealXtendin tavoite on olla kolmiulotteinen internet, joka kokoaa yhteensopivia virtuaalimaailmoja. Se on levinnyt maailmanlaajuisesti verkkoyhteisöissä. Meshmoon on suomalainen 3D-sovellusjulkaisujärjestelmä, joka perustuu realXtend teknologiaan. Meshmoonin yhteyteen on jo kehitetty työkaluja, joilla verkottuneiden kolmiulotteisten maailmojen kokonaisuus rakentuu. Maailmojen välille voidaan luoda portteja, joiden kautta avatar-hahmona liikkuva käyttäjä siirtyy maailmasta toiseen. Maailmojen sisältöä voidaan siirtää toisiin maailmoin rakentamisen pohjaksi. Niiden avulla siirrytään vähitellen kohti visiota verkottuneesta, kolmiulotteisesta ja visuaalisesta "maisemasta" ja uudenlaisesta käyttöliittymästä. Meshmoon tarjoaa käyttäjilleen lisätoimintoja liittyen kommunikaatioon ja sisällöntuotantoon, joita hyödynnetään rakennettavissa virtuaalimaailmoissa. Meshmoon mahdollistaa myös sovel-

lusten julkaisun. Virtuaalimaailmaa eivät rajoita alustan tarjoamat työkalut vaan maailma voi sisältää joukon omia työkalujaan. Tämä mahdollistaa eri tarpeisiin ja uusille toiminta-alueille rakennettujen virtuaalimaailmojen toteuttamisen aiempaa joustavammin. Adminotech Oy:n keihäänkärkenä virtuaali-maailmasovelluksista ovat opetus- ja harjoitteluympäristöt. Virtuaalimaailmat mahdollistavat opetettavan aiheen parissa viihtymisen ja tutkivan oppimisen, jolloin oppimistulokset paranevat huomattavasti. Kokemuksellinen yhteisöllinen oppiminen korostuu, kun reaali-maailmasta voidaan tuoda tuttuja kohteita ja toimintaa virtuaaliympäristöön.



Virtuaalimaailmoja voidaan pian käyttää rakennetun ympäristön oppimisympäristönä, jossa voi toteuttaa monenlaista suunnitteluun liittyvää oppimista. © Hannu Hyyppä, Marika Ahlavo

Virtuaalimaailmojen tietosisällön vaatimukset vaihtelevat eri käyttäjäryhmien mukaan. Laatu-standardeille on tarvetta, kun uudenlaisia virtuaalimaailmoissa tapahtuvia "tee-se-itse" sovelluksia syntyy markkinoille (mm. rakennus- ja aluesuunnittelussa). Tietoa voidaan hyödyntää virtuaalimaailmoissa visuaalisesti, nopeasti, tehokkaasti ja monialaisesti. Virtuaalisuus mahdollistaa nopeat innovaatiot ja uudenlaiset tavat toimia. Olemassa olevaa tietoa voidaan paitsi varastoida myös hyödyntää uudenlaisessa tekemisessä.

Peleistä tuttu ominaisuus virtuaalimaailmoissa on käyttäjien välinen yhteistyö ja vuorovaikutus. Toisin kuin esimerkiksi suunnittelujärjestelmässä olevaa mallia, virtuaalimaailmaa tarkastelevat käyttäjät pystyvät havaitsemaan 3D-maailman lisäksi toisensa, riippumatta omasta fyysisestä sijainnistaan. Tämä mahdollisuus tehostaa kommunikaatiota monimutkaisia kokonaisuuksia tarkasteltaessa.

Kolmiulotteisuus ja paikkatieto pystytään sitomaan tarkasti haluttuun sijaintiin 3D-tilassa. Tämä mahdollistaa alueellisten yhteyksien, läheisyyden ja rakenteellisten vastaavuuksien tunnistamisen. Tiedolla voi olla myös monia rinnakkaisia sijainteja ja se voidaan kohdentaa joko fyysisesti tarkasti rajattuun alueeseen tai suurempaan kokonaisuuteen.



Virtuaalimaailmat toimivat erittäin hyvin myös työpajoissa ja konferensseissa esitysten ja ajatusten visualisoinnissa.

Mittatarkat 3D-virtuaalimaailmat muuttavat ajattelua ja suunnittelutyön prosesseja

Älytaulut, 3D-näytöt ja sensoriverkot mahdollistavat laajemman oppimis- ja suunnittelu ympäristön toteuttamisen rakennetusta ympäristöstä. Kolmiulotteisessa virtuaalimaailmassa tiedon visualisointi, 3D-karttojen ja tilastojen esittäminen voidaan toteuttaa aikaan ja paikkaan sidottuna. Kaupunkimallinnus on siirtynyt 3D-ympäristöihin, mutta esimerkiksi Google Earth-palvelun 3D-malleista puuttuvat toistaiseksi sisätilat.

Verrattaessa virtuaalimaailmaa nykyisiin käytössä oleviin suunnittelujärjestelmiin on olennaista, että maailma ei ole suunnittelualan osalta rajattu. Samaan virtuaalimaailmaan voidaan koota tietoa kaavoitus-, tie-, rakennus-, vesi-, ja sähköinsinöörien sekä arkkitehtien työpöydiltä. Virtuaalimaailmojen käyttöä ovat edistäneet rakennusalalla viime vuosina yleistyneet BIM-mallit.

Verrattuna BIM-järjestelmiin virtuaalimaailmassa on kysymys laajemmista kokonaisuuksista. BIM-mallinnusteknologia on tuonut mukanaan etuja, joita ovat mm. suunnitteluvirheiden tunnistaminen, määrälaskennan tarkkuus, erilaiset olosuhde- ja energiasimulaatiot sekä suunnitelmien havainnollisuus ja visuaalisuus. Rakennuksen BIM-mallissa yhdistyvät eri suunnitelmat (lämpö-, ilma ja vesi ja sähkö) ja sen avulla päästään tarkastelemaan rakentamisen elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta. Mahdollisia "yhteentörmäyksiä" voidaan tunnistaa automaattisesti ja tarkastella visuaalisesti. Visualisoinnilla tuotetaan materiaalia päätöksentekoprosessiin, esimerkiksi suunnittelukokouksiin.

Alueiden kehittämistyössä pelkän rakennuksen sisäisen suunnittelijajoukon tuottaman tiedon hallinta ja visualisointi eivät aina riitä, vaan tietoa tarvitaan myös kunnan puolelta; alue suunnittelusta, päätöksenteosta, asukkailta ja muilta alueellisilta toimijoilta. Tuomalla eri tietoaisteita yhteen mahdollistetaan havainnointi, analysointi ja lopulta fiksumpi päätöksenteko ja projektinohjaus. Virtu-

aalimaailmoista muodostuu kolmiulotteinen, verkottunut kokonaisuus, johon eri kiinteistötoimijat voivat tuottaa omia osiaan, joko rakentaen muiden tekemien osien päälle tai pysyttäen kokonaan uutta virtuaalitilaa. Jos tilannetta tarkastellaan BIM-mallien näkökulmasta, tämä tarkoittaisi tilannetta, jossa rakennuksen BIM-mallin lisäksi käytössä olisivat ympäröivän rakennetun ympäristön sekä infran mallien sisältämät tiedot.

Meshmoon hyödyntää maanmittausalan huippuosaamista. Virtuaalimallit auttavat tulevaisuudessa rakennetun ympäristön suunnittelijoita saavuttamaan nopeammin tilaajan edellyttämän ja tarkoituksenmukaisen suunnittelutuloksen. Nykyisin käsityövoittoisella tavalla tuotetut virtuaalimallit ovat usein visuaalisesti heikkotasoisia, epätarkkoja, kalliita ja usein jo valmistuessaan vanhentuneita eivätkä ne mahdollista useiden henkilöiden samanaikaista läsnäoloa.



Virtuaalimaailmat ovat käyttökelpoisia rakennetun ympäristön suunnittelussa (SeAMK Cave).

Tavoitteena 3D-Wikipedia tulevaisuuden 3D-internetissä

Rakennetun ympäristön aluesuunnittelussa huomioidaan rakennukset ja luonnon monimuotoisuus. Virtuaaliympäristöissä toimivien työkalujen kehittäminen tähän on vaativa tutkimuskohde. Mitta-

tarkkuus, luotettavuus, visuaalisuus, pelillisuus ja toimintojen nopeus vaativat usean eri alan yhteistyötä. Valtavien tietomäärien tulkinta ja analysointi hidastaa visuaalisesti toimivan mittatarkan virtuaalimaailman rakentamista. Erityisesti korjaus- ja täydennysrakennuskohteissa BIM-toteutuksen ongelmana on ollut puuttuvan kolmiulotteisen tiedon saaminen jo olemassa olevista rakennuksista ja infrastruktuurista. Tulevaisuudessa virtuaalimaailmat antavat mahdollisuuden nopeaan ja joustavaan tiedon jalostamiseen. Tiedon tuottaminen, analysointi ja oikeanlainen yhdistäminen nopeutuvat virtuaalimaailmassa. Virtuaalimaailma mahdollistaa tietosisältöjen hyödyntämisen uudenaikaisessa yhteistyössä.

Cave-teknologia

Seinäjoen AMK on ollut pioneeri immersivisten virtuaaliympäristöjen eli CAVE-teknologian (Computer Assisted Virtual Environment) käyttöönotossa Suomessa. Tuhansia vierailijoita on eri puolilta maailmaa käynyt katsomassa ja ihailemassa Cavea, jossa on järjestetty noin 1000 erilaista tapahtumaa vuodesta 2005 lähtien. 3D-suunnitteluohjelmien yhteydessä yleisin käytetty syöttölaite on edelleen 2-ulotteisella tasopinnalla toimiva hiiri. Voidaan kuvitella, että suunnittelu täysin kolmiulotteisilla työkaluilla olisi luonteva tapa luoda 3D-geometriaa. Cave voisi toimia 3D-muotoilijoiden, arkkitehtien ja taiteilijoiden reaaliaikaisena työkaluna. Digitaalinen kuvanveisto mahdollistaa myös mallinnuksen kahdella kädellä eli mallinnettavaa kohdetta pidetään kiinni toisella kädellä ja muokataan toisella.

Rakennetun ympäristön suunnittelu virtuaaliseksi

Rakennetun ympäristön suunnittelutyössä tiedon hallinnan tärkeys korostuu, kun suunnitteluprosessiin otetaan mukaan käyttäjiä ja muita sidosryhmiä. Myös erivaiheisen tiedon esittäminen esimerkiksi rakennusalalla vaatii uusia tapoja: virtuaalimaailmassa rinnakkain voivat olla hyvin alustava massoitelumalli, valmis BIM-malli tai mittatiedon perusteella rakennettu malli 1800 -luvun rakennuksesta. Lisäksi tarvitaan virtuaalimaailmassa toimimisen työkaluja, kuten kommentointia, objektien ryhmitteilyä, aikaleimoja ja omien objektien luomista.

Virtuaalisia malleja voidaan käyttää tilojen dokumentointiin, korjaustarpeen ja materiaalitekniikan ominaisuuksien analysointiin sekä rakennuksen yksityiskohtien rakenteiden ja pintojen analysointiin.

Vielä toistaiseksi kaupunkisuunnittelussa tehdään lain vaatimat 2D-dokumentit. Niiden avulla suunnitellaan ”hyvää ympäristöä”. Virtuaalimaailman suuret hyödyt kaavoitukselle tulevat, kun päästään täysin sähköiseen asiointiin, virtuaalimalleihin ja 3D-asetmakaavaan. Tämä edellyttää, että laitteet kasvavat, tietosisällöt paranevat, lainsäädäntö kehittyy, tiedonsiirto toimii ja vastuut mallin oikeellisuudesta on selvitetty. Virtuaalimaailmat mahdollistavat asukkaiden toivomukset huomioivan laadukkaan laajapohjaiseen ja päivittyvän kaupunki- ja aluesuunnittelun. Siirrytään tilaaja-toimittajamallista virtuaalimaailmoja hyödyntävään aluesuunnitteluun.

Virtuaalimallit mahdollistavat nykyistä laajapohjaisemmän suunnittelun ja kommunikoinnin, kun visualisoinnin kautta saadaan aikaan yhteinen kieli. Suunnittelun alkuvaiheessa, kun valmista luonnosta ei ole vielä olemassa, voidaan virtuaalimallin avulla havainnollistaa tulevan suunnitelman perustietoja ja luonnosteltuja vaihtoehtoja. Eri alojen ammattilaiset ja asukkaat voivat ideoida,

kommentoida ja muokata suunniteltua kohdetta. Kohteen testaus on mahdollista virtuaaliympäristössä. Virtuaalimallin avulla toteutettuja hankkeita on Suomessa jo useita. Näistä saatujen kokemusten pohjalta voidaan toimintatapoja dokumentoida ja monistaa laajemmin. Olennaista on ottaa muiden onnistumisista parhaat palat oman toiminnan tueksi.

Virma-hankkeessa (Virtuaalisen suunnittelun ja rakentamisen malli), on suunniteltu Järvenpään sosiaali- ja terveyskeskusta, jossa tulevat käyttäjät on otettu mukaan suunnittelussa. Virtuaalimallilla ja Meshmoon-alustalla on voitu havainnollistaa rakentamista ja rakennusvaiheita.



Kolmen päivän workshopin tuotoksia, joissa yhdistettiin Adminotech Oy:n, Aalto-yliopiston ja Geodeettisen laitoksen voimia Keilaniemen alueen mallinnuksessa ja demo-tuotannossa Meshmoon Webrocket -alustaa hyödyntäen.

Kiitokset

Virtuaalimaailmaa ja sen tuomia mahdollisuuksia ja avointa lähdekoodia tutkitaan parhaillaan mm. Energizing Urban Ecosystem, Light Energy ja Älykäs rakennettu ympäristö –tutkimusohjelmissa, joissa

Aalto-yliopisto, Geodeettinen laitos sekä Metropolia Ammattikorkeakoulu yhteistyössä mm. useiden yritysten kanssa panostavat tämän aihepiiriin tutkimusyhteistyöhön. Kiitämme myös muita tutkimustyön rahoittajia: Maa- ja metsätalousministeriötä (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemiaa (Laserkeilaus-tutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

EU:n alueiden komitea 2010, CdR 104-2010 fin, lausunto ”Eurooppalainen digitaalistrategia”.

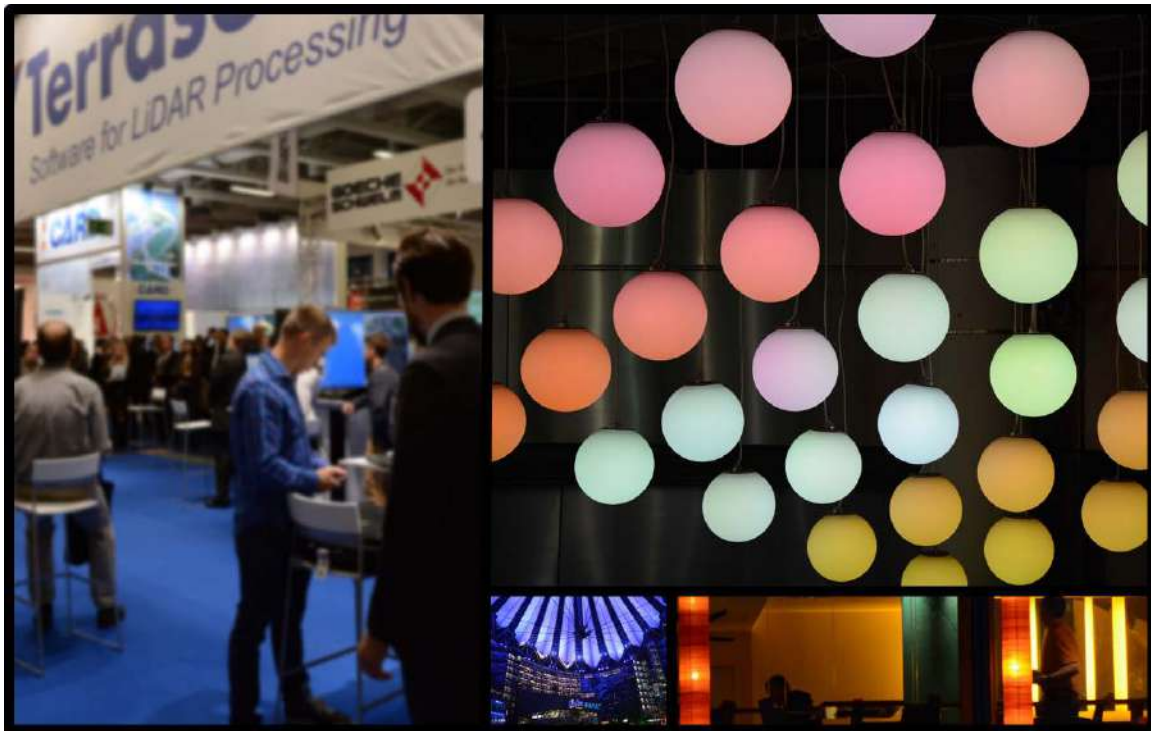
Hellman, Tapio 2011. Seinäjoen amk:n VR-laboratorio. Esite. SeAMK.

Hyyppä, Hannu, Virtanen, Juho-Pekka, Ahlavo, Marika, Hollström, Tommi, Hyyppä, Juha, Markkula, Markku Zhu, Lingli. 2013. Osallistuminen uusiksi 3D-virtuaalimaailmoilla. Maankäyttö 3:2013, 26-27.

Hyyppä, H., Ahlavo, M. 2013. Virtuaalimaailmat muuttavat rakennetun ympäristön suunnittelua. Positio, 2013. Nro 2.

Virtanen, Juho-Pekka, Hyyppä, Hannu, Ahlavo, Marika, Hollström, Tommi, Hyyppä, Juha, Markkula, Markku, Kurkela, Matti, Viitanen, Kauko, Zhu, Lingli, Lehtinen, Jussi, Honkanen, Tapani. 2013. Rakennetun ympäristön suunnitteluun mittatarkkaa virtuaalisuutta. Maankäyttö 3:2013, 28-30.

Tekes. 2008. Teknologiaohjelmaraaportti 1/2008. Helsinki 2008. Sara. Suuntana arvoverkottunut rakentaminen. 2003–2007. Loppuraportti



Monialaisesti ratkaisuja kaupungistumiseen – Energizing Urban Ecosystems

Juho-Pekka Virtanen¹, Hannu Hyyppä^{1,2}, Marika Ahlavuo^{1,2}, Markku Markkula¹,
Lars Miikki¹, Juha Hyyppä³, Matti Kurkela¹, Pentti Launonen¹, Tommi Hollström⁴

¹Aalto-yliopisto

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

³Geodeettinen laitos, Kaukokartoituksen ja Fotogrammetrian osasto, Suomen Akatemian Lasserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö

⁴Adminotech Oy

Tiivistelmä

Kaupungistumisen haasteena on saada aikaan parempaa vähemmällä ja päästä lähemmäksi kestävää ja ihmiskekeistä palveluyhteiskuntaa. Ratkaisuja etsitään hyödyntäen eri osapuolten osaamista ja näkemyksiä verkostomaisesti. Tiivistämällä yhteistyötä sekä lisäämällä avoimuutta voidaan digitaalisuuden suomia etuja hyödyntää uudenlaisten yhteiskehittely- ja demonstraatioalustojen avulla. Käytännön kokeiluista ja piloteista saatavat kokemukset voidaan siirtää normaaleihin työ- ja hallintoprosesseihin. Samalla on mahdollista muuttaa työtapoja ja päätöksenteon prosesseja siten, että kunnallisen demokratian toimivuus ja tuottavuus lisääntyvät jopa merkittävästi.



Hankkeen taustaa

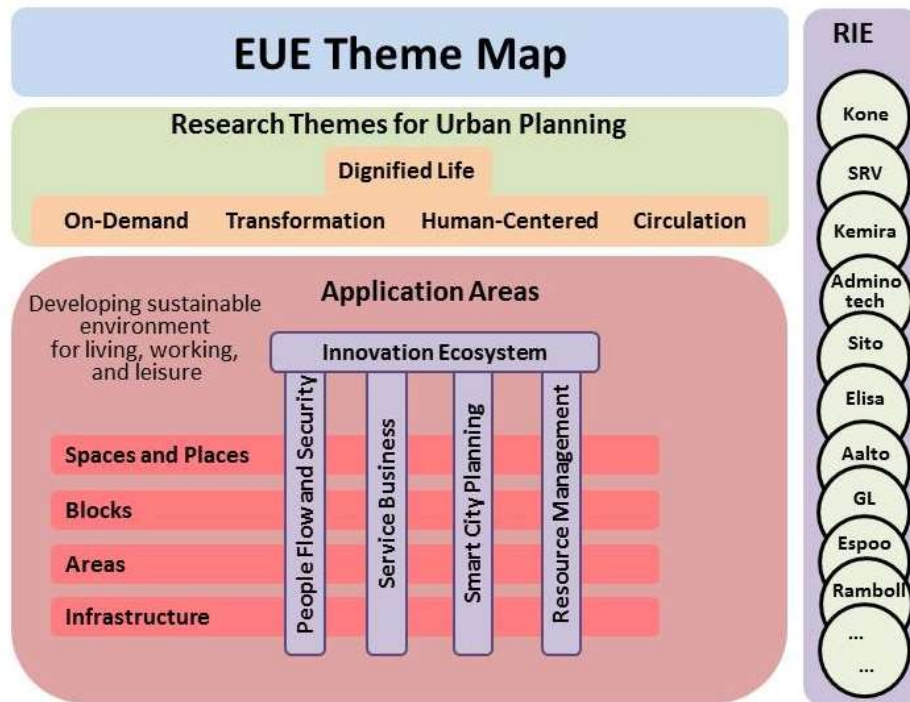
Yksi rakentamisen strategistaen huippuosaamiskeskuksen RYM Oy:n ja Tekesin monivuotisen Energizing Urban Ecosystems -ohjelman (EUE) tavoitteista on kiteytettynä: rakennetun ympäristön koko elinkaarelle synnytetään keskitetysti maailmanluokan osaamista monialaisen ja monitieteellisen huippututkimuksen avulla. Rakennetun ympäristön toimijoiden tiiviimpi alueellinen yhteistyö on toteutunut suunnittelussa ja kehittämisessä.

Espoon kaupunki on osallistunut -tutkimusohjelmaan sen yhden työpaketin veturiorganisaationa. Alueelliset innovaatioekosysteemit - Regional Innovation Ecosystems (RIE), työpaketti pyrkii vastaamaan seuraaviin kysymyksiin: Miten kaupungista tulee hyvä alusta innovaatiotoiminnalle, joka pyrkii ratkaisemaan yhteiskunnan merkittäviä haasteita (Grand Societal Challenges)? Miten uusia

käytäntöjä voidaan rakennusprojekteja hyväksi käyttäen testata ja institutionalisoida kestävän kehityksen demonstraatiohankkeiden toteuttamiseksi? Miten päätöksentekoprosessi tulisi organisoida toteutettaessa hankkeita, jotka pyrkivät ratkaisemaan yhteiskunnan merkittäviä haasteita?

Tutkimusohjelman kesto on neljä vuotta ja sen rahoitus yhteensä 20 miljoonaa euroa. Kohdealueena on ennen kaikkea Otaniemi – Keilaniemi – Tapiola, josta ohjelman alkaessa keväällä 2012 käytettiin työnimeä T3 (tiede, taide, talous). Nyt kaupunki ja sen yhteistyökumppanit ovat ottaneet käyttöön käsitteen Espoo Innovation Garden ilmentämään aluetta ja sitä leimaava kehitysilmiotä. Espoon linjausten mukaan aluetta kehitetään määrätietoisesti uusien tuotteiden, palvelujen ja uusimman tiedon sekä innovaatioiden kehitys- ja demonstraatioympäristönä. Tavoitteita voi kuvata myös käsitteillä Alueellinen innovaatioekosysteemi 2.0, Piilaakso 2.0 ja Suomi 3.0. (Markkula ym, 2011)

Toimijoina hankkeessa ovat mm. Rakennetun ympäristön strategisen huippuosaamisen keskitymä RYM Oy, Tekes, Aalto-yliopistokiinteistöt Oy, Adminotech Oy, DigiEcoCity Oy, Fortum Oy, Espoon kaupunki, KONE Oy, Ramboll Finland Oy sekä SRV Yhtiöt Oy yhdessä Aalto-yliopiston kanssa. Uusina jäseninä konsortioon on hyväksytty myös mm. SITO Oy, Elisa Oyj, Fira Oy, A-Insinöörit Oy sekä LähiTapiola Kiinteistövarainhoito Oy.



EUE-ohjelmassa kehitettäviä konsepteja mallinnetaan, simuloidaan ja testataan etenkin Espoo Innovation Garden -alueella (Otaniemi/Tapiola/Keilaniemi).

Tutkimusohjelmassa toimijat kehittävät Espoo Innovation Garden -aluetta ainutlaatuisena korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten, yritysten sekä julkisen ja kolmannen sektorin toiminta- ja kehitys-

ympäristönä. Ohjelma luo erinomaiset edellytykset kehittää tulevaisuuden rakennettuja ympäristöjä yhteistyössä alueen eri hankkeiden kanssa. Lisäksi uutta liiketoimintaa syntyy, kun vanhat toimintamallit eivät enää sellaisenaan toimi. Alue tarjoaa ainutlaatuisen mahdollisuuden toteuttaa innovatiivinen, kestävä ja kansainvälisesti houkutteleva asumis- ja työympäristö.

EUE-ohjelman ensimmäisiä tuotoksia oli uudenlaisen kohtaamistila- ja palvelukonseptin (EUE Hub) luominen hankkeen toimijoiden käytännön yhteistyön tiivistämiseksi alueella. Tästä muodostui sittemmin useiden muiden alueen kehittämistä kiinnostuneiden toimijoiden myötävaikutuksella Urban Mill (<http://urbanmill.org/urbanmill/>), joka on kaupunki-innovaatioihin keskittynyt temaattinen yhteistoiminta-alusta ja palvelu.

Hankkeen aihealueet ovat laajat

Hanke on kytköksissä Suomen tavoitteisiin olla merkittävä toimija Eurooppa 2020 -strategian toteuttamisessa. Tuloksia on esitelty säännöllisesti myös Brysselissä ja muissa kansainvälisissä foorumeissa.

Tämän tutkimusohjelman ja monien siihen läheisesti liittyvien tieteellisten ja teknologisten tutkimushankkeiden keskinäinen synergia sekä näiden tuloksena syntyvien ideoiden aktiivinen soveltaminen mahdollistavat eurooppalaisen edelläkävijyyden. Samalla näkökulmaa on laajennettu teknologisista innovaatioista prosessi-, liiketoiminta-, palvelu- ja designinovaatioihin, yhteisöjen toimintakulttuuria uudistaviin julkisen sektorin innovaatioihin ja sosiaalisiin innovaatioihin sekä laajempia toimintoja ja rakenteita uudistaviin yhteiskunnallisiin innovaatioihin. Espoo on suomalaisista kaupungeista monelta osin edelläkävijä, innovaatioajattelun edistämässä yritystoiminnan lisäksi myös julkisella sektorilla. Käynnistymässä oleva monivuotinen 6AIKA-ohjelma merkitsee innovaatioalustojen kehittämistoimia Suomen kuuden suurimman kaupungin yhteisvoimin.

Ydintoimintaa on Aalto-yliopiston kansainvälistä huipputasoa oleva tutkimus verkostoinen. Käytännön alueeseen sidotut tutkimusdemonstraatiot liittyvät seuraaviin osa-alueisiin: Espoo innovaatioekosysteeminä ja testialustana, alue yrityksiä houkuttelevana yhteisönä, alueellinen tietomallintaminen, visualisoitu virtuaaliodellisuus, älykäs kaupunki, alueen tilat ja toimintavirrat, ekosysteemin johtaminen sekä yhteiskunnalliset innovaatiot.

Tämän kokeilu- ja kehitystoiminnan tuloksena on EU:n alueiden komitea kirjannut Irlannin puheenjohtajakaudellaan pyytämään lausuntoon innovaatiotoiminnan perustaksi, että ”alueet tarvitsevat uusia areenoita innovoinnin edellyttämän yhteisen luomistyön keskittymiksi. Niitä voitaisiin kuvata käsitteillä innovation garden ('innovaation puutarha') ja challenge platform ('haasteiden alusta'), jotka yhdessä muodostavat synnyttävien työtilojen prototyyppejä. Niitä tarvitaan ratkaisemaan haasteita – pienistä paikallisista haasteista globaalin tason suuriin yhteiskunnallisiin haasteisiin. Tätä varten tarvitaan TKI-toimintaa, jolla pilotoidaan ja tehdään prototyyppejä (1) fyysiset, henkiset ja virtuaaliset ulottuvuudet omaavat tilakokonaisuudet ja (2) haasteiden ratkaisemiseen tarvittavat orkestroinnin ja tiedon hallinnan työkalupakit.” (EU Alueiden komitea 2013)

Kokeileminen ja käyttäjien mukaan ottaminen tärkeää

Yhteisenä tavoitteena on luoda Suomeen kaupunkisuunnittelun ja -kehittämisen monitieteinen huippuosaamisen keskittymä. Tähän antaa hyvän perustan Otaniemi – Keilaniemi – Tapiola alueen tunnettavuus pohjoisen Euroopan merkittävimpana innovaatiokeskittymänä. Alueella on 44 000 asu-

kasta ja liki yhtä paljon työpaikkoja, joista toistakymmentä tuhatta on tietotekniikan ja tietointensivisten palvelujen työpaikkoja. Tutkijoita alueella on 5000 ja opiskelijoita 16 000. Yrityksistä ulkomalaisia on 200. Alueella toimivat asukkaat, työntekijät, tutkijat ja opiskelijat edustavat 110 kansallisuutta. Kansainvälisesti katsottuna alue on Suomen tärkein metropolialue.

EUE-hankkeessa asiantuntijat toimivat yhteisen teeman ympärillä kuitenkin itsenäisinä toimijaryhminään. Kansainvälisesti on helpompaa puhua yhdestä hankkeesta, vaikka hankkeen sisällä on kymmeniä osahankkeita. Uuden toimintatavan ja innovaatioiden lisäksi hankkeessa hyödynnetään soveltuvia kansainvälisistä teorioita ja toimintatapoja. Kokeileminen ja käyttäjien mukaanottaminen on tärkeä osa EUE-tutkimusta.

Monen toimijan yhteispeliä

Tutkimusohjelma on vain pienehkö, joskin erittäin merkittävä osa Espoo Innovation Garden -alueen kehitystoimintaa. Alueella on suunniteltu toteutettavaksi kymmenen vuoden aikana yhteensä 6 miljardin euron arvoiset, pääosin yksityiset investoinnit, infraan ja rakennuksiin. Kokonaisuuden hallinta vaatii jatkuvaa aktiivista johtamista sekä toimijoiden yhteistä omistajuutta tavoiteltavasta lopputuloksesta. Hankkeet eivät organisoidu itsestään vaan vaativat tukea ja ohjausta – prosessi on yhtä tärkeä kuin lopputulos.

Tutkimusohjelma edellyttää yhteistoimintaa ja tulosten aktiivista jakamista yhteisissä työpaikoissa, tulos- ja demopäivissä sekä yhdessä kehittämistä, yhteisen kulttuurin, toimintatapojen ja työkalujen rakentamista. Säännöllinen tulosten peilaaminen tavoiteltavaan lopputulokseen edistää yhdessä oppimista sekä innovaatioiden kehittämistä yli osahankkeiden. Yhteistoiminta vaatii kyvykkyyksien rakentamista niin henkilö-, organisaatio- kuin verkostotasolla.

Yhteistyöverkostoissa tieto jalostuu

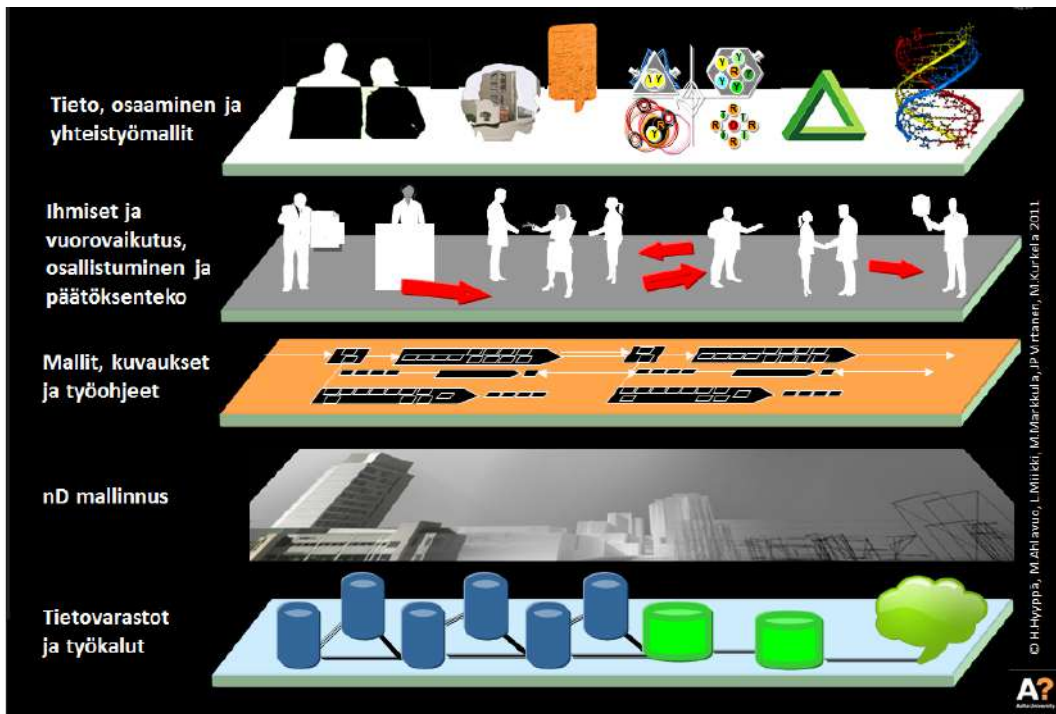
Kaupungin yhteistyöverkosto on vahvistunut yliopistossa tuotetun tiedon hyödyntäjänä. Partneriyrietykset ovat käyttäneet sopivaa tutkimustietoa ydintoimintaansa. Virtuaaliympäristöjen kehittämistyötä on edistänyt yritysten ja tutkijoiden yhteinen kehittämisen tila - Urban Mill.

Yliopistoissa tehtävän akateemisen tutkimuksen yhtenä tärkeänä tavoitteena on tuottaa julkaisuja ja tutkintoja. Hankkeessa työskentelevät tutkijat tekevät jatko-opintojaan ja saavat aitoja yritysten ongelmia ratkaistavakseen. Espoossa korkeakoulujen ja yliopiston yhteistyömahdollisuuksia on jatkuvasti tarkasteltu tulevaisuuteen suuntaavan yhteistyön kautta. Yhteistä säveltä ja tapaa toimia etsitään jatkuvasti. Toimintaan mukaan heittäytymällä on saavutettu positiivisia tuloksia.



Kaupungin ja sen kumppaneiden kehittämä "Digital Espoo 2020" toimii EU-tason pioneeri-roolissa, kun tavoitteena on kehittää alueellista tietomallintamista kansainvälisille markkinoille.

Alueelliset innovaatioekosysteemit -työpaketissa keskeisiksi tutkimuskysymyksiksi Metropolia Ammattikorkeakoulun, Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin, Geodeettisen laitoksen, Adminotech Oyn ja Järvelin Design Oy:n osalta ovat muodostuneet seuraavat läpimurrot (kts. taulukko):



Alueellinen tietomallintaminen yhdistää virtuaalisen ja fyysisen maailman oppivaksi ympäristöksi.

Keskeiset tavoiteltavat läpimurrot EUE-hankkeessa. (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö ja Metropolia)

Tieteelliset läpimurrot

- 1) Kehitetään alueellisen moniulotteisen tietomallintamisen menetelmiä, jotka yhdistävät virtuaalisen ja fyysisen maailman oppivaksi ympäristöksi. Yhdistetään kaupunki-infrastruktuurin kiinteät investoinnit, prosessit ja arjen tekeminen, ihmisten liikkuminen ja kohtaaminen sekä osaaminen, hyödyntäen digitaalitekniikkaa. Alueellinen tietomallintaminen mahdollistaa myös BIMin toteutuksessa puuttuvan kolmiulotteisen tiedon saamisen jo olemassa olevista rakennuksista ja infrastruktuurista.
- 2) Automaattiset prosessointimenetelmät laajoista tietomääristä, niin että syntyvää virtuaalista 3D-mallia voidaan käyttää lähtökohtana tietomallintamisessa alueellisesti ja sisätiloissa. Uusia tarkkoja 3D-mittaustekniikoita hyödynnetään kaupunkisuunnittelu-, rakennus-, kiinteistö- ja ympäristöalalla. 3D-aineiston on oltava ajantasaista, päivitettävää ja geometrialtaan tarkkaa. Mobiilikeilauksella, digitaalikuvausella, sensori- ja anturijärjestelmillä kehitetään kustannustehokkaita 3D-mittaus- ja tulkin-taratkaisuja älykkääseen rakennettuun elinympäristöön.

Soveltavat läpimurrot

- 1) Mittatarkan virtuaaliympäristön käyttö palveluiden, kaupan, turismin ja oppimisen ympäristönä.
- 2) Paikkaan sidotut palvelut (Location-Based-Services).
- 3) Virtuaaliympäristöt ja älykkäät tilat kaupungin ja asukkaiden työkaluna kehitettäessä parempaa elinympäristöä. Virtualisoidun kaupungin palvelukonseptit.
- 4) Virtuaaliympäristöt teknisen tiedon paikkatietojärjestelmänä mm. esteettömyys, energiatehokkuus, liikenteen sujuvuus.
- 5) Virtuaalisuuden yhdistäminen kaupunkikehittämisen suunnitteluun ja osallistamiseen.
- 6) Urban Mill -innovaatioalustan prototyyppi ja älykkäiden temaattisten tilojen verkostomalli.

Toimintatapojen läpimurrot

- 1) Uusia yhdessä tekemisen tapoja (Knowledge Triangle, Triple Helix)
- 2) Menetelmiä tunnistaa parhaat osaajat – majakat. Potentialin esilletuonti. Osaamisen kysyntä ja tarjonta
- 3) Älykkäät tilat ja tapahtumat yhteiseksi hyödyksi
- 4) Kokonaisuuksien roolittaminen ja orkestrointi
- 5) Rakentavan vuorovaikutuksen fyysiset tilat ja yhteisöt - Uudenlaiset foorumit
- 6) Uudenaikaiset työpolut eri suunnittelualoilla
- 7) Uuden tekniikan hyödyntäminen eri aloilla
- 8) Jaettujen tilojen avulla tapahtuva monitoimijaympäristön orkestrointi

Taiteelliset läpimurrot

- 1) Uudenaikaiset työpolut eri taideproduktioissa
- 2) Uuden tekniikan hyödyntäminen

Kiitokset

Kiitämme myös tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Ahlavuo, Marika, Hyyppä, Hannu, Markkula, Markku, Hyyppä, Juha. 2013. Valttina kansainvälisyys. Maankäyttö 3:2013, 34-36.

EU:n alueiden komitea. 2013. Lausunto ”Innovaatiokuilun umpeenkurominen”. Hyväksytty täysistunnossa 30.5.2013.

Hyyppä, Hannu, Ahlavuo, Marika, Markkula, Markku, Miikki, Lars, Hyyppä, Juha, Launonen, Pentti. 2013. Monialaisesti ratkaisuja kaupungistumiseen. Maankäyttö 3:2013, 20-22.

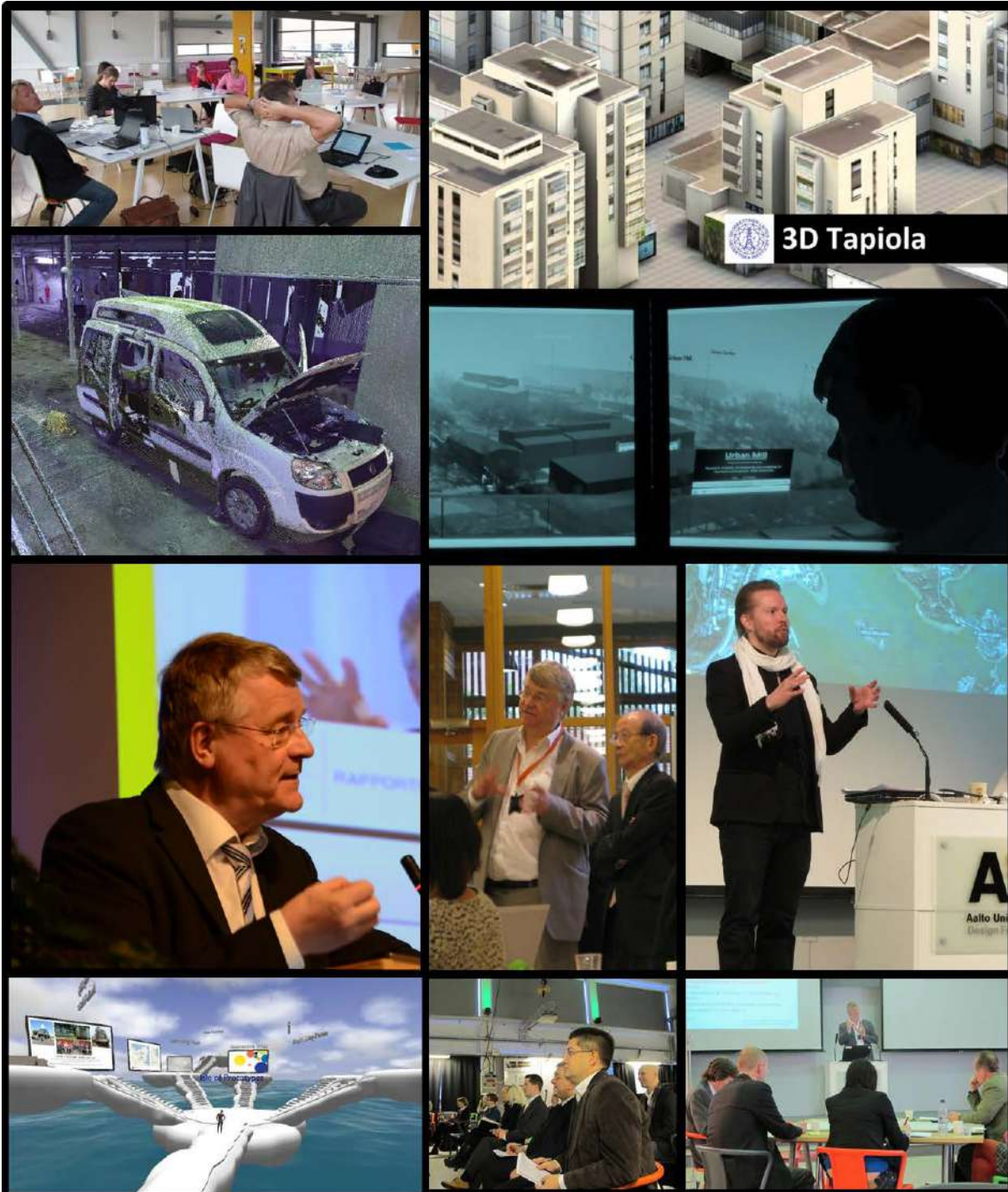
Hyyppä, Hannu, Virtanen, Juho-Pekka, Ahlavuo, Marika, Hollström, Tommi, Hyyppä, Juha, Markkula, Markku, Zhu, Lingli. 2013. Osallistuminen uusiksi 3D-virtuaalimaailmoilla. Maankäyttö 3:2013, 26-27.

Markkula Markku & co. 2011. ES-tutkimusohjelman työpaketti Alueelliset innovaatioekosysteemit (RIE). Muistio siitä, miten asetettu tavoitetaso saavutetaan. 14.1.2011. 11 s.

Virtanen, Juho-Pekka, Hyyppä, Hannu, Ahlavuo, Marika, Hollström, Tommi, Hyyppä, Juha, Markkula, Markku, Kurkela, Matti, Viitanen, Kauko, Zhu, Lingli, Lehtinen, Jussi, Honkanen, Tapani. 2013. Rakennetun ympäristön suunnitteluun mittatarkkaa virtuaalisuutta. Maankäyttö 3:2013, 28-30.

<http://rym.fi/fi/program/energizing-urban-ecosystems-eue-2/> luettu 1.8.2014

<http://urbanmill.org/urbanmill/> luettu 1.8.2014



3 Innovatiivista kehittämistä



Fotogrammetrinen mittaus- ja mallinnusprosessi sisätilojen suunnittelussa ja muotoilussa

Matti Kurkela¹, Hannu Hyyppä^{1,2}, Juho-Pekka Virtanen¹, Henrik Haggrén¹,
Petri Rönholm¹, Marika Ahlavuo^{1,2}, Matti Vaaja¹, Mika Lindholm²

¹Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

Tiivistelmä

Sisätilojen suunnittelijat tarvitsevat usein suunnittelun lähtöaineistoksi 3D-mallin. Mallin kaksi tärkeintä vaatimusta ovat mittatarkkuus ja soveltuvuus digitaaliseen suunnitteluprosessiin. Aalto-yliopiston maankäyttötieteiden laitoksella on kehitetty sisätilan mittaus- ja mallinnusmenetelmä, jossa nämä kaksi vaatimusta voidaan yhdistää. Kehitetty menetelmä mahdollistaa myös nykyisiä ohjelmistoja paremmin muokattujen teksturointikuvien käytön 3D-mallien visualisoinnissa. Menetelmän avulla sisätilojen suunnittelijat voivat arvioida uusia suunnitelmia fotorealistisesti jo suunnitteluprosessin alkuvaiheessa, jolloin asiakkaat voivat antaa palautetta eri vaihtoehdoista kuvien, videoiden tai virtuaaliympäristöjen avulla.



Mittaustekniikoiden kehitys

Kuvapohjainen mittaus ja laserkeilaus ovat kehittyneet harppauksin viime vuosina. Kuvapohjaisen mittaamisen etuja ovat helppokäyttöisyys ja edullisuus. Esimerkiksi laserkeilaus on laitteiston ja ohjelmistojen osalta kalliimpaa kuin perinteinen kuvapohjainen fotogrammetria. Maalaserkeilainten käyttö sisätilamittauksissa on jo vakiintunutta toimintaa, koska maalaserkeilaimilla saadaan tuotettua tiheä ja riittävän tarkka pistepilvi niin sisä- kuin ulkotilamallinnuksen pohjaksi. Laajojen alueiden mittaaminen kolmiulotteisesti maalaserkeilaamalla on kuitenkin työlästä. Tämä artikkeli keskittyy fotogrammetrisiin mittauksiin.

Muotoilulla tarkoitetaan tässä artikkelissa kolmiulotteisten fyysisten ja virtuaalisten objektien suunnittelua visuaalisesta näkökulmasta. Sisätilojen kontekstissa tätä työtä tekevät monien eri suunnittelualojen ihmiset kuten esimerkiksi arkkitehdit, sisustusarkkitehdit, muotoilijat, insinöörit ja muut tilan suunnittelijat. Fotogrammetrian avulla fyysinen kappale tai tila mallinnetaan mittatarkaksi digi-

taaliseksi, virtuaaliseksi objektiksi, jota voidaan käyttää digitaalisessa suunnitteluprosessissa (Schnakovtzy ym., 2008). Laadunvalvonnassa tuotteiden valmistusvaiheessa tarkkojen mittausten tekemiseen on sovellettu fotogrammetrista mittausta. Muotoilun eri alueilla on viime vuosina alettu hyödyntää fotogrammetrisin menetelmin tuotettuja 3D-malleja muotoiluprosessin eri vaiheissa, esimerkiksi suunnittelun lähtöaineistona.

Sisätilojen suunnittelussa suunnittelijoille voidaan antaa toimeksiannossa tarkat 3D-mallit lähtöaineistoksi. Prosessin alkuvaiheessa fotogrammetrisilla 3D-malleilla voidaan täsmentää haluttua lopputuotetta. Ideointivaiheessa on hyvä saattaa yhteen eri alojen osapuolia, jolloin monialaisella osaamisella hallitaan kaikki prosessin vaatimat tiedolliset, taidolliset ja taiteelliset osa-alueet. Osallistajat voivat ideoidensa havainnollistamiseksi tehdä erilaisista helposti työstettävistä materiaaleista hahmomalleja, jotka on nopea digitoida 3D-malleiksi fotogrammetrisin keinoin. Hahmomallilla tarkoitetaan tuotekehityksen osana valmistettavaa mallia, joka hahmottaa tuotteen geometriaa, mutta ei sisällä esimerkiksi värien osalta lopullista visuaalista ilmettä. Fotogrammetriset mallit helpottavat myös muotoiluprosessissa suunniteltavan tuotteen geometrian analysointia. Kohteesta voidaan tehdä fotorealistinen virtuaalimalli, jota tarkastellaan virtuaalisesti eri perspektiiveistä sen oikeassa ympäristössä.

Sisätilojen fotogrammetrisen mallinnuksen tavoitteena on edistää tilojen suunnittelun lisäksi ylläpitoa, rakentamista, rakennuttamista, johtamista ja käyttöä. Virtuaalimallit luovat mahdollisuuksia eri alojen yhteistyölle ja virtuaalisten työkalujen käyttö onkin lisääntynyt yritysten päivittäisessä työssä. Tietomallintamista ja virtuaalimalleja käyttävät erityisesti rakennus- ja kiinteistöalan yritykset sekä erilaiset tiloihin liittyvät palveluyritykset kuten sisustussuunnittelua, mainontaa sekä tieto- ja viestintäteknologiaa tarjoavat yritykset. Virtuaalisille 3D-malleille löytyy käyttöä myös matkailu-, paikannus- ja turvallisuusaloilla sekä viihdeteollisuudessa. Yhä useammin virtuaalimallin käyttöön liittyy myös interaktiivisuus. Tällöin käyttäjän on mahdollista liikkua ja kommunikoida virtuaalimaailmassa. 3D-malleja voidaan visualisoida erityisen elämyksellisesti 3D-näytöillä tai cave-ympäristöissä. Uudet mallien tarkastelutavat laajentavat mallien sovellusalueita entisestään.

Soveltuvimmat fotogrammetriset mitta- ja mallinnusmenetelmät riippuvat kappaleen suuruudesta ja tekstuurista (Luhmann, 2006). Laserkeilaus ja digitaalinen kuivilta mittaaminen soveltuvat mallinnusmenetelmäksi erityisesti kaksoiskaareissa kappaleissa tai tiloissa, joita on muuten vaikea mitata. Muotoilussa kiinnostuksen kohteina ovat yleensä tuotteen ääriviivat, taiteviivat ja muodot, joiden laadukas mallintaminen vaatii osaamista ja aikaa. Tällöin mallinnuksessa tarvitaan usein ihmisen tulkintaa ja käytännössä manuaaliset tai puoliautomaattiset menetelmät tuottavat parhaimman lopputuloksen. Mallintaja tekee koko ajan valintoja riittävästä tarkkuudesta ja yksityiskohtien määräästä.

Suunnittelualojen tietokoneistuminen ja digitalisoituminen on kahden viime vuosikymmenen aikana kasvattanut kysyntää 3D-digitointimenetelmille (Milroy, 1996; Woo ym., 2006; Virtanen, 2012). Tilojen suunnittelussa 3D-mallintaminen ei perinteisesti ole ollut niin yleistä kuin tuotteiden suunnittelussa. Mallinnuksesta on kuitenkin hyötyä. Usein muotoilijat osallistuvat myös toimeksiannon määrittelyyn ja täsmentämiseen. Mittatarkka 3D-malli helpottaa suunnittelijan työtä, vähentää mittavirheitä ja helpottaa kommunikaatiota eri osapuolten välillä. Muotoilukäytössä fotogrammetrian soveltuvuus riippuu tarkkuutta enemmän laitteiden, ohjelmistojen ja työprosessien käytettävyydestä sekä mittaukseen ja mallinnukseen tarvittavasta ajankäytöstä (Virtanen ym. 2014).

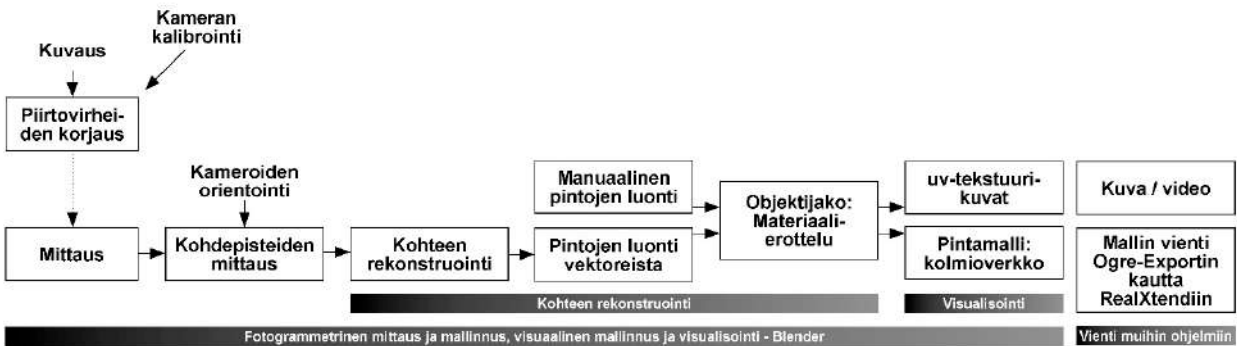
Muotoilussa fotogrammetrian käytön yleistymisen esteenä on ollut helppokäyttöisten fotogrammetristen mittausohjelmistojen puute. Toisena esteenä ovat olleet fotogrammetristen ja muotoilijoiden käyttämien mallinnusohjelmistojen väliset yhteensopivuusongelmat kuten heikosti tuetut tiedostomuodot ja liian suuret aineistot. Tiedostojen ja mallien siirto ohjelmasta toiseen on ollut monimutkaista ja vaatinut useiden ohjelmien hallintaa. Lisäksi muotoilijoilla ei mallien tekijöinä ole ollut tarvittavaa kokemusta ja osaamista fotogrammetrian avaamista mahdollisuuksista.

Visualisointikäyttöön tarkoitettu fotogrammetrinen mallinnustyönkulku on puuttunut. Ohjelmistojen hallinnan lisäksi fotogrammetrinen mittaaminen vaatii erityisosaamista. Usein mittaajan, mallintajan, visualisoijan ja tilaajan tavoitteet eroavat toisistaan. Tarkka malli ei välttämättä ole miellyttävän näköinen, eikä tyylikäs visualisointi ole mittatarkka. Yleensä siis painotetaan joko mittatarkkuutta tai visuaalista ulkoasua. Muotoiluprosessissa visualisointi on keskeisessä asemassa. Visuaalisuudella on vahva kommunikatiivinen merkitys, sillä malleilla ja piirroksilla taataan se, että eri osapuolet ymmärtävät yhteiset termit samalla tavalla (Hasu ym., 2004). Muotoiluun sopivia kaupallisia fotogrammetrisia ohjelmistoja on saatavilla muutamia esimerkiksi PhotoModeler (2013). Nykyisin suuntauksena on lisätä mallinnusohjelmiin laajennuksia, jotka mahdollistavat kuvilta mittaamisen tai laserpistepilvien sujuvan käytön mallinnuksen referenssinä. Esimerkiksi Rhinoceros-mallinnusohjelmistoon voi lisätä Rhinophoto3D:n (2013) valmistaman laajennuksen automaattiseen fotogrammetriseen mittaukseen. Automaattinen kuvilta mittaaminen on kuitenkin vaatinut tähyksen käyttöä (esim. Hirose, 2012). Mikäli mittauksiin on käytetty luonnollisia pisteitä (esim. Seitz ym., 2006; Snavely ym., 2008), on jouduttu hyväksymään heikompi mittatarkkuus eikä kuvauksessa ole voinut käyttää salamaa. Pistepilven käsittely on ollut rajoittunutta. Laajennukset ovat kuitenkin helpottaneet fotogrammetrisesti tuotettujen aineistojen käyttöä. Olennaisten pisteiden löytäminen on suurin ongelma pisteaineistojen käsittelyssä.

Aalto-yliopistossa kehitetty sisätilojen mittaus-, mallinnus- ja visualisointimenetelmä

Vuosina 2012-2014 Aalto-yliopiston maankäyttötieteiden laitoksella on tutkittu fotogrammetrisia mittausmenetelmiä, jolla suunnittelija voi mitata, mallintaa ja visualisoida suunnittelun lähtökohtana toimivan sisätilan. Laajempaan tavoitteena on ollut löytää ongelmakohtia, jotka vaikeuttavat fotogrammetrian käyttöä muotoiluprosessissa sekä kehittää ja soveltaa kuvapohjaista lähifotogrammetrian mittausmenetelmää sisätilojen visualisointikäyttöön. Ohjelmistokehitystyön tavoitteena on ollut tuottaa muotoilu- ja visualisointiprosessiin menetelmä, jonka avulla muotoilijat voivat tehdä ja hyödyntää mittatarkkaa 3D-mallinnusta.

Tutkimuksessa kehitettiin tilojen suunnitteluprosesseihin mittaus-, mallinnus- ja visualisointimenetelmä, joka poisti muotoilijoiden käyttämien mallinnusohjelmien yhteensopivuusongelmia (kuva 1). Menetelmä toimi kokonaisuudessaan yhden yleisimmän visualisointiohjelmiston, Blenderin sisällä. Kehitetyn prosessin lähtötiedoiksi tarvitaan kohteesta otetut piirtovirheistä korjatut valokuvat. Kameran kalibrointi suoritettiin kenttäkalibrointina kaupallisella iWitness-ohjelmistolla ja kuvien piirtovirheet korjattiin omalla automaattisella korjausohjelmalla. Kehitetty prosessi sisälsi seuraavat työvaiheet: kameran kalibrointi, kohteen valokuvaus, kuvien korjaus kalibrointiparametrien pohjalta, kuvien tuonti visualisointiohjelmaan, kuvien orientointi ja vastinpisteiden mittaaminen kuvilta, kohteen 3D-rekonstruointi, kohteen visualisointi sekä valmiin 3D-mallin siirto muihin ohjelmiin. Prosessissa painotettiin mittatarkkuutta ja mallin visuaalista ilmettä.

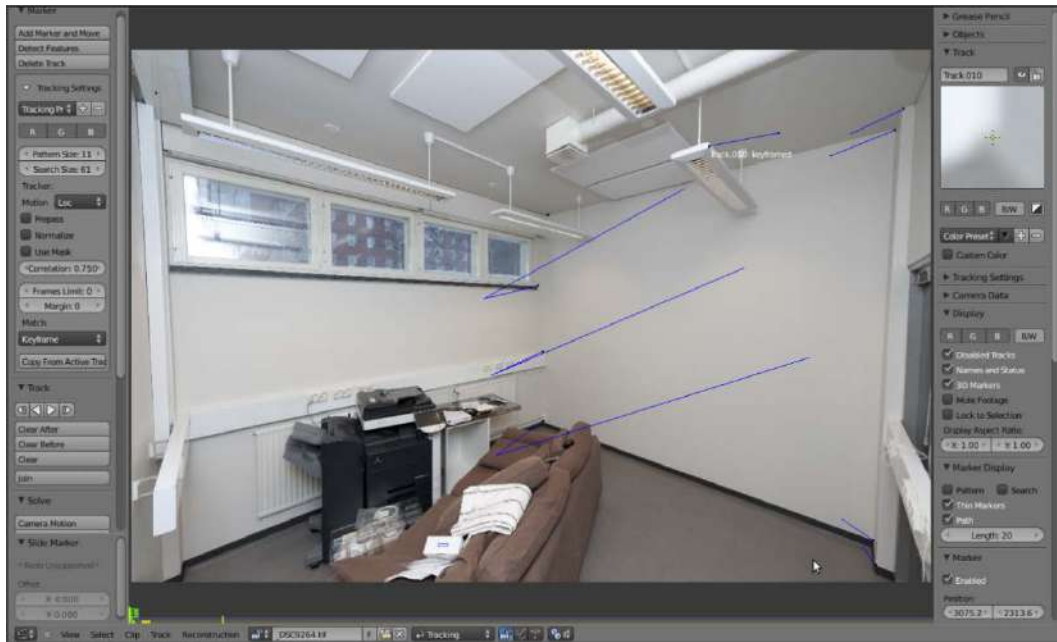


Kuva 1. Kehitetty mittaus-, mallinnus- ja visualisointiprosessi.

Ohjelmaksi valittiin yleisesti käytetty avoimen lähdekoodin mallinnus-, visualisointi- ja animaatio-ohjelma Blender 2.65a, jolla on mahdollista ratkaista liikkuvan kameran sijainti. Ohjelmaa on käytetty aiemminkin kuvapohjaiseen mallinnukseen, mutta tällöin ei ole käytetty kuvajoukkoa, vaan kohde on rekonstruoitu yksittäisen kuvan perusteella (Al Khalil ja Grussenmeyer, 2002). Tässä tutkimuksessa käytetään mittaukseen ja mallinnukseen kuvajoukkoa, jolloin mallin tarkkuus paranee kuvamäärän kasvaessa.

Kameran kalibrointi täytyy edelleen suorittaa jossain muussa ohjelmistossa. Kalibroinnin voi suorittaa joko laboratoriossa tunnettujen pisteiden avulla tai kentällä itsekalibrointina (kenttäkalibrointi). Tässä tapauksessa sovellettiin kenttäkalibrointia. Piirtovirheet korjattiin omalla ohjelmalla, joka käyttää konenäön nopeaan laskentaan optimoituja algoritmeja.

Kuvien keskinäinen orientointi ja kohdepisteiden sijainti ratkaistiin yhtä aikaa. Kuvilta osoitettiin manuaalisesti vastinpisteitä (kuva 2), joita jokaisella kuvalla oli oltava vähintään kahdeksan kappaletta. Kohdepisteiden sijaintien tarkkuuteen vaikutti paitsi vastinpisteiden määrä myös pisteiden osoitustarkkuus. Orientointia varten mitattiin pisteitä, jotka näkyvät mahdollisimman monella kuvalla, vaikka itse mallissa kyseistä pistettä ei käytettykään. Vastinpisteiden määrän ollessa riittävä muutamalla kuvalla, kokeiltiin kuvien keskinäisen orientoinnin ratkaisua. Tällä varmistettiin jo alkuvaiheessa orientoinnin onnistuminen ts. oliko kameran arvoihin jäänyt virheitä. 3D-näkymässä visualisointiin kameran sijainti ja asento sekä vastinpisteet, joiden visualisointitapaa voitiin muuttaa. Liikkumalla aikajanalla kuvaruutujen välillä nähtiin kameran eri sijainnit ja kierrot suhteessa muihin kuviin. Tässä vaiheessa luotiin samalla fotogrammetrinen kuvablokki, jonka tarkkuus parani kuvia ja pisteitä lisättäessä. Kuvajoukkoa mittaamalla tilan 3D-malli tarkentui lopulta kokonaisuudeksi. Mitattujen pisteiden avulla rakennettiin pintamalli.



Kuva 2. Vastinpisteet osoitettiin manuaalisesti. Vastinpisteistä lähtevät siniset viivat osoittavat, missä kohtaa kuvalla kyseiset pisteet ovat sijainneet kahdessa edellisessä kuvassa.

Mallin visualisoinnissa käytettiin valokuvia referenssinä ja luotiin yksinkertaiset virtuaaliset materiaalit eri pinnoille (kuva 3). Materiaalit auttavat hahmottamaan, milloin malli on riittävän yksityiskohtainen suunnittelukäyttöön. Samalla materiaalivisualisoinnin iteraatioprosessissa hahmottuu eri värien vaikutus tilan tunnelmaan.



Kuva 3. Vasemmalla on referenssikuva ja oikealla on pintamallista laskettu synteettinen kuva, johon on liitetty materiaalit.

Pintamallin ollessa valmis ja kun sille oli määritelty sopivat materiaalit, näkymään rakennettiin pöytätaaso ja lisättiin valmiita Artekin huonekaluja (kuva 4). Artek ja muut huonekaluvalmistajat jakavat usein tuotteitaan 3D-tiedostoina sisustuksen suunnittelua varten.



Kuva 4. Vasemmalla on suunniteltu taso ja oikealla Artekin mallikirjastosta lisätty tuoli. Lattiamateriaaliksi on valittu parketti.

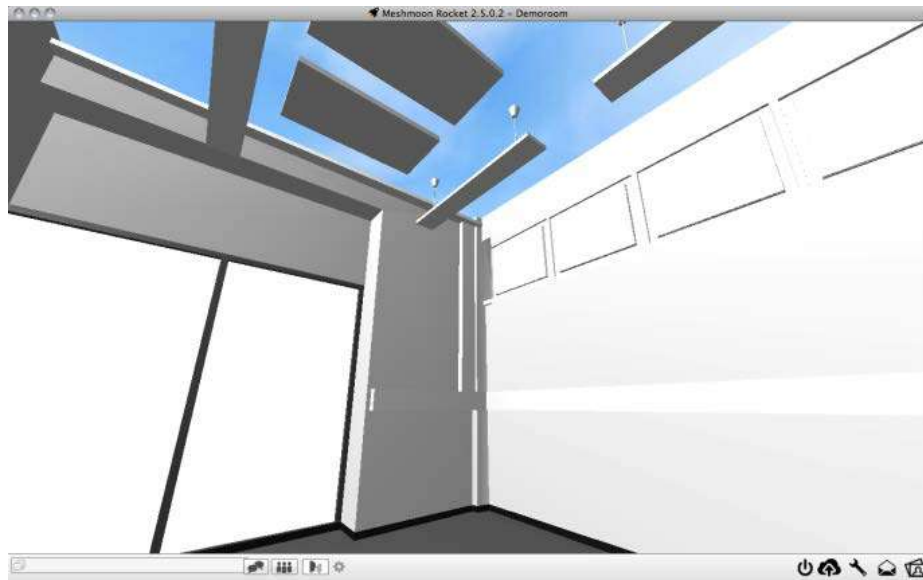
Blender-ohjelman vahvuutena on valmiin 3D-mallin visualisointi. Ohjelmalla voidaan tehdä valmiista mallista kuvia, videoita, stereokuvia ja stereovideoita. Valmis 3D-malli voidaan siirtää CAD-ohjelmaan, jossa suunnitelmia voidaan jatkaa tai niistä voidaan tehdä piirustukset valmistusta varten. Visualisoidusta tilasta on mahdollista luoda automaattisesti synteettisiä panoraamakuvia, joita voidaan katsoa niin tavallisilla tietokoneilla kuin taulutietokoneilla ja älypuhelimilla. Manuaalisesti mitatut 3D-mallit ovat geometrialtaan niin kevyitä, että niiden käyttö on mahdollista myös älypuhelimissa.

Yhteenveto

Kehitetty sisätilan mittaus- ja mallinnusmenetelmä soveltui hyvin muotoilukäyttöön, koska mittaus-tarkkuus on riittävä. Tarvittaessa 3D-mallista saadaan hyvin yksityiskohtainen. 3D-mallin kattavuutta voidaan parantaa lisäämällä uusia kuvia mitattavaan kuvajoukkoon. Kehitetty sisätilan mittaus- ja mallinnusmenetelmä mahdollisti aiempaa paremmin muokattujen teksturointikuvien käytön. Valmiin mallin uudelleenteksturointi oli myös monipuolisempaa kuin nykyisillä ohjelmistoilla. Uusia suunni-

telmia voitiin arvioida fotorealistisesti jo suunnitteluprosessissa, jolloin suunnittelijan oli mahdollista saada nopeasti palautetta eri vaihtoehdoista kuvien, videoiden tai virtuaaliympäristöjen avulla. Alueelle rakentavat yritykset, asukkaat ja muut sidosryhmät voivat käyttää virtuaalimallia ja sen aikasarjaa suunnittelun apuna ja päätöksentekonsa tukena. Kaupunkimallinnus on jo siirtynyt 3D-ympäristöihin ja vähitellen sisätiloihin.

Mallin geometriaa ja materiaaleja jouduttiin muuttamaan kyseiseen käyttötarkoitukseen sopivaksi, kun 3D-mallia oli tarkoitus käyttää muissa ohjelmistoissa kuten virtuaalimaailmoissa ja pelimoottoreissa. Kehitetystä prosessista virtuaalimaailmana käytettiin Adminotech Oy:n kehittämää Meshmoon-ohjelmistoa. Meshmoon perustuu avoimeen lähdekoodin realXtend-tekniikkaan (kuva 5).



Kuva 5. Meshmoon-ohjelma mahdollistaa 3D-mallien jakamisen internetin kautta sekä työkalut interaktiiviseen liikkumiseen ja muokkaamiseen.

3D-mallit mahdollistavat mm. tehokkaan tiedon visualisoinnin, 3D-karttojen esittämisen, tilan internet-markkinoinnin, tilaan tutustumisen ja joustavat virtuaalisesti rakennetut tilaratkaisut. Virtuaaliset maailmat mahdollistavat parempaa ja autenttisempaa asiakaskokemusta tilojen merkityksestä ja niiden käytöstä. Kevyet ja tarkat 3D-mallit soveltuvat opetukseen ja peliteollisuuden käyttöön. Mittatarkat 3D-mallit sopivat suoraan suunnitteluprosessin työkaluksi, sillä tarvittavat mitat saadaan 3D-mallista. Suunnitelma on heti visualisoitavissa todellisuutta vastaavassa virtuaaliympäristössä. Tämän päivän kehittyneet teknologiat, älytaulut, 3D-näytöt ja sensoriverkot mahdollistavat myös laajemman oppimis- ja suunnittelu-ympäristön.

Kiitokset

Kiitämme tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö, LaDiMo), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Anttila, P., 1993. Käsityön ja muotoilun teoreettiset perusteet, WSOY, Helsinki. ISBN 951-0-18477-2.

Hasu, M., Keinonen, T., Mutanen, U-M., Aaltonen, A., Hakatie, A. ja Kurvinen, E., 2004. Muotoilun muutos: näkökulmia muotoilutyön organisoinnin ja johtamisen kehityshaasteisiin 2000-luvulla, Teknologiateollisuus ry, Teknologiatieto Teknova, Helsinki. Teknologiateollisuuden julkaisuja; nro 2/2004.

Hsiao, S., Chuang, J., 2003. A reverse engineering based approach for product form design, Design Studies, Volume 24, Issue 2, March 2003, Pages 155-171, ISSN 0142-694X, 10.1016/S0142-694X(02)00030-3. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X02000303>)

Kurkela, M. 2013. Aalto-yliopisto. Fotogrammetrisen mittaus- ja mallinnusprosessin kehittäminen sisätilojen suunnittelua ja muotoilua varten. Lisensiaatintyö.

Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., Harley, I., 2006. Close range photogrammetry: principles, techniques and applications. Caithness: Whittles Publishing.

Milroy, M., Weir, D., Bradley C., Vickers, G., 1996. Reverse Engineering Employing a 3D Laser Scanner: A Case Study, International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 12:111-121.

PhotoModeler, 2013. PhotoModeler - close-range photogrammetry and image-based modeling. Internetsivu: <http://www.photodeler.com/index.html> Luettu: 15.5.2013.

Schnakovtzy, C., Ganea, B., Raveica, C., Herghelegiu, E., 2008. Reverse engineering for automotive industry. Annals of the Oradea University. Fascicle of Management and Technological Engineering, Volume VII (XVII).

Schön, D., 1983. The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action. Basic Books, New York.

Seitz, S., Curless, B., Diebel, J., Scharstein, D., Szeliski, R., 2006. A comparison and evaluation of multi-view stereo reconstruction algorithms. CVPR, 1:519–528, 2006. ISSN: 1063-6919 DOI: 10.1109/CVPR.2006.19.

Snavely, N., Garg, R., Seitz, S., Szeliski, R., 2008. Finding Paths through the World's Photos. ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2008).

Virtanen, J-P., 2012. 3D-digitointi muotoilun työtapana. Aalto-yliopisto, taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, muotoilun laitos. Maisterin opinnäytetyö.

Virtanen, J-P, Kurkela, M., Hyyppä, H. 2014. Using 3D in design – an overview of measuring methods and experiences. NordDesign 2014. 27-29 August 2014. Espoo.

Woo, H., Dey, T., 2006. Updating 3D triangular mesh models based on locally added point clouds. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 30: 261–272.

Östman, L., 2005. A Pragmatist Theory of Design: The Impact of the Pragmatist Philosophy of John Dewey on Architecture and Design. PhD Dissertation. School of Architecture, Royal Institute of Technology. Stockholm.



Näkökulmia pelinkehityksestä Unity3D-pelimoottorilla

Tuomas Turppa^{1,2}, Hannu Hyyppä^{2,3a}, Harri Airaksinen^{3b}, Marika Ahlavuo^{2,3a},
Juha Hyyppä¹

¹Geodeettinen laitos

²Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

^{3a}Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

^{3b}Metropolia Ammattikorkeakoulu, Mediatekniikka

Tiivistelmä

Nykyiset pelimoottorit tarjoavat valmiita ratkaisuja pelikehittäjille mm. grafiikoiden renderöimisessä ja törmäysten hallinnassa. Pelinkehitys alkaa suunnitelmasta ja toteutuksen määrittämisestä. Toteutusta valvotaan testauksella.

1. Johdanto – Pelinkehitys

Pelien ulkoasu kehittyy jatkuvasti ja lähestyy nopeasti realismia, joka johtaa kasvavaan laskentateho-vaatimukseen laitteistopuolella. Peliteollisuus on ollut tietokoneen komponenttien, kuten näytönohjainten ja prosessorien, kehityksen tärkeimpiä edesauttajia. Visuaalisesti 3D-pelimaailma on dynaaminen ja joka suunnasta tarkasteltava. Immersio on tärkeä osa virtuaaliympäristöjä ja illuusiota elävästä ympäristöstä koetetaan lisätä monin eri tavoin. Maailma ei ole staattinen: pilvet liikkuvat taivaalla, ruoho huojuu tuulen mukana, tuuli ujeltaa kantaen kaukaisuudesta etäisiä ääniä, puun lehdet luovat varjoja ruohonkorsiin lintujen lentäessä taivaalla. Erityisesti illuusiota todellisuudesta lisäävät liike, valo, heijastumiset, varjot, äännet, hahmot, rakennukset, esineet ja kasvusto. ja näiden välinen interaktio.

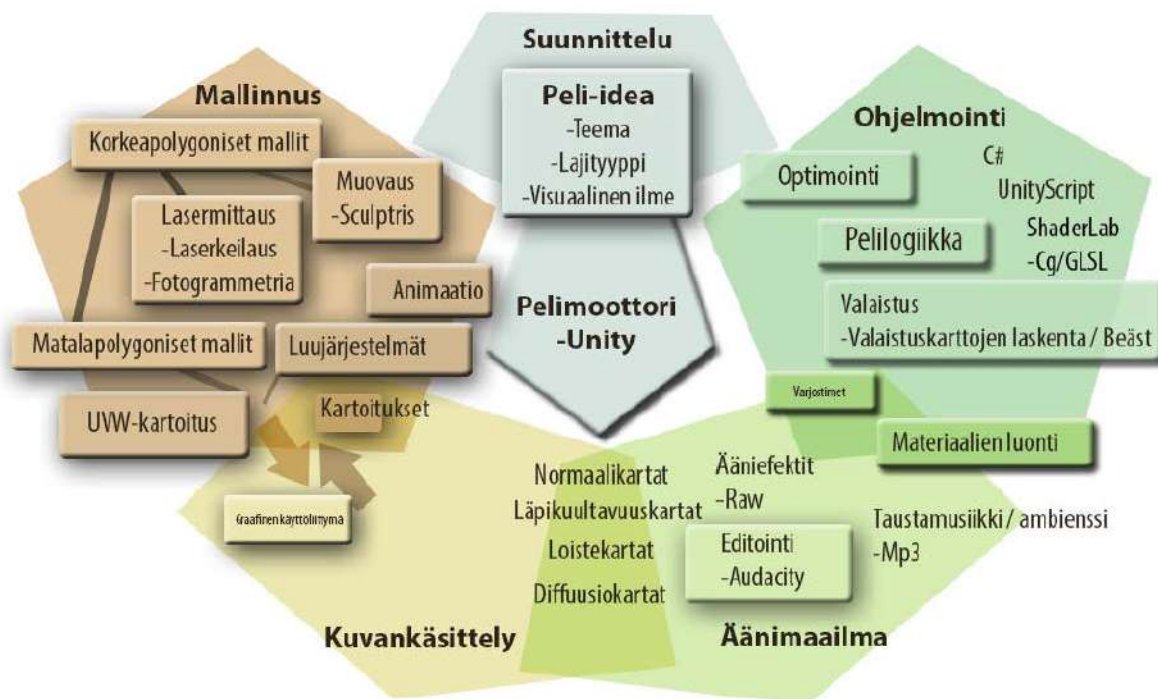
Pelejä pidetään usein ajanvietteenä. Ne voivat sisältää myös opetuksellisia аспекteja. Simulaattoreilla voidaan kouluttaa eri laitteiden käyttöä turvallisesti (Inney, 2013, s. 11–12), räiskintäpelit harjaannuttavat reaktionopeutta ja strategiapelit taktikointia. Usein pelit myös parantavat englannin kielen taitoa. Nykypäivän usean henkilön yhtäaikaisten verkkopelit haastavat väitteen pelien ja pelaajien epäsosiaalisuudesta. Peli koostuu yleensä tavoitteista, joihin pelaaja pyrkii. Peleissä voidaan pyrkiä herättämään kilpailu- tai keräilyviettiä ja niissä onkin usein jonkinlaista keräämistä ja vastustajia läsnä. Pelin on oltava palkitsevaa ja saavutuksista on saatava jonkinlaista palautetta, olkoon se sitten lisäpisteitä, virtuaaliesineitä tai pelin tarinalle jatkoa. Erittäin tärkeää on minimoida pelaajan pelaamista häiritsevien asioiden määrä. Tällaisia asioita ovat mm. huono ohjausjärjestelmä, vääränlainen grafiikka tai äännet, liika toisto, kameran käyttäytyminen, tekoäly, virheet eli ”bugit” ja pelin sulavuus.

Pelinkehityksen voidaan ajatella alkavan suunnitelmasta ja sen jälkeen sen toteutuksen määrittämisestä. Toteutuksen alkaessa pyritään valvomaan tavoitteiden toteutumista testauksella. Pelinkehityksen voi karkeasti jakaa esim. suunnitteluun, mallinnukseen, ohjelmointiin, kuvankäsittelyyn ja äänimaailman luontiin.

1.1 Unity3D-pelimoottori ja ohjelmointi Unityssä

Unity (<http://Unity.com/>) on pelimoottori, joka tarjoaa integroidun graafisen editorin ”debuggerin” eli virheenkorjaustyökalun, koodieditorin ja intuitiivisen käyttöliittymän pelien tekemiseen. Sen vahvimpia puolia ovat helppokäyttöisyys ja laaja tuki eri alustoille. Alustoja ovat Windows, Mac OS X, verkkoselaimet, iOS, Android, Playstation 3, Xbox 360, Windows Phone 9 ja WiiU. Pelin rakentaminen perustuu peliobjekteihin liitettävien komentosarjoihin. Pelimoottori hoitaa peleissä usein toistuvat rakenteet, kuten pelisilmukan, grafiikkakirjastojen ja säikeiden hallinnan, tiedostojen luvun, äänen-toiston ja matalan tason ohjelmointia vaativat toiminnot. Se tarjoaa myös omat kirjastonsa, kuten fysiikka- ja matematiikkakirjastot sekä niiden rakenteet ohjelmoijan käyttöön, mikä vaikuttaa jossain määrin sovelluksen koodin rakenteeseen.

Unityssä pelin ohjelmointi tarkoittaa käytännössä lyhyiden komentosarjakomponenttien kirjoittamista ja lisäämistä eri peliobjekteihin. Komponentit voivat keskustella keskenään, vaikka ne olisivatkin eri kielillä kirjoitettuja. Niiden vuorovaikutuksen tulee kuitenkin ottaa huomioon eri kielten välinen käännösjärjestys tai käyttää `GameObject.SendMessage`-metodia. Unity määrittää kansiorakenteen sijainnin komentosarjan ajon ajankohdan mukaan.



Pelinkehityksen osa-alueita.

1.2 Unityn työkalut ja pelisilmukka

Asset Store on Unity-kehittäjille suunnattu kauppapaikka, jossa voi myydä kaikkia pelinkehityksessä tarvittavia elementtejä kuten 3D-malleja, animaatioita, varjostimia, komentosarjoja, projekteja ja äänitiedostoja. *Animator* on Unityn mukana tuleva aikajanamuotoinen animointityökalu, jolla pystyy kätevästi luomaan yksinkertaisia tween-animaatioita. *Beast Illuminate* on Labsin kehittämä Unityyn täysin integroitu valonkartoittaja. Sen avulla voi esilaskea valonlähteiden valaistuksen eri pinnoilla ja tallentamaan ne tekstuurien päälle lisättäviin valokarttoihin. Tämä vähentää merkittävästi ajon aikaista laskentaa, koska valon heijastumiset ovat laskennallisesti raskaita ja mahdollistavat korkeampi-laatuiset varjot ja illuusion useammista valonlähteistä. *Mecanim* on Unity 4.0:n mukana tullut, perinteisen Animation-järjestelmän lisäksi editoriin integroitu Mecanim-animaatiojärjestelmä, jota voi käsitellä vuokaaviomaisesti omassa näkymässä. Se vaatii huomattavasti vähemmän ohjelmointia kuin Animator-komponentti. Yksi kenties merkittävin Mecanim-ominaisuus lienee sen kyky siirtää eri luujärjestelmien animaatioita toisille luille. (Unity Technologies)

Pelisilmukka on jokaisen pelimoottorin ydin. Se on ohjelman ajon ajan toistuvasti kutsuttava metodi tai funktio, joka mahdollistaa reaaliaikaisen interaktiivisuuden ja animaation. Pelisilmukka koostuu yleensä useamman säikeen ajosta, jotka käsittelevät erikseen piirron, pelilogiikan, äänet ja fysiikan. Yksinkertaisimmillaan pelisilmukka voisi olla vain while-silmukan sisässä toistuva funktioiden kutsuminen, mitä se ei kuitenkaan juuri koskaan todellisuudessa ole. Se ei huomioi laitteistojen välisiä eroja. Jos peliä pelaa tehokkaalla laitteistolla, kutsutaan silmukkaa huomattavasti nopeammin kuin vähäisempään laskentaan kykenevällä laitteistolla. Tästä seuraisi pelin tempon muuttuminen laskentatehon mukaan, mikä johtaisi huomattavan epätasa-arvoisiin pelikokemuksiin. Tästä syystä pelisilmukka on yleensä huomattavasti monimutkaisempi arkkitehtuuriltaan.

Jotkin toiminnot, kuten ruudunpiirto, voidaan halutessa toimittaa joka ruudunpäivityksellä. Joihinkin pelilogiikoihin riittää tarvittaessa harvempi kutsuminen pelikokemuksen siitä kärsimättä. Esim. syötteeseen reagoimisen halutaan olevan mahdollisimman responsiivista. Pelisilmukka pyrkii funktiokutsujen sijaan hallinnoimaan myös piirtoa ja eri säikeiden synkronisointia sekä ylläpitämään haluttua tempoa (FPS) tietyllä tasolla kutsumalla eri funktioita näiden painotusten sekä sillä hetkellä tarjolla olevien resurssien mukaan ja sitomalla kaikkein merkityksellisimmät funktiokutsut aikasidon-naisiksi. Eri funktioiden kutsujen määrä jokaista silmukka-ajoa kohden saattaa vaihdella. (www.koonsolo.com; Puhakka, 2008, s. 435–439.)

2. 3D-grafiikka

Nykypäivän pelien ulkoasulle asetetaan jatkuvasti kovempia vaatimuksia. Varjoista, valoista ja materiaaleista halutaan yhä realistisempia. Resoluutiot kasvavat ja näytönohjainten muistit niiden mukana. Kuvan on pystyttävä tarjoamaan pelaajan valinnoille vastinetta sekä tilannetta havainnollistavaa ja tunnelmaa luovaa kuvaa. Riittävän immersion saavuttamiseksi virtuaaliympäristössä alustan täytyy pystyä laskemaan muutokset ja piirtää uusi kuva useita kymmeniä kertoja sekunnissa näytölle pelin lajityypistä riippuen. Tämä takaa sulavan pelikokemuksen. Grafiikka, pelilogiikka ja äänet täytyy laskea yleensä vähintään yhtä monta kertaa kuin kuva yhden sekunnin aikana.

Nopeatempoisissa peleissä toivottava minimi uudelleenpiirtokertojen määrälle sekuntia kohden on 60. Hidastempoisissa peleissä uudelleenpiirrot voivat tuntua sujuvalta jopa alle 30 kuvaa se-

kunnissa toteutettuina. Tapaa arvioida pelin sulavuutta kutsutaan FPS:ksi (Frames Per Second) ja se on ehkä tunnetuin mittayksikkö pelin raskaudelle suhteessa alustan laskentatehoihin. Peleihin on kehitetty tekniikoita, joilla pystytään säätämään merkittävästi laskentatehoa ja jotka mahdollistavat nykyiset, visuaalisesti erittäin rikkaat virtuaalimaailmat.

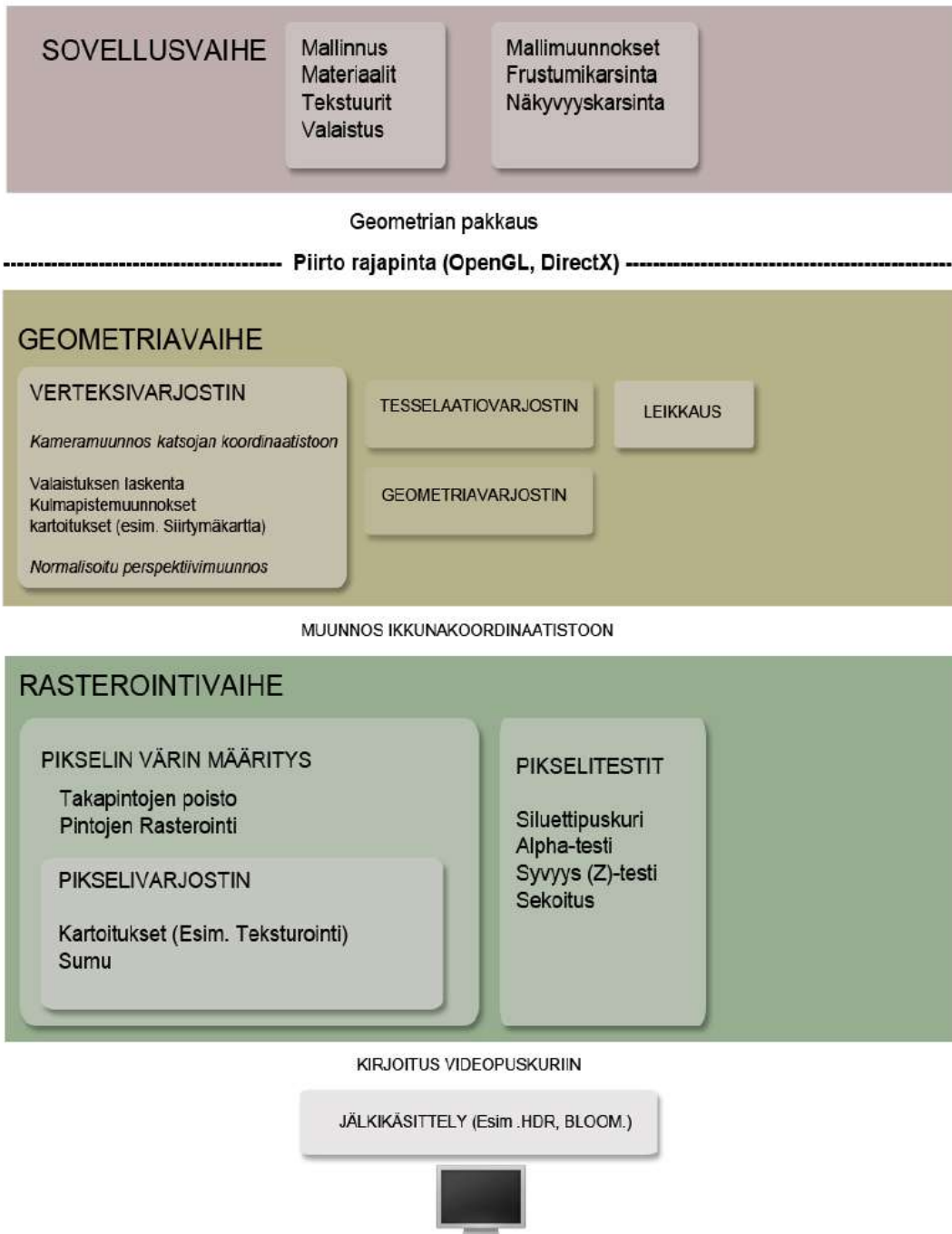
3.1 Näytönohjain

Näytönohjain on kehitetty vapauttamaan prosessori erityisesti kuvan piirtoon liittyvästä laskennasta, ja se on näin ollen optimoitu toimittamaan tähän liittyvää laskentaa. Näytönohjain koostuu pääosin grafiikkaprosessorista, video-BIOS:sta, näyttömuististista, RAMDAC:sta ja omasta jäähdytysratkaisusta.

Näytönohjain on käytännössä tietokone itsessään oman prosessorinsa ansiosta ja sisältää näin ollen tietokoneen helpoimmin ylikuumenevan osan. Prosessorin ytimien lämpötilat voivat helposti nousta yli 100 asteen ilman jäähdytystä aiheuttaen pysyviä vaurioita. Näytönohjaimissa on CPU:n jäähdytykseen verrattava järjestelmä, joka tavallisesti muodostuu jäähdytyslevyistä, joiden tarkoitus on siirtää lämpöä pois piirilevystä ja tuulettimesta tai useammasta, jotka puhaltavat lämmön pois. (Puhakka, 2008)

3.2 Piirtoliukuhihna

Kolmiulotteinen peli sijaitsee kolmiulotteisessa avaruudessa, mutta se täytyy kuitenkin kääntää näytön tasaiselle kaksiulotteiselle pinnalle. Tarvittava informaatio kulkee aina pelimoottorista näytönohjaimeen ja sieltä kuvaruudulle. Prosessin aikaisia tapahtumia kutsutaan piirtoliukuhihnaksi. Piirtoliukuhihna kuvaa prosessia, jonka kuvainformaatio käy läpi muuntuakseen kuvaksi kuvaruudulle. Liukuhihnaksi sitä kutsutaan sen proseduraalisuuden vuoksi eli vaiheet tapahtuvat peräkkäin ja edellisen vaiheen tulos on aina seuraavan syöte. Liukuhihnan yhtenä mainittavan etuna on, että sen läpi matkaavia dataklustereita eli esimerkiksi verteksejä voidaan käsitellä rinnakkaisesti, mikä nopeuttaa lopputuloksen syntymistä.



Piirtoliukuhinnan vaiheet: sovellus-, geometria- ja rasterointivaihe. Prosessi voi erota hieman esimerkiksi grafiikkakirjastojen, kuten OpenGL:n ja DirectX:n välillä, mutta pääpiirteiltään se on sama.

3.3 Sovellusvaihe

Sovellusvaihetta ei aina mielletä osaksi piirtoliukuhihnaa. Se on enemmän alustus tiedolle ennen varsinaisten toimenpiteiden alkamista. Sitä ei voi ajatella samalla tavalla peräkkäisiksi tapahtumiksi kuin myöhempiä vaiheita. Sovellusvaihe alkaa halutun kuvan, tässä tapauksessa 3D-mallin, määrittämisellä. Kaikki virtuaalimaailman objektit sijaitsevat tavallisesti samassa koordinaatistossa, mutta jokaisella objektilla on oma objektiavaruutensa eli koordinaatistonsa, jossa sen geometrian kuvaavat verteksit (kulmapisteet) on määritelty. Yhteistä koordinaatistoa kutsutaan maailmanavaruudeksi, jonne paikallismallit lopulta sijoitetaan.

Raskaiden mallien kolmioverkkoja saatetaan yksinkertaistaa suhteessa niiden etäisyyteen kamerasta. Jos malli sijaitsee kaukana kuvaruudun sijainnista, se ei tarvitse kaikkia yksityiskohtia, joten mallia voidaan karsia yksinkertaisemmaksi kuvanlaadun siitä kärsimättä. Kaukana olevat puut kutistetaan usein jopa neliöpinnaksi (Billboard) asti. Geometrian vähentämistä tällä tavoin kutsutaan LOD:ksi eli Level of Detail. Samankaltaista operaatiota käytetään myös tekstuurien tarkkuuden vähentämiseen. Suodatusta kutsutaan MIP-kartoitukseksi (Multum in Parvo eli ”paljon vähässä”). MIP-tekniikassa tekstuurikuvasta luodaan aina resoluutioiltaan puolet toista pienempiä valmiskuvia, joita käytetään täysiresoluutioisen tekstuurin tilalla suhteessa tekstuuripinnan etäisyyteen kamerasta. MIP-tekniikan tavoite on valita tekstuuri, jonka resoluutio on suhteessa pikseliresoluutioon, joka on lähellä Nyqvistin taajuutta (kuvaruudun pikselien määrän tulisi olla vähintään kaksi kertaa tekstuurikuvan tekseleiden määrä). (Puhakka, 2008, s. 164–167; www.opengl.org)

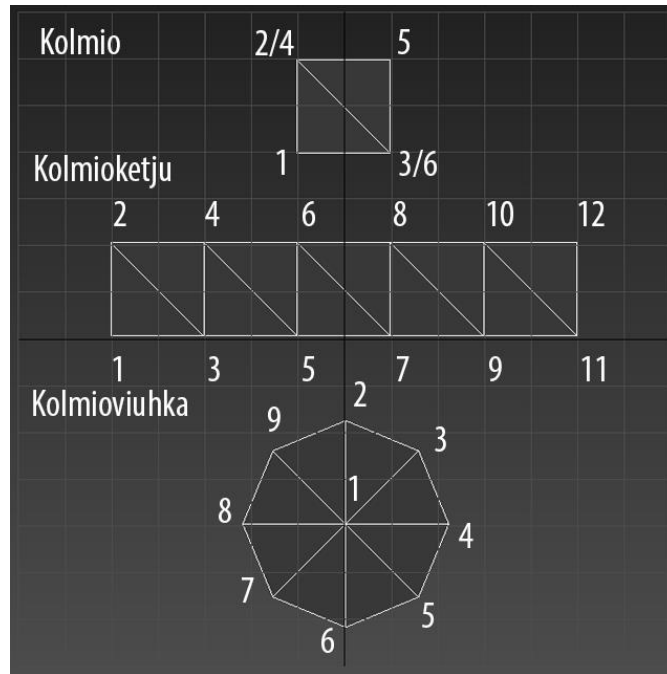
Ennen näytönohjaimeen vientiä 3D-mallien polygonit pilkotaan viimeistään grafiikkakirjastorajapinnassa (OpenGL, DirectX) kolmioiksi. Kolme pistettä muodostavat aina yksiselitteisen tason. Neljä kulmapistettä tarjoaa useamman mahdollisen skenaarion näiden välisen pinnan piirtoon. Itse mallinnustilanteessa pyritään usein nelikulmioista koostuviin malleihin. Nelikulmiot toimivat usein paremmin mallinnusohjelmien työkalujen kanssa. Ne mahdollistavat mallien rakentamisen niin, että ne kestävät parhaiten deformaatioita. Kasvonpiirteitä animoitaessa nelikulmioidun mallin edut nousevat esille (Puhakka, 2008, s. 164–167; www.opengl.org).

Kolmioverkkojen esitystapoja

Näytönohjaimella on useita tapoja tulkita sille lähetettyä geometrasta tietoa.

Kolmiopiirtotekniikka edustaa kaikkein yksinkertaisinta tapaa tulkita koordinaattitaulu. Siinä jokainen kolmio määräytyy kolmesta koordinaatista. Jokainen kolmio tulkitaan erillisenä pintana. Vaikka visuaalisesti viereisten kolmioiden jakaessa jonkin koordinaatin kulmapisteidensä kesken, on kyseinen koordinaatti määritetty erikseen jokaiselle kolmiolle. Mietittäessä kuution muotoista primitiiviä, sen esittämiseen tarvitaan tällä tulkinnalla kuusi koordinaattia sivua kohden eli yhteensä 36 erillistä koordinaattia. (www.opengl.org; Marucchi-Foino, 2012, s. 82–84.)

Kolmioketjussa vain ensimmäisen kolmion jokainen kulmapiste annetaan, minkä jälkeen jokainen kolmio jakaa edellisen kanssa kaksi kulmapistettä. Uuden kolmion määrittäminen ketjuun vaatii yhden lisäpisteen. Tason näkyvä puoli määräytyy ensimmäisten pisteiden piirtojärjestyksen mukaan. Esimerkiksi OpenGL:ssä piirtojärjestys on vastapäivään. Jos edellisen kohdan kuutioesimerkkiä mietitään kolmioketjutulkintana, tarvitaan vain 24 erillistä koordinaattia. (Puhakka, 2008, s. 52–53; www.opengl.org; Marucchi-Foino, 2012, s. 82–84.)



Kolmio, kolmioketju ja kolmiovihka ovat kolmioverkkojen esitystapoja.

Kolmiovihkapiirrossa ensimmäinen piste on yhteinen kaikkien kolmioiden kanssa ja muodostaa näin viuhkan keskipisteen. Muuten määrittely on sama kuin kolmioketjulla. Edelliset koordinaattitiedon tulkintamenetelmät vähentävät turhaa toistoa, jota syntyy edelleen esimerkiksi päällekkäisten kolmioketjujen väliin. Ratkaisuksi voidaan tarjota esimerkiksi pistedatan indeksointia, jolloin jokainen piste saa oman uniikin viittauksensa. Kuutio saataisiin piirrettyä viuhkatulkinnalla vain 16 erillisellä koordinaatilla, mutta tätä ei tavallisesti käytetä, koska kulmapisteiden määrä ei yksinkertaisesti riittäisi kunnolliseen tekstuuriin ja valaistuksen laskemiseen (Puhakka, 2008, s. 52–53; www.opengl.org; Marucchi-Foino, 2012, s. 82–84).

Mallista halutaan mahdollisimman yhtenäinen, jotta yllä mainituista kahta jälkimmäistä voitaisiin hyödyntää mahdollisimman paljon. Yhtenäiseen kolmioverkkoon pyritään, vaikka erillisistä osista koostuvassa malleissa saattaisikin olla vähemmän kolmioita. Tilanne kuitenkin vaihtelee mallikohtaisesti, riippuen siitä, kumpi tarjoaa lopussa paremman suorituskyvyn. Erillisistä osista mallintaminen on helpompaa ja lopputulos siistimpi.

Piirtoliukuhintaan liittyvää oheistietoa, kuten tekstuurikoordinaatteja, väri- ja normaalivektoreita sekä valaistusinformaatioita lähetetään myös ohessa. Mikäli kyseessä on animoitava malli, valitaan vielä sovellusvaiheessa haluttu ruutu animaatiosta. Mahdolliset fyysisen simuloinnista aiheutuvat muutokset lasketaan ennen geometriavaihetta.

Lopuksi ylimääräistä tietoa yritetään karsia frustumikarsinnalla eli jättämällä näkökentän ulkopuolelle tai toisten kappaleiden taakse piiloon jäävät mallit huomiotta. Kulmapisteet ja niihin liittyvä tieto on tavallisesti eriteltyinä omissa taulukoissaan erilaisissa tiedostomuodoissa, mutta ne voidaan vielä ennen näytönohjaimeen saattamista yhdistää yhdeksi taulukoksi, johon määritetään erilaisia lukuharppauksia eri tietojen mukaisesti. (Puhakka, 2008, s. 188.)

3.4 Geometriavaihe

Geometriavaihe on ensimmäinen varsinainen piirtoliukuhihnan vaihe. Sen pääasiallinen tarkoitus on luoda piirrettävästä kuvasta lopullinen, myöhemmin rasteroitava rautalankamalli. Geometrian muunnokset kohdistuvatkin vertekseihin leikkausoperaatiota lukuun ottamatta, joka käsittelee kokonaisia primitiivejä (Puhakka, 2008). Geometriavaiheen alussa frustumkarsinnan jälkeen jättämä maailmankoordinaatisto siirretään kameran eli katsojan koordinaatistoon koordinaatistomuunnoksella. Lopullinen katsojan koordinaatistosta käännetty maailmankoordinaatisto saadaan kertomalla jokainen verteksi muunnosmatriisilla. Jos verteksin mukana tulee normaalitietoa, täytyy sekin muuntaa samalla, ortonormaalilla muunnosmatriisilla. Näin syntyvässä koordinaatistossa katsoja on origossa. (Puhakka, 2008, s. 173–175; 19.) Mikäli käytössä on reaaliaikainen valaistus, voidaan tässä vaiheessa laskea kulmapisteiden väriarvoihin niiden valoisuus. Valoisuusarvot saadaan selville tuntemalla kulmapisteiden normaalivektori, valonlähteiden sijainnit ja ominaisuudet sekä pinnan ominaisuudet, kuten heijastuneisuus kohti katsojaa. (Puhakka, 2008, s. 177.)

Projektiot

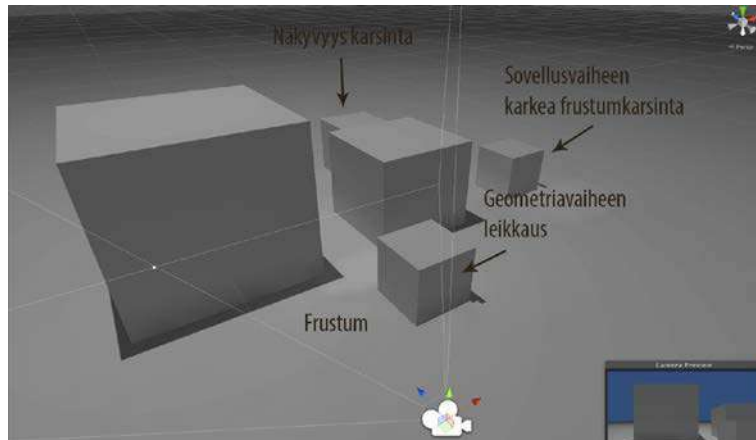
Kolmiulotteisesta näkymästä saadaan kaksiulotteinen kuva projisoimalla se johonkin pintaan. Tietokonegraafiikassa yleisin pinta on taso. 3D-graafiikassa kuvan projisoimiseen tasoon käytetään pääasiassa kahta erilaista projektiota: ortografista ja perspektiiviprojektiota. Perspektiiviprojektio on laskennallisesti hieman kalliimpi vaihtoehto, mutta se tarjoaa realistisemmän projektion, joka ottaa kuvassa esiintyvien mallien koon huomioon suhteessa etäisyyteen katsojasta. Kauempana olevat asiat näyttävät pienemmiltä kuin kuvan etualalla olevat. Samansuuntaisiksi mielletävät suorakulmiot eivät ole enää samansuuntaisia, pois lukien täsmälleen kuvan tason kanssa samansuuntaiset viivat, kuten ortografisessa projektiossa. Ne leikkaavat kuvitteellisessa katoamispaikassaan toisensa. Projisoitaessa pisteitä tasolle ne eivät myöskään leikkaa projektioitasoa ortografisen projektion tavoin suorassa linjassa vaan projektioviivat kohdistuvat katsojan sijaintiin, jonka voi mieltää sijaitsevan seuraavaksi käsiteltävän näköfrustumien huipulla. (Puhakka, 2008, s. 188–189.)



Talo on kuvattu samasta kohtaa ortografisella projektiolla ja perspektiiviprojektiolla. Punaisen nelikulmion (1, 2) eroavaisuudet paljastavat, miten projektiot vaikuttavat kuvaan.

Näköfrustum

Näköfrustum määrittelee rajat katsojan näkymälle rajaten virtuaalimaailman objektit, joita piirto-liukuhihna käsittelee jokaista piirtoa kohden. Näköfrustumien muotoon vaikuttaa kameran eli katsojan linssi, mutta muoto on yleensä pyramidimainen. Näköfrustumit jatkuisi äärettömyyteen katsojan eteen, mutta on turhaa laskea liian kaukaista avaruutta, koska kaukaisuuteen sijoittuvat objektit ovat yleensä merkityksettömiä. (Dunn & Parberry, 2002, s. 132–133). Sovellusvaiheessa suoritetaan jo karkea frustumikarsinta. Tuolloin karsitaan kaikki kuvasta varmasti pois jäävä. Unityssä frustumikarsinnan nopeuttamiseksi on jokaiselle pelimallille määritetty osumalaatikko, joka kuvastaa mallin kokoa hyvin pelkistetyllä tasolla, mutta jolla pystytään nopeasti määrittämään, kuuluuko malli piirrettävään kuvaan. Kuvaan saataa kuitenkin jäädä esimerkiksi osittain näkyvissä olevia objekteja, joista voidaan karsia geometriavaiheessa primitiivitasolla osia pois. Eri karsinnat on esitetty alla olevassa kuvassa. Normalisoidun frustumien ulkopuolelle jäävät alueet leikataan Cohen-Suther-algoritmia hyväksikäyttäen. (Puhakka, 2008, s. 195.)



Karkea frustumikarsinta, näkyvyyskarsinta ja geometriavaiheen leikkaus.

3.5 Rasterointivaihe

Takapintojen poisto eli Backface culling - Laskentatehokkuuteen liittyvistä syistä 3D-mallin kolmiopinta on tavallisesti näkyvä eli rasteroitava vain kolmiopinnan toiselta puolelta. Sillä on vain tällä puolella normaalivektorit. Tämä mahdollistaa katsojasta poispäin osoittavien pintojen poiston ennen rasterointia, mikä säästää näin laskentaa jokaista kuvaa kohden ja toimii näin useimmissa tilanteissa täysin kuvaa köyhdyttämättömänä optimointina. Poispäin osoittavien kolmioiden poisto tehdään yksinkertaisesti vähentämällä katsojan vektori jostain pinnan pisteestä ja laskemalla erotuksen ja pinnan normaalivektorin välinen pistetulo. Riippuen siitä, käytetäänkö myötäpäiväistä vai vastapäiväistä piirtojärjestystä, saatavan pistetulon etumerkki kertoo, poistetaanko kolmiopinta. (Marucchi-Foino, 2012, s. 71–72.)

Monikulmion rasterointi - Geometriavaiheen jälkeen frustumit on projisoitu kuvaruudun koordinaatistoon, mutta kulmapisteiden väleissä ei ole vielä pintaa. Rasterointivaiheen tärkeimpänä tar-

koituksena voitaisiinkin pitää pinnan luontia ja lopullisten pikselien väriarvojen määrittystä. Rasterointi tehdään vaakarivitäytöllä, jolloin täytettävät vaakarivit määritetään monikulmioiden pystysuuntaisten reunojen koordinaatteja vaakarivin rajoina käyttäen. (Puhakka, 2008, s. 202.)

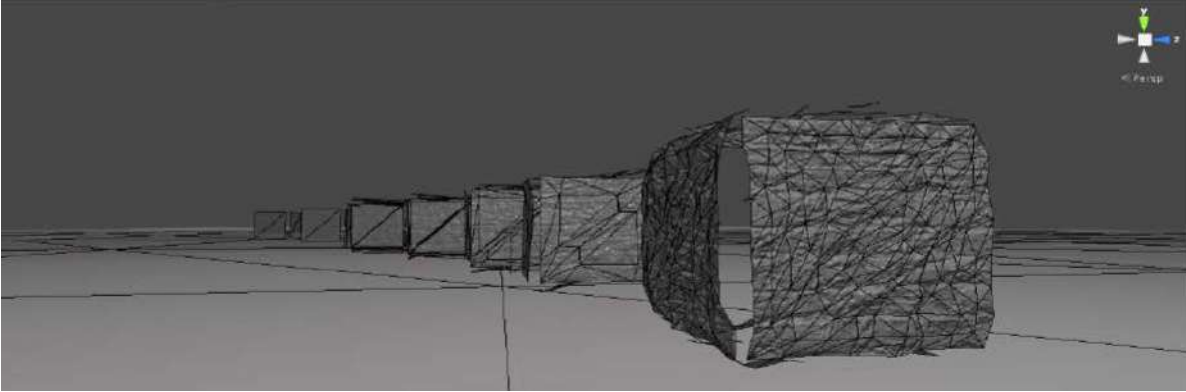
Siluettipuskuri - Siluettipuskuria käytetään esimerkiksi maskeeraamaan haluttu piirrettävä alue ruudulta. Siluettipuskuri on kuvaruudun kokoinen, laitteistotasolla rakentuva bittikartta, jossa tavanomaisesti on vähemmän bittejä käytössä jokaista pikseliä kohden. Maskeeraus tehdään asetamalla bittikartan pikselien arvoiksi 1 kohdista, joista halutaan pikselit piirtää ruudulta. Pikseleihin, jotka halutaan sulkea pois piirrosta, asetetaan arvoksi 0. Tällainen oli erittäin hyödyllistä esimerkiksi vanhoissa lentosimulaattoreissa, joissa pelin muuttuva maailma sijaitti ikkunan takana, mutta ikkunaan ympäröivä ohjaamo pysyi melko muuttumattomana. (www.opengl.org.)

Z-puskuri ja Alpha-testi - Z-puskuri on yksinkertaisesti piirrettävän kuvan kokoinen matriisi, jonka jokainen alkio sisältää vastaavan pikseliin piirrettävän pinnan etäisyyden kamerasta eli syvyyssarvon. Kun kuvaan piirretään seuraavaa objektiä, tehdään objektin pikseleille z-testi eli verrataan sen syvyyssarvoja syvyyskartan vastaavaan. Jos uuden objektin syvyyssarvo osoittaa sen sijaitsevan lähempänä kuin aikaisemman, se korvaa senhetkisen pikselin arvon ja päivittää vastaavan alkion syvyyskartasta. Jos uuden objektin pinnan pikseli sijaitsee kauempana kuin syvyyskartan vastaava, se hylätään. Syvyyskarttaa voi myös hahmottaa mielessään ajatteleamalla sitä piirrettävän kuvan mustavalkoisena valoisuuskarttana. Tummemat pikselit jäävät taakse ja valoisimmat tulevat eteen. (www.princeton.edu.) Alpha-testissä tarkastellaan pikselien läpikuultavuus- eli alpha-arvoja ja tarpeeksi läpinäkyvät pikselit voidaan hylätä piirrosta ja z-puskuriin niiden kohdalle jää ”reikä”. Tämä mahdollistaa myöhemmin piirrettävien, mutta taaempana olevien pikselien piirron. Alpha-testi on tehokas tapa luoda esimerkiksi ritilöitä, kaltereita ja muita geometrialtaan reiällisiä pintoja pelkän bittikartan avulla. (www.opengl.org.)

Sekoitus- ja videopuskuri - Pikselin läpäistyä kaikki edellä mainitut tekniikat se viehdään videopuskuriin, joka edustaa lopullista, ruudulla näkyvää kuvaa. Tavallisesti pikseli ylikirjoittaa suoraan edellisen arvonsa, mutta joissain tapauksissa halutaan kerrostumista, kuten mikäli objektilla on useampi tekstuuri, jotka kuultavat toistensa läpi. Tässä tapauksessa edellisen värin päälle lisätään uusi väri, joka ensin painotetaan alpha-arvolla. (Puhakka, 2008, s. 228.) Peleistä puhuttaessa videopuskureita on yleensä kaksi, joista toista piirrettäessä näytölle toista jo valmistellaan, jolloin vältytään kuvan välkkymiseltä.

3.6 Varjostimet

Varjostimet ovat liukupiirtohihnaan sijoitettuja, ohjelmoitavia pienoishjelmiä, jotka määrittävät itse kuvadatan käsittelyn. Varjostimista verteksi-, geometria- ja tesselaatiovarjostin sijaitsevat liukupiirtohihnan geometriavaiheessa. Pikselivarjostin sijaitsee rasterointivaiheessa. Varjostimien kirjoittamiseen käytetään siihen erikoistuneita ohjelmointikieliä, joita ovat GLSL OpenGL-kirjastoa käytettäessä ja HLSL-DirectX-kirjastoa käytettäessä (HLSL ei ole suoraan tuettu Unityssä). Näiden lisäksi on kolmansien osapuolien kieliä, jotka kääntyvät edellä mainituiksi. Niitä ovat esimerkiksi HLSL:ää muistutava, Nvidian kehittämä Cg ja Unityssä käytettävä ShaderLab. Varjostimet mahdollistavat käytettävien kartoitusten käytön ja huomioon ottamisen laskennassa. (Unity Technologies; www.opengl.org)



Tesselaatiovarjostintesti.

3. 3D-mallinnus pelimaailmaan

Animaatioelokuvissa ja muissa kohteissa, joissa mallinnusta hyödynnetään, ei reaaliaikaisuus ole painolastina, kun kuvat voidaan piirtää etukäteen. Mallit saavat olla niin tarkkoja, kuin taiteilijan mielestä on tarpeen. Pelimaailmassa taas joudutaan turvautumaan jokaiseen oljenkorteen, jolla laskennan määrää saadaan vähennettyä jokaista pelisykliä kohden responsiivisuuden takaamiseksi. Miljoonien polygonien 3D-mallit eivät ole vaihtoehto, ja monikulmioverkkojen tuleekin koostua vain informaatioltaan tarpeeksi merkittävistä kulmapisteistä. Erilaisia tekniikointa on kehitetty erilaisia tekniikoita, joilla saadaan korkeatasoista grafiikkaa laskennallisesti huomattavasti edullisemmin keinoin. Pelimaailmassa esiintyy myös animaatiota. Niistä aiheutuvien kolmioverkon deformaatioiden takia mallin kolmiointilla on suuri merkitys lopputuloksen kannalta.

Luotaessa pelimaailmaan yksityiskohtaista ja tehokkaita malleja, pinnan geometriassa pyritään mahdollisimman optimaalisiin ratkaisuihin. Pelimallien tulisi olla mahdollisimman yhtenäisiä, jotta koordinaattidata saataisiin pakattua mahdollisimman pieneen tilaan ja hyödyttömältä toistolta välttäisiin. Jossakin tilanteissa tietenkin tämän säännön seuraaminen johtaa niin monen lisäkolmion syntyyn, että sitä voisi kutsua optimoinniksi. Mallien kolmiomäärää vähentämällä pidetään piirrettävien kolmioiden määrä ruutua kohden mahdollisimman pienenä. Ruudussa yhdellä kerralla esiintyvien kolmioiden kokonaismäärä 3D-peleissä liikkuu noin sadoista tuhansista yli miljoonaan. Nykyisten pelimallien kolmiomäärät liikkuvatkin mallista riippuen tavallisesti noin 1–15 000 kolmion välimäärä.

Mallin pinta on hyvä rakentaa neliöistä. Mallinnusohjelmien työkalut toimivat paremmin mallin kanssa, koska syntyy vähemmän "napoja" eli kulmapisteitä, joissa yhdistyy useampi kuin neljä reunaa. Esimerkkinä on paljon käytetty silmukkavalinta, jolla pystytään nopeasti määrittämään mallin pinnasta suoraa linjaa mukaileva reuna-alue. Mikäli matkan varrella on napoja, silmukkatyökalu ei toimi toivotulla tavalla vaan todennäköisesti risteää ja katkeaa navan kohdalla.

4.1 Kartoitukset

Erilaiset kartoitukset ovat pääasiallinen keino mallinnusvaiheessa tuoda pelimalleihin yksityiskohtaisuutta ja visuaalista ilmettä. Ne perustuvat eri tavoin luotuihin bittikarttoihin, joiden väriarvoihin on tallennettu aina kyseisen kartoituksen mukaista informaatiota sekä niitä varten ohjelmoituihin varjostimiin, jotka osaavat hyödyntää kyseistä karttaa. Karttojen erityispiirteenä tavanomaisiin kuvatieläisiin verrattuna on niiden resoluutio. Kartoitusten dimensioiden tulisi olla kahden potenssina, koska näytönohjain on optimoitu toimittamaan matriisi- ja vektorioperaatioita. Mikäli bittikartta ei ole kahden potenssi, näytönohjaimessa varataan sille lisää tilaa aina seuraavan neliölliseen pikselimäärään asti ja näin syntyy tyhjää täytettä. Yksi tapa kiertää tämä rajoite ja nostaa jopa tietyissä tilanteissa laskentanopeutta on käyttää useammalle mallille tarkoitettua atlasia, joka on edelleen toisen asteen potenssissa dimensionaaleiltaan mutta atlasen sisällä eri mallit voivat varata tilaa vapaasti. Useamman mallin tekstuurit sisältävä atlas syntyy, kun mallien UVW-kartat kutistetaan neliön sisällä eri kohtiin, jolloin voidaan käyttää kaikilla samaa tekstuurikarttaa koska kartan pikselit on jaettu mallien kesken. (Pfeifle, 2012, s. 391.)

Bittikarttojen pikseleitä kutsutaan tekseleiksi, koska ne eivät esiinny lopullisessa kuvassa pikselinä. Ennen ruudulle piirtoa niitä skaalataan pinnan sijainnin ja UVW-kartoituksen mukaan.

Kartoitusten resoluutio vaihtelee tavanomaisesti suhteessa niitä hyödyntäviin malleihin ja niiden toistettavuuteen. Käytännössä nykypäivänä tekstuurien koot vaihtelevat peleissä 1 x 1, 4096 x 4096 välillä. Hyvänä yleissääntönä voitaisiin pitää riittävän resoluution määrittämiseen sitä, että virtuaalimaailmassa objektia mahdollisimman läheltä tarkasteltuna yksi bittikartan pikseli vastaisi ruudulla yhtä pikseliä. Näytönohjainten alati kasvanut muisti on mahdollistanut tekstuurikokojen nopean kasvun, ja esimerkiksi tietokonepeleissä tekstuurien pitkään kestänyt painotus 512 x 512 -resoluutiosta onkin noussut välille 1024 x 1024 ja 4096 x 4096. (www.katsbits.com)

UVW kartta

UVW-kartoitus toimii 3D-mallin geometrian käännoksenä kaksiulotteiseksi kuvaksi. Helppo tapa hahmottaa tämä on ajatella origamia. Origami on kolmiulotteinen, mutta origamin suoristaessa kolmas ulottuvuus katoaa ja jättää paperiin taitoskohdat.

Kirjaimet UVW edustavat siirtymistä XYZ-koordinaatistosta toiseen. UVW-kartta on neliönmuotoinen ja sen koordinaattiarvot alkavat U- ja V-akselien 0-kohdasta (neliön vasen alakulma) ja jatkuvat oikeaan yläkulmaan, joka edustaa arvoa 1.

UVW-kartta ei ole suinkaan rajattu tälle neliön muotoiselle alueelle vaan tietyissä tilanteissa jotkin kartan osat saattavat sijaita sen ulkopuolella, vaikka näidenkin koordinaatit katkaistaan tavallisesti 0:n ja 1:n väliin. UVW-karttaa luotaessa on hyvä pyrkiä kartan tilan jakamiseen siten, että mallin eri pintojen mittasuhteet säilyisivät mahdollisimman muuttumattomina. Lopullinen malli ei tuolloin näyttäisi paikoin sumealta ja paikoin terävältä. Poikkeuksista paras esimerkki lienee hahmojen päät, erityisesti kasvot. Koska ihmissilmä kiinnittää näihin alueisiin erityistä huomiota, niille saatetaan varata mallin mittasuhteet rikkoen isompi alue kartasta.

Kuvassa on peliprojektin muumion UVW-kartta. Kartassa on pyritty piilottamaan saumat katvealueille samalla yrittäen täyttää UVW-neliö mahdollisimman tehokkaasti. UVW-karttaa olisi voinut vielä parantaa yhdistämällä esim. kädet ja reidet torsoon, jolloin olisi saatu piilotettua vielä muutama

näkyvä sauma, hieman huonomman UVW-karttatilan käytön kustannuksella. UVW-kartan pääasiallinen tarkoitus on toimia pohjana muille, mallin grafiikkaa sääteleville kartoille, kuten teksturieli diffuusiokartalle, Specular-, AO-, normaali- ja Displacement-kartoille. Se kertoo, miten edellä mainittujen pikselikarttojen pikselit kääntyvät 3D-mallin pinnan tekseleiksi.

Diffuusio- eli tekstuurikartta

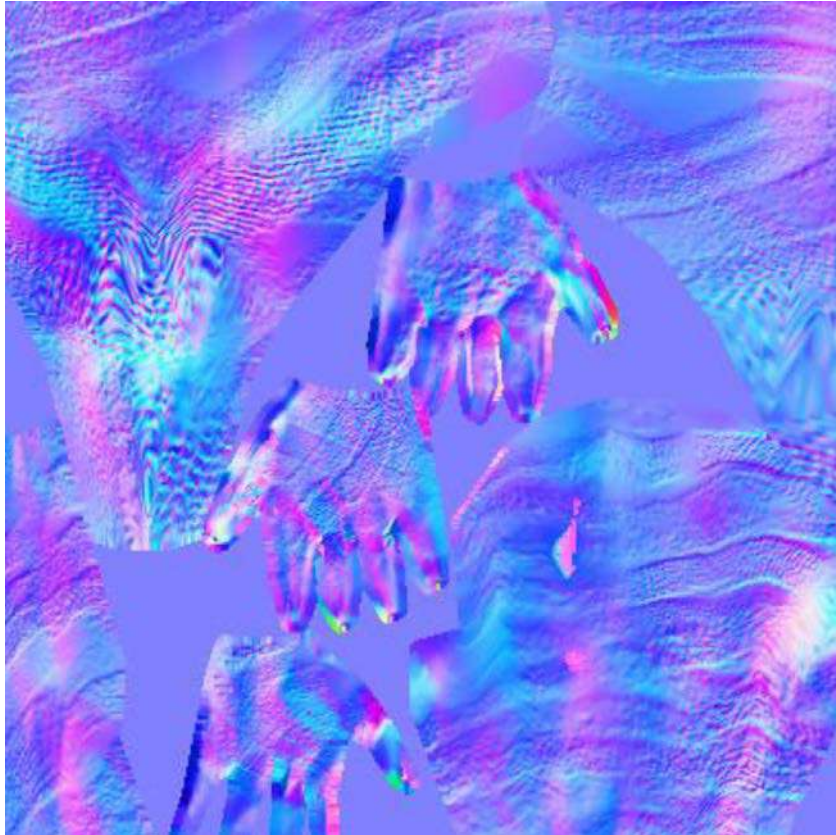
Tekstuurikartta rakentuu UVW-kartan pohjalle siten, että se määrittää UVW-kartan pikseleille väriarvot. Ne toimivat lopullisessa kuvassa mallin näkyvän pinnan tekseleiden pohjaväriarvoina ja tavanomaisesti myös korvaavat verteksin väreistä interpoloidut pinnanvärit.



Muumion UVW-kartta ja tekstuurikartta.

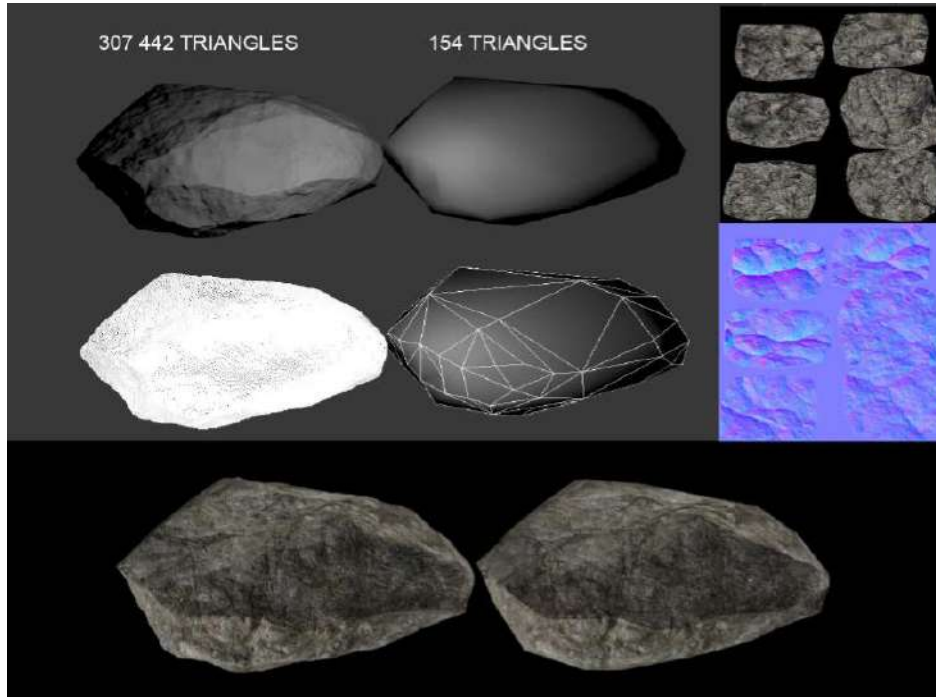
Normaalikartta

Jokaista verteksiä kohden on vähintään yksi normaalivektori määrittämässä valon heijastumista läheisiin kolmioihin. Polygonien ja normaalien määrän välillä vallitsee siis lähtökohtaisesti suhde. Normaalikartta rikkoo tämän suhteen korvaamalla peliin optimoidun mallin normaalit korkeapolygonisen mallin normaaleilla ja varastoimalla ne normaalikartan pikselien väriarvoihin. Esimerkki normaalikartasta on kuvasta, jossa on muumion normaalikartoitus. Pinta saadaan näin taittamaan valoa korkeapolygonimallin mukaisesti säilyttäen silti alhainen kolmiomäärä. 3D-mallille lasketaan normaalikarttojen lukuun kykenevässä varjostimessa valaistus suhteessa jokaisen kulmapisteen normaalin sijaan jokaisen tekselin normaaliin. (Finney, 2013, s. 130.)



Muumion normaalikartoitus.

Normaalikarttoja on tangenti- ja objektiavaruudellisia. Objektiavaruuden normaalikartan tunnistaa sateenkaarimaisesta värityksestä, mutta sitä ei juurikaan käytetä sen joustamattomuuden takia. Se toimii, mikäli mallia käännellään. Tavallisesti kuitenkin deformaatiot rikkovat sen. Objektiavaruuden normaalikartta toimiiikin parhaiten staattisissa objekteissa. Se kuluttaa hieman vähemmän laskentatehoa kuin tangentiavaruuden vastaava. Tangentiavaruuden normaalikartassa punainen värikanava tavallisesti varastoi normaalin X-akselin arvon, vihreä Y-akselin ja sininen Z-akselin. (Finney, 2013, s. 130; www.koonsolo.com, s. 248–258.)



Normaalikartoitusprosessi.

Kuvassa on esitetty normaalikartoitusprosessi. Vasemmalla puolella on kuva korkeapolygonisesta mallista ja oikealla matalapolygonisesta. Kuten kuvasta käy ilmi, on korkeapolygonisen kivimallin pinnalla hyvin tiheä verteksiverkko, jolloin pinta kykenee tarkempaan interaktioon valonlähteiden kanssa. Matalapolygonisen kivimallin pinnassa on vain muutama, välttämättömiä muotoja tuova verteksi, jolloin valoinformaatio jää hyvin vähäiseksi. Siksi korkeapolygonisen mallin verteksidata "tallennetaan" normaalikarttaan ja matalapolygoninen malli piirretään normaalikartoitusta tukevalla varjostimella pelimoottorissa. Näin saavutetaan lähes yhtä laadukkaan lopputulos vähäisemmällä laskennalla.

Valaistuskartat

AO-kartta eli ambienttiokklusio luo valmiiksi laskettuja pehmeitä varjoja mallin pintaan pinnan syvyyksien mukaan siten, että varjoilla ei ole selvää valonlähdettä. AO-kartta voidaan yhdistää esimerkiksi diffuusiokartan kanssa, jolloin väritys saa automaattisesti varjostuksen tekstuuriin vaikuttamatta. Kartta käyttää vain mustan ja valkoisen väliarvoja. Tavalliset valo- ja varjokartat eroavat AO-kartasta siten, että niihin osuvalla valolla on selkeä suunta. Liikkuivissa malleissa voidaan käyttää vain AO-karttaa, koska valon suuntaa ei ole määritetty. Kartan sijainneissa voidaan olettaa olevan jonkinasteista tummenemistä joka tapauksessa.



AO-kartta muumiosta.

Specular-kartta eli pinnan kiiltoisuuden kartoittaminen määrittää, kuinka paljon valoa heijastuu takaisin tietyistä kohdista mallia. Pinnan kiiltoisuus määräytyy bittikartan pikselin musta – 0 % kiiltoa sekä valkoinen – 100 % kiiltoa välisillä arvoilla.

Vaaleat kiiltoisuuskartat esittävät pintoja, joissa esiintyy kiiltoa runsaasti esim. metallit ja muovit. Tummemmissa pinnoissa heijastusta on vähän esim. sementti, puu ja kankaat. Kiiltoisuuskartan väriarvoja hyödynnetään myös määrittämään heijastuvan valon väri. Kuvassa metallille on annettu hieman sinertävä kiiltoisuuskartta.



Koristellun kirveen tekstuuri- ja kiiltoisuuskartta.

Siirtymäkartoitus eli displacement-mapping

Siirtymäkartta ei varsinaisesti kevennä laskentaa. Yleistyvien tesselaatiovarjostimien yhteydessä käytettynä sillä voidaan lisätä yksityiskohtien laatua. Siirtymäkartoitus siirtää mustavalkoisen kartan perusteella polygonien pisteitä korkeussuunnassa tangenttiavaruudessa eli syvyysuunnassa. Se luo epätasaisuutta ja tuo tiettyjä kohtia ulos mallista. Se ei lisää pisteitä vaan kykenee siirtämään jo olemassa olevia pisteitä. Tesselaatio lisää polygonitiheyttä automaattisesti mallin pintaan sen mukaan, kuinka suuren tilan se peittää kuvaruudusta eli kuinka läheltä sitä tarkastellaan. Näin saadaan lisättyä yksityiskohtaisuutta laskennallistehokkaasti ja hyödynnettyä siirtymäkarttaa paremmin.

4.2 Riggaus

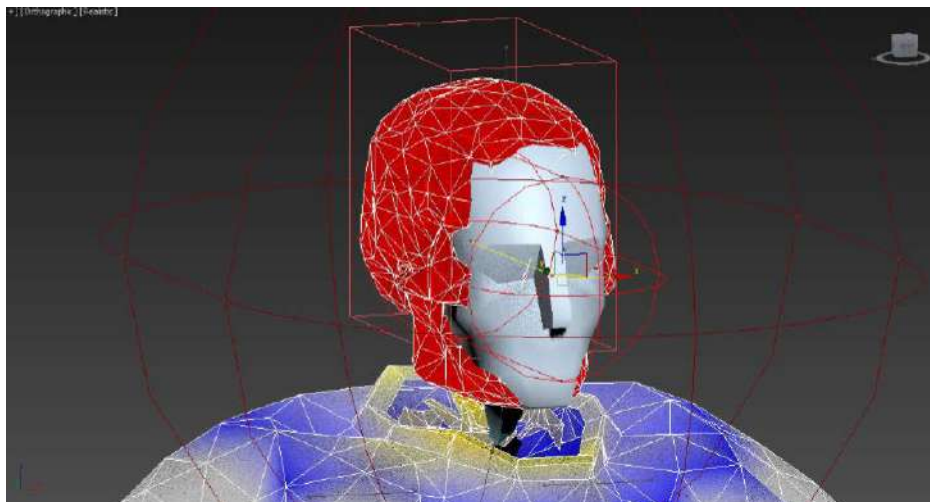
Mikäli malli animoidaan ja sille halutaan mallin sisäisiä animaatioita, kuten liikkuvia jäseniä, on helpompaa luoda animointijärjestelmä, joka määrittää eri raajojen mahdolliset liikerajat ja jonka avulla mallin asentoa voi helposti muuttaa kuin siirtää jokaista verteksiä tai kolmiopintaa manuaalisesti joka ruudussa haluttuun sijaintiin. Mallin geometria säilyttää paremmin suhteensa. Tällaisen järjestelmän luontia kutsutaan riggaamiseksi ja sen lopputuloksena syntyvää järjestelmää ”luu”- tai Biped-järjestelmäksi.

Biped-järjestelmä

Biped-järjestelmä on 3ds Maxin erityisominaisuus, joka on suunnattu erityisesti humanoidimallien riggausta varten. 3ds Max tuottaa valmiin Biped-nuken, jolle määritetään eri nivelten, sormien ja varpaiden määrä. Tämän jälkeen se pyritään asettelemaan ja skaalamaan mallin mukaisesti sen sisään. Paras asento luoda humanoidimalli on sellainen, missä raajat ovat mahdollisimman etäällä toisistaan. Kolmionnin saa taitekohdista parhaaksi mahdolliseksi, ja myöhemmin verteksipainotuksia aseteltaessa tapahtuma on mahdollisimman helppo. Kun biped-järjestelmä on aseteltu mallin asentoon, lisätään 3ds Maxin muunnospinoon skin-muunnos, joka pyrkii heti automaattisesti painottamaan eri jäsenten verteksit seuraamaan vastaavaa bipedin jäsentä. Valitettavasti tämä harvoin onnistuu täydellisesti, ja käyttäjän on korjailtava painotuksia. Painotusten tarkistaminen käy helpoiten koittamalla liikuttaa bipedin jäseniä mahdollisimman äärimmäisiin asentoihin ja seuraamalla, miten hyvin mallin pinta säilyttää alkuperäiset muotonsa. Kun geometria seuraa toivotulla tavalla järjestelmää, voidaan sanoa riggauksen olevan valmis ja voidaan siirtyä mallin animoimiseen



Pelin luurankovihollisten biped-järjestelmä.



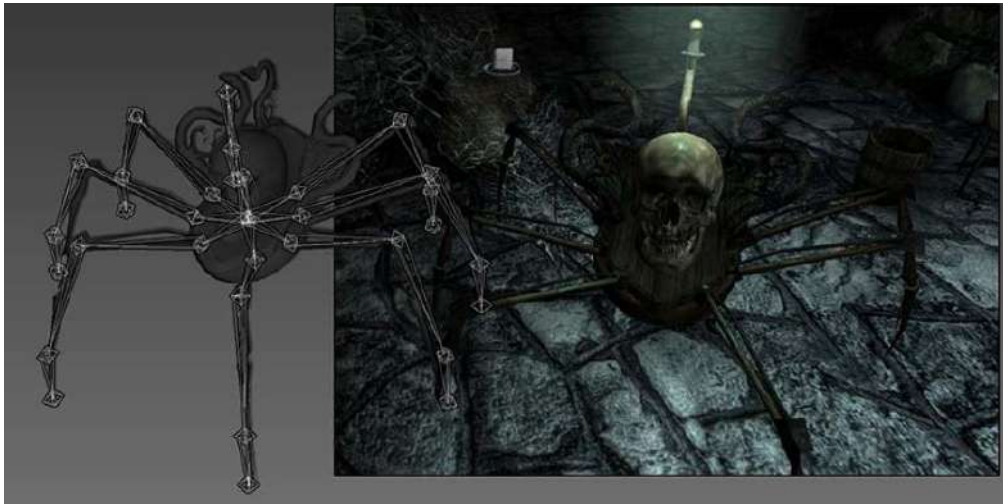
Biped-järjestelmän verteksikohtaisia painotuksia.

Biped-järjestelmän etu luujärjestelmään verrattuna ovat sen tarjoamat animaationluontityökälyt ja eri animaatioiden siirrettävyys bipediltä toiselle. Biped tarjoaa lähes automatisoidut keinot luoda kävely-, juoksu- ja/tai hyppyanimaatioita. Tämä käy valitsemalla bipedille "askel" tila ja asettamalla parametrit. Animaatiot tarjoavat hyvän pohjan mille tahansa humanoidille ja niitä pystyy

muuntamaan mieleisekseen esim. asettamalla uusia tasoja aikajanaan ja manuaalisesti animoimalla lisäliikettä raajoihin. Lopputuloksena eri tasojen animaatiot sulautuvat toisiinsa.

Luujärjestelmä

Luujärjestelmä perustuu mallille yksittäisistä komponenteista eli luista rakennettavaan hierarkiseen rakennelmaan. Tämä on huomattavasti joustavampi biped-järjestelmään verrattuna. Se mahdollistaa muidenkin kuin humanoidiluujärjestelmien luomisen. Joskus luujärjestelmiä voidaan esimerkiksi käyttää biped-järjestelmien ohella, kun halutaan animoida tarkempia yksityiskohtia, kuten hiusten tai vaatteiden liikettä. Luut tukevat kahta erilaista hierarkista käyttäytymistä, jotka tunnetaan suorana ja käänteisenä kinematiikkana. Luujärjestelmissä on tavallisesti yksi isäntäluu, josta haarautuvat muut luut. Edellisen luu on aina isäkappale seuraavalle. Suorassa kinematiikassa lapsikappale seuraa aina isäkappaleensa liikettä, kun taas käänteisessä lapsi määrittää liikkeen. Jokaisen luun objektiavaruuden origo sijaitsee luun tyvessä. Ne liikkuvat näin syntyvien nivelten mukaisesti. Lapsikappaletta liikuttettaessa heijastuu se luun kääntymisenä isäntäkappaleeseen. Luujärjestelmä luodaan samantyyppisesti kuin biped-järjestelmän. Kuvassa on esitelty hämähäkkimäinen luujärjestelmä. Järjestelmän ja sen animaatioiden luontia varten tutkittiin hämähäkkien liikeratoja.



Luurankohämähäkin luujärjestelmä.

4. Yhteenveto

Pelimallinnus lienee yksi haastavimpia mallinnuskohteita. Siinä ei ainoastaan visuaalinen ilme ole tärkeä, vaan myös teknisen osaamisen on oltava vahvaa. Artikkelin tavoitteena oli havainnollistaa pelin tekemisen eri vaiheita kuten kuvankäsittelyä, mallintamista ja ohjelmointia sekä tarjota näkökulmia pelinkehityksestä Unity3D-pelimoottorilla. Varsinkin piirtoliukuhihnan ja erilaisten optimointikeinojen hyödyt pelin sulavuuden parantamisessa osoittautuivat tärkeäksi.

Kiitokset

Kiitämme myös tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Dunn, Fletcher, Parberry, Ian. 2002. 3D Math Primer for graphics and Game Development, Plano, Texas: Wordware Publishing.

Finney, C Kenneth. 2013. 3D Game Programming All In One. Third Edition. Boston,USA: Cengage Learning.

Making better textures for games, 'power of two' and proper image dimensions. Verkkodokumentti. Katsbits. <<http://www.katsbits.com/tutorials/textures/make-better-textures-correct-size-and-power-of-two.php>>. Luettu 11.12.2013.

Marucchi-Foino, Romain. 2012. Game and Graphics Programming for iOS and Android with OpenGL ES 2.0.2012. West-Sussex: United Kingdom: John Wiley & Sons.

Perspective and orthographic projection matrix. Verkkodokumentti. Scratchapixel. <<http://www.scratchapixel.com/lessons/3d-advanced-lessons/perspective-and-orthographic-projection-matrix/opengl-perspective-projection-matrix>>. Luettu 11.11.2013.

OpenGL dokumentaatio. Verkkodokumentti. Khronos Group. <<https://www.opengl.org/documentation>>. Luettu 11.12.2013.

Pfeifle, Sam. 2012. Oh, so now laser scanning is video game technology. Verkkodokumentti. <<https://www.sparpointgroup.com/Blogs/Head-in-the-Point-Clouds/Oh,-so-now-laser-scanning-is-video-game-technology/>>. Luettu 12.12.2013.

Puhakka, Antti. 2008. 3D-grafiikka. Helsinki: Talentum Media ja Antti Puhakka.

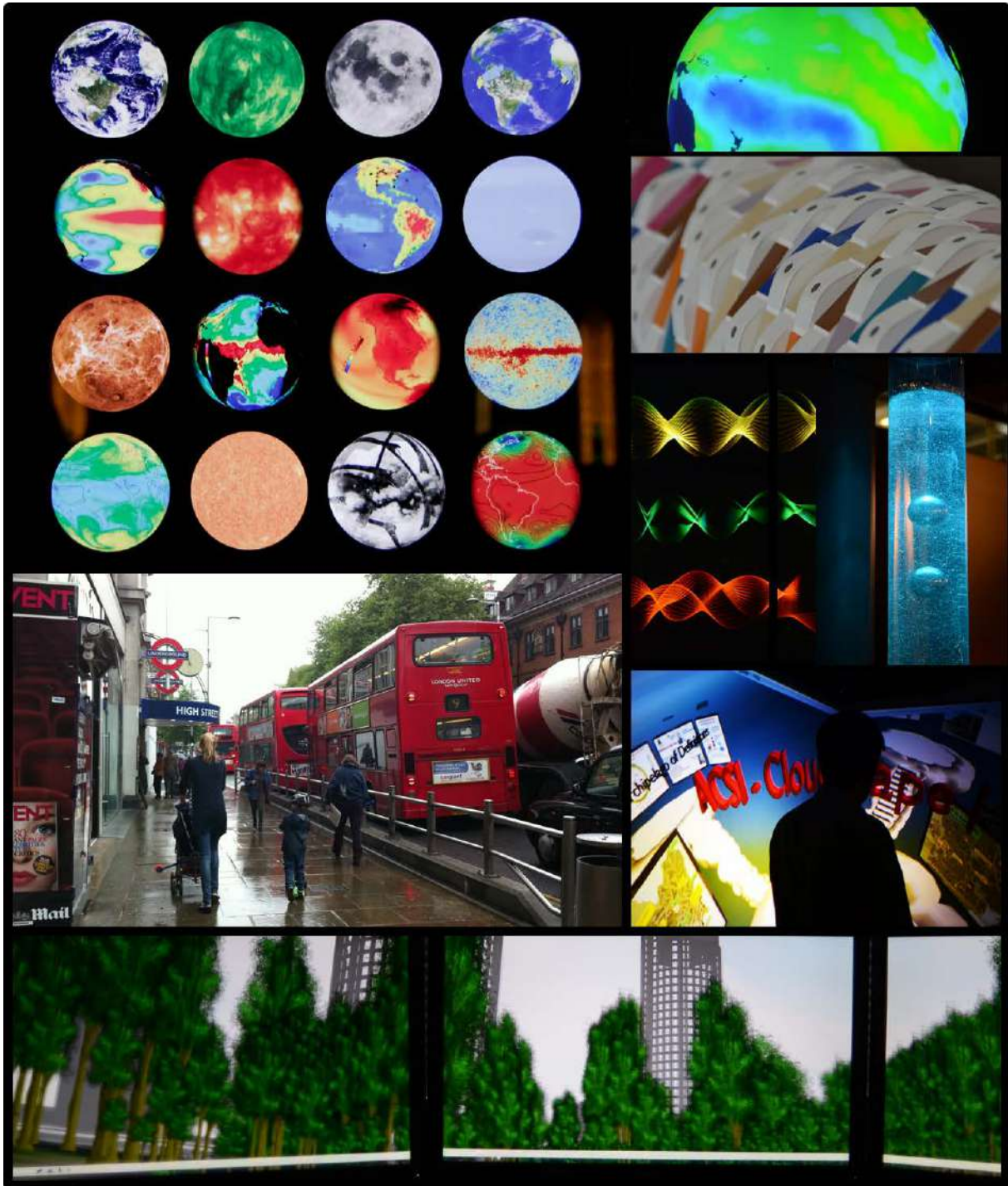
Turppa, Tuomas. 2014. Laserkeilaus osana pelinkehitystä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri (AMK). Mediatekniikan koulutusohjelma. Insinööriyö. 86 s.

Unity Documentation. Verkkodokumentti. Unity Technologies. <[docs.Unity.com/Documentation/](https://docs.unity.com/Documentation/)> Luettu 11.8.2013.

Witters, Koen. deWitters-gameloop. Verkkodokumentti. <<http://www.koonsolo.com/news/dewitters-gameloop/>> Luettu 6.7.2013.

Z-buffering. Verkkodokumentti. Princenton University.

<<https://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Z-buffering.html>>. Luettu 12.1.2014.



Fotogrammetrian ja laserkeilauksen mahdollisuudet peliteknologiassa

Tuomas Turppa^{1,2}, Juho-Pekka Virtanen², Matti Vaaja², Hannu Hyyppä^{2,3},
Marika Ahlavuo^{2,3}, Matti Kurkela², Juha Hyyppä¹

¹Geodeettinen laitos

²Aalto –yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

³Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

Tiivistelmä

Päämääränä oli suunnitella ja toteuttaa Unity 3D-pelimoottorilla laserkeilausmenetelmillä tuotettua materiaalia hyödyntävä peli ja havainnollistaa pelin tekemisen eri vaiheita kuten ohjelmointia, mallintamista, animointia ja pelin rakenteen suunnittelua. Laseriin perustuvan 3D-mallintamisen teknikat ovat kehittyneet vauhdilla. Käytetyimmät mittatarkat 3D-mallinnusteknologiat ovat digitaalikuvaus ja laserkeilaus. Laserkeilatessa pistepilven tiheys voidaan määrittellä vaaditun pintamallitarkkuuden mukaan, joka määrittää myös tarvittavan keilaimen.

1. Johdanto

3D-mallinnus on merkittävä osa peliteollisuutta ja keskeinen työvaihe monen pelin sisällöntuotannossa. Siihen investoidaankin valtavasti resursseja peliprojekteissa. Pelivalmiin mallin luominen on moniulotteinen prosessi, joka vaatii sekä teknistä että taiteellista tietoa ja osaamista. Todellista maailmaa 3D-ympäristöön muunnettaessa laseriin perustuvat mittaustekniikat poistavat tarpeen korkeapolygonisen mallin luomiselle käsin ja tarjoavat malliin sisäisesti oikeat mittasuhteet. Tässä esitellään kokeellista työtä, jossa oli tavoitteena perehtyä laserkeilatun materiaalin soveltuvuuteen pelimoottorikäytössä. Laseriin perustuvilla mittausten menetelmillä tuotettiin sekä liikkumattomia että animoituja malleja peliympäristöihin. Tutkimus toteutettiin Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutissa.

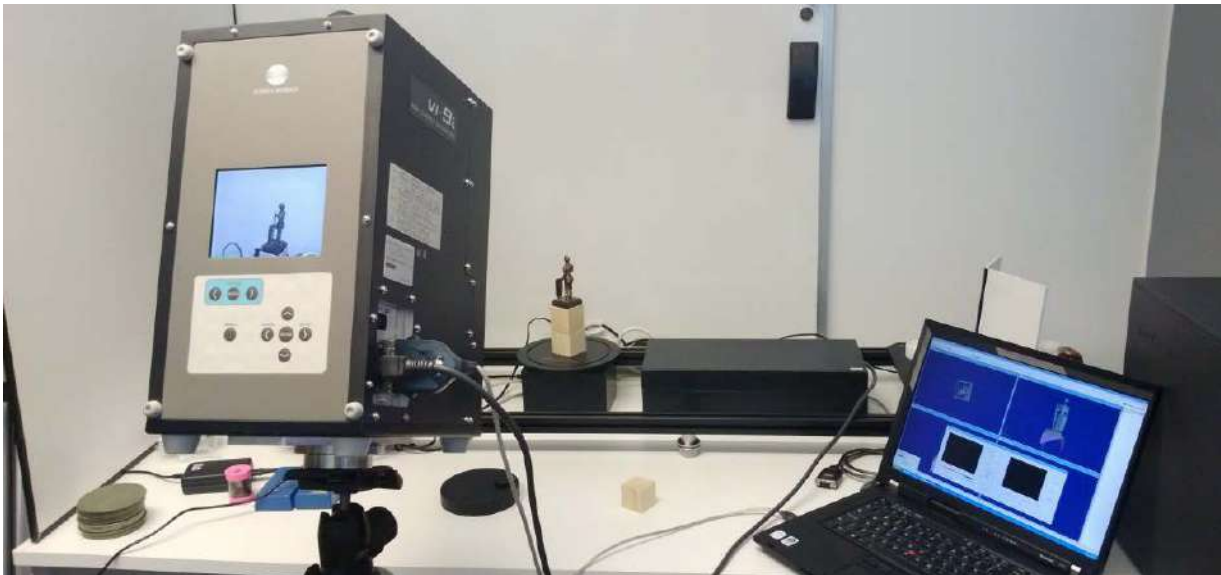
Peliteollisuudessa laserkeilausta on osattu hyödyntää jo jonkin aikaa esim. joissakin rallipeleissä. Suuret pelitalot, kuten Activision käyttävät laserkeilausta peleissään sisällöntuotannon menetelmänä. Aalto-yliopistossa ja Geodeettisessa laitoksessa 3D-mallinnusosaamista ja pelimoottoritekniologiaa hyödynnetään "wikikartoituksen" (engl. crowdsourcing, neogeography, volunteered geographic information) eli käyttäjien tuottaman karttatiedon tutkimuksessa.

2. Lasermittaukset peliprojektia varten

Työssä käytettiin useampaa erilaista mittalaitetta ja mittausten menetelmää erikokoisten kohteiden mittaukseen. Teollisuuskeilaimella tuotettiin mallit ritariterottimesta, kuluneesta kirjasta ja kotkapatsaasta. Maalaserkeilausta hyödynnettiin rakennuksen julkisivun, henkilön ja muistomerkin pistepilven tekemiseen. Kuvapohjaista mittaustekniikkaa hyödyntäen mallinnettiin Olavinlinna ja Helsingin Sinebrychoffin puistossa sijaitseva torni. Korkeapolygoniset mallit siirrettiin 3ds Maxiin, jossa niiden polygonimääriä vähennettiin ja suoritettiin jälkikäsitteily pelimaailmaan sopivan mallin luomiseksi. Lopputuloksena syntyi pelikelpoisia malleja.

Esineiden mittaus Konica Minolta -3D-digitointilaitteella

Joukko pienehköjä esineitä digitointiin peliprojektia varten Konica Minoltan V9i-3D -digitointilaitteella. Toimintaperiaatteeltaan V9i on kolmioiva, strukturoitua laservaloa hyödyntävä 3D-mittalaite, joka kykenee korkeisiin mittaustarkkuuksiin tasavärisissä vapaamuotoisissa pintoissa. Kappaleet mitattiin pyörittäen niitä skannerin pyörituspöydällä. Kustakin kohteesta otettiin useita skannauksia 15–30 asteen välein, kohteen geometriasta riippuen. Skannaukset yhdistettiin Konica Minolta Polygon Editing Tools (PET) - ohjelman automaattisilla toiminnoilla. Pyörituspöydän käyttö helpotti huomattavasti yksittäisten skannausten yhdistämistä, koska yhdistämisessä oli lähtötietoina skannausten välisen kulman muutos, pyöritysakelin sijainti ja kulma. Lisäksi kohteista otettiin tekstuurikuvat digitointilaitteen sisäisellä kameralla. (Virtanen ym, 2013.)



Konica Minoltan V9i -3D-digitointilaitteella saa nopeasti 3D-malleja pienehköistä esineistä ja kappaleista.

Kolmioiduista ja yhdistetyistä skannauksista rakennettiin umpinaiset mallit Geomagic Studio -ohjelmistolla (<http://www.geomagic.com/en/>), joka on suunniteltu esineiden reverse engineering -työhön. Skannausten aukot täytettiin niiden reunojen tangettietojen perusteella, ja kolmioverkon ongelmakohtia (kuten risteävät kolmiopinnat) korjattiin kulmien pehennystyökalujen avulla.

Valmiit, tässä vaiheessa vielä erittäin tiheät kolmioverkkopintamallit teksturoitiin digitointilaitteen kameras kuvilla. Tilanteissa, joissa esineet olivat pinnaltaan erittäin kiiltäviä tai heijastavia tätä teksturointia ei tehty, koska kuvissa näkyi paljon ympäristön heijastuksia ja kappaleen pinnan kiillot vaihtelivat kuvissa kappaleen kiertokulman mukaan. Teksturoinnin jälkeen kohteista laskettiin matalamman tarkkuuden kolmioverkkopintamallit. Tavoitteena oli kolmioiden määrän lasku riittävän suorituskyvyn säilyttämiseksi pelimoottoria käytettäessä. Samalla mallien tiedostokoot laskivat. Mallit

tallennettiin .obj-muodossa. (Virtanen, 2013). Alla olevassa kuvassa on esitetty Konica Minolta V9i mittauslaitteella matkamuistoteroittimesta syntynyt haarniska hylätyn linnan käytäviä koristamaan. (<http://www.3dscanco.com/products/3d-scanners/3d-laser-scanners/konica-minolta>)



Laserkeilauksella teroittimesta mallinnetut koristehaarniskat linnan käytävällä.

Rakennetun ympäristön mittaus Leican maalaserkeilaimella

Helsingin keskustan monimuotoisimmista julkisivuista on Grönqvistin talon 2000-luvun alkupuolella kunnostettu julkisivu. Laserkeilaus tehtiin rakennuksen edestä kadulta, noin silmän korkeudelta. Aikaa digitointiin kului joitakin tunteja. Julkisivusta mitattiin useita usean miljoonan pisteen pistepilviä. Syntyneet pistepilvet yhdistettiin tähyksen avulla. Rakennuksen julkisivun pistepilvestä valittiin jatkokäsittelyyn rakennuksen oven sisältävä alue. Pistepilvi kolmioitiin, kolmioverkkopinta siistittiin ja siitä laskettiin eri tarkkuuksiset versiot Geomagic Studio -ohjelmalla (<http://www.geomagic.com/>). Tässä tapauksessa mallia ei teksturoitu valokuvilla. (Virtanen ym, 2013)



Grönqvistin talon Esplanadin puoleinen osa digitoitiin Leican valmistamalla maalaserkeilaimella. © FGI ja Aalto-yliopisto. Hannu Hyyppä.



Grönqvistin talon julkisivumalli © Aalto-yliopisto, Virtanen, 2012.

Kolmioverkkopintamallien käsittelyä pelimoottorikäyttöön paremmin sopivaksi jatkettiin Blender-ohjelmassa. Matalan kolmiomäärän mallille rakennettiin tekstuurikartta (UV-teksturointi), ja sille luotiin normaalitekstuuri korkean kolmiomäärän mallista. Valitulla tekniikalla matalan kolmiomäärän mallilla saavutettiin riittävä yksityiskohtataso renderöitäessä, kasvattamatta mallin kolmiomääriä liikaa.



Peliin istutettu Grönqvistin talon sisäänkäynti.

Patsaan mittaus

”Runeberg, Lönnrot, Snellman” on Harry Kivijärven suunnittelema mustagraniitista valmistettu muistomerkki Yliopistonmäellä, Turun yliopiston päärakennuksen edustalla. Patsas mitattiin kahdella skannauksella Leican HDS6100-maalaserkeilaimella. Laitteisto oli sama, jota hyödynnettiin aiemmissa rakennusmittauksissa. Pistepilvistä tehtiin kolmioverkkopintamalli Geomagic Studio -ohjelmalla (<http://www.geomagic.com/>) vastaavalla tavalla kuin Grönqvistin talon julkisivun tapauksessa. Tämän jälkeen sekä korkean kolmiomäärän malli että matalan kolmiomäärän malli tallennettiin .stl –muodossa. Patsaan kolmioverkkopintamallin käsittelyä jatkettiin Blender-ohjelmassa, ja siitä toteutettiin normaaliteksturoitu malli. Blender-ohjelmasta se siirrettiin vielä 3ds Max -ohjelmaan jälkikäsitelyä varten. Kuvassa on esitetty sama patsas peliympäristöön vietyinä.



Turun yliopiston päärakennuksen edustalla sijaitseva muistomerkki ja siitä 3d printattu pienoismalli. © Virtanen



Muistomerkki pelimaailmaan sijoitettuna.

Kuvapohjainen rakennusmittaus - käsin tehty kuvapohjainen mittaus

Olavinlinnasta tuotettiin karkea, linnan tärkeimmät muurirakenteet sisältävä ulkopintamalli kuvapohjaisia mittausten menetelmiä hyödyntäen. Osasta linnan muuria laskettiin kolmiulotteinen pintamalli pitkällä polttovälillä kuvattujen panoraamakuvien pohjalta. Lisäksi linnasta mitattiin fotogrammetrisesti joukko muita pisteitä viistoilmakuvista iWitness-ohjelmalla. Tavoitteena oli mitata linnan muodon kannalta olennaisimmat nurkkapisteet isoista rakenteista. Ilmakuvista mitattujen pisteiden pohjalta rakennettiin yksinkertaiset kolmiopinnot. Aineistot yhdistettiin tornien huippujen ja muurien yhteisten pisteiden avulla. Vastaava yksinkertainen pintamalli rakennettiin myös panoraamakuvista mitatusta muurista sovittaen pintoja kolmioverkkopinnan päälle. Tuloksena saatiin yksinkertainen pintamalli koko linnasta. (Virtanen ym, 2014)



Olavinlinna.

Syntynyt pintamalli on teknisestä näkökulmasta kevyt, sisältäen hyvin alhaisen pistemäärän. Se sisältää linnan suurimpien rakenteiden peruspiirteet ja mahdollistaa linnoituksen kokonaisuuden hahmottamisen.

Automaattinen kuvapohjainen mittaus

Helsingin Sinebrychoffin puistossa sijaitsevasta tornista tehtiin osittainen ulkopinnan malli automaattista kuvapohjaista mittausten menetelmää hyödyntäen. Mallin tekemiseen käytettiin Autodesk 123D Catch -ohjelmaa (<http://www.123dapp.com/catch>), joka on yksinkertainen ja helppokäyttöinen automaattinen kuvapohjainen mittaushjelma. Sen käyttöä kuitenkin rajoittavat täysin automaattisen toiminnan huono säädettävyys ja lisenssiehdot. (Unity Documentation, 2013)

Tornin itäpuolen julkisivusta otettiin noin 70 kuvan joukko digitaalisella järjestelmäkameralla (Nikon D5000). Kuvauksessa käytettiin laajakulmaista objektiivia, jolloin koko rakennus mahtui kuviin. Kuvattaessa kamera pidettiin käsisäädöillä ja objektiivin tarkennus ja polttoväli lukittiin. Kuvajoukosta laskettiin teksturoitu kolmioverkkopintamalli Autodesk 123D Catch -ohjelmalla. Tulos siirrettiin Blender-ohjelmaan. Mallia siistittiin poistamalla siitä joitain kasvillisuuden aiheuttamia rakennukseen kuulumattomia kohteita ja poistamalla maatasen osa mallista. Blenderistä malli vietiin 3ds Maxiin, jossa sille suoritettiin UVW-kartoitus ja lopulliset korjaukset ennen pelimoottoriin vientiä. (Virtanen ym, 2014)

Ihmisen skannaus maalaserkeilaimella

Faro Focus-3D-maalaserkeilainta kokeiltiin ihmisen mittauksessa. Mittausasetelmassa hahmon etupuoli skannattiin suoraan ja selkäpuoli suurikokoisen peilin kautta. Hahmon ympärille asetettiin pallohäykset helpottamaan mittauksen yhdistämistä. Peiliä hyödyntämällä koko hahmo pystyttiin mitaamaan riittävän kattavasti yhdellä mittauksella, jolloin mittausaika oli n. 20–30 sekuntia.

Pistepilvi kolmioitiin ja hahmon puolikkaat yhdistettiin Geomagic Studio -ohjelmassa (<http://www.geomagic.com/>). Yhdistämisessä käytettiin hahmon selkäpuolen skannauksessa hyvin erottuvia peilaustasoja, jolloin puolikkaat saatiin jo melko tarkasti yhteen. Tämän jälkeen tulos viimeisteltiin käsin pallohäykiksi ja hahmon piirteitä hyödyntäen. Mitattuun hahmoon jäi jonkin verran aukkoja mittausjärjestelyn vuoksi (toisen peilin käyttö olisi varmaankin parantanut tuloksia). Nämä syntyneet aukot täytettiin reunojen tangentialisuus huomioiden. Muuten mittauksen tarkkuus havaittiin melko hyväksi ja kohinan taso riittävän matalaksi esimerkiksi avatar-mallina käyttöä ajatellen. Malli siirrettiin Blender-ohjelmaan ja siitä luotiin .obj-tiedosto. (Virtanen, 2013)

Ihmismallia ei hyödynnetty pelissä, koska sille ei löydetty oikean aikakauden vaatteita. Huomattiin, että manuaalisesti mallin kolmioverkkoa parantamalla olisi mahdollista saada toimivat animaatiot hahmolle ja sen luurankojärjestelmälle.

3. Lasermallien jälkikäsitely

Korkeapolygonisten mallien .obj-tiedostot siirrettiin 3ds Max 2014 -sovellukseen, jossa niille suoritettiin multires-toiminnolla polygonimäärän laskeminen mallista riippuen 1000–15000 kolmioon pelimaailmaan sopivan mallin luomiseksi. Mallin pintaa optimoitiin poistamalla turhia polygoneja manuaalisesti yhdistämällä verteksejä toisiinsa ja näin tuhoamalla pinnan muotoon vaikuttamattomia kolmioita.

Mallin matalapolygonisen version ollessa valmis, korjattiin vielä UVW-kartta paremmin tilansa käyttäväksi ja mahdollisimman ”laatoitusta” tukevaksi. Joissain pienten objektien tapauksissa käytettiin suoraan automaattisesti generoitua UVW-karttaa, jolloin pystyttiin hyödyntämään mittauskohteesta saatua alkuperäistä värikarttaa. Tämän jälkeen varmistettiin mallin sijainti origossa, ja se, että mallin objektiavaruuden origo sijaitisi mallin keskipisteessä tai tietyissä tilanteissa mallin pohjan keskellä. Sen jälkeen luotiin diffuusio- eli tekstuurikartta mallille Adoben Photoshop-ohjelmaa käyttäen.

UVW-kartan korjauksen jälkeen luotiin 3ds Max-ohjelmassa normaalikartta tuomalla alkupeäinen korkeapolygoninen malli samaan tiedostoon ja asettelemalla se samaan sijaintiin koordinaa-

tistossa matalapolygonisen mallin kanssa, minkä jälkeen korkeapolygonisen mallin verteksien normaalit projisoitiin mallien ympärille muodostetun ”häkin” pinnasta lähtevien säteiden avulla matalapolygonisen mallin pinnalle ja tulostettiin tästä muodostuva normaalikartta. Toinen tapa, jota käytettiin, oli tuoda kummatkin mallit .obj-tiedostomuotoina xNormals-nimiseen normaalikartan generointiohjelmaan, jossa karttojen luotiin lähes automaattisesti, vain yksinkertaisesti parametreja säätämällä. Lopuksi mallin sisältävä osumalaatikko (Bounding box) istutettiin uudelleen mallin ympärille oikeaan kulmaan.

4. Laserkeilaussovellutuksia etuja peliympäristöissä

Laserpohjaisesta mittauksesta on kiistattomasti hyötyä nyky maailmaan sijoittuvien pelien maailmojen mallintamisessa. Peli voidaan sijoittaa olemassa oleviin paikkoihin, joissa kaikki on aivan kuin todellisen maailman vastaavassa sijainnissa. Autopelit ovat hyvä esimerkki tästä. Ralliradat ja autot ovat suoraan mitattavissa, eikä niiden tarkka, mittauksiin perustuva mallinnus ainoastaan nopeuta pelin valmistumista vaan antaa sille merkittävää lisäarvoa. Kukapa ei haluaisi kokeilla samoja kilparatoja, joilla maailmanluokan mestarit ajavat. Mikäli lasermittauksella tehdään nyky maailmasta kopio pelimaailmaan, voidaan pelimaailmaa käyttää monessa sovelluksessa. Pelimaailma ei ole ainoastaan pelaamista varten vaan se toimii myös erilaisten sovellusten tarjoajana.

Lisättyä todellisuutta voidaan esittää pelimaailmassa. Tätä voidaan hyödyntää mm. kaupunkisuunnittelussa. Vastaavasti lisätyn todellisuuden avulla voidaan pelimaailmaan rakentaa paikkatietopalveluita. Tästä on esimerkkinä Geodeettisen laitoksen tekemä, mobiililaitteilla tarkasteltavassa virtuaalimallissa oleva reaaliaikaisesti päivittyvä aikataulunäyttö, joka näyttää Tapiolan keskuksen Merituulentien pysäkiltä seuraavaksi lähtevät linja-autovuorot, oikeassa paikassa Tapiolan keskustan 3D mallia. Esimerkiksi kauppakeskusten yhteydessä voidaan ajatella, että kauppojen tarjoukset esitettäisiin kauppakeskuksen pelimallissa muun informaation kanssa (Hyypä, 2014)

Pelimoottorit luovat hyvän alustan reaaliaikaiselle mallin päivittämiselle tuoreella informaatiolla tarjoten samalla myös tarkastelu ympäristön ja mahdollisuuden toteuttaa lisätyn todellisuuden sovelluksia (Kukko ym., 2012, s. 15).

Todellisuutta vastaavalla pelimaailmalla voidaan yhdistää virtuaalinen ja fyysinen maailma uusilla tavoilla. Geokätkentää voi pelimaailman ja virtuaalitodellisuuden kanssa toteuttaa myös siten, että varsinainen kätkö löytyy pelimaailmasta, kun älypuhelimien antama paikannus vastaa kätkön koordinaatteja. Kätköt voivat olla tällöin myös palkintoja, lahjoja ja mainoksia käyttäjille. Kätköjen kokonaisuus voi myös muodostaa kokonaisuudessaan seikkailupelin. (Hyypä, 2014)

Pelimaailmaan on mahdollista tuoda ympäröivästä maailmasta myös attribuuttitietoja, kuten BIM-tietoja, jotka ovat tärkeitä rakennetun ympäristön mallintamisessa. Pelimaailmaa on mahdollista käyttää myös dokumentoinnissa. Esimerkkinä voisi mainita talonrakennusprosessin. Useilla kaupungeilla on antaa laserkeilauksen tiedot rakentajille. Tällöin käyttäjät voisivat optimoida rakennuksen sijainnin tontilla suhteessa olemassa olevaan puustoon, korkeusmalliin ja näkymiin. Rakentamisen suunnitelmamalli voidaan viedä pelimoottoriin yhdessä ympäristömallin kanssa. Rakennuksen aikana tapahtuvia puutteita voidaan seurata muun muassa valituslistojen avulla. Pelin ja pelimoottorin etu valituslistoissa olisi kuitenkin, että kutakin valitusta kohden löytyisi kameralla otettu kuva viasta ja vika olisi paikannettu oikeaan paikkaan rakennuksessa. Käyttäjät voisivat kukin laittaa valituksensa

reaaliajassa samaan malliin, joka olisi siten reaaliaikainen dokumentaatio puutelistalle, jota voisi tarkastella varsin helposti virtuaalisesti käymättä aina paikan päällä. (Hyyppä, 2014)

5. Yhteenveto

Koetöissä havaittiin, että lasermitattujen mallien hyödyntäminen suoraan peleissä ei ole vielä suotavaa niiden pinnan kolmioinnin ja epäoptimaalisten UVW-karttojen takia. Yksinkertaiset ja helpot muodot on nopeampi mallintaa manuaalisesti, jolloin lopputuloksesta syntyy siistimpi ja optimaalisempi. Realistisuus syntyy pienistä yksityiskohdista, ja vaikka niitä voidaan jäljitellä, se on aikaa vievää eikä ilman huomattavia taitoja täysin todenmukaista. On kuitenkin olemassa pinnalta ja muodoltaan monimutkaisia kohteita, joiden mallintaminen on työläs prosessi. Tällöin lähes automaattisesti luodun, mittatarkan mallin edut verrattuna manuaalisesti luotuun, täydellisen kolmipinnan malliin ovat merkittävät etenkin staattisten eli liikkumattomien mallien tapauksessa.

Työssä huomattiin, että lasermittausmenetelmillä tuotetusta korkeapolygonisesta mallista voidaan tuottaa pienipolygoninen, peliympäristöön soveltuva malli ja hyödyntää korkeapolygonista mallia normaalikartan luonnissa. Ongelmakohtaksi nousi tietyissä tilanteissa keilausohjelmistojen automatisoitu UVW-kartoitus, joka ei vastannut laadultaan pelimalleille sopivaa karttaa.

Keilaustapahtuman yhteydessä kerättyjen valokuvien käyttö mallien tekstuurina on merkittävästi raskaampi vaihtoehto kuin manuaalisesti luotujen, toistuvuutta hyödyntävien tekstuurien. Suurien mallien kohdalla pelissä, joka on läheltä kuvattu, jouduttaisiin turvautumaan niin suuriin resoluutioihin, että niiden käyttö ei olisi mielekäästä. Valokuvapohjaisissa tekstuureissa on kuitenkin liikkumattomien valonlähteiden ja staattisten objektien yhdistämisessä se erityispiirre, että niiden valo- ja varjokartat ovat hyvin realistisia. Koska valot ja varjot tulevat todellisesta maailmasta ilman erillistä laskentaa, niiden monimutkaisuudelle ja tarkkuudelle ei ole rajoja.

Lasermittauksella on myös kiistaton etu nykymaailmaan sijoittuvien pelien maailmojen mallintamisessa: peli voidaan sijoittaa todellisiin paikkoihin, joissa kaikki on aivan kuin todellisen maailman vastaavassa sijainnissa.

Mittausteknologioiden kehitys laitteiston rakentamisesta aina mallin saattamiseen pelimoottoriin asti on hyvä esimerkki laserkeilausteknologian läpimurrosta informaation tuotannossa ja sen mahdollisuuksia kuluttaja- ja kartoitus- sekä yritysten välisillä (business to business, B2B) markkinoilla. Laserkeilauksen kansainväliset markkinat kasvavatkin jopa 15 % vuodessa. (Kukko ym., 2012; Hyyppä ym., 2013; Hyyppä, 2014)

Kiitokset

Kiitämme myös tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Hyyppä, Juha. 2014. Kaukokartoitus ja fotogrammetria. Geodeettinen laitos. Haastattelu 17.2.2014.

Hyyppä, Juha, Zhu, Lingli, Liu, Zhengjun, Kaartinen, Harri, Jaakkola, Anttoni. 2013. 3D City Modeling and Visualization for Smart Phone Applications. Hershey, Pennsylvania, USA: IGI Global.

Kukko, Antero, Jaakkola, Anttoni, Hyyppä, Juha. 2012. GL suunnannäyttäjänä kaupunkien 3D-mallinnuksessa. Geodeettisen laitoksen kolmiulotteinen malli Tapiolan keskuksesta auttaa yhdistämään virtuaalista ja fyysistä maailmaa. Positio 1/2012. 13–15.

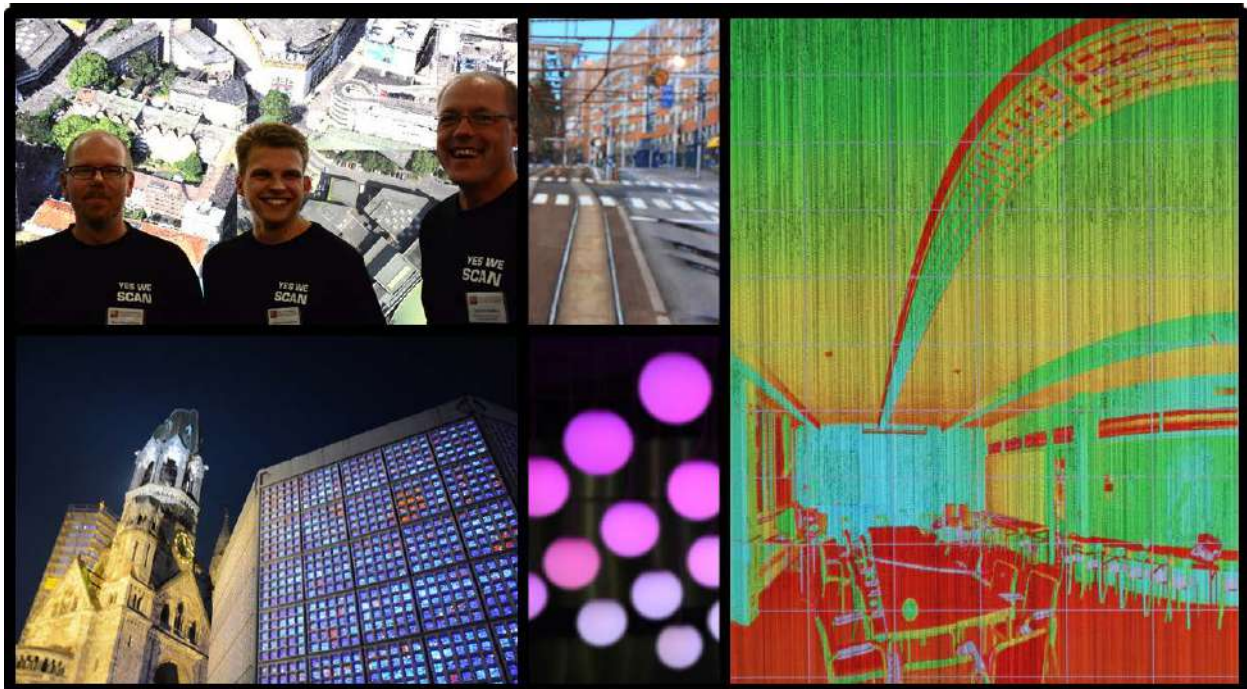
Pfeifle, Sam. 2012 Oh, so now laser scanning is video game technology. Verkkodokumentti. < <https://www.sparpointgroup.com/Blogs/Head-in-the-Point-Clouds/Oh,-so-now-laser-scanning-is-video-game-technology/> >. Luettu 12.12.2013.

Turppa, Tuomas. 2014. Laserkeilaus osana pelinkehitystä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri (AMK). Mediatekniikan koulutusohjelma. Insinööriyö. 86 s.

Unity Documentation. Verkkodokumentti. Unity Technologies. < [docs.Unity.com/Documentation/](https://docs.unity.com/Documentation/) > Luettu 11.8.2013.

Virtanen, Juho-Pekka. Laserkeilausmallinnus 2013. Työpaperi. Aalto-yliopisto.

Virtanen, Juho-Pekka, Turppa, Tuomas, Hyyppä Hannu. 2014. Unity ja laserkeilaus. Työpaperi. Aalto-yliopisto.



Kellokoneisto – Unity-peliprojekti

Tuomas Turppa^{1,2}, Hannu Hyyppä^{2,3a}, Marika Ahlavuo^{2,3a},
Harri Airaksinen^{3b}, Juho-Pekka Virtanen²

¹Geodeettinen laitos

²Aalto -yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

^{3a}Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

^{3b}Metropolia Ammattikorkeakoulu, Mediatekniikka

Tiivistelmä

Insinööriyössä tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa pelimoottorilla laserkeilausteknologioita hyödyntävä peli. Työ tehtiin Aalto-yliopiston maankäyttötieteiden laitoksella Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutissa. Tämä tutkimus toteutettiin Suomen Akatemian, Suomen kulttuurirahaston ja RYM-Shokin rahoittamissa Roadside-, Fokus- ja Energizing Urban Ecosystem -projekteissa.



Johdanto

Insinööriyön osana tehdyn peliprojektin lähtökohtana oli ideoida ja kehittää peli, jossa laserkeilatut mallit pääsisivät hyvin esiin. Parhaiten keilattu aineisto on edustettuna grafiikaltaan realismia tavoittelevassa pelissä, jossa kameran perspektiivi on lähellä kuvan sisältöä, jotta yksityiskohdat pääsevät paremmin esille. Tämä johtaa graafisesti hieman raskaampaan lopputulokseen, koska tällöin esim.tekstuuriin resoluutioiden on pystyttävä tarjoamaan tarkkuutta hyvin läheltä tapahtuvassa tarkastelussa. Suuret tekstuurit vaativat paljon videomuistia, ja tietokoneiden näytönohjaimissa sitä on tarjolla runsaimmin, joten oli luontevaa valita PC-pelin alustaksi. Koska PC tukee parhaiten myös eri tekniikoita, se mahdollisti parhaiten peliprojektin kulun tarkastelua, omien taitojen kehitystä ja pelinkehityksen tutkimista.

Projektin pelisuunnittelu alkoi sen pohtimisella, minkälaisessa ympäristössä lasermitatut mallit pääsisivät parhaiten oikeuksiinsa sekä määriteltiin pelin tyyli ja lajityyppi. Ensimmäiseksi päädyttiin kolmannesta persoonasta kuvattuun rooliseikkailupeliin, koska siinä malleja voi katsella läheltä ja

useasta kulmasta kameraa liikuttamalla. Surrealistinen steampunk teemana houkutteli, joten peli sijoitettaisiin maailmaan, jossa kellokoneistot olisivat suuressa osassa. Tunnelmaa korostettiin visi-
oimalla sumuinen maailma, jossa kellokoneistot liittyisivät koko maailmankaikkeutta pyörittävään mekaniikkaan, jonka oivaltaminen tulisi olemaan oleellista pelissä. Samalla tutkittiin, kuinka oleellinen osa pelin pelattavuutta on selkeä, nähtävä kausaliiteetti, joten maailma sijaitsikin eräänlaisella unitasolla, johon viljeltiin epäjohtonmukaisuuksia (kuten merenranta majakoineen linnan sisällä). Pelisuunnitelma eli projektin edistyessä.

Alkuaineistona oli fotogrammetriaa hyväksikäyttäen luotu Olavinlinnan malli, joka johti pelin hengen muuttumiseen hieman keskiaikaisemmaksi ja synkemmäksi. Lopulta pelimaailmaksi muotoutui kauhuseikkailu roolipelivahtein.

Juoni ja pelimaailma

Soisella alueella sijaitseva linna kätkee salaisuuksia. Linnan talonmies on hoitanut rakennusta parhaansa mukaan isäntänsä poissa ollessa ja vaimonsa toimiessa majakanvartijana linnan sisällä sijaitsevassa majakassa, mutta pariskuntakin näyttää kadonneen jättäen jälkeensä vain toinen toistaan epämääräisempiä viestejä. Niiden mukaan linnan syövereistä on alkanut kantautua entistä pahaenteisempiä ääniä ja todennäköisin lähde ovat isännän erikummalliset koneet. Pelaaja herää tähän vieraaseen maailmaan vanhan mökin kuilumaisesta kellarista vailla mitään muistikuvia menneisyydestä ja mielessään vain kummallinen tunne siitä, että kaikki ei ole kohdallaan.



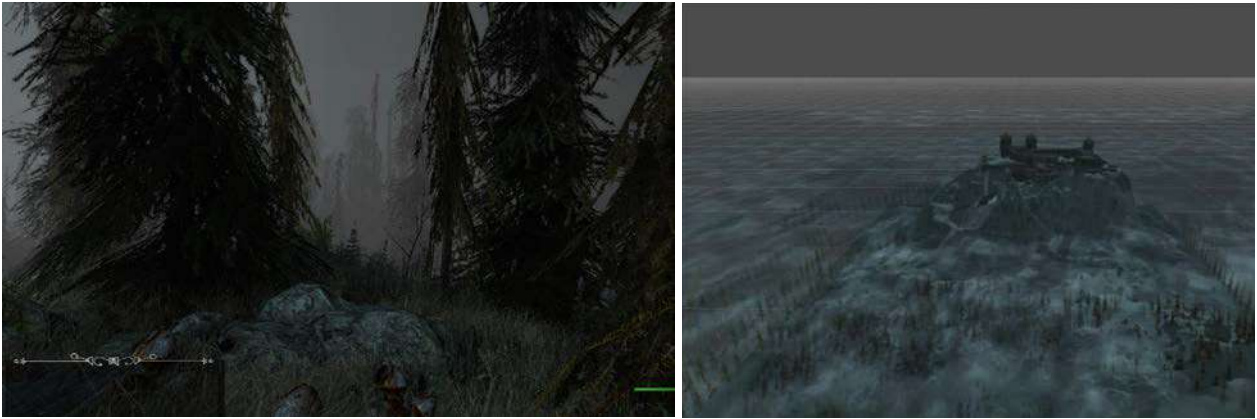
Linna kätkee sisäänsä meren rannan, josta vähän matkan päässä sijaitsevalla luodolla on majakka. Totuus maailmasta alkaa paljastua pelaajalle vähitellen.

Pelimaailma sijoittuu hämärän rajamaille, unenomaiseen tilaan, jossa kausaliiteetti rakoilee ja suuret kellokoneistot pitävät aikaa loputtomassa kierteessä.

Ympäristössä on pyritty tunnelmallisuuteen ja tavanomaisista peliympäristöistä poikkeavaan asetteluun. Metsät ja kasvusto ovat paikoittain hyvin tiheät. Kasvillisuus on osittain otettu Suomen luonnosta, kuten kuuset ja horsmat. Pelin pääalueena on usvainen suoalue, jossa suuren mäen päällä sijaitsee linna. Suoalueella on myös hieman matalamman mäen päällä juonen kannalta keskeinen hylätty hautausmaa mausoleumeineen sekä parhaat päivänsä nähnyt mökki ja lato. Suoalueen soista

nousee valtavia hammasrattaita, ja metsissä vaeltaa luurankomunkkeja, satureita ja mekaanisia hyönteismäisiä olentoja.

Linna on jakautunut kolmeen eri alueeseen. Linnan oleskelutilat ovat loputon sokkelo. Pelaajaa siirrellään samannäköisiin tiloihin täsmälleen samassa asennossa sattumanvaraisesti. Oleskelutiloissa on lintupääkalloisia luurankovihollisia, jotka on suhteellisen helppo päihittää yksitellen, vaikkakin massoina ne ovat erittäin vaarallisia. Oleskelutiloista on pääsy linnan sisäiselle meren rannalle, jossa pelaajaa odottaa venekyyti majakan rantaan. Oleskelutiloissa on myös salakäytävä linnan alla sijaitsevaan luolastoon, johon pelaaja pääsee pelin myöhäisemmässä vaiheessa.



Pelin metsäalueet ovat hyvin tiheäkasvuisia ja sisältävät viitteitä Suomen luontoon. Suoalue linnoineen. Pelin suurin yksittäinen alue.



Linnan sisällä sijaitsevalle majakalle pääsee vain veneellä.

Pelialueelta toiselle pääsee kulkemaan vapaasti, mikäli pelaaja on hankkinut pääsyn kyseiselle alueelle. Esimerkiksi linnan ovi on lukossa eikä sinne pääse ilman avainta. Pääsy rannalle, josta pääsee veneellä linnan majakalle, on osittain sattumanvarainen tapahtuma. Linnan käytävillä täytyy vaeltaa jonkin aikaa löytääkseen huoneen, josta siirtymä tapahtuu. Majakkatapahtuma on kertaluonteinen.

Ohjelmointi

Pelin ohjelmoinnissa hyödynnettiin sekä C#:a että Unityscriptiä. Näiden kahden välillä pelin lopullisessa suoritusnopeudessa ei ole eroa, kunhan käyttää tyyplitettyä Unityscriptiä. Tavallisesti voitaisiin sanoa, että paras tapa on käyttää yhtä kieltä, mutta koska kyseessä ei ole kaksi aivan samoin toimivaa kieltä, jotkin asiat oli mielekkäämpää toteuttaa toisella kielellä kuin toiset. Ohjelmien erillinen kääntöjärjestys auttoi koodin jäsentämisessä. Koska C# kääntyy ennen Unityscriptiä, sillä pyrittiin tekemään staattiset, yleiset ja riippumattomat luokat. Komponentteihin, joita kutsutaan toistuvasti, kuten vihollisten tekoäly ja kentällä sijaitsevien objektien animaatiot, optimoitiin olemaan kuluttamatta laskentaa, kun ne sijaitsevat liian kaukana pelaajasta tai eivät sillä hetkellä tarjoa mitään lisää pelikokemukseen.

Työssä kiinnitettiin huomiota objektien luomiseen. New-sanan käyttöä vältettiin ja eri peliohjeita pyrittiin uudelleenkäyttämään mahdollisimman paljon, jotta välttyttäisiin turhilta, erittäin raskailta System.GC.Collect()-kutsuilta. Edellä mainitun Garbage-Collector-kutsun tarkoituksena on automaattisesti huoltaa muistia tuhoamalla objektit, joihin ei viitata enää. Tämä on yksi JIT:n huonoimpia puolia peliohjelmoinnin kannalta, sillä se voi aiheuttaa merkittävääkin nykimistä peleissä. Tätä kutsua kiertämään on kehitetty ObjectPool eli objektiltaaksi kutsuttu toimintamalli. Kierrätysaltaan periaate on, että tuhoamisen sijaan eri objektit työnnetään talteen altaaseen inaktiivisiksi ja tarpeen vaatiessa uudelleen alustetaan vastaamaan uutta instanssia luokasta. Vain altaan ollessa tyhjä turvaututaan objektien todelliseen luontiin. Allas on yksinkertaistettuna tavallisesti laajennettava lista, jonka ympärille on rakennettu kierrätystä tukevia toimintoja. Oma varsinaista objektien kierrätysalasta ei kuitenkaan luotu hallinnoimaan tapahtumaa, koska pelissä oli hyvin vähän ajonaikaista instansioitumista ja objektien tuhoutumista.

Unity Pron käyttäjä saa käyttöönsä myös helsinkiläisen Umbra Software Umbra 3 -työkalun. Umbra 3 luo esivalmistellun "occlusion culling"- eli näkyvyyskarsintajärjestelmän, joka perustuu binaarisen puumallin. Se jakaa pelimaailman soluihin ja niiden sisäisiin soluihin luoden näin hierarkisen puun, jota ajon aikana tarkastelemalla pystytään optimoimaan ruudulle piirrettävä data kameran sijainnin mukaan. Frustrumkarsinta auttaa poissulkemaan frustumien ulkopuolelle jäävät alueet piirrosta, mutta sen sisäpuolella syvyys suunnassa eri objektien taakse jäävät objektit joudutaan kuitenkin jossain määrin käsittelemään, vaikka ne lopuksi jäävätkin niiden eteen tulevien mallien taakse piiloon, ja juuri tämän huomioon ottamiseen näkyvyyskarsinta erikoistuu. Unityssä tämä tarkoittaa Umbran kohdalla, että frustumien sisään, mutta piiloon jäävien objektien Renderer-komponentti deaktivoidaan (disable) ennen piirtoliukuhihnaa. Umbra 3 käyttää kahta erillistä puuta ajon aikana muuttuville ja muuttumattomille objekteille.

Umbra on täysin prosessoripuolella tapahtuva ja monisäikeistetty eikä se sisällä muistin dynaamisia allokatioita, joten se ei vaikuta esimerkiksi CarbageCollectorin toimintaan negatiivisesti.

Umbr 3:n käyttö jäi projektin ulkopuolelle, mutta se on yksi niistä ominaisuuksista, jotka otetaan käyttöön seuraavassa, Pro-versiolla tuotetussa versiossa. Projektissa käytettiin mallien yhdistämistä toisiinsa siten, että lähekkäiset, todennäköisesti samaan aikaan kuvassa näkyvät kopiot samasta mallista muunnettiin yhdeksi malliksi, jolloin saatiin tehokkaasti pienennettyä piirtokutsujen määrää.

Ohjelman rakenne ja päävalikko

Peliprojektissa käytettiin mustalaatikko -periaatteista, pelaajakeskistä rakennetta, jossa pelaajan interaktioyritykset laukaisevat eri peliobjektien komponentteja. Interaktiosillan luomiseen käytettiin lähinnä erilaisia kollisiotestejä ja säteiden ampumista. Peliobjektit jäseneltiin sijaitsemaan tyyppinsä mukaisissa avaruuksissa, mikä helpottaa samantyyppisten objektien käsittelyä ja hallinnointia. Eri objekteille luotiin myös eri kerroksia (layer), jotta saatiin optimoitua eri peliobjektien välistä keskustelua.. Esimerkkinä tästä on vihollisten havainnointi ja hyökkäys. Havainnoidessaan säteillään ympäristöä vihollisten ei tarvitse välittää esimerkiksi sumusta, vaan säteet voidaan laittaa hylkäämään objektit, jotka sijaitsevat tai eivät sijaitse halutulla tasolla bittimaskeja käyttäen. Hyökkäysten ei tarvitse välittää mistään muusta kuin pelaajaobjektista.

Unityn eri pelinosiot, kuten kentät ja menut, voidaan jakaa erillisiin Sceneihin eli näkyymiin tai tasoihin. Välimuistiin latautuu tällöin vain tietty alue pelistä. Päämenu sisältää valikon ääni- ja grafiikka-asetuksille, hahmon luonnin ja tallennettujen pelien lataamisen.



Pelin päävalikko.

Hahmon luonti ja hahmo

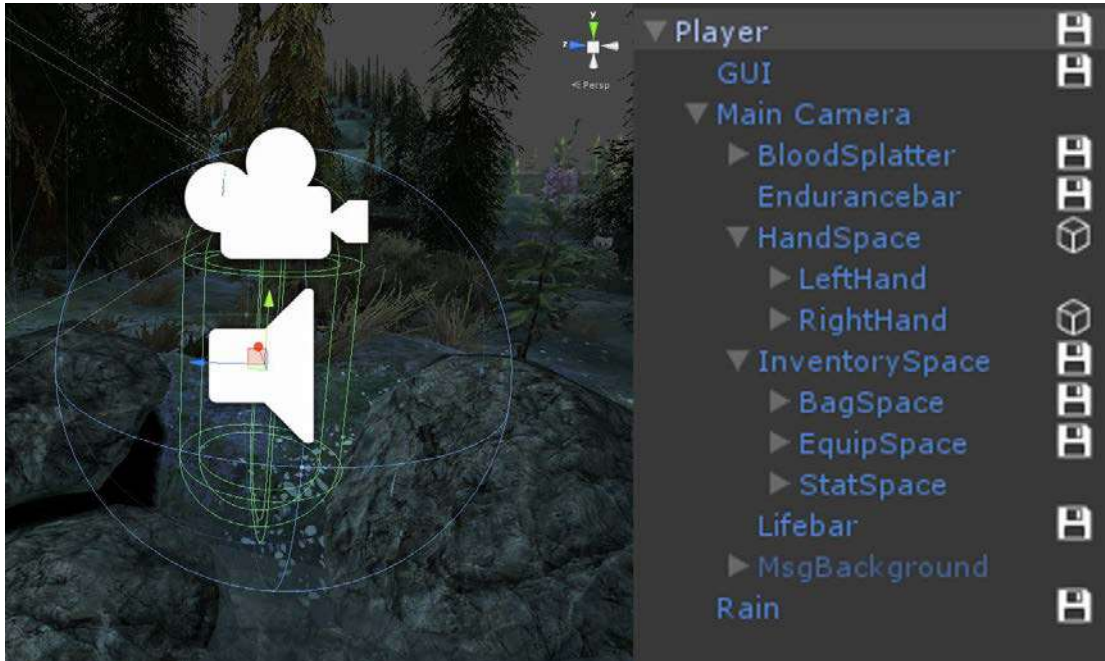
Hahmoa luotaessa valitaan etu- ja sukunimi ja sille jaetaan eri ominaisuuksiin viisi kykypistettä. Eri ominaisuuksia ovat voima, nopeus, kestävyys ja akrobatia. Voima määrittää, kuinka suurta vahinkoa pelaaja pystyy aiheuttamaan hyökkäyksillään ja kuinka painavia esineitä pelaaja pystyy nostamaan ja liikuttamaan. Nopeus määrittää, kuinka nopeasti pelaaja pystyy liikkumaan. Kestävyys kertoo, kuinka paljon vahinkoa pelaaja pystyy sietämään ennen kuin kuolee. Akrobatia määrittää, kuinka korkealle pelaaja pystyy hyppäämään.

Edellä mainittuja ominaisuuksia pystyy pelissä kasvattamaan erilaisilla esineillä, kuten aseilla tai ruualla. Alkuperäisenä ajatuksena oli, että ominaisuudet kasvaisivat mitä enemmän niitä käyttäisi, mutta ominaisuudet jäivät hieman enemmän taka-alalle, kuin oli suunniteltu, ja siksi oli luontevampaa rajoittaa niiden kasvuakin. Tulevissa versioissa niistä ehkä otetaan enemmän irti.

Suurin osa pelin logiikasta sijaitsee pelaajahahmossa. Pelaajahahmon hierarkkinen rakenne on seuraava:

Pelaajaobjekti sisältää liikkumiseen ja muiden peliobjektien väliseen interaktioon tarvittavat komentorivit ja horisontaalisen näkökentän hallinnan. Seuraavana hierarkiassa tulee GUI-peliobjekti, joka sisältää GUI-komponentin hallinnoimaan pelimaailman ulkopuolisia asioita: valikoita, inventaariota ja vasemman laidan viestilaatikon. Rain- on peliobjekti, joka hallinnoi sadepartikkeliefektiä ja päättää, milloin sadetta esiintyy. Sade tulee lokaalissa koordinaatistossa laskennallisista syistä. Kun ”sadepilvi” pysyy jatkuvasti pelaajan yllä, ei tarvitse luoda koko pelialueen kokoista, partikkelimäärältään moninkertaista säärintamaa, joka tuhoaisi pelin FPS:n. MainCamera sisältää skybox-materiaalin ja vertikaalisen näkökentän hallinnan ja toimii pelaajan näkökenttänä. Kamera-avaruudesta sijaitsevat BloodSplatter, Endurance- ja Lifebar, HandSpace, InventorySpace ja Deaktivoitu MsgBackground, joka toimii taustagrafiikkana varsinaisille viesteille pelissä. BloodSplatter on graafinen elementti, joka tulee näkyviin pelaajaa vahingoitettaessa ja on nimensä mukaisesti ”veriläiskiä kameranruudulla”. Endurance- ja Lifebar ovat GUI:n graafiset elementit indikoivat pelaajan iskujen voimakkuutta ja kestävyyttä. HandSpace sisältää pelaajan käsiobjektit, joista vasen lähinnä kuljettaa tehtävien kannalta oleellisia esineitä. Oikea käsi on olennainen taisteluissa. Oikea käsi hallinnoi myös hyökkäyksiä, käytössä olevaa asetta sekä näiden animaatioita.

InventorySpace on GUI-alue, jossa pelaajan inventaario, hahmon varustus ja ominaisuudet ovat näkyvillä.



Pelaajahahmon hierarkinen rakenne (hierarkinen rakenne, rakennehierarkia).

Fysiikka

Pelissä käytettiin hyödyksi Unityn fysiikkamoottoria. Pelin tehtävissä ja ongelmien ratkaisussa pyrittiinkin hyödyntämään sitä mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi pelin alussa pelaajan herätessä maakellarista hänen täytyy koota sieltä löytyvistä esineistä itselleen torni päästäkseen pois. Fysiikka ei kuitenkaan ole käytössä universaalisti kaikessa vaan ainoastaan irtoesineissä, vihollisissa ja pelaajassa. Esineitä pystyy kantamaan, heittämään ja työntämään, mikäli niiden massa on tarpeeksi alhainen suhteessa pelaajan voimaan.

Viholliset

Peliä kehittäessä käytössä oli ilmainen Unity ja koska kyseessä oli yhden hengen projekti, vihollisten tekoäly jäi jotenkin hyönteismäiseksi eli eri ärsykkeisiin vastaamiseksi ja yksinkertaiseksi liikeratojen tunnistukseksi resurssien puutteen vuoksi. Nyt liikkuminen tapahtuu laskennallisesti raskaalla säteiden ampumisella. Säteitä ammutaan 120 asteen alueelle eli ihmisen tarkan oletusnäkökentän mukaisesti, vihollisen näkökyvyn etäisyydelle, 5 asteen välein ja katsotaan, kohtaako se mitään, mihin vihollisen tulisi reagoida. Mikäli säteet eivät havaitse mitään merkitsevää, vihollinen jatkaa vaelteluaan, kun pelaaja on lähettyvillä. Jos vihollinen kuitenkin näkee pelaajan, se asettuu jahtaamistilaan, kunnes se on hyökkäysetäisyydellä, jolloin tila vaihtuu hyökkäykseksi ja vihollinen hyökkää.

Vihollinen reagoi myös esteisiin yrittämällä korjata liikerataansa. Pelaaja voi jäädä taistelemaan tai pyrkiä karkaamaan tilanteesta pääsemällä tarpeeksi etäälle vihollisesta, jolloin se palaa odotustilaan.

Pelissä on myös hiipimiskohtauksia, joissa liian läheinen ja nopea liike havahduttaa viholliset pelaajan läsnäolosta ja saavat ne jahtaamistilaan. Näissä tilanteissa on painotettu hiipimistä, joten vihollisten havaitessa pelaajan on enää vähän tehtävissä.

Maailman luonti

Maailman luonnissa käytettiin Unityn maastonluontityökaluja maastonpohjan luomiseen ja pienkasvillisuuden ja puuston asetteluun. Sisätilat rakennettiin 3ds Maxissa modulaarisista huoneista. Maaston kuusistoa varten käytettiin pakattua kartoitustekniikkaa, jossa bittikartan eri kanaviin sisällytettiin erikartoituksia. Punainen kanava sisälsi läpikuultavuuskartan, vihreä taas normaalikartan vihreän kanavan, sininen kiiltokartan ja alphanava normaalikartan punaisen kanavan.



Suoalueen kuusissa on käytetty pakattua kartoitusta.

Sumu ja lumi

Pelin ulkoalueilla on sumua, joka on yhdistelmä useampaa eri menetelmää. Raskas sumu on rakennettu pyörivistä neliöpolygoneista, joissa on läpinäkyvät tekstuurit. Sumupolygonit häviävät taustaan sulautuen, kun pelaajan y-koordinaatti saapuu liian lähelle sumun y-koordinaattia. Sumua on tuke-

massa partikkeliefektisumu, joka on ilmassa vapaammin leijailevaa sumua, ja horisontin sekoittumisen sumuväriin. Jälkimmäinen on yleisesti käytetty optimointimenetelmä, joka tavallisesti vain sekoitetaan horisontin väriin.

Pelissä testattiin lumen luomista eri pinnoille varjostinohjelmoinnilla. Lumivarjostinta, jossa verteksivarjostinta on käytetty siirtämään mallin pinnan kulmapisteitä lumisateen osumasuuntaan, mikä luo lumelle hieman volyyymiä, ja pikselivarjostinta muuntamaan lumisateen osumakohdista pinnan tekselien väriä lumen tekstuuriin ja värin mukaiseksi. Varjostin toimii hyvin, mutta se jätettiin lopullisesta peliversiosta pois.

Valaistus

Maaston ja puiden varjojen luontiin käytettiin Unityn mukana tullutta valokartoitustyökalua. Koska reaaliaikaisten varjojen käyttö on laskennallisesti hyvin raskasta, Beäst luo ja laskee pelimaailman objekteille valokartoitukset halutuun parametreihin ja valonlähtein.

Pelimoottoreiden valon esilaskenta on yksi merkittävistä syistä, joiden vuoksi eri mallien UVW-karttojen tulisi mahtua koordinaattien 0,0 ja 1,1 väliin eli neliön muotoiseen tilaan, joka usein on mallinnusohjelmissa valmiiksi korostettuna. Valokartoitukset halutaan laskea pelimoottorin puolella automaattisesti, jotta valonlähteen siirtämisestä johtuvat muutokset varjojen sijainneissa saataisiin päivitettyä mahdollisimman kivuttomasti. Koska kyseessä on automatisoitu toiminto, ja kaikki kartoitusbittikarttojen tekselien UVW-koordinaatit sijaitsevat edellä mainitun alueen sisäpuolella UVW-kartta pois lukien (vaikka ylitemenevät alueet todellisuudessa katkaistaan oletuksena myös pysymään kyseisellä alueella tavallisesti tekstuuriin toistettavuuden vuoksi), täytyy myös valaistusbittikartan kattaa vain 0,0:n ja 1,1:n välinen neliönmuotoinen alue. Jos UVW-kartta ulottuu neliön ulkopuolelle, tapahtuu kartoitusten kohdalla laatoitusefekti, joka toimii sen huomioivien tekstuurien kanssa hyvin eli ylimenevä alue katkeaa ruudukkomaisesti myös UVW-yksikön sisään. Koska valaistus ei ole laatoittuva, vaan pinnan eri kohdilla on erilaiset valoarvot, tämä ei tietenkään toimi. Unityssä on kuitenkin otettu ongelma huomioon ja malleja siihen tuotaessa voi määrittää myös mallille automaattisesti generoitavan, toisen UVW-kartan erityisesti valokartoitusta varten.

Piirtopolut

Unityn kuvanpiirrolle tai vaihtoehtoisesti suoraan kameralle voi määrittää erilaisia piirtopolkuja PlayerSettings-valikosta. Piirtopolut määrittävät lähinnä, miten valaistusta ja varjoja tullaan käsittelemään. Unity tukee kolmea eri piirtopolkua (Unity Documentation, 2013): kulmapistevalaistua (Vertex Lit), suoraa piirtoa (Forward) ja laskennallista valaistuspiirtoa (Deferred Lightning). Laskennallinen valaistuspolku on ainoastaan Proversion ominaisuus.

Kulmapisteen valaistuspiirto (Vertex Lit) - Kulmapisteen valaistuspiirto on näistä kolmesta kaikkein laskennallisesti kevyin ja parhaiten tuettu laitteistopuolella. Kulmapisteen valaistuspiirto tehdään siten, että kaikista valonlähteistä osuva valo lasketaan mallin kulmapisteiden kohdalta ja väliin jäävän pinnan valaistus interpoloituu näiden arvojen mukaisesti. Koska valo lasketaan vain kulmapisteiden kohdalta, tämä piirtopolku ei tue suurinta osaa pikselitasolla tapahtuvista efekteistä, kuten varjoja, normaakartoituksia tai tarkkoja valaistuskarttoja.

Suorapiirto (Forward) - Suorapiirroissa jokaiselle objektille suoritetaan yksi tai useampi laskentakerta, riippuen malliin vaikuttavista valoista. Valoja käsitellään niiden intensiteetistä ja asetuksista riippuen. Esimerkiksi tietty määrä kirkkaimmista mallin pintaan osuvista valoista käsitellään pikselitasolla. Unityssä neljään pistevalonlähteeseen asti niitä käsitellään kulmapistetetasolla ja loput käsitellään ”Palloharmonisesti” (Spherical Harmonics), joka on hyvin nopeaa karkeaa laskentaa pintaan osuvalle valolle. Suorassa piirroksessa, mikäli valonlähde on asetettu piirtotilaltaan epätärkeäksi (Not Important), se tullaan aina käsittelemään joko kulmapistekohtaisesti tai palloharmonisesti. Valot, jotka taas on asetettu tärkeiksi (Important), käsitellään aina pikselitasolla.

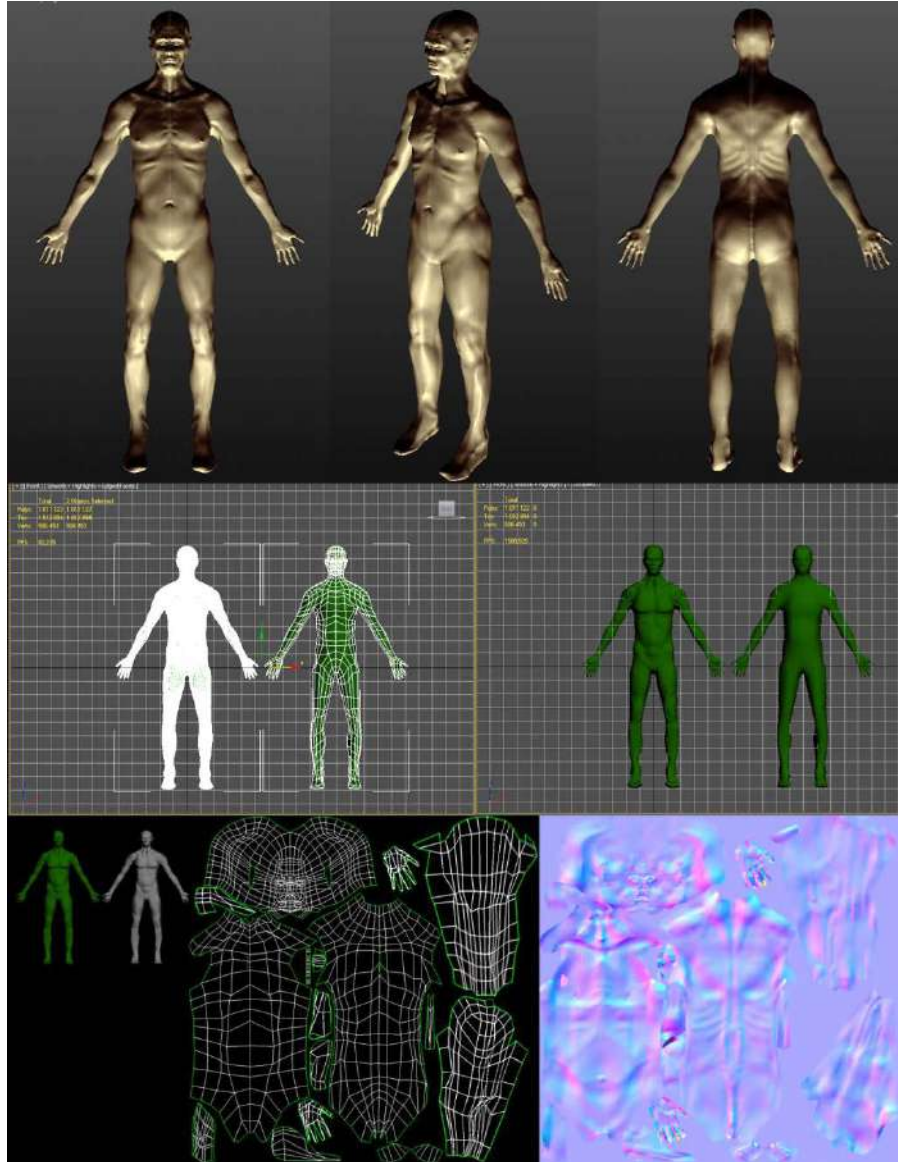
Laskennallinen valaistus (Deferred lighting) - Laskennallinen valaistus on laskennallisesti raskain vaihtoehto: siinä ei ole ylärajaa mallin pintaan vaikuttavien valonlähteiden määrälle, ja ne kaikki käsitellään pikselitasolla. Laskennallisessa valaistuksessa on etuna, että laskennan määrä on suhteellinen valon pikselien määrään.. Tällöin ei ole merkitystä, kuinka montaa eri objektia valo valaisee ja laskennan määrää voidaan pitää kurissa pitämällä valot pieninä. Haittapuolina laskennallisessa valaistuksessa on antialiasiointin tuen puute ja osittain läpinäkyvät mallit, joihin joudutaan käyttämään suoraa piirtopolkua. Projektissa käytettiin Unityn oletusasetuksenakin löytyvää suorapiirtoa.

Äänet

Pelin äänimaailma koostuu pääosin tausta-ambienssista, liikuteltavien peliobjektien elementtiäänistä ja vihollisten ääniefekteistä. Jokaisella vihollisella on ääniefektit seuraaville tiloille: hyökkäämiselle, askelille, jahtaamiselle, osumiselle ja kuolemislle. Ääniefekteihin raakamateriaali on haettu internetistä ilmaislevitykseen tarkoitetuilta sivuilta, kuten SoundBible (<http://soundbible.com/>). Tämän jälkeen materiaali on editoitu halutunlaiseksi Audacity-audioeditoriohjelmalla (<http://audacity.sourceforge.net/>). Käytännössä on pyritty siihen, että vain pitkäkestoiset äänet, kuten tausta-ambienssi, on pidetty .mp3-muodossa tilan säästämiseksi, mutta pienet ääniefektit, kuten oven narina tai vihollisten äänet ovat .wav-formaatissa. Pakattu .mp3 hidastaa toistoa, koska se joudutaan ensin purkamaan, kun taas pakkaamattomana .wav on laskennallisesti tehokkaampi vaihtoehto äänille vieden kuitenkin merkittävästi enemmän muistia. Ambientti- taustamusiikin teki Jani Miettinen.

Hahmojen pohjamallin suunnittelu

Projekti käynnistyi tammikuussa 2013 mallintamalla peliin ensimmäinen malli, androgyynin humanoidi, jonka oli tarkoitus toimia hahmomallipohjana peliin tuleville humanoideille ja samalla syventää animointitaitoja. Mallinnus alkoi luomalla nelipolygoneista koostuva pelimalli, joka siirrettiin Sculptris-muovausohjelmaan, jossa mallinnettiin pinnan yksityiskohdat. Näin syntyi korkeapolygoninen malli. Malli vietiin 3ds Maxiin, jossa normaalikartta luotiin manuaalisesti. Animointi oli aikaavievää ja hidasta, mutta se nopeutui jokaisen riggauksen jälkeen merkittävästi, kunnes projektin loppupuolella kyseinen vaihe ei kestänyt kuin murto-osan alku-ajoista. Hahmoa ei kuitenkaan käytetty lopullisessa pelissä pohjana muille kuin muumioidulle linnan entisen talonmiehen vaimolle.



Androgyynimalli pelin hahmojen pohjamalliksi. Hahmolle luotiin normaali- ja tekstuurikartat ja luujärjestelmä animaatioineen.

Edellä mainittu tapahtui jo ennen varsinaista pelisuunnitelman kehittelyä ja ensimmäistä varsinaista projektiin liittyvää tapaamista vain karkean peli-idean pohjalta. Hahmon valmistuttua alkoi itse pelimaailman tunnelman, juonen ja ympäristön suunnittelu. Referenssiksi kerättiin kuva-atlaksia ja tutkittiin mahdollisia rakennus- ja esinekohteita Suomen rajojen sisältä, joita voisi keilata peliin rekvisiitaksi. Myös niiden pohjalta luotiin kuva-atlas.

Alkuperäinen peli-idea oli suunniteltu toimimaan kolmannesta persoonasta kuvattuna, laji-tyyppinä rooliseikkailu, mutta juuri animointitaitojen silloinen puute sai pohtimaan mahdollista toisenlaista lähestymistapaa, jotain, missä animaatioita ei tarvitsi niin paljoa, ja ajatus ensimmäisestä persoonasta kuvattuna pelistä syntyi). Ennen suunnanmuutosta oli kuitenkin jo nähty melkoisesti vaivaa esimerkiksi älykkään kameran luomisessa, ja se jätettiin tulevaisuuden versioita varten, mikäli peliin haluttaisiin lisätä kolmannen persoonan näkymä. Päätös pelaajan perspektiivin muuttumisesta lisäsi tempoa huomattavasti, ja se osoittautuikin erittäin hyväksi ratkaisuksi.

Ensimmäisiä komponentteja, joita peliin ohjelmoitiin, olivat vihollisen tekoäly, josta luotiin useampi versio, muunnelma Unityn CharacterMotor-luokasta ja käyttäjän syötettä varten FPSInput-Controllere-luokka. Koska tarkoitus oli luoda peliin epätodellista tunnelmaa, pyrittiin vaihtelevaan erilaisia "linssejä" kamerassa. Aluksi käytössä olikin ihmisen näkökenttää huomattavasti laajempaa näkökulmaa.

Pelin maailman ensimmäisen vedoksen valmistuttua alkoi taistelumeکانismin ja dialogijärjestelmän suunnittelu. Taistelumeکانismi sisälsi kaksi erilaista hyökkäystä, piston ja lyönnin. Näiden iskujen aiheuttaman vahingon määrää pystyi nostamaan lataamalla niitä pitämällä iskua vastaavaa hiiren näppäintä pohjassa tarpeeksi kauan. Tämä oli tarkoitus pitää vain alkuasetelmana taistelujärjestelmille ja myöhemmin tarkoituksena oli siirtyä vapaammin ohjattavaan eri aseiden käsittelyyn.

Dialogijärjestelmä on aluksi staattisena luokkana, joka toimii eräänlaisena kortisto-ohjelmana. Eri henkilöillä oli oma uniikki tunnusluku, jolla haettiin oikeat dialogit uniikkeine indeksoivilla arvoilla. Järjestelmän kömpelyydestä johtuen se muuttuikin enemmän Unityn sisäistä arkkitehtuuria hyödyntäväksi eli komponenttipohjaiseksi. Jokainen hahmo muutettiin sisältämään oma dialogikomponentti, joka salli editorissa eri puheiden muuttamisen.



Muumiotu majakanpitäjä ja dialogijärjestelmä.

Taistelumeکانismin ja dialogijärjestelmän ensimmäisten versioiden koeajon aikaan, aloitettiin inventaariojärjestelmän suunnittelu. Inventaarion GUI-elementtejä harkittiin pitkään. Lopulta päädyttiin täysin kolmiulotteiseen, kaksiulotteisuuden illuusiolla varustettuun elementtiin, koska tällöin voitaisiin haluttaessa käyttää samoja peliobjekteja inventaariossa kuin itse pelissä, ilman erillisten kaksiulotteisten kuvaikonien luontia. Kolmiulotteinen inventaario mahdollistaa tarvittaessa monimuotoisempien animaatioiden käytön ja jatkokehityksenä tuotettavan pyöriteltävän ”mannekiinin”, jossa senhetkinen puettu varustus näkyy. Inventaariota lähdettiin tekemään tunnettujen pelien inventaariojärjestelmiä mukaillen pienin poikkeuksin. Inventaarion tavaratila määräytyy pelaajan voiman ja mahdollisten lisäesineiden mukaan. Tavaratila kuvaavat pienet hammasrattaat, joiden sisään mahtuu aina yksi eri esine. Esineitä pystyy liikuttamaan eri rattaasta toiseen, ja tiputtamaan pelikentälle. Kun vie hiiren niiden yläpuolelle ja pitää hiirtä pohjassa, tuo graafinen käyttöliittymä esiin osoitetun esineen Item-komponenttiin tallennettuja, tarkempia tietoja, kuten nimen, varustetyypin, arvon ja mahdollisen pidemmän kuvauksen.

Tallennusmahdollisuus toteutettiin käyttämällä Save Game Manager -nimistä liitännäistä. Save Game Manager osoittautui suunnitelluksi aikaisemmille Unity-versioille, joten sen käyttöönotto ei ollut täysin mutkatonta, vaan lähdekoodia täytyi päivittää itse, koska virallisia päivityksiä ei ollut tiedossa.

Peliin haluttiin myös jonkinlaista sään vaihtelua, ja koska kyseessä oli synkkätunnelmainen, surrealistinen peli, päädyttiin tekemään satunnaisesti eri ulkoalueille mentäessä ilmaantuva sade. Sateen simulointiin käytettiin Unityn tarjoamaa partikkelijärjestelmää pohjana.

Pelin testaus toteutettiin muutama henkilön avulla parissa kehitysvaiheessa. Testaussessiot paljastivat lähinnä visuaalisia virheitä ja joitakin fysiikkaan ja vihollisten tekoälyyn liittyviä ongelmia. Testaus toimi sanallisen palautteen periaatteella, eikä sitä varsinaisesti dokumentoitu. Testausta aiotaan painottaa tulevaisuudessa huomattavasti enemmän.



Pelaajan inventaarionäkymä. Näkymä on jaettu kolmeen eri osaan: hahmon perustietoihin, varuste- ja tavaratilanäkymään.

Kiitokset

Kiitämme myös tutkimustyön rahoittajia: Suomen kulttuurirahasto, Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemia (Roadside, Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Turppa, Tuomas. 2014. Laserkeilaus osana pelinkehitystä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri (AMK). Mediatekniikan koulutusohjelma. Insinöörityö. 86 s.

Unity Documentation. Verkkodokumentti. Unity Technologies. < docs.Unity.com/Documentation/> Luettu 11.8.2013.



Näkökulmia Espoon rakennettuun digiympäristöön – nyt ja tulevaisuudessa

Heikki Kotkavuori^{1,2}, Mikko Holmberg^{1,2}, Hannu Hyyppä^{1,2}, Marika Ahlavo^{2,1},
Lars Miikki^{3,2}, Mika Lindholm¹

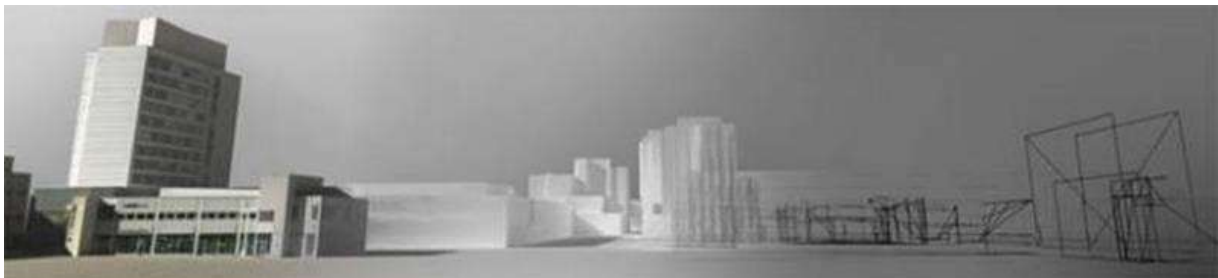
¹Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

²Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

³Järvelin Design Oy

Tiivistelmä

Tavoitteena oli kartoittaa Espoon alueen rakennetun digiympäristön nykytilaa ja tulevaisuuden näkymiä. Lisäksi hahmotettiin kuinka rakennettu digiympäristö voi tarjota alueellista tietoa ja kuinka tietolähde voi toimia perustana arvoa luovalle suunnittelu- ja päätöksentekoprosessille. Tavoitteena oli selvittää, kuinka alueen yhteistyö ja kilpailukyky voidaan parantaa avoimen digiympäristön avulla. Työssä on kartoitettu erilaisia digitaalisia menetelmiä, joita voidaan hyödyntää niin kaupunkikehityksen, kuin rakentamisen kannalta. Tehtyjen haastattelujen sekä kirjallisuuskatsauksen avulla on kartoitettu Espoon nykytilaa ja tulevaisuuden näkymiä digitaalisuuden, aluekehityksen ja alueen houkuttelevuuden kannalta. Mukaan on otettu myös kansainvälinen näkökulma, alueella asuvien ja aluetta käyttävien tahojen lisäksi. Projektissa on esitelty myös muutamia kehitysprojekteja joissa digitaalisuutta on hyödynnetty kehitys- ja suunnittelutyössä. Älykkäiden ympäristöjen rakentamisessa on kyse asumisen, työn ja vapaa-ajan ympäristöjen kehittämisestä toimiviksi, viihtyisiksi ja energiatehokkaiksi kokonaisuuksiksi, joihin kuuluvat fyysiset ja virtuaaliset palvelut yhdistyvät saumattomasti arkeen.



Tämä innovaatioprojektityö tehtiin yhteistyössä Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin kanssa. Projektin taustalla on vaikuttanut Espoon alueen laajentuminen metroyhteyden rakentamisen myötä, joka tuo alueelle useita laajoja rakennushankekokonaisuuksia.

1. Kuinka Espoo tulee muuttumaan?

Helsingin seudun väkiluku kasvaa vuoteen 2050 mennessä 2 miljoonaan asukkaaseen ja Espoon väkiluku tulee nousemaan seuraavan 20 vuoden aikana lähes 20 %. Vuonna 2030 väkiluvun on ennustettu olevan 305 000. Tuolloin väestöstä 20,5 % puhuu äidinkielenään muuta kuin suomea tai ruotsia. Ruotsinkielisten osuus espoolaisista tulee olemaan lähes 10 %. Espoon on varmistettava, että kaikki palvelut on mahdollista järjestää suomen ja ruotsin kielen ohella myös englanniksi, jolloin ulkomaalaisten työntekijöidenkin on helpompi kotiutua Espooseen. Yrityksen on helpompi palkata ulkomaalaisia huippuosaajia palvelukseensa, kun englanninkieliset palvelut ovat kunnossa. Työntekijän mukana muuttaa usein koko perhe, joten on ensisijaisen tärkeää, että puoliso ja lapset viihtyvät Espoossa. Espooseen onkin saatava yhteyshenkilöitä, jotka vastaavat työntekijöiden perheiden sopeutumisesta kaupunkiin ja ohjaavat heidät verkostoitumaan sekä löytämään mieleiset harrastuksensa ja ajanviettopaanssa.



Älykkään ympäristön rooleja digiympäristön, kaupungin ja ihmisen näkökulmasta.

Nykyinen tieverkosto ei yksin pysty vastaanottamaan näin suurta väkimäärän kasvua. Julkista liikennettä ja uusiutuvia energiamuotoja on suosittava tulevaisuuden liikennesuunnittelussa. Sähköautojen määrän lisääntymiselle on annettava ihanteelliset olosuhteet. Latauspisteitä on tarjottava tasaisesti pääkaupunkiseudulla. Yhteistyö naapurikuntien välillä näyttelee suurta roolia.

Espooseen on jo Helsingin metroliikenteen alkamisesta lähtien suunniteltu metroyhteyttä. Länsimetron suunnitteluprosessi aloitettiin v. 2007 ja rakentaminen käynnistyi 2009 marraskuussa.

Länsimetron on suunniteltu aloittavan liikennöinnin loppuvuodesta 2015. (www.eco-urbanliving.com)

Espoossa on vuonna 2009 hyväksytty Espoo strategia 2010-2013, joka ottaa kantaa Espoon tulevaisuuden tavoitteisiin. Tavoitetilana Espoo 2020 on edelläkävijä, hyvä paikka asua, oppia, tehdä työtä ja yrittää. Pyrkimyksenä luoda Espoosta moniarvoinen ja monikulttuurinen kaupunki, jossa on hyvä ilmapiiri sekä viihtyisiä ja turvallinen kaupunkiympäristö. Espoo tunnetaan maailmanlaajuisesti verkottuneena koulutuksen, huipputeknologian, kulttuurin, liikunnan, tutkimuksen ja innovaatioiden erityisosajana. Tavoitteena on myös tehdä Espoosta ilmastonmuutoksen torjunnan edelläkävijä. (Espoo-strategia)

Espoossa Finnoon alueen kehittämisessä on tulevien asukkaiden ja alueesta kiinnostuneiden ideoita otettu huomioon. Alueesta kiinnostuneille on järjestetty tiedotus- ja keskustelutilaisuuksia. Sähköisesti palautteen ja ideoiden antaminen tapahtui Joukkoenkeli.fi järjestelmässä, joka on kehitetty nimenomaan hankkeen eri osapuolten välisen kuilun kaventamiseksi. Finnoon alueen avoin kehittämismalli sai erittäin hyvän vastaanoton asukkailta. (joukkoenkeli.fi; Päivi Jäväjä, 2013)

Digitaalisuus tulee näkymään avoimen datan ja digitaalisten sisältöjen saatavuuden kehityksenä ja käytön laajentamisena eri käyttötarkoituksiin. Kun data julkaistaan avoimeksi, kuka tahansa voi vapaasti käyttää, muokata ja jakaa sitä edelleen sekä kehittää sitä yhteistyöllä entistä kattavammaksi. Voisi sanoa että syntyy ”dataa datan sisälle”. Digitaalisen tiedon käsittelyyn ja hallintaan tarvitaan tietenkin operaattori, joka hallitsee ja ylläpitää palveluun tuotua dataa ja mahdollistaa sen yhdistämisen muissa palveluissa olevaan dataan ja sisältöihin. Avoimen datan parhaita puolia on tässä se, että kaikki voivat osallistua sen kehittämiseen. Espoossa tulisi kehittää avointa dataa tähän suuntaan, kaupungilla on mitä parhaimmat edellytykset toimia testikenttänä uusille avointa dataa hyödyntäville ideoille ja sovelluksille. (Miikki, 2013)

2. Esimerkkejä digitaalisten sovellusten käytöstä, joista Espoo voisi hyötyä

Digitaalisuutta on hyödynnetty monessa kaupunkikehityshankkeessa. Vihdin Nissolan alueella tehtävään tasoristeyksen suunnitelmista on tehty havainnollinen malli Unity3D-peliympäristöön. Kyseinen malli ei ole pelkästään visuaalinen työkalu, vaan malliin on liitetty palautteenantojärjestelmä. Nissolan alueen 3D-mallissa ihminen pystyy avatarin avulla kulkemaan alueella ja kommentoimaan haluttua kohtaa tai lukemaan muiden kommentteja. Mallista näkee suoraan poistettavat tasoristeykset sekä uudet katu- ja tieyhteydet rakenteineen. Kommentoinneissa on ollut käytössä sähköpostivarmennus, jolla saadaan suodatettua osa turhista kommenteista. Palautteeseen voi myös liittää kuva-kaappauksen kyseisestä kohdasta. (www.vihti.fi; Päivi Jäväjä, 2013)

PehmoGIS on menetelmä, jossa ihmiset voivat lisätä omia kokemuksiaan ja kommentteja alueesta karttakäyttöliittymäpohjaiseen järjestelmään. PehmoGIS-kyselyiden tuloksia käytetään pääsääntöisesti tutkimustyöhön, mutta samalla kyselyillä annetaan käyttäjälle mahdollisuus vaikuttaa alueen kehittämiseen. Kyselyllä voidaan kartoittaa ihmisten kokemuksia esimerkiksi asuin ympäristön yleisestä laadusta, palveluista tai vaikka alueen turvallisuudesta. Menetelmän avulla asukkaiden kokemukset on mahdollista osoittaa suoraan fyysisiin paikkoihin karttakäyttöliittymän avulla. Koska kyseessä on internetpohjainen järjestelmä, joka ei ole aikaan ja paikkaan sidottu, niin useampien ihmisten on helpompi osallistua suunnitteluun. (pehmo.tkk.fi)

Järvenpäässä PehmoGIS-kyselyllä kartoitettiin ihmisten pyöräilytottumuksia ja mielipiteitä liikenneturvallisuuden ongelmakohdista. Kyselyssä pyöräilijä voi merkitä omat pyöräilyreitinsä ja ehdottaa uusia reittejä karttapohjaan tai vaikka merkitä toiveita pyörätelineiden sijainneille ja malleille. (Järvenpään pyöräilykysely, 2013) Vaasassa on selvitetty ihmisten mielipiteitä ympäristöstä ja arjen palveluista. Kyselyssä on mahdollista antaa parannusehdotuksia merkitsemällä paikka karttaan ja kommentoimalla mahdollisesta ongelmasta alueella. Positiivisen palautteen antaminen on myös osa kyselyä. Vaasan mallissa ihmisten kommentit ovat kaikkien käyttäjien luettavissa. (softgis.org.aalto.fi)

Suomessa kattavia kaupunkimalleja on tehty vain vähän. Pieniä alueita sen sijaan on mallinnettu hyvinkin pikkutarkasti. Erillishankkeilla luotujen visualisointien käyttö- ja omistusoikeudet ovat kuitenkin yleensä rajalliset. Euroopassa on paikoittain tehty paljonkin kaupunkimalleja, mutta kyseisten mallien hyödyntäminen suunnittelun lähtötietona on hankalaa, sillä ne ovat lähinnä vain visuaalisia teoksia. (Isotalo, 2013)

Tampereen kaupungin verkkosivuilla (<http://www.tampere.fi/vuores.html>) on mahdollista tutustua rakenteilla olevan Vuoreksen kaupunginosaan hyvinkin tarkasti. Ensimmäinen virtuaalimalli Vuoreksen alueesta on tehty vuonna 2000 ja mallia hyödynnettiin mm. vuoden 2012 asuntomessu-alueella. Malliin on lisätty myös 3D-aurinkoenergiamalli osana Tampereen ECO2-energia- ja ilmasto-hanketta, jonka avulla talojen sijoittelu ja kattokaltevuuksien optimointi voidaan toteuttaa mahdollisimman energiatehokkaasti. Tavoitteena on siirtyä hankekohtaisista malleista koko Tampereen kantakaupungin kattavaan kolmiulotteiseen malliin. Kyseessä on maastomalli-, kantanäkky- ja ortoilmakuva-aineistoon perustuva mallinnus, jota ylläpidetään jatkuvasti. Mallinnuksen ansiosta suunnittelutyössä ei tarvitse uudelleen mallintaa jo olemassa oleva kaupunkimallia, joka nopeuttaa suunnittelutyötä alueella. Kaupunkimalli on jatkuva prosessi, jota on tarkoitus pitää jatkuvasti ajan tasalla. (Isotalo, 2013)

3. Tulevaisuuden tekniikoita ja digitaalisuutta

3D-tulostus

Mustesuihku- ja lasertulostimien rinnalle markkinoille on saatu kohtuullisen hintaisia 3D-tulostimia. Kolmiulotteinen tulostus on virtuaalisen mallin tuotteistamista fyysiseen muotoon 3D-tulostimella. Tulostusmateriaalivalikoima on monipuolistunut huomattavasti. Materiaaleina voi käyttää esim. muovia, metallia, keraamisia aineita ja lasia. Tulostuspää sulattaa tai liuottaa nesteeseen tulostusmateriaalin ja suihkuttaa liukenevan materiaalin, joka kovettuu ohuina kerroksina haluttuun kohtaan. Malli muodostuu useista ohuista kerroksista. (wikipedia.fi)

3D-tulostimella tehdään tulevaisuudessa myös rakennuksia. Nykyään tekniikalla tulostetaan lähinnä pieniä virtuaalimallinnettuja objekteja, mutta tekniikka kehittyy kovalla vauhdilla ja tulevaisuuden tekniikoilla mikä tahansa voi olla mahdollista. Rakennushankkeen kannalta 3D-tulostuksella on mahdollista saada säästöä käytännössä kaikilla osa-alueilla. Aikataulut ja kustannukset tarkentuvat ja tekniikan kehittyessä myös laitteet ja materiaalit saadaan halvemmiksi ja kestävämmiksi. Työturvallisuuden paranemista ei voi unohtaa tässäkin tapauksessa, tapaturmilta vältytään kun ihmisen ei itse tarvitse telineillä kulkien valaa seiniä. Periaatteessa tämä saattaa kuitenkin tuoda ongelmia rakennusalan työntekijöiden kannalta. Mikäli tulevaisuudessa taloja tulostetaan pääsääntöisesti 3D-tekniikalla, niin tarve työvoimalle vähenee merkittävästi. Periaatteessa yksi henkilö, joka osaa luoda

rakennuksesta mallin, jota printteri osaa käsitellä, voi yksinään käyttää rakennuksen tulostamiseen tarvittavia laitteita.

3D-tekniikalla on mahdollista valmistaa kokonainen talo betonista. Laite asentaa paikalleen myös putket ja sähköjohdot tulostuksen edetessä. Valmiista rungosta puuttuvat vain ikkunat ja ovet. Robotti voi maalata seinät ja asentaa pintamateriaaleja paikalleen. Tekniikalla on mahdollista rakentaa yksittäisiä taloja ja isompia rakennusjoukkoja. Rakennusmateriaaliksi soveltuvat betoni ja savitiili. 3D-tulostusta voidaan käyttää erityisesti selkeälinjaiseen rakentamiseen, jossa haetaan kustannustehokkuutta, mutta sillä on mahdollista tulostaa myös yksilöllisiä luksuskoteja. Se voisi olla ideaaliratkaisu rakennettaessa taloja kuuhun tai Marsiin, sillä tarvittavat rakennukset voitaisiin tehdä valmiiksi Maasta käsin. Automaattiorakentaminen 3D-tulostimella voisi estää tapaturmia, parantaa aikatauluja ja tuoda rakennusalalle pitkään kaivattua kustannustehokkuutta. (www.tekniikkatalous.fi)

Ensimmäinen 3D-tulostustekniikalla valmistettu rakennus valmistuu näillä näkymin 2014 vuoden loppupuolella. Rakennuksen on suunnitellut hollantilainen arkkitehti Janjaap Ruijssenaars. Tuloksena syntyy saumaton kaksikerroksinen betonirakennus. (www.techcrunch.com)

Tilaa säästävät ratkaisut

Tiloja ja rakennuksia suunniteltaessa tulee myös huomioida, että tilat saadaan mahdollisimman tehokkaasti ympärivuorokautiseen käyttöön. Tulevaisuudessa rakennukset tuleekin suunnitella niin, että tilojen muokattavuus eri käyttötarkoituksiin on nopeaa ja helppoa.

Asuminen tulee keskittymään tulevaisuudessa yhä enemmän kaupunkeihin. Kaupunkien keskustojen tehokkuusluvut kasvavat ja tilan tarve korostuu. Keskusta-asujilla ei ole varaa maksaa ”hukkaneliöistä” jatkuvasti kasvavien neliöhintojen vuoksi. Hong Kongissa tämä ongelma on vielä suurempi suurten asukasluokien vuoksi. Arkkitehti Gary Chang onkin suunnitellut tilaa säästäviä ratkaisuja, joissa olohuone muuntuu hetkessä makuuhuoneeksi ja kaapisto vaatehuoneeksi. Yhden tilan voi siis muuttaa useaan käyttötarkoitukseen sopivaksi.

Otaniemessä sijaitseva Urban Mill on temaattinen tila, jossa urbaaneista innovaatioista kiinnostuneet toimijat voivat yhdessä oppia toisiltaan ja luoda ratkaisuja urbaaneihin ongelmiin. Toiminnan perimmäisenä tarkoituksena on ihmisten kohtaaminen ja resurssien tehokas käyttö. Yksi tavoitteista on toimintatapojen muuttaminen vanhasta totutusta, uuteen ja parempaan suuntaan. Tilan käytössä korostuu verkostoituminen ja tuloksena syntyy uusia ideoita ja kehityskohteita. Urban Mill ei ole pelkästään tila, jossa on seinät ympärillä, vaan kyseessä on monikerroksinen palvelu, jossa yhdistyy rakennus, tietotekniikka, palvelut sekä näitä käyttävät ihmiset.

Tietomallit

Tulevaisuuden kannalta on merkittävää että tietomalleja hyödynnetään laajamittaisemmin ja kaikkien alalla toimivien työkaluina. Malleilla pystytään tehostamaan rakentamista ja saadaan merkittävää kustannus- ja aikasäästöä rakennusprojektiin. Kehittämällä 3D-kaupunkimalleja avoimempaan suuntaan saadaan tavalliset ihmiset mukaan kaupunkisuunnitteluun. 3D-kaupunkimallit ja PehmoGIS-mallit yhdistämällä luodaan vuorovaikutteinen palautejärjestelmä alueen kehittämiseen. Suunnittelutoimistot tarjoavat vaihtoehtona tietomallinnusta suunnittelussa. Isot rakennusyrietykset hyödyntä-

vätkin kyseistä palvelua hyvin, mutta tarkoituksena olisi tuoda myös pienet yrityksen mukaan käyttämään tietomallipohjaista suunnittelua ja rakentamista. Osaltaan tietomallien käyttämättömyys johtuu toimijan puutteellisista tiedoista mallin hyötyjen osalta. Myös tilaajayrityksellä tulisi olla suurempi halu pyytää kohteesta tietomallinnusta. Kun tietomallit tuodaan laajamittaisempaan käyttöön ja ne hyväksytään myös viranomaispuolelta virallisiksi dokumenteiksi, voidaan toimistojen mappivastoja pienentää radikaalisti. Kyseinen toimintatapa helpottaa ajantasaisten dokumenttien saamista niin rakentamisen aikana, kuin tämän jälkeenkin. (Päivi Jäväjä, 2013)

Tietomallien vastaanottaminen ja hyödyntäminen viranomaispuolella on vielä kuitenkin vasta ajatusasteella. Tietomalleja hyödyntämällä voitaisiin toimintaa tehostaa ja helpottaa. Esimerkiksi esteettömyystarkastukset pystytään hoitamaan täysin mallin pohjalta. Myös sosiaalisen median mukaan ottamisessa rakennuspalveluihin on vielä parannettavaa. Espoossa on jo nähtävissä viitteitä selvään valveutuneisuuteen tällä saralla. Usealla asuinalueella on jo olemassa omat Facebook-sivut, missä ihmiset pääsevät jakamaan ajatuksiaan asuinalueeseensa liittyen.

On erittäin merkittävää, että rakennusalan tietomalleja hyödynnetään laajamittaisemmin kaikkien rakennusalalla toimivien työkaluna. Avoimen datan kehittämisen tarve ja tavallisten ihmisten tuominen mukaan suunnitteluun korostuu myös tämän myötä. 3D-kaupunkimallit ja PehmoGIS-mallit yhdistämällä saadaan vuorovaikutteinen ideointi- ja kommentointiympäristö suunnittelijoiden ja tavallisten ihmisten välille.

Eräs ongelma ihmisten ideoiden huomioimisessa rakentamisen ja alueiden kehityksen suunnittelussa on informaatiotulva, joka syntyy valtavasta määrästä palautetta. Informaatiotulvan käsitteilyyn tarvitaan aina ihminen, joka lukee kaiken palautteen, poimii siitä oleellisen tiedon ja kokoaa näistä yhteenvedon. Menetelmä on kohtalaisen raskas ja oleellinen tieto ei välttämättä suodatu kaikesta palautteesta. Suoraa ratkaisua tähän ongelmaan ei tällä hetkellä ole. Palautejärjestelmät voisi suunnitella niin yksiselitteisiksi, että tietoa olisi helpompi käsitellä. Yksi vaihtoehto tähän on rasti ruutuun mielipidejärjestelmä, jossa kuitenkin vapaa palaute ja ihmisten omat ideat eivät välity eteenpäin. Ehkäpä tulevaisuuden tekniikoilla (vrt. Big Data) voidaan tiedonkeräysjärjestelmästä itsestään tehdä niin älykäs, että se osaa itsenäisesti koota oleellisen informaation ja ihmisten yleisimmät tahtotilat palautteesta.

Virtuaalimallit ja sen hyödyt

Kun Espoo saadaan kokonaisuudessaan mallinnettua ja data kaikkien käyttöön ihmeteltäväksi ja katseltavaksi, voi kuka tahansa kotisohvalta käsin seurata miltä Espoossa näyttää ja mitä palveluita siellä on tarjolla. Potentiaalinen Espooseen muuttaja voi surffailla eri asuinalueilla ja katsoa, mikä niistä soveltuu parhaiten itselleen. Sama sovellus voisi olla käytössä toisella puolella maapalloa turistilla, joka kartoittaa mielenkiintoisia kohteita lomansa ajaksi.

Virtuaalimalleista saadaan hyötyä myös kaupunki- ja rakennussuunnitteluun. Mikäli virtuaalimalli on tehty oikealla tekniikalla, niin siihen on mahdollista lisätä ja sovittaa suunnitteilla olevia rakenteita. Tällä tavoin suunnittelutyöstä saadaan havainnollisempaa, kun on mahdollista tarkastella tulevaa rakennusta tai alueen rakenteita niiden todellisessa ympäristössä virtuaalimallin kautta.

Ihmisillä on ollut taipumusta vastustaa kaikkea uutta ja mullistavaa rakennemuutosta. Viimeaikoina on useasti ollut esillä rakennusprojektien viivästymisiä ihmisten vastustuksen takia. Vastustus johtuu todennäköisesti peloista ja muutoshaluttomuudesta. Näihin pelkoihin ja muutoshalut-

tomuuteen voidaan vastata tuomalla ihmisten tutkittavaksi virtuaalimalli, johon on mallinnettu uudet rakenteet. Mallin kautta ihmiset näkevät kuinka uudet rakenteet todellisuudessa vaikuttavat alueen ulkonäköön ja rakenteisiin.

Myös kiinteistövälityksen kannalta virtuaalimalleista voidaan saada hyötyä. Kun asiakas on tehnyt päätöksen ostaa oma asunto, niin kiinteistövälittäjä pystyy esittelemään eri alueita virtuaalimallin avulla alueilla käymisen sijasta. Mikäli myös itse rakennuksesta on tehty kattava virtuaalimalli, on tämän esitteleminen myös helppoa ja havainnollista. Vanhoihin pohjapiirroksiin ja tasokuviin verrattuna virtuaalimalli on valtavan paljon havainnollisempi työkalu.

Materiaalitekniikan tulevaisuus

Älykkäiden materiaalien kehitys ja hyödyntäminen onkin yksi suurista tulevaisuuden kehityssuunnista. Materiaalitekniikan suuriin tulevaisuuden trendeihin kuuluu kasvava ympäristötietoisuus, vaatimus kustannustehokkuudelle ja elinkaariajattelu. Tuotteiden on oltava kierrätettäviä ja niiden valmistuksen tulee olla halpaa ja ekologista.

Asumiseen liittyy myös älymateriaalit, jotka eivät ole itsessään tietoteknisiä järjestelmiä. Älykäs materiaali voi olla staattinen kuten teflon (tarttumaton pinta), tai dynaaminen kuten valaistuksen mukaan tummuva lasi. Älykkäät materiaalit reagoivat mm. lämpöön, kosteuteen, paineeseen, valoon, sähköön ja magneettikenttään. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi kosteusvauriosta väriään muuttava maali seinässä, itsestään puhdistuvat lasipinnat ikkunoissa sekä pinnat, jotka päivällä imevät itseensä aurinkoenergiaa huokoisten materiaalien avulla ja yöllä luovuttavat varastoitunutta lämpöä. Älykäs seinä voi muuttaa ulkonäköään, kuviointiaan ja energiatarpeen mukaan vaikkapa lämmönläpäisykykyään. (Nurmi ym, 2010; Kokko, 2013)

Aurinkopaneelit maalataan pian seiniin, liimataan ikkunoihin tai lisätään suoraan tehtaalla pintarakenteisiin. Keskimäärin aurinkopaneelien hinta laskee 7 % vuosittain ja 2020 luvulla ne kannattaa jo lisätä kaikkiin auringon valaisemiin rakennettuihin pintoihin. Aurinkosähkön hinta alittaa silloin nykyisen sähkön hinnan ja aurinkopaneelit maksavat itsensä huomattavasti nopeammin takaisin. (Linturi, 2012)

Ruukki on juuri tuonut markkinoille Classic Solar -lämpökatto nimisen tuotteen. Katto tuottaa parhaimmillaan jopa puolet omakotitalon vuosittaisesta lämpimästä käyttövedestä. Lisäksi sitä voidaan käyttää myös kodin lämmitykseen. Ruukin Classic -peltikatteeseen integroitu lämpökeräin mukautuu katon ulkonäköön, eikä erillistä katteen päälle asennettavaa aurinkolämpökeräintä enää tarvita. (www.ruukkikatot.fi)

Älykäs ympäristö

”Älykäs ympäristö on asumisen, työn ja vapaa-ajan ympäristöjen kehittämistä toimiviksi, viihtyisiksi ja energiatehokkaiksi kokonaisuuksiksi, missä toimivat ja helppokäyttöiset fyysiset ja virtuaaliset palvelut yhdistyvät saumattomasti jokapäiväiseen elämään.”(www.tekes.fi)

Ihmisen ja ympäristön yhteisvaikutuksen tuloksena syntyy älykäs ympäristö. Älykkyys ei ole pelkästään teknologian tai toimintaympäristöjen ominaisuus, vaan se pitää sisällään ihmisten, teknikoiden ja ympäristön käsittävän systeemin, joka palvelee tulosten saavuttamista ja uusien toimintamahdollisuuksien luomista, sekä tuo tarkoituksenmukaista sopeutumiskykyä näiden välille. Älykkään

ympäristön tarjoamien mahdollisuuksien tulee olla sellaisessa muodossa, että ihminen pystyy näitä hyödyntämään. (Kaasinen, 2007)

Älykäs kaupunki

Nykyään trendinä on entistä suurempi ihmisten muuttoliike kaupunkiin, joka tuo erilaisia suuria haasteita tulevaisuuden kaupunkien toimivuudelle. Ihmisten elämänlaatuun ja arjen toimintojen helpottamiseen suurena tekijänä vaikuttaa tietotekniikka ja informaatiovirtojen hallinta. Mahdollisuus toimivaan sekä turvalliseen ympäristöön on myös erittäin tärkeä tekijä kaupunkien väkiluvun kasvaessa. (Kouri & Tulainov, 2012)

Älykkäiden kaupunkien jaottelussa ja tunnistamisessa voidaan käyttää kuutta eri peruskriteeriä, jotka ovat: älykäs talous, älykkäät ihmiset, älykäs hallinto, älykäs liikkuminen, älykäs ympäristö ja älykäs asuminen.

Älykäs energiaverkko

Digitaalisuudesta ja älykkäistä kaupungeista puhuttaessa ei voi olla mainitsematta älykkäitä energiaverkkoja. Älykäs energiaverkko yhdistää sähkö-, lämpö- ja jäähdytysverkot etäluettaviin energiämittareihin ja mahdollistaa erilaisten tieto-, automaatio- ja viestintäteknologioiden ratkaisut, kuten älykkään talotekniikan. Verkon avulla on mahdollista optimoida ja ohjata energiankulutusta sekä tasata kulutuspiikkejä. Älyverkon avulla energian tuottaminen, kulutus, varastointi ja myynti voidaan toteuttaa entistä joustavammin ja samalla kuluttaja saa entistä tarkempaa tietoa omasta energiankulutuksesta. Periaatteessa älykäs sähköverkko on kuormituksen ja tuotannon tasaaja, jonka avulla turvataan entistä paremmin energian toimituksen luotettavuus. (www.helen.fi)

Älykäs sähköverkko mahdollistaa energia ja tietoliikenteen kulkemisen molempiin suuntiin. Tämän avulla myös asiakas pystyy hyödyntämään esimerkiksi itse tuottamansa tuuli- tai aurinkoenergian myymällä ylijäämätuotannon eteenpäin muille sitä tarvitseville. Tällä saadaan laajennettua energiemarkkinoita suuntaan jossa kuluttaja on myös energian tuottaja ja myyjä. Energian varastointi on myös oleellinen osa älykästä sähköverkkoa. Varastoinnilla tasataan energian tuotantoa ja kuormitusta sekä varmistetaan katkoton sähkönjakelu. Sähköautojen latauspisteitä voidaan tulevaisuudessa käyttää eräänlaisina sähkövarastoina tämän tyyppisessä sähköverkossa. (www.helen.fi)

Helsingin Energia, Helen sähköverkko Oy, ABB ja Nokia Siemens Networks ovatkin kehittämässä Helsingin Kalasatamasta älykkäiden energiaratkaisujen esimerkkialuetta. Kalasataman älykkääseen sähköverkkoon sisällytetään muun muassa

- paikallinen uusiutuva sähköntuotanto, kuten tuuli- ja aurinkovoima
- sähköautoilua tukeva infrastruktuuri
- sähkön varastointi
- kotien ja liikerakennusten energiatehokas kiinteistöautomaatio.

Kyseistä järjestelmää on tulevaisuudessa mahdollista hyödyntää ja soveltaa myös muilla rakennettavilla ja kehitettävillä alueilla ja Espoon tulisikin ottaa tästä mallia. (www.uuttahelsinki.fi)

Rakennushankkeiden tulevaisuus

Vaikka rakentaminen onkin tällä hetkellä eräs epätehokkaimmista tuotannon aloista, on sille siitä huolimatta aina tarvetta taloustilanteesta riippumatta. Erityisesti vanhan rakennuskannan määrästä johtuen korjausrakentamisen määrä tulee kasvamaan merkittävästi uudisrakentamiseen verrattuna. Korjauskohteiden saattaminen uusien määräysten mukaiseksi tuo omia haasteita alalle. Materiaali-tekniikan kehityksellä pystytään vastaamaan uusien energiamääräysten vaatimuksiin. Tämän ansiosta rakennuksista saadaan kehitettyä nykyäänkin jo lähes omavaraisia kokonaisuuksia eli ns. passiivienergiarakennuksia. Rakennukset pystyvät tuottamaan osan tarvitsemastaan energiasta jo nykytekniikan avulla. Todennäköistä on, että tulevaisuuden tekniikoilla rakennuksista saadaan täysin omavaraisia. Aurinko- ja tuulienergiaa sekä sadeveden puhdistusta hyödyntämällä tämä on mahdollista osittain jo nykyäänkin.

Rakentamisessa on pohjimmiltaan kyse ihmisten käyttöön suunnattujen palveluiden ja rakenteiden tuottamisesta. Tästä syystä alalla tulisi entistä enemmän ottaa kansalaisten ideoita ja toiveita mukaan jo projektin varhaisessa vaiheessa.

Ilmasto lämpenee 2020 luvulla jo selvästi. Etelä-Suomen talvet muuttuvat yhä useammin pitkiksi pimeiksi syksyiksi. Etelä-Eurooppa kokee rajuja kuumuus- ja kuivuusaaltoja. Ihmiset matkustavat Euroopan sisällä kuten Yhdysvalloissa – kesällä pohjoisen osavaltioihin ja talvella lämpimään etelään. Suomen asukasluku kasvaa kesäisin sadoin tuhansin 2030-luvulle mentäessä. Tähän sesonkimatkailun aiheuttamaan kysyntään on myös rakennusalan oltava valmis vastaamaan. (Linturi, 2012)

Uudet ja uudistuvat energiamääräykset vaikuttavat rakentamisalaan voimakkaasti. Ympäristöministeriö antoi uudet energiatehokkuutta parantavat rakennusmääräykset, jotka astuivat uudisrakentamisen osalta voimaan 1.7.2012. Energiamääräykset ottavat kantaa rakennuksen kokonaisenergiankulutukselle, jonka perusteella lasketaan niin sanottu E-luku. Kuten silloinen asuntonministeri Jan Vapaavuori totesi uusista energia-määräyksistä: "Kyseessä on historiallinen siirtymä: tämän jäsentämistavan muutoksen myötä määräystemme rakenne muuttuu yleiseurooppalaiseksi. Muutos myös mahdollistaa paremmin vaiheittaisen siirtymisen kohti EU-direktiivien edellyttämää lähes nollaenergiarakentamista." (www.rakentaja.fi)

Uudet energiamääräykset koskevat myös korjausrakentamista 1.9.2013 alkaen. Käytännössä muutos vaikuttaa kaikkiin luvanvaraisiin korjaus ja muutoskohteisiin. (www.rakentaja.fi)

Älykäs rakentaminen ja isännöinti

Rakennushankkeen aloitukseen liittyy vahvasti myös rakennettavan kohteen myyminen. Yleensä uudisasuntotyömaa lähtee liikkeelle vasta, kun 50 – 60 % kohteen asunnoista on saatu myytyä ennakkomarkkinoinnissa. Asuntojen ennakkomarkkinoinnissa ja myynnissä rakennusten ja alueiden 3D-mallintamisesta on suurta hyötyä. Asukas pääsee mallista katselemaan asunnon sijoittumista ympäristöön ja pystyy huomioonottamaan esimerkiksi ilta-aurinkoa varjostavat puut ja muut rakennukset. Asunnonvälittäjän on helppo arkkitehdin avustuksella kaapata näkyviä mallista ja hyödyntää niitä markkinoinnissa, joko kuvina tai videoina.

Pilvipalvelut rakennushankkeessa liittyvät projektipankkeihin. Projektipankki on tehokas ja turvallinen ratkaisu projektinhallintaan ja dokumenttien tallennukseen sekä jakamiseen. Projektipankkien ansiosta kaikki projektiin liittyvät suunnitelmat, aikataulut, tiedostot, tehtävälisterit, ohjeet yms.

ovat kenen tahansa käyttäjätunnuksen ja salasanan omaavan henkilön saatavilla missä vain ja milloin vain. Projektipankki ilmoittaa projektin eri osapuolten tekemistä muutoksista tai uusista tiedostoista sähköpostilla, jolloin suunnitelmien, työn edistymisen ja raporttien reaaliaikainen seuranta on vaivatonta. (www.webbdocs.com)

Tietomallien käytössä isännöintiala on jämähtänyt 90-luvulle. Tietomalleja ei alalla yksinkertaisesti hyödynnetä. Konkreettisia tietomallisovelluksia ei vielä isännöintialalle ole olemassa ja niinpä isännöintitoimistot pyörittelevät hyllyissään kymmeniä, jos ei satoja mappoja sen sijaan, että tarvittava informaatio olisi tallennettuna tietokoneelle. Hyllyissä seisovat mapit eivät myöskään hälytä tulevista remonteista tai ilmansuodattimien vaihdoista, kun taas järkevästi mallinnetut tietomallit niin tekisivät. Mallien pohjalta on helppo ilmoittaa vaikkapa siivousyritykselle siivottavien alueiden tarkat pinta-alat ilman suuren piirustusmäärän läpikäyntiä. (Hedvall ym., 2011)

Isännöintialaan liittyy vahvasti myös käyttökustannusten hallinta. Käyttökustannukset koostuvat lähinnä veden, sähkön, lämmityksen ja huoltotoimenpiteiden hinnoista. Digitaalisuudella voidaan tuoda rahallista säästöä veden, sähkön ja lämmityksen osalta optimoimalla laitteet reagoimaan automaattisesti vallitseviin olosuhteisiin. Kustannusten seuranta on vaivatonta toteuttaa ja pitää ajan tasalla kyseisen digitaalisen järjestelmän avulla. (Lindholm, 2013)

Älykäs korjausrakentaminen

Energiamääräysten tiukentuessa tavoitteena on rakentaa entistä energiataloudellisempia ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntäviä rakennuksia. Tämän myötä korjaushankkeita aloittaessa herääkin kysymys, tulisiko vanha rakennus purkaa ja rakentaa tilalle uudet määräykset täyttävä rakennus? Kysymykseen voi vastata periaatteessa kahdella tavalla. Mikäli kysymystä mietitään pelkästään rakennuksen energiakysymysten kannalta, niin on kannattavampaa purkaa ja rakentaa tilalle uutta. Toisaalta jos asiaa mietitään luonnonvarojen käytön kannalta, niin purkaminen ei ole järkevä ratkaisu. Älykkäitä energiaverkkoja rakentamalla saadaan rakennusten energiatehokkuutta parannettua kun rakennus ei ole enää pelkästään energian kuluttaja vaan samalla myös sen tuottaja esimerkiksi aurinko- ja tuulisähkön avulla. (Rakennetun ympäristön roadmap, 2011)

Vanhassa rakennuskannassa näkyy kyseisen ajanjakson ihmisten tilantarpeet ja arvostukset. Pääsääntöisesti rakennuksen ovat pitkäikäisempiä kuin niiden alkuperäinen käyttötarkoitus. Rakennusten korjaushankkeissa tuleekin panostaa myös tilojen muokattavuuteen muuttuvien käyttötarkoitusten mukaan. (Rakennetun ympäristön roadmap, 2011)

Digitaalisuus on korjauskohteissakin mukana kaikessa yllämainitussa. Digitaaliset taloautomaatiojärjestelmät ja talotekniikka auttavat optimoimaan energiankulutuksen ja huoltotoimenpiteiden oikea-aikaisuuden. Käytännössä kaikki hyväksi todetut järjestelmät ja tekniikat joita hyödynnetään uudisrakentamisessa, on tuotava soveltuvin osin mukaan myös korjausrakentamiseen. (Rakennetun ympäristön roadmap, 2011)

Korjauskohteistakin on mahdollista tehdä tietomalli. Tietomalliin voidaan sisällyttää periaatteessa kaikki samat asiat kuin uudiskohteissakin. Tietomallin pohjana on mahdollista käyttää laserkeilauksella mitattua ja tuotettua 3D-mallia. Tällä mittauksella mallista saadaan huomattavasti mittatarkempi, kuin vanhoista paperikuvista luodusta mallista. (Ruotsalainen, 2011)

Älykäs rakennus

Rakennuksen ”älykkyys” nykyään painottuu lähinnä talotekniikkaan ja kulunvalvontaan tai seurantaan. Esimerkiksi ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmät voidaan rakentaa itsestään säätyviksi vallitsevien olosuhteiden mukaan. Tämä tuo myös rahallista säästöä ja energiatehokkuutta, kun laitteet saadaan optimoitua juuri kyseisen hetken olosuhteisiin. Kulunvalvontajärjestelmillä pystytään seuraamaan henkilöiden liikkeitä rakennuksessa.

Rakennuksen älykkyydellä voidaan vaikuttaa myös rakennuksen elinkaareen. Kun rakennukseen asennettujen anturien avulla saadaan ajantasaista tietoa rakennuksesta, niin korjaustoimenpiteet on mahdollista aloittaa jo ennen kuin varsinaista vahinkoa on edes päässyt syntymään (esimerkiksi mikäli anturi huomaa että valaisin on menossa rikki, ilmoittaa se automaattisesti huoltoyhtiöön viasta). Voisi sanoa että anturien ja seurantalaitteiden käyttömahdollisuudet ja kohteet ovat rajattomat.

Älykkääseen rakennukseen sisältyy myös rakennuksen oma digiympäristö. Asuinrakennuksissa digiympäristön kautta voidaan hallita käytännössä kaikkia kodin toimintoja. Sama malli toimii myös muissakin kuin asuinrakennuksissa, mutta tapauskohtaisesti tilan toiminnan ja tarpeen mukaan.

Älykäs koti

Autoa ohjaa ajotietokone, joka ilmoittaa lähestyvistä huolloista ja varoittaa mahdollisesti liukkaasta tienpinnasta. Ilmoittaako talosi sinulle ulko-oven suljettuasi, että keittiöön on jäänyt valo palamaan? Varoittaako se sinua lähestyvistä kosteusongelmasta kylpyhuoneessasi? Se mitä elokuvissa nähdään tulevaisuuden asumisena, ei välttämättä ole kovinkaan kaukana todellisuudesta.

Kodin laitteita ja järjestelmiä on mahdollista ohjata, seurata ja hyödyntää taloautomaation avulla. Automaatiojärjestelmän myötä esimerkiksi valaistuksen ohjaaminen vaihtuu perinteisestä valokatkaisijasta seinään sijoitettuun ohjauspisteeseen, johon on mahdollista ohjelmoida erilaisia valaistustilanteita. Asukas voi ohjaimen näytöstä valita esimerkiksi aamu valaistuksen, jolloin valot syttyvät portaikkoon, keittiöön ja pihalle. Järjestelmällä on mahdollista myös ohjelmoida erilaiset lämpötila-asetukset eri huoneisiin. Järjestelmään voidaan myös liittää erilaisia hälytysjärjestelmiä, kuten turvakamerat, kosteusvahdit, kodintekniikkalaitteet, ovien lukitukset, sähkötoimiset verhot ja vaikka auton lämmityslaitteen. Järjestelmästä löytyy ”Kotona - poissa” kytkin, joka varmistaa ovien lukituksen, katkaisee osan sähköistä, sulkee vedet ja mikäli kotoa lähdetään pois pidemmäksi aikaa, laskee järjestelmä lämmityksen ja ilmastoinnin tasoa. Mikäli unohtaa lukituksen, voi sen tehdä myös kodin ulkopuolelta tekstiviestillä. Seinään upotetun ohjaimen lisäksi järjestelmää voidaan ohjata tablettitietokoneeseen tai työpaikan tietokoneeseen asennetun käyttöliittymän avulla. (www.ellit.fi)

Taloautomaation päätarkoituksena on elämisen helpottaminen. Huoneiden lämpötila ja ilmanvaihto säätyy optimaaliseksi järjestelmän toimesta. Asukas saa järjestelmästä lähes reaaliaikaista tietoa kodin energian kulutuksesta. Järjestelmän avulla voi saada tietoa, esimerkiksi milloin ilmanvaihtokoneen suodattimet on vaihdettava tai tarvitseeko tilata huolto paikalle. Automaatiojärjestelmän kosteusvahdilla voidaan tarkkailla laitteita joissa vesivahingon toteutuminen on mahdollista, mikäli järjestelmä huomaa vesivuodon sulkee se magneettiventtiilin automaattisesti. (www.rakentaja.fi; www.ellit.fi)

Palvelut

Palveluiden parantamisessa tulee ottaa entistä enemmän huomioon palveluiden kohdistaminen tiettyille ryhmille. Tästä ideana voisi mainita esimerkiksi, kun henkilö avaa Espoon kaupungin nettisivut, niin ensimmäisenä tulisi kysymys ”Seniori? Aikuinen? Nuori? Lapsi?” ja tällä valinnalla aukeaa kyseiselle ryhmälle kohdennettu palveluvalikoima, tai mahdollisesti uuden kohdennuksen tekevä valinta. Erinomaisena digitaalisena palveluna on mainittava pääkaupunkiseudulla toimiva Reittiopas.fi, tämänkaltaisia palveluita tulisikin kehittää enemmän. (Pentti Launonen, 2013)

Julkisen liikenteen ja liikenneväylien parantaminen liittyy keskeisesti alueen houkuttelevuuteen. Kuten tässäkin työssä käy ilmi on Espooseen tulossa metroyhteys jonka on alun-perin suunniteltu aloittavan liikennöinnin vuoden 2015 aikana. Metron rakentamiseen liittyy myös liityntäpysäköinti, jolla autot saadaan pois tiheiltä kaupunkialueilta ja lisätään liikenteen sujuvuutta, sekä turvallisuutta.

4. Kansalaisten näkökulma

Kuten tässäkin työssä on paljon puhuttu kansalaisten vaikuttamismahdollisuuksista alueiden kehittämiseksi, vaikuttaa se paljon alueen houkuttelevuuteen ja viihtyvyyteen. Kun kansalaiset pääsevät itse vaikuttamaan alueen suunnittelutoimintaan ja päätöksiin, niin saadaan ns. ihmisten näköinen ja kokoinen kaupunki. Espooseen rakennettavan metron myötä alueelle rakennetaan lisää maanalaisia tiloja. Kyseiset tilat kuitenkin koetaan yleisesti epämiellyttäväiksi ja jopa turvattomiksi. Näiden tilojen kehityksessä tuleekin ottaa enemmän huomioon tilojen käyttäjien kokemukset ja kommentit, jotta tiloista saadaan viihtyisiä ja turvallisen tuntuisia.

Kiitokset

Kiitämme tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeolIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö). Ensimmäisen sivun Tapiola-kuva © Juho-Pekka Virtanen.

Lähteitä ja kirjallisuutta

Cohen, B., The Top 10 Smart Cities On The Planet

Eco Urban Living-projekti, Espoo as an innovation hub in 2020

Espoo-strategia 2010-2013

Hedvall, K., Johansson M., Kaskinen T., 2011. Selvityshenkilötyö isännöinnin tulevaisuudesta

Isotalo, Katri, Kaupunkimalli. Positio 1/13, Maanmittauslaitoksen julkaisu

Järvenpään pyöräilykysely, PehmoGIS internet kysely, <https://softgis.org.aalto.fi/jarvenpaa/dashboard/> (15.5.2013)

Jäväjä, Päivi, haastattelu (3.4.2013)

Kaasinen, Norros - Älykkäiden ympäristöjen suunnittelu - Kohti ekologista systeemiajattelua, 2007, Teknologiateollisuus ry

Lindholm Mika, haastattelu 2013. (3.3.2013)

Kokko, K., 2013. Nanorakenteiden fysiikkaa. Turun yliopisto. Fysiikan laitos. Luentokurssi: Modernin fysiikan alkeet, osa 3 a

Kouri, M., Tulainov, P., Älykäs kaupunki, 2012. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka

Launonen, Pentti, haastattelu (5.4.2013)

Linturi, R., Digitaalinen Helsinki 2027; seuraavat viisitoista vuotta, 25.10.2012

Kotkavuori, Heikki, Holmberg, Mikko. Rakennettu digiympäristö - Espoo 2020. Innovaatioprojekti. Rakennus- ja kiinteistöala. Metropolia. 2013.

Miikki, Lars, haastattelu (21.3.2013)

Nurmi, T., Vähätalo, M., Saarimaa, R & Heinonen, S 2010. Ubitrendit 2020: tulevaisuuden ubiteknologiat. Kehityskulkuja, sovelluksia, trendejä sekä heikkoja signaaleja. Tulevaisuuden tutkimuskeskus. Turun yliopisto. Tutu 4/2010, ISBN 978-952-249-042-1. ISSN 1797-132

Rakennetun ympäristön roadmap loppuraportti. 2011. Miimu Airaksinen, Olli Hietanen, Ari-Pekka Manninen, Kari Reijula ja Terttu Vainio. Toimittanut Suvi Nenonen. Tekesin loppuraportti 5/2011. 84 s. Helsinki.

Ruotsalainen, T., Korjauskohteen inventointimallin laatiminen, 2011, Savonia AMK, Rakennustekniikka

Staffans, Aija, haastattelu (10.4.2013)

<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/talo+valmistuu+3dtulostimella+20+tunnissa/a830802> (22.3.2013)

<http://www.webbdocs.com/projektipankki.html>(14.3.2013)

<http://joukkoenkeli.fi/front> (4.4.2013)

http://www.vihti.fi/ajankohtaista/1/vihdin_nissolan_alueen_tasoristeyksien_poisto_ja_tiejarjestelysuunnitelmien_esittely (4.4.2013)

<http://pehmo.tkk.fi/home/> (4.4.2013)

http://www.rakentaja.fi/artikkelit/6215/knxtaloautomaatiolla_ohjelmoitua_taloudellisuutta.htm (15.3.2013)

<http://www.ellit.fi/koti-ja-sisustus/sisustus-ja-puutarha/taloautomaatio-ohjaa-kodin-laitteita-alykas-koti-helpottaa-elamaa> (15.3.2013)

http://fi.wikipedia.org/wiki/Kolmiulotteinen_tulostus (22.3.2013)

<http://techcrunch.com/2013/01/20/the-worlds-first-3d-printed-building-will-arrive-in-2014-and-it-looks-awesome/> (22.3.2013)

http://www.eco-urbanliving.com/images/AboutUs/eul_english1%20final.pdf (13.3.2013)

https://softgis.org.aalto.fi/vaasa_keskusta/main (4.4.2013)

http://www.tekes.fi/fi/community/%C3%84lyk%C3%A4s_rakennettu_ymp%C3%A4rist%C3%B6/1328/%C3%84lyk%C3%A4s_rakennettu_ymp%C3%A4rist%C3%B6/2826 (18.4.2013)

<http://www.ruukkikatot.fi/Kattotuotteet/Ruukki-Classic-Solar-lampokatto> (18.4.2013)

<http://www.helen.fi/energia/alyverkko.html> (19.4.2013)

<http://www.uuttahelsinki.fi/kalasadama/perustiedot/energiaa-alykkaasti-ja-saastaen> (19.4.2013)

http://www.rakentaja.fi/artikkelit/7642/uudet_rakentamisen_energiamaaraykset.htm (13.5.2013)

www.tekes.fi/fi/document/.../rakennetun_ympariston_roadmap_pdf (10.5.2013)

http://www.rakentaja.fi/artikkelit/10228/energiamaaraykset_korjausrakentamiseen_ja_remontointiin.htm (13.5.2013)



Näkökulmia terveeseen taloon

Piia Hietsalo^{1,2}, Mika Lindholm², Marika Ahlavo^{1,2}, Hannu Hyyppä^{1,2}

¹Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

Tiivistelmä

Terve talo on käsitteenä laaja. Rakennus ei ole olemassa itseisarvona vaan se on aina tehty käyttäjiä varten. Rakennuksen tulisi täyttää terveellisyyden lisäksi myös vaatimuksia rakenteellisen ja talotekniikan toimivuuden, käyttäjien asumisviihtyvyyden, yleisen hyvinvointikokemuksen ja terveyden osalta.



Tavoite

Hankkeen tavoitteena oli tutkia kirjallisuuden pohjalta, millainen terve talo on ja mitkä seikat suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa vaikuttavat talon terveellisyyteen, turvallisuuteen ja ekologiseen kestävyteen. Lisäksi tavoitteena oli löytää tutkimusmenetelmiä, mittareita ja mittaustapoja, joilla voitaisiin arvioida talon terveyttä. Tässä käsiteltiin myös erilaisia rakennusten ongelmia, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja asukkaille. Rajaus tehtiin koskemaan uudisrakentamista ja aihetta käsiteltiin tekniikan sekä terveyden ja hyvinvoinnin näkökulmasta. Tavoitteena oli huomioida rakentamisen ja rakennuksen käytön energiatehokkuus, ekologisuus ja kestävyys sekä tulevaisuuden asettamia haasteita (uudet energiamääräykset, ilmastonmuutos) ja mahdollisuuksia rakentamiselle (energiatehokkuus, ekorakentaminen).

Lopputuloksena saatiin selville monia eri tekijöitä, joilla voidaan vaikuttaa talon terveellisyyteen, energiatehokkuuteen ja ekologisuuteen sen suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Lisäksi löydettiin useita mittaustapoja, joilla talon terveellisyyttä voidaan arvioida ja mitata.

Mikä on terve talo?

”Terve sielu terveessä ruumissa on ihmisen ”terve talo”.” (Luotonen, 2010). Innostus terveeseen taloon alkoi 2000-luvun vaihteessa. Tätä ennen terveen talon käsitettä ei juurikaan käytetty. Aikaisemmin rakennuksissa arkielämän toiminnallisuus oli määräävässä asemassa, nykyään haetaan

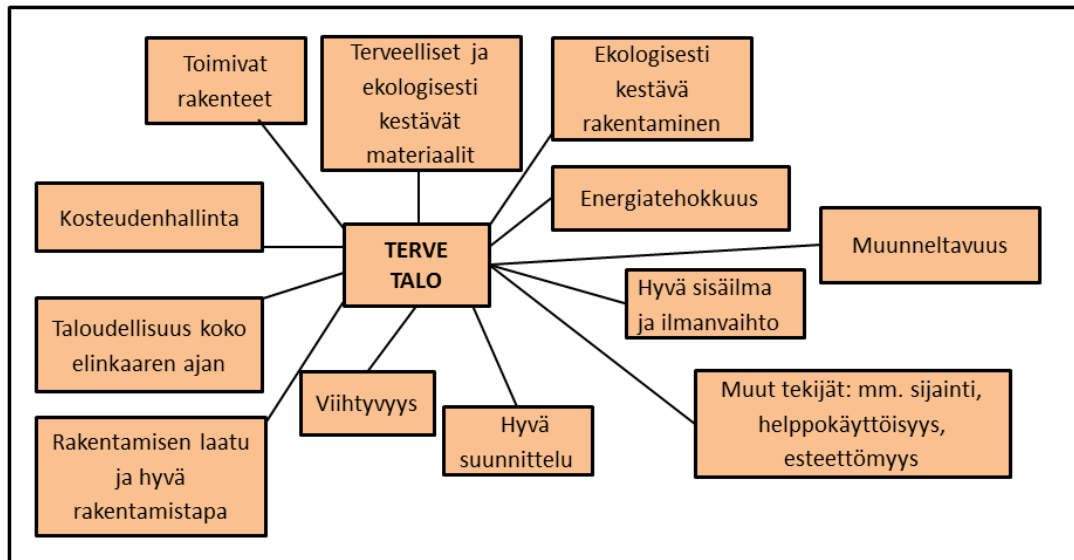
numeraalista näennäistehokkuutta. Mittarit ja numerot ovat suuri apu, mutta ihmisten elämisen viihtyvyyttä ei pelkästään niiden avulla voida mitata (Luotonen, 2010).

Määritelmiä terveen talon perusteista: Terve talo = kosteudenhallinta, työmaan puhtaudenhallinta, päästöluokitellut materiaalit ja toimiva ilmanvaihto tai sisäilmaston tekniset tavoitearvot jaetaan viiteen osaan: lämpöolosuhteiden, ilmanlaadun, ääniolosuhteiden, valaistuksen ja ilman liikenoisuuden tavoitearvojen mukaan.

Rakennusten terveellisyyden parantaminen on tärkeä tavoite koko rakennus- ja kiinteistöalalla, koskien niin uudisrakentamista kuin korjausrakentamistakin. Terveen talon toteutuksen tavoitteena on, että talon käyttäjät ovat tyytyväisiä talon olosuhteisiin ja asumisviihtyvyyden on korkealla. Näillä tekijöillä on suora yhteys myös käyttäjien terveyteen. Terveellisyys, viihtyvyys ja tyytyväisyys, voidaan saavuttaa kun rakennukseen saadaan luotua riittävän hyvä sisäilmasto. Kirjallisuuden mukaan terveen talon lähtökohta on hyvä sisäilmasto, joka määritellään Sisäilmastoluokituksen mukaisella sisäilmaston laatuluokalla S2 (RT 07-10946, 2009).

Terveen talon määritelmiin kuuluvat myös ekologisuus, energiatehokkuus ja kestävä rakentaminen. Kiristyvien säästöjen myötä talojen tulee olla entistä energiatehokkaampia. Jotta ilmastonmuutosta voidaan hidastaa käytetyt materiaalit on valittava huolellisesti. Suositeltavia ovat vähäpäästöiset ja kierrätettävät perinteiset materiaalit ja tuotteet. Talon rakentamiskulujen lisäksi tulisi huomioida talon koko elinkaaren aikaiset kustannukset (<http://www.safa.fi>).

Terve talo liittyy myös rakentamisen laatuun. Rakentamisen laatu syntyy harkitulla tavoiteasettelulla ja hyvällä suunnittelulla, materiaaleilla, rakennustavoilla, toimivalla tuotantotavalla sekä riittäväillä resursseilla ja laadun todentamistoimenpiteillä. Terveystaitaa aiheuttavia tekijöitä ovat rakennusten kunnossapito ja käyttö. Hyvää rakentamisen laatua tukevat asianmukainen valvonta, erilaiset laatu-, turvallisuus- ja ympäristöjärjestelmät. Rakentamisen laatu paranee myös, kun hankkeen osapuolilla on selkeä vastuunjako ja työntekijöillä vaaditut pätevyudet ja osaaminen.



Terveen talon osatekijöitä.

Terveellinen sisäilmasto

Suomalaiset viettävät sisätiloissa (kodit, työpaikat, koulut, päiväkodit) keskimäärin 90 % kokonaisajastaan, joten sisäympäristö vaikuttaa suoraan ihmisten terveyteen, viihtyvyyteen ja tuottavuuteen. Koska sisäympäristö on niin merkittävässä osassa ihmisten elämää on sisä- ja huonetilojen olosuhteita tutkittu enenevässä määrin. Sisäilmastotutkimuksia on tehty niin asunnoissa kuin päiväkodeissa, kouluissa ja toimistorakennuksissakin. Nämä tutkimukset ovat perustuneet lähinnä asukkaiden ja työntekijöiden mielipidekyselyihin, sisäilman mittauksiin ja rakennusten luonnehdintaan. Asunnoissa havaitut sisäilmasto-ongelmat ovat koskeneet lähinnä lämpöoloja, ilmanlaatua, ilmanvaihtoa ja kosteusvaurioita (Seppänen, Säteri ym, 1997: 7).

Terveellisessä sisäilmastossa huonelämpötila ja ilman kosteus ovat miellyttävät, ilma on hajutonta, vedotonta ja pölytöntä eikä meluhaittoja esiinny. Sisäilmasto koetaan hyvin yksilöllisesti ja kokemukseen vaikuttavat ihmisen ikä, terveydentila, herkistyminen, altistusaika, kotiolot ja psykologiset tekijät.

Puitteet hyvälle sisäilmastolle luodaan jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Hyvän sisäilmaston saavuttamiseksi tarvitaan asiantuntevasti laaditut suunnitelmat, soveltuvat materiaalit sekä huolellista ja ammattitaitoista rakentamista. Jotta rakennus säilyisi myös käytön aikana terveenä, tulee tilojen ja laitteiden huollon ja kunnossapidon olla oikeaoppista. Sisäilmasto ei siis ole siis pelkästään rakentamisen tulos vaan siihen vaikuttavat myös rakennuksen käyttö ja ulkoiset olosuhteet (Seppänen, Säteri ym, 1997: 11).

Sisäilmasto on monien kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten tekijöiden muodostama kokonaisuus. Fysikaalisia tekijöitä ovat mm. sisäilman lämpöolosuhteet ja veto, huoneilman kosteus, melu, ilmanvaihto ja valaistus. Kemiallisilla tekijöillä tarkoitetaan sisäilman kaasumaisia tai hiukkasmaisia aineita (epäpuhtauksia) (Asumisterveysopas, 2009: 128). On selvitetty, että suurimmat ongelmat sisäilmastossa koskevat lähinnä homeita, lämpöoloja, vetoa, laitemelua, kosteutta ja ilman epäpuhtauksia (Seppänen, Säteri ym, 1997: 106).

Sisäilmaston laatuun vaikuttavat myös ns. psykologiset tekijät. Psykologisilla tekijöillä tarkoitetaan tilojen käyttäjien tyytyväisyyttä sisäilmaston laatuun. Tyypillisesti tätä tutkitaan erilaisilla käyttäjäkyselyillä.

Terveen talon mittareita ja mittaustapoja

Talon terveellisyyttä voidaan arvioida monin eri tavoin. Talon rakenteiden ja laitteiden yleistä kuntoa voidaan arvioida kuntoarviolla tai tarkemman kuntotutkimuksen avulla, johon liittyy esim. kosteusmittaus. Talon energiatehokkuutta ja ilmatiiviyyttä voidaan mitata ilmatiiviysmittauksilla ja lämpökamerakuvausten avulla. Energiatehokkuutta mittaa myös rakennuksen energiatodistus. Sisäilman laatua voidaan arvioida aistinvaraisesti sekä erilaisilla sisäilmamittauksilla. Talossa voidaan suorittaa melun mittausta. Erilaiset käyttäjäkyselyt ovat myös hyvä keino kartoittaa rakennuksen terveellisyyttä ja viihtyisyyttä, sillä kaikkia asumiseen vaikuttavia tekijöitä ei voida mitata numeerisesti mittareilla.

Kun rakennuksessa epäillään sisäilmaongelmia, on ensimmäisenä tarkastettava rakennuksen ja sen laitteiden kunto ja toiminta. Tarkastuksessa (<http://www.tyoturva.fi>) selvitetään: rakenteiden

kosteustekninen kunto (sisä- ja ulkopuolelta), ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden toiminta ja kunto, poistoilma- ja korvausilmavirtojen riittävyys, lämpöolot ja epäpuhtauslähteet (esimerkiksi haju, pöly).

Kaikkia asioita ei voi kuitenkaan mitata mittarein vaan niitä voidaan kartoittaa ainoastaan erilaisilla kyselytutkimuksilla. Tosin tulevaisuudessa erilaiset anturit ja sensorit mittaavat yhä useampia parametreja terveellisestä talosta automaattisesti.

Kuntoarvio

Kuntoarviolla arvioidaan kiinteistön keskeisien osa-alueiden kunto ja laaditaan 10 vuoden suunnitelma kiinteistön kunnossapitämiseksi (PTS). Arvioon kuuluu rakennus-, LVI- ja sähkötekniikka.

Kuntoarviossa huomioidaan ensisijaisesti terveellisyys, turvallisuus ja korjauskustannuksiltaan suurimmat rakenneosien vauriot. Kuntoarvio (<http://www.kiat.fi>) koostuu neljästä osa-alueesta: esiselvitykset, asukaskyselyt, tarkastus ja raportointi.

Kuntotutkimus

Kuntotutkimuksen avulla talon omistajalle tai käyttäjälle saadaan tarkkaa tietoa talon rakenteiden teknisestä kunnosta, vaurioiden laajuudesta ja vaurioiden aiheuttajista. Samalla saadaan selville jäljellä oleva käyttöikä (rakenne, rakennusosa, laite). Tutkimuksen tarkoituksena on siis määrittää mahdollinen korjaustarve ja sen ajoitus. Pääsääntöisesti kuntotutkimuksessa joudutaan avaamaan rakenteita tai tekemään porauksia. Tarvittaessa rakenneavauksissa otetaan materiaalinäytteitä esimerkiksi mikrobivaurioitumisen selvittämiseksi (<http://www.kiat.fi>).

Kuntotutkimuksen yhteydessä voidaan tehdä kosteusmittauksia. Pääsääntöisesti kosteusmittauksen edellytyksenä on, että rakenteessa on kosteusvaurioitumisen merkkejä. Kosteusmittauksia voidaan tehdä pintakosteusmittauksilla tai mittaamalla suhteellista kosteutta. Pintakosteusmittauksessa rakenteita ei rikota ja sen avulla saadaan tietoa ainoastaan rakenteiden pintakosteudesta. Suhteellista kosteutta mitattaessa rakenteeseen tehdään poraamalla reikiä tai otetaan näytepaloja, jolloin saadaan tietoa rakenteen sisäisestä kosteudesta (<http://www.kiat.fi>).

Energiatodistus

Energiatodistus on hyvä työkalu arvioitaessa rakennusten energiatehokkuutta. Luokitusasteikko (A-G) antaa selkeän kokonaiskuvan talon energiatehokkuudesta ja sen avulla tavallisen kuluttajan on helppo tehdä vertailuja eri talojen välillä. Luokka A on energiatehokkain ja G eniten energiaa kuluttava. Uusille rakennuksille energiatodistus laaditaan rakennuslupavaiheessa ja se varmennetaan vielä ennen käyttöönottoa, koska rakentamisen aikana on voinut tapahtua muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin nähden. Energiatodistus on tullut pakolliseksi 1.1.2008 jälkeen rakennetuille taloille. Ennen vuotta 2008 valmistuneille taloille energiatodistus on vapaaehtoinen (<http://www.motiva.fi>).

Ilmatiivyyden mittaus

Ilmatiivyyden mittaaminen on tärkeä osa rakentamisen laadunvarmistusta. Ilmatiivyydsmittaus ei ole pakollisia, mutta se on erinomainen keino mitata rakentamisen laatua. Rakenteissa olevat vuodot aiheuttavat energiahävikin lisäksi viihtyvyys- ja kosteushaittoja.

Mittaukseen otetaan mukaan kaikki rakennuksen lämmitetyt ja jäähdytetyt tilat sekä tilat, jotka ovat selkeästi ilmanpitävän vaipan sisäpuolella. Myös tilat, joissa on koneellinen ilmanvaihto, otetaan mittaukseen mukaan. Mittauksen ajaksi kaikki ikkunat ja ulko-ovet suljetaan ja ilmanvaihtoaukot sekä takat ja hormit suljetaan. Erityislaitteiston avulla aikaansaadaan paine-ero sisä- ja ulkotilojen välille. Sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero on mittauksessa 50 Pascalia (RT 80–10974).

Hyväksi tavaksi on osoittautunut ilmatiivyyden mittaaminen kahdesti: ensimmäinen mittaus suoritetaan, kun höyrynsulku on paikoillaan ja läpiviennit tehty, mutta pinnat vielä viimeistelemättä. Toinen mittaus tehdään ennen käyttöönottoa, kun talo on valmis. Ensimmäisessä mittauksessa selvitetään vuotokohtat ja toisessa mittauksessa varmistetaan, että vuodot on korjattu. Tyypillisimpiä vuotokohtia löytyy ikkunoista ja ovista, virheitä tehdään niin valmistus- kuin asennusvaiheissa (<http://www.vttextpertservices.fi>).

Ilmavuodot lisäävät pientalon energiankulutusta noin 5-15 kWh/m² vuodessa. Viihtyvyshaitat ilmenevät pääosin rakennuksen alaosissa, jossa ilma virtaa sisäänpäin ja aiheuttaa vedon tunnetta. Myös kosteushaittoja voi esiintyä, jos lämmin ja kostea huoneilma pääsee virtaamaan rakenteisiin (<http://www.vttextpertservices.fi>).

Lämpökuvaus

Vaipan mahdollisia vuotokohtia voidaan etsiä lämpökuvauksen avulla. Lämpökamerakuvaus tarkoitus on määrittää rakennuksen vaipan lämpötekniinen kunto, lämmöneristekerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviyys eli ilmanpitävyys. Lämpökuvaus on hyödyllinen rakentamisvaiheen laadunvarmistusmenetelmä. Lämpökamerakuvaus on etu on, että sitä varten rakenteita tai pintoja ei tarvitse rikkoa. Vuotokohtien paikantamisen jälkeen se on helpompi avata ja korjata verrattuna koko rakenteen purkamiseen. Lämpökamerakuvausta voidaan hyödyntää talojen kuntotutkimuksissa ja korjaustarpeen määrittämisessä sekä uudisrakentamisen laadunvalvontamittauksissa (<http://www.kiat.fi>).

Lämpökamerakuvaus suoritetaan yleisesti kaksivaiheisena: normaalitilassa ja 50 Pascalin alipaineessa. Painesuhteiden muutos tuo esiin mahdolliset kylmäsillat, jotka jäätyvät alipaineessa vähemmän kuin ilmavuotokohtat (<http://www.rakennuslehti.fi>). Lämpökamerakuvauselle paras vuodenaika on talvi, jolloin sisä- ja ulkoilman lämpötila on suurimmillaan ja sisään virtaava kylmä ilma erottuu selvästi kuvissa.

Sisäilmatutkimus

Huono sisäilmasto vaikuttaa monella tavalla ihmisten terveyteen. Huonosta sisäilmasta johtuvat mm. erilaiset ärsytysoireet, päänsärky, väsymys sekä astma. Lisäksi terveys- ja viihtyvyshaittaa voi aiheutua melusta, liian korkeasta tai alhaisesta lämpötilasta ja vedon tunteesta. Huonon sisäilmaston

vaikutukset näkyvät nopeasti ihmisten hyvinvoinnissa esimerkiksi sairauspoissaoloina työpaikoilla ja kouluissa. Sisäilman laatua tarkkaillaan ensisijaisesti aistinvaraisesti ja rakenteita rikkomatta. Tutkimuksessa arvioidaan sisäilman laatua heikentävien rakenteiden ja talotekniikan merkitystä sisäilmaan.

Jos päädytään suorittamaan ilmanlaadunmittaus ilmanäytteiden avulla, on tärkeää, että mitataan rakennuksesta ja rakennusmateriaaleista peräisin olevia epäpuhtauksia. Tästä syystä mittaukset on syytä suorittaa, kun talon asukkaat eivät ole paikalla, koska muutoin mittaukselle vaikuttavat liikaa ihmiset tai ihmisten toiminnasta peräisin olevat epäpuhtaudet (Tuomi, 2012).

Mittauksilanteessa tulee vallita normaalit olosuhteet: asunnon ilmanvaihdon ja lämmityksen on oltava toiminnassa ja esimerkiksi ulkoilman korvausilmaventtiileiden on oltava avoinna kyseisen vuodenaajan käyttötilanteen mukaisesti. Kuitenkin ikkunatuuletusta tulee välttää vähintään neljä tuntia ennen näytteenottoa. Ilmanäyte kerätään asumisvyöhykkeeltä, pääsääntöisesti 1,1 metrin korkeudelta (Tuomi, 2012).

Mikrobiologiselle tutkimukselle suositeltu mittausvuodenaika on talvi. Talvella ulkoilman mikrobipitoisuus on pienimmillään ja sisäilmassa esiintyvien mikrobien voidaan olettaa olevan peräisin rakennuksen sisältä ja rakenteista. Kaikista rakennuksista löytyy pieniä määriä bakteereja ja homesieniä ja tämän vuoksi onkin tärkeää määrittää kosteusvauriokohteen mikrobien lajit ja määrä.

Kemiallisten aineiden enimmäispitoisuuksille ei ole olemassa viranomaisohjeita. Sisäilmaohjeessa esitetyt pitoisuudet perustuvat terveydenhoitolain (469/65) nojalla julkaistuihin suosituksiin, käytännön valvontatyössä hankittuun kokemukseen ja terveydensuojeluviranomaisten päätöksiin. Nämä esitetyt pitoisuudet (ammoniakki ja amiinit, formaldehydi, hiilidioksidi, hiilimonoksidi, styreeni, TVOC ja tupakansavu) ovat ohjeellisia (Tuomi, Tapani, Asumisterveysohjeen mukaiset kemialliset analyysit 2012). Myöskään mikrobeille ei ole olemassa tarkkoja terveysperusteisia raja-arvoja ja tämän vuoksi sisäilmanäytteiden otto tehdään yleensä viimeisenä, sisäilmaongelmia epäiltäessä. Raja-arvojen puuttuessa on tulosten tulkinta vaikeaa eivätkä johtopäätökset ole välttämättä luotettavia (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

Melun mittaus

Sisätiloissa melutaso vaihtelee ajallisesti ja alueellisesti. Rakennusten käyttötarkoitukset, melutasot ja meluhaitat vaihtelevat niin paljon, että yleisiä ja yksinkertaisia, kaikkiin tilanteisiin soveltuvia mittausohjeita on mahdotonta määrittää. Melun on todettu huonontavan enenevässä määrin elinympäristön laatua ja viihtyisyyttä, joten siihen on rakentamisessa ja rakennussuunnittelussa kiinnitettävä erityistä huomiota.

Rakentamisen ja rakennussuunnittelun kannalta tärkeitä asioita ovat askel- ja ilmaäänien eristävyystutkimukset. Ilmaääni on ilman välityksellä kulkevaa ääntä ja hyvällä ilmaääneneristävyydellä vaimennetaan esimerkiksi television ja puhumisen ääniä. Askeläänellä tarkoitetaan kävelemisestä syntyvää ääntä. Askelääni ei välttämättä kuulu voimakkaana sen syntypaikalla, mutta voi edetä runkorakenteissa pitkiäkin matkoja (<http://www.rakennaoykein.fi>). Melun ohjearvot on ilmoitettu A-taajuuspainotettuina, mikä tarkoittaa, että äänestä huomioidaan kuulon kannalta tärkeät äänitaajuudet.

Käyttäjäkyselyt

Hyvän sisäilman laatua ei voida varmistaa kuin kyselyillä. Sisäilmayhdistyksen mukaan käyttäjäkyselyt, ns. viihtyvyykskyselyt, ovat hyödyllisiä työkaluja, sillä mitattu ja koettu sisäympäristö eivät aina vastaa toisiaan. Sisäilmastokyselyitä voidaan käyttää kaikenlaisiin sisäilmaston ongelmiin. Käyttäjäkyselyillä kartoitetaan esimerkiksi havaintoja kosteus- ja homevaurioista ja niiden syistä sekä kokemuksia sisäilmaston yleisestä laadusta, kuten lämpöoloista ja hajuista. Päivittäin tehdyt käyttäjähavainnot ovat huomattavasti luotettavampia kuin tarkimmatkaan mittaukset (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

Sisäilmastokyselyn avulla saadaan selville mm: sisäilman laatu, missä osissa rakennusta mitäkin ongelmia esiintyy, oireilu ja mahdolliseen oireiluun vaikuttavat tekijät (<http://www.sisailmayhdistys.fi>). Käyttäjäkyselyiden tulkinta on aina terveysalan ammattilaisten tehtävä.

Yhteenveto

Rakennus ei ole olemassa itseisarvona, vaan se on aina tehty käyttäjiä varten ja siksi rakennuksen tulisi täyttää myös terveysvaatimukset, johon liittyvät rakenteellisen ja talotekniikan toimivuuden ja terveellisuuden lisäksi käyttäjien asumisviihtyvyys, hyvinvointi ja terveys.

Terveen talon tärkeimpiä ominaisuuksia on hyvä sisäilmasto. Hyvä sisäilmasto koostuu monista eri tekijöistä, joita ovat esimerkiksi sopiva lämpötila ja huoneilman kosteus, vedottomuus, meluttomuus ja hyvä sisäilman laatu. Ihmiset kokevat sisäilmaston hyvin yksilöllisesti.

Terveellisen sisäilmaston luominen vaatii useita käytännön toimia suunnittelussa ja rakentamisessa sekä rakennuksen käyttövaiheessa. Näitä ovat huolellinen työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallinta, hyvä rakentamisen laatu, päästöluokiteltujen materiaalien ja kalusteiden käyttö ja toimiva ilmanvaihto. Näiden lisäksi taloa ja sen laitteita tulee huoltaa ja korjata asianmukaisesti. Erityisen tärkeää terveen talon rakentamisessa on tehokas rakennustyön valvonta ja sujuva yhteistyö hankkeen eri toimijoiden kesken.

Terve talo on paitsi sisäilmastoltaan laadukas, myös energiatehokas ja ekologisesti kestävä. Energiatehokkuus ja ekologisuus saavutetaan, kun talosta rakennetaan riittävän ilmatiivis, suositaan uusiutuvia energiamuotoja ja käytetään rakennus- ja sisustusmateriaaleina uusiutuvia ja kierrätettäviä luonnonmateriaaleja kuten puuta.

Huono sisäilmasto vaikuttaa monella tavalla ihmisten terveyteen. Huonosta sisäilmasta johtuvat mm. erilaiset ärsytysoireet, päänsärky, väsymys sekä astma. Lisäksi terveys- ja viihtyvyyshaittaa voi aiheutua melusta, liian korkeasta tai alhaisesta lämpötilasta ja vedon tunteesta. Huonon sisäilmaston vaikutukset näkyvät nopeasti esim. sairauspoissaoloina työpaikoilla ja kouluissa. Tulevaisuudessa rakentamis- ja kiinteistöalalla tapahtuu muutoksia, joilla pyritään vaikuttamaan talojen terveellisyteen, energiatehokkuuteen ja ekologisuuuteen ja samalla vastaamaan ihmisten haluun saada yksilöllinen, viihtyisä ja muunneltava koti. Lähivuosien aikana Suomessa siirrytään lähes nollaenergiarakentamiseen ja sen myötä tuotanto- ja rakentamistavat tulevat muuttumaan. Markkinoille tulee koko ajan lisää uusia materiaaleja ja rakenteita sekä erilaisia älykkään asumisen komponentteja. Ilmastonmuutoksen hidastamiseksi tullaan jatkossa hyödyntämään uusiutuvia

energianlähteitä fossiilisten polttoaineiden sijaan. Nämä suuret muutokset tulevat vaatimaan uutta osaamista suunnittelijoilta ja työntekijöiltä.

Terveessä talossa on viihtyisämpi ja terveellisempi asua. Talon käyttökustannukset ovat pienemmät, sen käyttöikä on pidempi ja jälleenmyyntiarvo korkeampi. Suuri haaste on kouluttaa ja täydennyskouluttaa tulevaisuuden toimintaympäristön asettamia haasteita hallitsevia monialaisia terve talo -asiantuntijoita.

Kiitokset

Insinööriyö toteutettiin Aalto-yliopiston ja Metropolia Ammattikorkeakoulun yhteishankkeena. Kiitämme myös tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeoIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Aaltonen, Mikko. 2012. Tuulettuvat alapohjat. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Asumisen tulevaisuus (ASU-LIVE 2011-2015). 2011.. ASU-LIVE-tutkimusohjelma. Helsinki. Saatavilla: www.aka.fi/asu. [Viitattu 2.4.2013].

Asumisterveysohje. 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Helsinki.

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki. 2012.

D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, Rakennusten energiatehokkuus, Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriö. 2011.

Hakkarainen, Juha. 2010. Laadukkaan sisäilmaston varmistaminen toimitilarakennuksessa. Tekniikan kandidaatintyö. Kiinteistötalouden tutkinto-ohjelma.

Hietsalo, Piia. 2013. Terveen talon mittari. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Insinööriyö. 63 s.

Hirsimäki, Olli. 2010. Älytalon suunnitteluasiakirjat. Insinööriyö. Vaasan ammattikorkeakoulu.

Hirsitalot ry, Hirsitalon ympäristövaikutukset suotuisia. Lehdistötiedote. 24.3.2009. Saatavilla: <http://www.hirsikoti.fi>. [Viitattu 31.3.2013]

Holopainen, Rauno, Reijula, Kari. 2012. Kosteusvaurioiden vähentäminen rakennuksissa, Talotekniikkajärjestelmät rakennusten kosteusvaurioiden aiheuttajina. Työterveyslaitos. Helsinki.

Hyyppä, Hannu (toim), 2012. Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennus- ja kiinteistöala.

Juvonen, Janne, Lämpökaivo. 2009. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki.

Kanniainen, Otto. 2012. Terve talo-koordinaattorin työkalu. Opinnäytetyö.

Karnaattu, Risto, Pesonen, Reijo. 2012. Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat. Selvittäminen terveydensuojelulain mukaisilla asunnontarkastuksilla. Opinnäytetyö. Itä-Suomen yliopisto.

Korolainen, Heikki. 2012. Sisäilmasto-ongelmat. Insinööriyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu.

Koskela, Anne. 2007. Isännöitsijän ja asukkaan sisäilmasto-opas. Insinööriyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Kosteus- ja hometalkoot. 2012. Tunnista ja tutki riskirakenne: pientalojen riskirakenteet, vauriot ja vauriomekanismit, kuntotutkimusmenetelmät. Opetusmateriaali. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Kärki, Jukka-Pekka, Heikkinen, Pertti. 2011. Riskirakenteet ja niiden tunnistaminen sekä tutkimusmenetelmät. Ympäristö ja Terveys-lehti 6-7:2011.

Luotonen, Pekka 2010. Terve talo – onko sellaista? RIA 3/2010.

Matalaenergiarakenteiden toimivuus. Tutkimustuloksia ja suosituksia uusiin lämmöneristys- ja energiankulutusmääräyksiin ja – ohjeisiin. Loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. 31.10.2008.

Mertanen, Jussi. 2012. Kosteusvaurioalttiit rakenteet ja tyypilliset rakennusvirheet 2000-luvulla rakennetuissa suomalaisissa pientaloissa. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.

Pirinen, Juhani. 2010. Kosteus- ja hometalkoot. Toimenpide-ohjelma – versio syyskuu 2010. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Puhtaus & Palvelusektori, Itsepuhdistuvat pintamateriaalit muuttavat puhdistusajattelua. 5-2008.

Pyrylä, Reetta, Kylä-Setälä, Anna-Maija. 2001. Pilaantuneet maa-alueet kaavoitusprosessissa. Esiselvitys. Helsinki.

Railio, Jorma, Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja hygienia. LVI-talotekniikkateollisuus ry 6/2008. 2008.

Raksystems Anticimex.2010. Suomalaisissa omakotitaloissa luultua enemmän vaurioita. Lehdistötiedote. 22.1.2010.

RIL 204-2006. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. Helsinki.

RIL 250-2011, Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. Helsinki.

RT 07-10564 Rakennuksen sisäilmasto. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö. 1995.

RT 07-10946 Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö. 2009.

RT 80-10974, LVI 01-10450. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö. 2009.

RT 91-10970 Puhtaudenhallinnan huomioonottaminen rakennussuunnittelussa. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö. 2009.

Seppänen, Olli, Seppänen, Matti. 2004. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. SIY Sisäilmatieto Oy. Jyväskylä.

Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Suomen LVI-liitto ry. Helsinki.

Seppänen Olli, Säteri Jorma, Lehtinen Teppo, Nevalainen, Aino. 1997. Tavoitteena terve talo. Sisäilmayhdistys ry. Teknologian kehittämiskeskus.

Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmayhdistyksen luokitus. www-dokumentti. Saatavana <http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/kehityshankkeet/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf> /10/, [Viitattu 20.2.2013].

Sisäilmaopas 7, Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. Sisäilmayhdistys ry. 2004.

Tuomi, Tapani. 2012. Asumisterveysohjeen mukaiset kemialliset analyysit. Esitelmä Työterveyshuollon asiantuntijoille 10.2.2012. Työterveyslaitos. 28.3.2012.

Vaho, Elisa. 2011. Puhtaudenhallinta uudisrakennushankkeessa. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. 2011.

Vinha, Juha. 2009. Lisäeristämisen vaikutukset puurakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa. Tampereen teknillinen yliopisto. 10.3.2009.

Vinha, Juha, Korpi, Minna, Kalamees, Targo, Jokisalo, Juha, Eskola, Lari, Palonen, Jari, Kurnitski, Jarek, Aho, Hanna, Salminen, Mikko, Salminen, Kati, Keto, Matias. 2009. Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous. Tutkimusraportti 140. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

Ympäristö ja Terveys-lehti 2009, Asumisterveysopas 2009. 2009.

<http://www.kiat.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.3.2013].

<http://www.motiva.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].

<http://www.rakennuslehti.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 1.2.2013].

<http://www.rakennaoykein.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.4.2013].

<http://www.rakentajanekolaskuri.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.2.2013].

<http://www.safa.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.2.2013].

<http://www.sisailmayhdistys.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].

<http://www.sitra.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 7.3.2013].

<http://www.terve.fi/>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.2.2013].

<http://www.ttl.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 1.2.2013].

<http://www.tuulivoimayhdistys.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 8.4.2013].

<http://www.tyoturva.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].



RFID rakennustuotannossa

Teemu Leppänen^{1,2}, Merwace Akbari^{1,2}, Marika Ahlavo^{1,2},
Hannu Hyyppä^{1,2}, Mika Lindholm¹

¹Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

²Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

Tiivistelmä

Innovaatioprojekti toteutettiin yhteistyössä Metropolia Ammattikorkeakoulun ja Aalto-yliopiston kanssa. Projektin tavoitteena oli tutkia RFID:n toimintaa sekä nykyisiä käyttökohteita ja sovelluksia. Projektissa selvitettiin, mikä RFID on ja mitä tekniikkaa nykyisin on käytössä. Samalla perehdyttiin nykyisiin käyttökohteisiin ja sovelluksiin, lukulaitteisiin, ohjelmistoihin sekä markkinoilla oleviin tunnisteesiin. Tarkoituksena oli tuottaa esiin yleiskatsaus muusta käytössä olevasta teknologiasta ja vertailla järjestelmien eroja RFID-tunnisteesiin. Projektista saaduilla tuloksilla ja johtopäätöksillä edesautetaan RFID-tekniikan tulevaisuuden käyttömahdollisuuksia rakennustuotannossa ja tuotannon ohjauksessa Suomessa. RFID on yleisnimitys teknologiasta, joka käyttää radioaaltoja tunnistettaessa ihmisiä tai esineitä. Tunnistamiseen on olemassa useita menetelmiä, mutta yleisin käytössä oleva tekniikka on tallentaa mikrosiruun yksilöity sarjanumero, jolla kohde tunnistetaan. RFID-tunnisteet koostuvat kolmesta komponentista: tunnistesta, lukijasta ja antennista. Muuttamalla antennin kokoa, komponenttien tehoa ja tallennuskapasiteettia voidaan RFID:tä hyödyntää moniin eri käyttötarkoituksiin. Suurin osa RFID-tunnisteista on lähettimiä, joissa käytetään yksilöllisen sarjanumeron ja tuotetiedon sisältämää sirua. Eri RFID-tunnisteet eivät välttämättä ole keskenään yhteensopivia. RFID-tekniikkaa käytetään nykyisin lukuisilla eri teollisuuden aloilla, mutta rakennusteollisuudessa sen käyttö on vielä toistaiseksi vähäistä. Rakennusteollisuuden hidas muutoshalukkuus uusien innovaatioita kohtaan, standardisoinnin puute sekä käyttöönottoon liittyvät riskit ovat hidastaneet tätä kehitystä. RFID:n ja BIM:n yhteensovittamisen ansiosta on mahdollista parantaa esim. rakennushankkeen joustavuutta sekä vähentää resurssien käyttöä.

Taustaa

Ensimmäiset RFID-tekniikan kaupalliset sovellukset otettiin käyttöön 1980-luvun puolivälissä Yhdysvalloissa tietojen automaattisia tunnistusjärjestelmiä varten. Nykyisin RFID on käytössä lukuisilla teollisuuden toimialoilla, mutta läpimurto saavutettaneen vasta lähitulevaisuudessa. Onkin hyvin tärkeää ymmärtää menettelytapoja muilla teollisuuden aloilla, jotta voisimme tehokkaasti edistää automaattisten tunnisteesien käyttöä ja soveltamista myös rakentamisessa. Rakennustuotannossa ja siihen läheisesti kytköksissä olevilla toimialoilla on nykyisin käytössä RFID-tekniikkaa hyödyntäviä järjestelmiä sekä laitteistoja. Sovellusten käyttö Suomessa on kuitenkin vielä melko vähäistä. (wikipedia.fi; Seppä, 2009; ERA BUILD, 2006)

RFID-tunnisteet ovat merkittävä automaattinen tunnistustekniikka, jossa on paljon potentiaalia tulevaisuuden käyttösovelluksiin. Eri puolilla maailmaa työskennellään RFID:n kehittämisen parissa, jotta saataisiin tunnisteesia, joilla tietoa voidaan siirtää tarkasti ja joiden käsittely olisi helppoa ja

kustannustehokasta. Suuret kansainväliset vähittäismyyntiketjut ja supermarketit rahoittavat RFID-tutkimushankkeita ja ovat tiennäyttäjinä teknologian kehittämisessä. Muilla aloilla saavutetut hyödyt olisi mahdollista saavuttaa myös rakennusalalla ja rakennusten kunnossapidossa. Esimerkkejä näistä ovat automaattiset laadunvalvonta ja huoltoilmoitukset, rakennusosien sijainti ja varastointi työmaalla.

RFID-teknologia mahdollistaa yhteistyön eri kumppaneiden kanssa sekä yhdistää tehokkaammin tuotteiden toimitusketjuja. Teknologian vaatima investointi saadaan melko nopeasti takaisin, sillä RFID-järjestelmähallintaan tarvitaan vähemmän työtä kuin toimitusketju normaalisti vaatisi. RFID-tunnisteet ovat osoittautuneet parhaaksi tavaksi toimialoilla, joilla vaaditaan jäljitettävyyttä, virheiden ja hävikkien kontrollointia sekä halua työvoiman tehokkaampaan hyödyntämiseen. RFID:n hyödyt tulevat erityisesti esille, kun tuotteen tiedot tarvitaan sen koko elinkaaren ajalta. Tunnisteeseen on mahdollista tallentaa täydelliset tiedot tuotteesta ja sen koko valmistusprosessista. (ERA BUILD, 2006)

Tunnisteita käytetään jo mm. maataloudessa, urheiluvälineissä, vartioinnissa, viranomaistoinnissa sekä logistiikassa. Rakennusteollisuuteen liittyviä sovelluksia on olemassa vasta muutamia.

Viivakoodi on yleisin kansainvälisessä kaupassa käytetty tunniste. Viivakoodissa olevan tunnistenumeron avulla voidaan tuote tilata, hinnoitella tai laskuttaa. Viivakoodi ei sisällä tietoa vaan on yksilöllinen numerosarja, jonka avulla tietojärjestelmästä voidaan löytää vastaava tuote. Viivakoodia käytetään lähes kaikkialla teollisuudessa. (wikipedia.fi)

RFID:n etu viivakoodiin nähden on, ettei se tarvitse suoraa näköyhteyttä lukijaan ja se voidaan asettaa mihin tahansa kohtaan tuotetta sekä lukea suoraan pakkauksesta tai tuotteen sisältä. Toinen RFID:n merkittävä etu on, että se voi toimia itsenäisesti lähettämällä tiedot radioaaltojen avulla. Se ei tarvitse työvoiman käyttöä koodin lukemiseen, toisin kuin viivakoodi.

RFID-tunnisteita on saatavilla useilla erikokoisilla muisteilla ja niitä voidaan käyttää koko toimitusketjun ajan. Tunnisteeseen voidaan tallentaa enemmän tuotetietoa kuin viivakoodiin. Tunnisteet ovat kestäviä, sillä ne voidaan asentaa suojaan tuotteen sisälle. RFID-tunnisteet kestävät tuotannon vaatiman lämmittämisen ja jäähdyttämisen. Viivakoodi on hyvin arka kulutukselle ja kosteudelle, joka voi jopa tuhota koodin luettavuuden.

Logistiikan järjestelmät eivät ole riittävän kehittyneitä ja rakennusalalla tieto tunnistusjärjestelmistä on ollut puutteellista. RFID:n tuomista eduista rakennusteollisuudelle ja yleisesti rakennusalalle ei ole ollut riittävää tietotaitoa. Haastetta on lisännyt alan suhteellisen kielteinen asenne uusia innovaatioita kohtaan. Osaltaan standardisoinnin puute, käyttöönottokustannukset ja siihen liittyvät riskit sekä ammattitaitoisen henkilöstön saatavuus ovat hidastaneet kehitystä alalla. (ERA BUILD, 2006)

Mitä on RFID?

Radioaaltoihin perustuva tunnistustekniikka eli RFID on tietojenkäsittelyn kehityksen seuraava aalto. RFID-teknikka yhdistää esineitä tai asioita internetiin ja tietokantoihin, joiden kautta yritykset voivat jakaa tietoa ja seurata tuotteita. Toimintamalli on hyvin yksinkertainen: tuotteeseen lisätään pieni mikrosirullinen lähetin, johon kyseisen tuotteen tiedot on tallennettu. Lukija vastaanottaa lähettimen tuottamat radioaallot ja jakaa tiedot tietokoneen kanssa, jolloin niitä voidaan käyttää tuotteiden hallinnassa.

RFID on yleisnimitys teknologiasta, joka käyttää radioaaltoja tunnistessa ihmisiä tai esineitä. Tunnistamiseen on olemassa useita menetelmiä, mutta yleisin käytössä oleva tekniikka tallentaa mikrosiruun sarjanumeron, jolla tunnistetaan henkilö, esine tai mahdollinen muu tieto. Tunnisteessa mikrosiruun on yhdistetty antenni, jonka avulla siru lähettää tiedot lukulaitteelle. Siru ja antenni yhdessä muodostavat kaupallisen nimen RFID. Lukulaite muuntaa heijastuvat radioaallot digitaaliseksi tiedoksi, jonka jälkeen ne voidaan siirtää tietokoneelle ja hyödyntää esimerkiksi rakennuksen kulunvalvonnan ja työajan seuraamiseen. (wikipedia.fi)

RFID:n toiminta ja tunnisteet

RFID koostuu kolmesta eri komponentista: tunnisteesta, lukijasta ja antennista - sekä tunnisteesta että lukijassa. Muuttamalla antennin kokoa, mallia, tallennuskapasiteettia ja komponenttien tehoa, voidaan RFID:tä käyttää moniin eri käyttötarkoituksiin. RFID:n etuihin kuuluu se, ettei lukijan ja tunnisteiden välillä tarvita suoraa yhteyttä. Tiedonsiirto tapahtuu siten, että tieto tallennetaan tunnisteeseen mikrosiruun, josta on langaton yhteys tunnisteeseen antenniin. Antenni mahdollistaa sirussa olevan tiedon välittämisen RFID-lukijalle. Lukija muuntaa saamansa radioaallot digitaaliseen muotoon, joka siirretään tietokoneelle käsiteltäväksi. (wikipedia.fi)

Suurin osa RFID-tunnisteista on lähettäviä, joissa käytetään piisirua, joka sisältää yksilöllisen sarjanumeron ja tuotteeseen liittyvät tiedot. Tunnisteita on kolmen tyyppisiä: passiivisia, aktiivisia ja semi-passiivisia. Näistä passiiviset tunnisteet ovat suosituimpia ja eniten käytettyjä, koska ne ovat edullisia ja saavat tarvittavan virran pariston sijaan suoraan lukijan lähettämästä signaalista. Aktiiviset tunnisteet puolestaan lähettävät jatkuvasti signaalia ympäristöön ja niissä on erillinen paristo tai akku, josta saadaan tarvittava virta. Myös semi-passiiviset tunnisteet sisältävät pariston tai akun, mutta eroavat aktiivisista siten, että ne aktivoituvat vasta lukijan ollessa lähetytyillä. Passiivisilla RFID-järjestelmillä onkin lupaavimmat mahdollisuudet toteuttaa kustannustehokas ja luotettava laitteisto toimitusketjun hallintaan. (wikipedia.fi)

Käytetyn taajuuden perusteella etätunnisteet jaetaan eri luokkiin. Ainoastaan viranomaiset pystyvät säätelemään taajuuksia ja kenttävoimakkuuksia. Tällä hetkellä käytetään neljänlaisia RFID-tunnisteita, jotka toimivat neljällä eri taajuusalueella.

Matalan taajuuden (Low Frequency) tunnisteita (100–250 kHz) käytetään muun muassa eläinten tunnistukseen, oluttynnyrien jäljittämiseen sekä autojen käynnistyksen- ja varkaudenestojärjestelmiin. Mikäli esimerkiksi lemmikeläimeen on istutettu RFID-tunniste, pystytään lemmikki palauttamaan omistajilleen mahdollisessa katoamistapauksessa.

Korkean taajuuden (High Frequency) tunnisteita (13,56 MHz) käytetään esimerkiksi kirjastoissa ja kirjakaupoissa kirjojen jäljittämiseen, kuormalavojen, lentolaukkujen ja vaatteiden jäljittämiseen sekä rakennusten kulunvalvontaan. Korkeataajuiset tunnisteet ovat korvaamassa magneettiraitoja. Näitä tunnisteita tarvitsee pitää vain lyhyen matkan päästä lukijasta, jolloin tunnisteiden haltija voidaan tunnistaa. Suomessa taajuus 13,56 MHz:n on käytännön standardi henkilön tunnistuksessa ja tuotteiden alkuperämerkinnöissä.

UHF (Ultra High Frequency) tunnisteissa alin taajuus 865 MHz (Eurooppa) ja suurin 950 MHz (Japani) ja MW (Microwave Frequency) 2,45 GHz. UHF-tunnisteita käytetään yleisesti kuormalavojen ja konttien jäljityksessä ja satamissa ajoneuvojen ja perävaunujen jäljityksessä. Suomessa käytettävä taajuus on 868 MHz. (Seppä, 2009, s. 13)

ISM-taajuusalue (Industrial Scientific and Medical) on maailmanlaajuinen radiokaista ja sen käyttö ei vaadi lupaa. Kansainvälisesti käytettävissä oleva taajuus on 2,45 GHz, koska se on ISM-taajuusalueella. Yhdysvalloissa tämän taajuuden säteilyteho on 4W ja Euroopassa 0,4W, jolloin tämä jää liian alhaiseksi monille sovelluksille. Tästä johtuen viestintävirasto hyväksyi helmikuussa 2005 muutoksen UHF-taajuusalueen RFID-lukijoiden tehorojoiuksiin. Nyt Suomessakin käytetään RFID:tä 2 W:n teholla, joka mahdollistaa pidemmän lukuetaisyyden sovellukset. Vuonna 2005 valmistui eurooppalainen standardi 866 MHz:n UHF-taajuudelle. (wikipedia.fi)

Aktiiviset ja passiiviset RFID-tunnisteet ja lukijat

Aktiiviset etätunnisteet sisältävät myös virtalähteen ja niillä on pidempi kantomatka ja suurempi muisti verrattuna passiivisiin tunnisteesiin. Aktiiviset etätunnisteet pystyvät tallentamaan lähetin-vastaanottimen lähettämiä lisätietoja. Pienimmät aktiiviset etätunnisteet ovat kolikon kokoluokka, mutta ohuempia. Lukuetaisyydet ovat monia kymmeniä metrejä ja pariston ikä useita vuosia. (Seppä, 2009, s. 9)

Tunnistetyypeistä passiiviset ovat yleisimpiä ja halvimpia valmistaa. Vuonna 2004 passiivisten tunnisteen hinta oli 0,25 euroa kappaleelta. Tavoitteena on saada passiivisten tunnisteen hinta lähemmäksi 0,05 euroa. (wikipedia.fi)

Passiivisilla RFID-tunnisteilla ei ole omaa virtalähdettä eikä lähetintä. Sähkövirta muodostuu antenniin saapuvasta radiotaajuudesta skannauksesta ja tästä johtuen tunniste pystyy lähettämään vastauksen. Passiivisten tunnisteen etuina ovat edullinen hinta, pieni koko ja se, etteivät ne tarvitse huoltoa. Näiden takia jälleenmyyjät ja valmistajat käyttävät näitä tunnisteita toimintaketjuissaan.

Semi-passiivisissa etätunnisteissa on oma virtalähde, mikä auttaa saavuttamaan pidemmän toimintasäteen. Oman virtalähteen ansiosta se pystyy toimimaan itsenäisesti, kun lukulaitetta ei ole lähellä, ja säilyttämään tiedot muistissaan.

RFID-lukijalla on kolme tehtävää: tuottaa passiiviselle tai semi-passiiviselle tunnisteele tiedon lähettämiseen tarvittava energia, ottaa vastaan tunnisteen lähettämä tieto ja käsitellä se. Lukuetaisyyteen vaikuttavat sekä lukijan että tunnisteen antennin koko ja lukijan sähkömagneettisen kentän voimakkuus. Antennin koon määrää se, kuinka pienenä tunniste halutaan pitää.

Miten rakennusala voisi hyödyntää RFID:n käyttöä?

Työmaan kulunvalvonta ja tehokkuus - Sähköisiin RFID-kortteihin perustuvalla kulunvalvonnalla voidaan valvoa työntekijöiden liikkeitä kaikkialla työmaalla ja samalla estää asiattomilta pääsy työmaa-alueelle. Rakennustyömaalla liikkuvat voidaan varustaa RFID-henkilökortein tai -avaimenperin, joilla säädellään ja valvotaan keskitetysti liikkumista työmaalla. Työkalut ja muu arvokas materiaali voidaan varustaa tunnisteeilla, jolloin niiden liikkumista pystytään seuraamaan ja ennaltaehkäisemään hävikkiä työmailta. (www.gaorfid.com). Sen lisäksi, että RFID-järjestelmän avulla on mahdollista rajoittaa työntekijöiden oikeuksia liikkua työmaan eri alueilla, voidaan kulkutietoja myös tallentaa ja jakaa työmaalla toimivien yritysten välillä. Järjestelmä mahdollistaa myös sen, että työmaa voidaan päivän päätteeksi automaattisesti sulkea sekä rajata. (www.rfidjournal.com/article/view/9074) ARD Software valmistaa RFID-portteja työmaan kulunvalvontaan, joiden avulla voidaan työmaan työntekijöiden määrää seurata reaaliaikaisesti sekä tunnistaa heidän henkilöisyytensä kypäriin asetettujen

RFID-tunnisteiden kautta. Workforce monitor-palvelun avulla esimiesten on helppo seurata eri urakoitsijoiden määrää työmaalla ja onko paikalla olevilla vaadittavat todistukset sekä kulkuluvat. Tämä ei luo ainoastaan hyötyä turvallisuuden kannalta vaan auttaa pääurakoitsijaa tai tilaajaa laskutuksen tarkistamisessa aliurakoitsijoilta sekä antaa mahdollisuuden ennakoita mahdollisia työvoiman vähäisyydestä aiheutuvia viivästyksiä.

Jätteiden hallinta RFID:n ja GPS:n avulla - Sveitsiläinen kuljetus- ja jätehuoltoalan yritys Challande et Fils käyttää AgoraBeen (ChisFleet) ratkaisua seuratakseen ympäri maata asiakkailta olevien jätelavojen sijaintia. AgoraBee on kehittänyt ChisFleet järjestelmän helpottamaan jätehuoltoa ja rakennusalan yrityksiä tavaroiden paikannuksessa. Järjestelmän ytimen muodostavat aktiiviset RFID-tunnisteet, joilla on oma yksilöllinen numerointi. Järjestelmä hyödyntää sijainnin paikantamisessa RFID-tunnisteiden lisäksi GPS-paikannusjärjestelmää. Tunnisteet voidaan kiinnittää suoraan perävauvuun, kuorma-autoon tai muuhun suureen yksikköön. Vastaanottimet vastaavasti asennetaan kuorma-autoihin, jotka noutavat lähetyksiä työmailta. Kun astia on noudettu, järjestelmä tunnistaa sen automaattisesti ja linkittää tunnisteen tunnistenumeron auton sijaintiin. Challande käytti viimeiset 10 vuotta pelkkään GPS-sijaintiin perustuvaa paikannusta, jonka avulla jätelava voitiin löytää manuaalisesti. Järjestelmän ongelmana oli kuitenkin se, ettei se antanut vahvistusta siitä, mitkä astioista oli jo tyhjennetty. Siitä lähtien, kun järjestelmä otettiin käyttöön vuonna 2011, Challande on saanut vähennettyä väärin toimitettujen jäteastioiden määrää merkittävästi ja onnistunut säästämään huomattavasti astioiden paikantamiseen ja etsimiseen aiemmin käytettyä aikaa. (www.rfidjournal.com/article/view/9165)

Älykäs betoni - Betonielementit voidaan tunnistaa RFID-tunnisteiden avulla sähköisesti, kun tunnisteet sijoitetaan suojaan elementtien sisälle. Tunnisteisiin voidaan liittää erilaisia sensoreita, jotka tunnistavat esim. betonin lämpötilan, kosteuden tai kuivumisnopeuden. Tiedon kerääminen laadunvarmistuksen asiakirjoihin sekä rakennuksen elinkaaren aikaisiin huoltotöihin on näin mahdollista. Kiinteistön kunnossapidossa rakenteissa valmiina olevilla tunnisteilla voitaisiin tehostaa huolto ja korjaustöitä. Saatujen tietojen perusteella voitaisiin kehittää sekä ohjata suunnittelua ja parantaa sitä kautta koko prosessin laatua. Järjestelmällä saadut hyödyt on helppo havaita lyhyessäkin ajassa tehokkaampana asennuksena ja säästettyinä työtunteina. Yhdysvaltalainen yritys ICT on valmistaa uudentyyppistä ratkaisua betoniteollisuudelle, joka perustuu RFID-tekniikkaan. CastAcode® antaa valmistajille mahdollisuuden tarjota asiakkaille ajankohtaista tietoa ja tavan hallita varastoa suurillakin työmailla. Tunnisteiden avulla betonirakenteet voidaan jäljittää läpi niiden elinkaaren. Betoniteollisuus voi yhtäaikaan käyttää järjestelmää omaan laadunvalvontaansa ja samalla parantaa tehtaiden tuottavuutta sekä tarjota lisäarvoa asiakkaille tuotteiden tunnistettavuudella.

RFID-perusteinen kiinteistön kunnossapito - Rakenteissa olevilla tunnisteilla voidaan tehostaa huolto- ja korjaustöitä. Tunnisteiden avulla saadun tiedon perusteella voidaan kehittää ja ohjata suunnittelua sekä parantaa tekniikoita ja sitä kautta koko prosessin laatua. RFID-tunnisteita on käytetty parantamaan huollon ja kunnossapidon ohjelmia. Rakenteissa olevista tunnisteista voidaan poimia tietoa lukijoiden avulla ja siirtää tiedot suoraan tietokoneelle. Tunnisteet voisivat sisältää tiedot rakenteen tyypistä, käytetyistä materiaaleista, detaljeista sekä ohjeet kunnostukseen. [www.gaorfid.com]

Työmaan logistiikka - Tunnisteiden avulla voidaan parantaa toimitusketjun toimivuutta hankkeeseen osallistuvien yritysten välillä. Tiedonkulku tavarantoimittajien ja työmaanvälillä saadaan täsmällisemmäksi, toimitukset oikea-aikaisiksi ja lisäksi säästetään turhalta varastoimiselta, jolloin

vältytään vakavilta materiaalin puutteilta ja liikatilauksilta. Työaikaa ei myöskään kulu tavarantoimitukseen ympäri työmaata ja voidaan helposti varmistua, että oikea tuote on aina oikeassa paikassa. Aikatauluja saadaan parannettua, saavutetaan säästöä työvoima- ja materiaalikustannuksissa sekä hyödytään ennen aikaisesta valmistumisesta. (www.gaorfid.com)

Oman ja vuokratkaluston käytön ja palautusten seuranta - Rakennusala on hyvin kilpailtu ja aikataulut tiukkoja, jonka takia tehokas kustannusten hallinta on tarpeen. Jokainen kuluerä, joka hankkeen budjetista voidaan säästää, on syytä ottaa huomioon. Työkalujen etsiminen tai puuttuminen aiheuttaa kalliita ja tarpeettomia viivästymisiä, jotka voidaan välttää RFID-tunnisteiden avulla. Työmaa, jolla on lukuisia urakoitsijoita haastaa toimijoita. Rakennusliikkeiden on valvottava työvälineitä huolehdittava, että investoitu kalusto on aktiivisessa käytössä ja pysyy käyttökuntoisena. Norjalaisen yrityksen TraceTracker As:n tarjoama ratkaisu on kehitetty yhteistyössä rakennusteollisuuden kanssa ja sen avulla alan yritykset voivat kustannustehokkaasti hallita kalustoa. TraceTracker Asset on selainpohjainen seurantajärjestelmä, jonka avulla voidaan työkalujen, laitteiden ja ajoneuvojen käyttöä valvoa lähes reaaliajassa. Sen avulla saadaan myös tieto, mitkä työkalut ja laitteet ovat saatavilla milläkin hetkellä jokaisessa yksikössä olevan RFID-tunnisteen perusteella. Järjestelmän avulla on rakennusteollisuuden kanssa yhteistyössä arvioitu olevan mahdollista säästää jopa 2-4 % vuotuisesta liikevaihdosta.

Koneiden huoltoaikataulut - Koneisiin ja laitteisiin asennettuihin RFID-tunnisteisiin voidaan tallentaa huoltoaikataulut. Ne voitaisiin myös varustaa aktiivisin tunnistein, jotka ilmoittavat tulevista huolloista. Tällä tavoin voitaisiin perinteisten huoltokirjojen sijaan nähdä, mitä ja missä on huollettu ja milloin on aika huoltaa seuraavaksi. Tiedot pysyvät paremmassa tallessa ja varmistetaan kalliiden koneiden pitkä käyttöikä. (www.gaorfid.com)

Lähteiden ja saapuvien kuorma-autojen seuranta - Yksinkertaisuudessaan kuormien seuranta tapahtuu niin, että jokaiseen kuormaan tai tavararaan laitetaan RFID-tunniste, jonka tiedot lukija lukee ensimmäisen kerran lähtiessään varastosta ja toisen kerran, kun se on saapunut määränpähän.

RFID-perusteisten kiinnitystarvikkeiden käyttö - RFID-tunnistenaulan runko on valmistettu nailonista. Tunniste sijoitetaan keskiosaan, joka on täytetty epoxilla, jolloin siitä saadaan täysin veden ja pölyn kestävä. Tunnisteita voidaan käyttää sellaisenaan kaikentyyppisten puumateriaalien kanssa. Nailon on oivallinen materiaali käytettäväksi kosteaan ja kemialliseen ympäristöön, jossa tavallinen naula ruostuisi. Nykyisin tunnisteita käytetään pääosin tuotantoketjun hallinnassa ja omaisuuden jäljittämisessä metsäteollisuudessa, mutta sovelluksia voisi hyödyntää myös tavalliseen rakentamiseen. (www.hy-smart.com)

Käyttösovelluksia:

1. Puiden tunnistaminen (Honkarakenne Oy)
2. Tavaroiden paikannus
3. Tuotteiden tunnistus (Puukeskus Oy: varastohallinta ym.)
4. Valvonta (laittomat hakkuut, suojellut metsät)
5. Logistiikka ja tieto määristä

Kiitokset

Kiitämme tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeolIT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

RFID in construction, ERA BUILD 2006.

Seppä, Heikki. 2009. Vallankumouksellinen RFID Etätunnistusteknologian kehitys meillä ja maailmalla. Tekesin katsaus. 249/2009. ISBN 978-952-457-467-9.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/RFID> (luettu 4.5.2012)

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Viivakoodi> (4.5.2012)

<http://www.rfidjournal.com/article/view/9074> ((4.5.2012)

<http://www.rfidjournal.com/article/view/9165/1> (4.5.2012)

http://www.gaorfid.com/RFID_Construction/ (4.5.2012)

<http://www.hy-smart.com/rfid-tag/nail-tag/index.html#Mmore> (4.5.2012)

<http://www.rfidjournal.com/article/view/9165/1> (4.5.2012)

<http://www.rfidjournal.com/article/view/9165/2> (4.5.2012)



Maunulan keskustan kehittäminen

Sanni Levy^{1,2}, Kirsten Weiste^{1,2}, Marika Ahlavo^{1,2}, Mika Lindholm², Hannu Hyyppä^{1,2}

¹Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

³Maunula Seura

Tiivistelmä

Innovaatiotyönä toteutetun hankkeen tavoitteena oli kuvata Maunulan uuden keskustan palvelutarpeita sekä ongelmia ja mahdollisuuksia senioreiden ja lapsiperheiden näkökulmista. Pääaineistona olivat haastattelut nykyisen keskustan yrittäjille, uuden liikekeskuksen omistajille ja kaupunginarkkitehdille sekä asukkaille tehty kysely.



Taustat ja tavoitteet

Innovaatioprojektin toteuttajaosapuolina toimivat Maunula-Seura, Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti ja Metropolia Ammattikorkeakoulun Rakennus- ja kiinteistöala. Maunulaan ollaan rakentamassa uutta liikekeskusta ja vanha puretaan uuden valmistuttua. Tähän keskukseen tulee päivittäistavarakauppa sekä kolmesta viiteen pienliikettä. Vuosien varrella palvelut ovat vähentyneet Maunulassa ja nyt uudesta keskustasta toivotaan mahdollisimman toimivaa. Tarkastelussa huomioitiin vanhuksien ja lapsiperheiden lisäksi keskustan nykyiset yrittäjät sekä tulevaisuudessa rakennettavan Raide-Jokerin muodostamat liikenteen solmukohdat, jotka ovat usein hyviä kauppapaikkoja.

Kyselyssä kartoitettiin vastanneiden toiveita palveluista sekä sitä, kuinka usein he näitä palveluja käyttäisivät. Lisäksi tiedusteltiin mahdollisia muita ideoita Maunulan kehittämiseksi sekä asukkaiden mielipidettä Maunulan turvallisuudesta ja mahdollisista turvattomiksi koetuista paikoista.

Kyselyjä oli mahdollista täyttää sekä internetissä Maunula-Seuran sivuilla sekä paperiversiona. Kyselylomake jaettiin perinteisessä Maunulan jääjuhlan käsiohjelmassa. Kyselyn pystyi palauttamaan juhlassa Maunula-Seuran osastolle. Projekti oli esillä paikallislehdissä, ensin Oulunkyläisessä ja sen jälkeen Maunulan Sanomissa. Työtä ja tuloksia esiteltiin Maunulan aluefoorumeissa sekä Metropolian KIT-aamukahveilla.

Tuloksien perusteella voidaan suositella mitä pienliikkeitä kauppakeskukseen voisi sijoittaa siten, että ne olisivat kannattavia. Pohdimme myös mahdollisia ongelmia liikenteen ja liikekeskuksen alueella reilun kuukauden ajan.

Taustaa – Maunula Living Lab

Maunula sijaitsee Helsingin pohjoisosassa, Kehä I:sen eteläpuolella ja Tuusulanväylän länsipuolella, noin yhdeksän kilometrin päässä Helsingin keskustasta. Maunula on saanut nimensä alueella sijainneen Månsasin verotalon mukaan. Nykyinen asutus Maunulassa on alkanut huvilarakentamisena vuosisadan vaihteessa Metsälän ja Suursuon alueella. Alueen laajempi rakentaminen alkoi 1940-luvulla Pirkkolassa, kun siirtolaisille ja rintamamiehille varattiin tontteja sekä pystytettiin sata Ruotsin valtion lahjoittamaa omakotitaloa.

Maunulan kaupunginosaa ympäröi Länsi-Pakila, Pirkkola, Metsälä, Maunulanpuisto ja Patola. Maunula on pinta-alaltaan 1,28km² ja asukasluku on 7034, vuoden 2005 tilastojen mukaan. Maunulan ikäjakauma on painottunut ikääntyviin ja työikäisiin. Vuonna 2005 Maunulan asukkaista 22,7 % oli yli 65-vuotiaita, kuun taas alle 6-vuotiaita oli 5.1 %. Väestöennusteen mukaan ikääntyneiden määrä tulee vielä kasvamaan hieman vuoteen 2017 mennessä. Väestöennusteissa ei ole huomioitu uutta Suursuon aluetta, jonka suunniteltu asukasmäärä on noin 600 henkeä.

Maunula Living Lab-toiminnan tavoitteena on edistää vanhojen asuinalueiden toimivuutta parantavien innovaatioiden kehittämistä ja testaamista Maunulan alueella. Maunula toimii suurena tosielämän laboratoriona asukkaiden elämää helpottaville keksinnöille. Maunula Living Labia ryhdyttiin ideoimaan syksyllä 2004 Sitran rahoittaman Nettimaunula -hankkeen (2001-2003) jälkeen. Silloin idea kulki nimellä Maunulan testipenkki - Test Bed Maunula. Maunula Living Lab-toimintamallin ytimenä toimii Maunulan kehittynyt ja moniulotteinen kommunikaatorakenne (Maunulan kotisivut, Maunulan Sanomat, Maunulan Aluefoorumi, Maunulan kesäseminaarit, Maunulan Mediapaja), jonka avulla on mahdollista mobilisoida alueen toimijat mukaan asuinalueita ja asukkaita palveleviin kehittämishankkeisiin ja rakentaa kollektiivisesti tietoa. Living Lab toimintamallissa asukkaat ja alueen muut toimijat kuten taloyhtiöt ja yritykset osallistuvat innovaatioiden kehittämiseen ja testaamiseen. Living Lab toiminnassa pyritään moniulotteiseen kumppanuuteen eli neloskierteeseen. Neloskierre (quadruple helix) tarkoittaa yritysten, julkisen sektorin, tutkimuslaitosten ja asukkaiden/käyttäjien yhteistyötä innovaatiotoiminnassa. Innovaatiotoiminnan yhteydessä on perinteisesti puhuttu kolmoskierteestä, joka tarkoittaa yritysten, julkisen sektorin sekä korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten yhteistyötä. (www.maunula.net)

Osapuoliksi Maunula Living Lab -hankkeisiin on kaavailtu: asukkaat ja asukasjärjestöt, taloyhtiöt (Maunulassa on 42 taloyhtiötä, 4362 asuntoa, 250 000 h-m²), yritykset, oppilaitokset ja tutkimusorganisaatiot, kaupungin eri hallintokunnat, valtion organisaatiot (kuten ministeriöt, TEKES, SITRA). Maunulan kokemusten mukaan Living Lab -toiminnassa on kehittämishankkeen suunnittelussa syytä kiinnittää huomiota mm. prosessin avoimuuteen, dokumentointiin, arviointiin ja

raportointiin, alueen edustukseen ja vaikutusmahdollisuuksiin Living Lab –toiminnassa, alueen kokemuksen/osaamisen kytkemiseen muutosprosessin edistämässä (eli miten asiat toteutuvat jatkuvuuteen projektin jälkeen ja pilottimallin jatkokehittämisen rahoitukseen. (www.maunula.net)



Kommunikaatiorakenne Maunulassa

Maunula-Seura ry

Maunula-Seura ry on vuonna 1964 perustettu asukasyhdistys ja se kuuluu Helsingin asukasyhdistys Helkaan. Maunula-Seuran ry:n tavoitteena on alueen asukkaiden viihtyvyyden, hyvinvoinnin ja turvallisuuden lisääminen. Lisäksi halutaan kehittää Maunulan positiivista imagoa, parantaa alueen sosiaalisuutta, sekä saada Maunula vetovoimaisemmaksi asuinalueeksi. Maunula-Seura ry:llä on tällä hetkellä noin 100 maksavaa jäsentä.

Seuran toiminnan painopisteenä on ollut Mediapajan toiminnan ylläpito, erilaiset kaavoitushankkeet sekä erilaiset kehittämisprojektit, kuten Maunulan keskustan kehittäminen. Maunula-Seura tiedottaa tapahtumistaan ja alueen kehityksestä omilla kotisivuillaan. Internet-sivujen päävastuullinen ja aktiivinen seuran jäsen on Hannu Kurki. Maunula-Seuran ja Maunulan tiedotus on toteutettu Maunulan Sanomien ja Pohjoiset kaupunginosat (Oulunkyläinen) –lehden kautta.

Maunulan mediapaja on perustettu 1999 ja se toimii Maunulan asukastilana. Mediapajan ylläpito tapahtuu Mediapajan vastuuhenkilön ja vapaaehtoisten avustuksella. Mediapajan tehtävänä on kehittää alueellista viestintää, tarjota asukkaille mahdollisuus käyttää tietokonetta ja Internet-palveluja ilmaiseksi sekä tulostaa ja kopioida omakustannushintaan. Mediapaja toimii myös Maunula-Seuran sekä muiden Maunulan alueen yhdistyksien kokoustilana.

Muita Maunula-Seura ry:n kehittämisprojekteja ovat mm. Yleiskaava 2016 kehittäminen ja menneenä projektina WDC 2012-vuoden toteutus. Yleiskaava 2016 kaavoituksen painopisteenä ovat

asemaseudut ja Jokeri-linjan varsi. Kehittäminen jatkuu tulevan yleiskaavan valmistelun yhteydessä 2012–2016. Maunulan World Design Capital 2012-hankkeen nimi on Omatoiminen Maunula – Itse muotoutuva kaupunginosa. Hankkeen tavoitteena oli tehdä ymmärrettäväksi Maunulan jatkuva muutos sekä havainnollistaa, kuinka asukkaat voivat omilla toimillaan vaikuttaa asuinalueen positiiviseen muutokseen.



Maunulan tori -hankkeen tilaisuus 29.8.2012: Harri Väyrynen (Practitec), Hannu Hyyppä (Metropolia), Marika Ahlavo (Aalto-yliopisto), Petri Salminen, Pentti Holopainen (ArctiCare) ja Petu Tapio (Mental Capital Care).

Maunula-Seura ja Maunulan Sanomat toimivat yhteistyössä kehittämässä Maunulaa. © Maunulan Sanomat 3/2012 (sivu 3) ja Hannu Kurki.

Maunulan kehitystarpeet

Innovaatioprojekti lähti liikkeelle Maunulan kehitystarpeista. Maunulassa ei ole juurikaan palveluita ja siellä on alettu rakentaa uutta keskustaa. Nykyisen ostoskeskuksen yrittäjämäärä on vähentynyt huomattavasti ja keskustan alue on suhteellisen huonokuntoista. Suurin osa palveluista on siirtynyt muualle ja peruspalveluista keskustassa on lähinnä vain päivittäistavarakauppa, apteekki ja kioski.

Uuteen keskustaan tulee ensimmäisessä vaiheessa liikekeskus, jossa on päivittäistavarakauppa sekä 3-5 pienliiketilaa. Liikekeskuksen valmistuttua sen taakse rakennetaan kirjasto, työväenopisto sekä nuorisotila. Toisessa vaiheessa rakennetaan Pakilantien itäpuolelle kerrostalot, joiden kivijalkaan tulee 600 m² pienliiketilaa. Kolmannessa vaiheessa 2020-luvulla on suunniteltu valmistuvaksi Raide-Jokeri, joka tulee kulkemaan Maunulan keskustan läpi. Nämä muutokset avaavat mahdollisuuksia parantaa Maunulan palveluita ja tehdä keskustasta toimiva.

Maunulan toimivat palvelut ovat hyvin tärkeitä tulevaisuuden kannalta, sillä Maunulaan on suunniteltu rakennettavaksi uusia asuntoja. Hyvät palvelut tekevät Maunulasta haluttavamman

alueen ja nostavat asuntojen arvoa. Uudet asukkaat vuorostaan tekevät palveluista kannattavampia ja tukevat pienyrittäjien toimintaa. Myös Raide-Jokeri tulee liikennöidessään vilkastuttamaan Maunulan keskustaa ja pysäkkien läheisyydessä olevien liiketilojen sijainti on hyvä.

Asukaskysely ja sitä tukevat haastattelut

Projektissa tehtiin kysely, missä kartoitettiin asukkaiden alueelle toivomia palveluita, miten usein he näitä palveluja käyttäisivät sekä tiedusteltiin Maunulan turvallisuudesta. Hyväksytyjä vastauksia kyselyyn saatiin yhteensä 130 kappaletta. Vastauksista saatiin 27 kpl internetistä ja loput paperikyselyistä. Taustatietoina kysyttiin vastaajien ikää, lapsien lukumäärää, asumismuotoa ja rakennustyyppiä. Palvelujen ja turvallisuuden lisäksi selvitettiin mielipidettä alueelle sijoitettavan mahdollisen olutravintolan sijainnista, joka aiemmassa kyselyssä oli saanut suuren vastustuksen.

Sekä Internetissä että paperiversiona tehty kysely tuotti 130 käyttökelpoista vastausta, joista selvisi, että suurin käyttöaste oli päivittäistavarakaupalla. Sen jälkeen suosituimpia palveluja olivat kioski, posti, apteekki ja kahvila. Vähiten käyttöä olisi pesulalla sekä olutravintolalla. Liikekeskukseen haluttiin sijoittaa kirjasto, kahvila ja hyvä ruokaravintola, mutta sinne ei haluttaisi sijoittaa olutravintolaa eikä Alkoa.

Haastattelut tukivat kyselyä. Haastatteluihin saatiin Maunulan aluearkkitehti, HOK-Elannon kiinteistöjohtaja sekä nykyisen ostoskeskuksen yrittäjiä. Näiden perusteella muodostettiin kuva Maunulan kaavoituksesta ja suunnitelmista tulevaisuudessa sekä liikekeskuksen toimintamuodosta. Liikekeskukseen on kaupungin puolesta vaadittu kahvilaa, mutta muut palvelut ovat vapaasti valittavissa. Uuden liikekeskuksen tiloja tarjotaan ensisijaisesti nykyisen keskuksen yrittäjille. HOK-Elanto on tiedustellut yrittäjien kiinnostusta koskien uuden liikekeskuksen pienliiketiloja. Uuden liikekeskuksen hintataso on huomattavasti korkeampi kuin ostoskeskuksen, joten yrittäjät joutuvat vakavasti harkitsemaan uutta sijoittumistaan. Nykyisen ostoskeskuksen omistajien taakaksi tulee myös keskuksen purkamisen, mikä on suuri kustannus yksittäiselle pienyrittäjälle.

Vastausten perusteella suosituksia

Vastausten perusteella kannatettiin liikekeskuksen pienliikkeiksi kahvila, kioski ja posti. Nämä liikkeet saisivat tukea päivittäistavarakaupalta ja voisivat olla kannattavia liikekeskuksen tiloissa korkeasta vuokrasta huolimatta. Apteekki sijaitsee aivan liikekeskuksen vieressä, eikä sillä ole tarvetta muuttaa. Tien toiselle puolelle tuleviin pienliiketiloihin voisi sijoittaa kampaamon/kauneushoitolan, kuntosalin ja noutoruokaravintolan, jotka eivät tarvitse muita palveluja toimintansa tueksi.

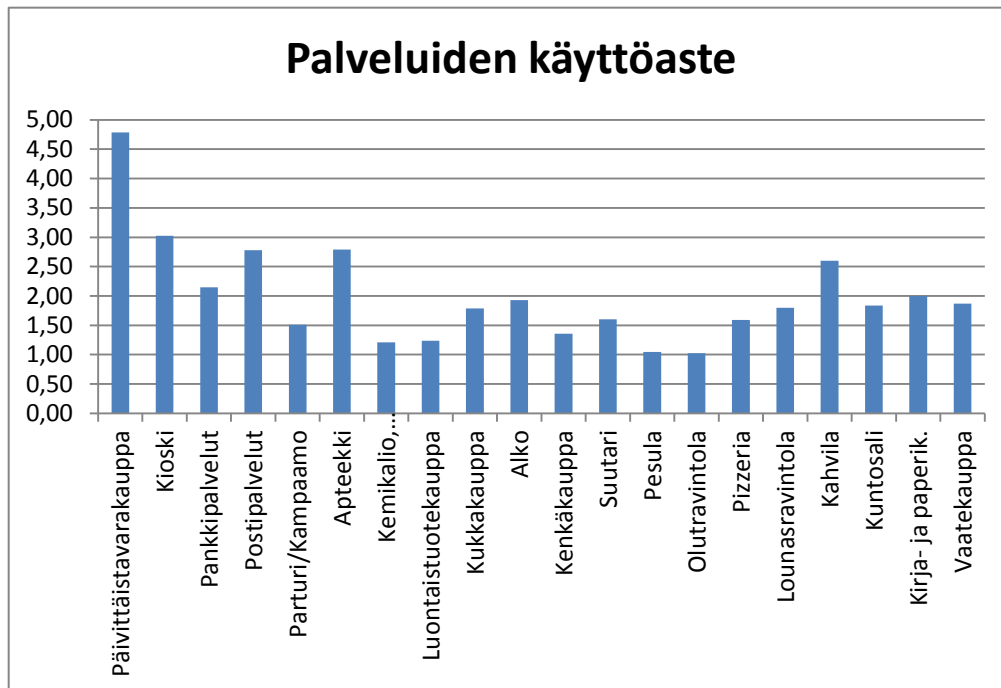
Vuoden 2001 kysely

Maunulassa aiemmin tehtyä, vuoden 2001 kyselyä käytettiin uuden kyselyn pohjana, mutta nyt kysymyksiä lisättiin taustatietojen kartoittamiseksi mm. ikäjakautuksen, alle 18-vuotiaiden lasten lukumäärän ja asumismuodon selvittämiseksi. Alueella oli myös tuolloin suoritettu turvallisuuskysely alueen turvattomien paikkojen kartoittamiseksi. Silloin turvattomiksi alueiksi mainittiin Suursuon Ostoskeskuksen seutu sekä Ruusuapuisto.

Vuoden 2001 kyselyssä tiedusteltiin eri palveluiden käyttöasteita skaalalla nollasta viiteen. Skaala pidettiin samana uudessa kyselyssä Maunulan keskustan kehittämistä. Avokysymyksinä tiedusteltiin, mitä muita palveluita kyselyyn vastanneet haluaisivat sijoittaa liikekeskustaan ja mitä palveluita ei liikekeskukseen kaivata. Lisäksi vastanneet saivat kertoa vapaasti jonkun tietyn palvelun erityisvaatimuksista ja muista ideoista sekä näkökulmista mitä Maunulassa voitaisiin hyödyntää. Kyselyssä ei kysytty mitään vastanneiden taustatiedoista, esimerkiksi ikäluokkaa tai lasten määrää perheessä.

Alueella on paljon vuokra-asuntoja. Vastaajista suurin osa asui omistusasunnoissa. Voimme olettaa, että kyselyyn vastanneet ovat sitoutuneet Maunulaan asuntonsa myötä ja ovat siten kiinnostuneita kehittämään Maunulaa ja palveluita.

Palveluiden käyttöön liittyvässä kyselyssä selvisi, että eniten kävijöitä olisi päivittäistavarakaupassa. Toiseksi tulisi kioski, jonka keskiarvoksi saatu käyttöaste on 1-2 krt kk. Sen jälkeen käytetyimpiä olisivat apteekki ja postipalvelut, joiden käyttöaste ylittää lähes kertaan tai pariin kuukaudessa. Näitä vain hieman jäljessä on kahvila. Muiden palveluiden käyttöaste jää noin muutamaan kertaan vuodessa tai sen alle. Vähiten käyttöä vastaajien mukaan olisi olutravintolalle sekä pesulalle.



Palveluiden käyttöasteen kartoitus 2013. Diagrammista voidaan lukea käyttöaste seuraavasti: 0-en käytä lainkaan, 1-käytän harvoin, 2-muutaman kerran vuodessa, 3- kerran pari kuukaudessa, 4- kerran viikossa, 5- useita kertoja viikossa.

Kyselyssä selvitettiin, mitä muita toimintoja vastaajat haluaisivat tai eivät haluaisi sijoittaa uuteen liikekeskukseen. Taulukosta näkyy, että vastaajat toivovat keskukseen eniten kirjastoa ja sen jälkeen ruokaravintolaa. Myös kahvilaa on toivottu huomattavasti muita toimintoja enemmän. Vas-

tauksista käy selvästi ilmi, että uuteen liikekeskukseen ei haluta olutravintolaa eikä Alkokaan ole kovin toivottu. Palvelujen erityisvaatimuksista ja ideoista liikekeskukseen nousi päällimmäiseksi kulke-
misen esteettömyys, mikä on hyvin tärkeää sekä lapsiperheille että vanhuksille. Arkkitehtuurista toi-
vottiin esteettisesti miellyttävää. Kyselyistä sai mielikuvan, että vastaajat olettavat liikekeskuksen
olevan ostoskeskuksen tyyppinen sisätila, josta on käynti pienliikkeisiin sisäkautta. Avoimien kysy-
mysten vastausten kautta esiin nousi myös toivomus, että kauppakeskus olisi viihtyisä ja kodikas
oleskelutila. Näin ei kuitenkaan ole, sillä kaikilla liiketiloilla on oma sisäänkäyntinsä kadulta Pakilan-
tien puolelta.

Suurin osa vastaajista koki Maunulan turvallisiksi. Turvattomimmaksi koettiin nykyisen ostos-
keskuksen baarien ympäristö. Tämä tuli esiin myös aiemmissa kyselyissä sekä keskusteluissa asukkai-
den kanssa. Myös muut baarien ja kauppojen ympäristöt koetaan epämääräisiksi. Puistoissa ongel-
mana koetaan humalaiset sekä nuorisoryhmät. Suurin osa vastaajista ei halua minkäänlaista olutra-
vintolaa Maunulaan. Niistä, jotka olutravintolaa haluaisivat, toivovat siitä tasokkaampaa paikkaa,
missä hinta ja laatu olisivat korkeampia. Voimme olettaa, että vastaajista vain harvat käyttävät sään-
nöllisesti olutravintolan palveluita, joten ne, jotka näitä palveluita käyttävät, eivät ole vastanneet
tähän kyselyyn. Tämä tietenkin näkyy vastaustuloksissa.

2001 ja 2013 kyselyiden vertailu

Vanhan (2001) ja uuden kyselyn (2013) tulokset ovat hyvin samanlaisia. Päivittäistavarakaupan lisäksi
eniten käyttöä olisi kummankin kyselyn mukaan kioskillä, kirjastolla, kahvilalla, postilla ja pankkipal-
veluilla. Aiemmin pankkipalveluita olisi kaivattu postia enemmän, kun taas nyt postipalvelut olivat
käytetympiä kuin pankkipalvelut.

Kummassakin kyselyssä olutravintola jäi hyvin vähälle käytölle, mutta aiemmassa kyselyssä sen
selvä vastustus oli suurempi kuin uudessa kyselyssä. Uudessa kyselyssä pesulan käyttö oli todella
vähäistä, mutta aiemmassa kyselyssä sen käyttö oli hieman suurempaa. Aiemmassa kyselyssä kysyt-
tiin myös internet-kioskin käyttöastetta, mutta se oli todella vähäinen. Nykyään internet on niin hyvin
kaikkien saatavilla, ettei siitä kysytty uudessa kyselyssä.

Edellisissä kyselyissä on turvattomiksi paikoiksi nimetty Ruusu puisto, nykyinen ostoskeskus,
baarit sen läheisyydessä sekä Alepan ympäristö. Uuden kyselyn mukaan turvattomuutta ovat aiheut-
taneet myös nuorisoyoukset.

Seniöri-ikäisiä, yli 65-vuotiaita, vastasi kyselyyn 38 kappaletta, eli 29 % kaikista vastanneista.
Heidän mielipiteet eivät juuri eroa toisistaan. Suurin eroavaisuus ilmenee kahvilan käyttöasteesta,
joita seniörit käyttäisivät keskimäärin muutaman kerran vuodessa, kun taas kaikkien kyselyyn vas-
tanneiden mielipide on lähes kerran pari kuukaudessa.

Lapsiperheitä vastasi kyselyyn 37 kappaletta, eli noin 28 % kaikista vastanneista. Kun lapsiper-
heiden vastauksia vertaa kaikkien kyselyyn vastanneiden tuloksiin, havaitaan selkeitä eroja. Suurim-
mat erot tulevat kioskin, postipalveluiden ja apteekin käytön suhteen. Edellä mainittujen palveluiden
käyttöaste on lapsiperheiden osalta keskiarvoltaan 1,5 astetta pienempi kaikkiin kyselyyn vastannei-
siin verrattaessa. Kun lapsiperheet käyttäisivät palvelua harvoin tai muutaman kerran vuodessa käyt-
täisi koko kyselyyn vastanneiden osa palvelua noin kerran pari kuukaudessa. Voisimme olettaa, että
lapsiperheet keskittävätkin enemmän ostoksiaan ja käyttävät siten palveluja harvemmin, mutta suu-
rempina määrinä.

Johtopäätöksiä

Jos liikekeskuksella/kiinteistöllä on useita omistajia, voi yhteisiä investointeja olla vaikea suunnitella ja toteuttaa. Ilmeisesti näin on voinut käydä nykyisen liikekeskuksen kohdalla, missä on useita pieniä liiketiloja ja niistä suurimmalla osalla eri omistajat. Jos liikekeskuksen omistaja on suuri yritys, esim. HOK-Elanto, on investoinneista päättäminen helpompaa. Tämä kuitenkin antaa monopoliaseman isolle yritykselle ja voi syrjäyttää pienyrittäjät.

Maunulaan ollaan rakentamassa useita uusia asuntoja ja hyvät palvelut alueella vaikuttavat hintatasoon ja alueen haluttavuuteen. Uudet asunnot eivät todennäköisesti vaikuta suuresti Maunulan liikkeiden kannattavuuteen, mutta eivät myöskään huononna tilannetta. Maunulaan suunniteltavien kerrostaloasuntojen toivotaan nostavan asukaslukua. Lisäksi 48 pientaloasunnon arvioidaan muuttavan ikäjakaumaa, sillä nykyisen ikäjakauman mukaan Maunulassa suurin osa asukkaista on seniori-ikäisiä ja lapsia on vähän. Oletuksena on, että pientalojen mukana lapsiperheiden määrä Maunulassa kasvaisi, mikä osaltaan elävöittäisi Maunulaa.

Uuden liikekeskuksen tarkoituksena olisi saada Maunulaan lisää asiakasvoimaa. Raide-Jokeri tulee luultavasti nostamaan liikennevirtaa Maunulan läpi ja tämä toivottavasti nostaa asiakasmääriä liikekeskuksessa. Lapsiperheiden myötä liikekeskuksen kävijäluvut tulisivat nousemaan. Pienyritykset tulevat menestymään sitä paremmin, mitä enemmän ihmisiä Maunulassa pysähtyy. Liikennejärjestelmien uusiutuminen tulee olemaan mielenkiintoista, sillä Maunula on jo nyt julkisen liikenteen solmukohta ja kun liikenneväylät muuttuvat yksikaistaisiksi, ruuhkia on odotettavissa. Kiinnostavaa on myös nähdä miten risteysjärjestelmä Pakilantien ja Metsäpurontien kohdalla saadaan toimimaan, kun liikekeskuksen parkkipaikoille ajaminen tapahtuu Metsäpurontieltä. Suurimmaksi ongelmaksi uuden liikekeskuksen pienyrittäjien suhteen tulee olemaan se, saadaanko liikkeisiin tarpeeksi asiakkaita siten, että yritys tulee kannattavaksi. Yrittäjien tilojen vuokrat tulevat joka tapauksessa nousemaan, jos he siirtyvät uuteen liikekeskukseen. Toivottavaa olisi, että yritykset tulisivat menestymään, eivätkä yksi kerrallaan ajautuisi konkurssiin asiakasmäärien puutteesta johtuen. Maunulan uuteen liikekeskukseen, päivittäistavarakaupan lisäksi, pitäisi sijoittaa kahvila, josta saisi myös ruokaa ja minikä aukioloajat olisivat samat kuin elintarvikekaupalla. Lisäksi tarvittaisiin kioski ja posti. Kioskin voisi sijoittaa myös Pakilantien toiselle puolelle tuleviin kerrostalojen kivijalkaan. Kioski tulisi pärjäämään myös sillä puolella tietä ja mahdollisesti jopa paremmin, kun sijainti ei olisi aivan kaupan vieressä. Apteekkia liikekeskukseen ei mielestämme tarvitse sijoittaa, sillä apteekki sijaitsee tällä hetkellä vierisessä rakennuksessa. Rakennuksen kylkeen olisi hyvä saada pankkiautomaatti, sillä vanha katoaa, kun nykyinen ostoskeskus puretaan. Pakilantien toiselle puolelle tulevien kerrostalojen kivijalkaan olisi kannattavaa sijoittaa kampaamo/kauneushoitola, kuntosali ja noutoruokaravintola. Sekä kuntosalin että nou-toruokaravintolan ehtona on, että tilat ovat tarpeeksi isot ja niille sopivat. Nämä palvelut eivät tarvitse liikekeskusta tuekseen, mutta ne tarvitsevat näkyvyyttä sekä hyvät liikenneyhteydet.

Kiitokset

Kiitämme Maunula-Seuraa ja erityisesti Hannu Kurkea ja tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö), Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem), Maa- ja metsätalousministeriö (LuHaGeolT) ja Suomen Akatemia (Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Kirjalliset lähteet:

Asukastila Maunulan Mediapajan toimintakertomus vuodelta 2012

Kahri, Esko, Enkovaara Esko, Anttonen Sari, Viitta, Petri, Ilonen Pia, Kämäräinen, Juha. 2011. Asukasnäkökulma kaupunkiasumiseen. Tampere 2011.

Roininen, Janne, Oksanen, Emmi. 2012. Asukaslähtöinen arviointi lähiöiden peruskorjauksessa Maunulan ASLA-malli. Helsinki 2012

Maunula-Seuran toimintakertomus vuodelta 2012

Maijala, Olli. 1992. Kestävän kehityksen tarkastelua yhdyskuntasuunnittelussa-asuinalue Helsingin Viikkiin. Helsinki 1992

Laakso, Seppo, Loikkanen, Heikki A. 2004. Kaupunkitalous. Tampere 2004.

Kärki, Tommi, Saukkonen Tiina. 2011. Maunulan aluesuunnitelma 2012-2021. Helsinki 2011.

Haastattelut:

Aluearkkitehti Sari Ruotsalainen. 7.2.2013

HOK-Elanto. Kiinteistöjohtaja Jyrki Karjalainen. 21.2.2013

Maunulan keskustan yrittäjät. 14.2.2013

Maunulaseuran aktiivinen jäsen Hannu Kurki (jatkuva yhteydenpito)

Pia Snellman. 14.2.2013

Internet-lähteet:

http://www.helsinki.fi/maantiede/kurssit/helsingin_kaupunginosia1.jpg. 22.3.2013

http://www.hel2.fi/tietokeskus/julkaisut/pdf/11_06_10_tilasto_16_vihavainen.pdf. 21.3.2013

http://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2012/Maunula_alsu_web.pdf. 15.3.2013

<http://kansalaisen.karttapaikka.fi/kartanhaku/osoitehaku.html?query=hae&hakutapa=osoitehaku&osoite=met%20s%C3%A4purontie%2019&kunta=helsinki&e=385221.064&n=6678735.029&scale=8000&tool=alue&x=&y=&cnvas=&sc=&action=&lang=fi>. 22.3.2013

Maunulan kotisivut. <http://maunula.net/>

Parturi Kampaamo TakaTukka. www.takatukka.fi. 15.3.2013

Raidejokeri. <http://www.raidejokeri.info>, 22.3.2013

Jokeri_raportin_liitteet_3_HAVAINNEKUVAT_web.pdf. 8.3.2013

Raidejokeri. http://raidejokeri.info/Raportti/Raide-Jokeri_raportin_liitteet_1_SUUNNITELMAT_web.pdf. 15.3.2013

Sakari Hannulan kotisivu. <http://www.hannulat.net/sakari/kuvia/Helsinki/Pohjoinen/020.html>. 15.3.2013

Suomisanakirja. <http://suomisanakirja.fi/solmukohta>. 29.3.2013

Suomen Kauppakeskusyhdistys ry.

<http://www.kauppakeskusyhdistys.fi/ohjeitajasuosituksia/kaupallistenkeskustenmaaritelmat/>. 28.3.2013

Uusi kysely. 8.2.2013–13.3.2013

Yle Uutiset. http://yle.fi/uutiset/kho_kiistely_maunulan_ostokeskus_voidaan_purkaa/5272891. 15.3.2013.

Maunulan keskustan kehittäminen-kysely

Tällä kyselyllä kerätään tietoja Maunulan keskustan kehittämiseksi. Haluaisimme kuulla toiveesi koskien Maunulan keskustaa, jotta siitä saataisiin mahdollisimman toimiva ja asiakasystävällinen. Toivoisimme teidän palauttavan täytetyn kyselyn Maunula-Seuran pisteeseen jääjuhlassa su 3.3. klo 13–15, Maunulan Mediapajalle (auki 10–14 Metsäpurontie 19–21), Asukastalo Saunabaariin (Metsäpurontie 25) tai Maunulan kirjastoon (Suursuonlaita 6) **keskiviikkoon 13.3.2013 mennessä**. Kyselykaavakkeita löytyy palautus paikoista.

Ikäjakama: (Rastita mihin ryhmään kuulut)

Alle 25 25–34 35–44 45–54 55–64 Yli 64

Kuinka kauan olet asunut Maunulassa? _____ vuotta Postinumero _____

Alle 18-vuotiaiden lasten lukumäärä: _____

Montako henkilöä asuu samassa taloudessa (rastita oikea vaihtoehto)

1 2 3 4 4>

Asumismuoto (rastita oikea vaihtoehto)

Vuokra-asunto Omistusasunto

Rakennustyyppi (rastita oikea vaihtoehto)

Kerrostalo Rivitalo Paritalo Omakotitalo

Suursuon liikekeskustan rakentaminen on käynnistymässä. Tarvitsemme tietojasi Maunulan palvelujen kehittämiseksi. Kerro, kuinka usein käyttäisit seuraavia palveluja, jos niitä olisi tarjolla Suursuon liikekeskustassa?

5 Useita kertoja viikossa 4 Kerran viikossa 3 Kerran pari kuukaudessa
 2 Muutaman kerran vuodessa 1 Käytän harvoin 0 En käytä lainkaan

Kirjoita palvelujen käyttöä kuvaava numero ruutuun:

Palvelun nimi	Käyttö	Palvelun nimi	Käyttö
Päivittäistavara-kauppa	<input type="text"/>	Kenkäkauppa	<input type="text"/>
Kioski	<input type="text"/>	Suutari	<input type="text"/>
Pankkipalvelut	<input type="text"/>	Pesula	<input type="text"/>
Postipalvelut	<input type="text"/>	Olutravintola	<input type="text"/>
Parturikampaamo	<input type="text"/>	Pizzeria	<input type="text"/>
Apteekki	<input type="text"/>	Lounasravintola	<input type="text"/>
Kosmetiikkaliike	<input type="text"/>	Kahvila	<input type="text"/>
Luontaistuotekauppa	<input type="text"/>	Kuntosali	<input type="text"/>
Kukkakauppa	<input type="text"/>	Kirja- ja paperikauppa	<input type="text"/>
Alko	<input type="text"/>	Vaatekauppa	<input type="text"/>

Mitä muita toimintoja haluaisit sijoittaa liikekeskustaan?

Mitä palveluja /toimintoja ei pidä sijoittaa liikekeskustaan?

Millaisia erityisvaatimuksia sinulla on jonkun tietyn palvelun suhteen?

Mitä muita ideoita tai näkökulmia tarjoat liikekeskustaan?

Onko Maunula turvallinen paikka asua? (ympyröi oikea vaihtoehto)

Kyllä on

Ei ole

Jos koet turvattomiksi, niin miksi?

Mitkä paikat koet Maunulassa turvattomiksi liikkuessasi iltaisin klo 19 jälkeen?

Aiemmassa kyselyssä (2001) Suursuon liikekeskustasta selvisi, että liikekeskustaan ei haluta olutravintolaa. Alueelta on poistunut Pirjon krouvi ja vanhan liikekeskustan myötä poistuvat kiinteistössä sijaitsevat olutravintolat. Pitäisikö jossain edelleen sijaita olutravintola ja mihin se mielestäsi olisi hyvä sijoittaa?



Kustaankartanon vanhustenkeskuksen ”Pihaprojekti”

Annika Ruokoniemi¹, Tommi Juutilainen¹, Juho-Pekka Virtanen², Mika Lindholm¹,
Marika Ahlavuo^{1,2}, Hannu Hyyppä^{1,2}, Matti Vaaja²

¹Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

²Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

Tiivistelmä

Innovaatioprojekti toteutettiin yhteistyössä Metropolian AMK:n Hyvinvointi ja toimintakyky -yksikön ja rakennus- ja kiinteistöalan opiskelijoiden sekä Aalto-yliopiston kanssa. Tarkoituksena oli toteuttaa Kustaankartanon vanhustenkeskukselle ideatason piha- ja parvekesuunnitelma. Tavoitteena oli kehittää piha-alueen sekä parvekkeiden toimintoja niin, että ne palvelisivat paremmin vanhuksia.



Taustat ja tavoitteet

Eurooppa ikääntyy ja ihmiset elävät pidempään ja terveempinä. Teemavuotena 2012 mietittiin näkyvästi keinoja, miten ikäihmisten terveyttä, toimintakykyä ja osallistumismahdollisuuksia voidaan parantaa. Metropolia ammattikorkeakoulu hahmotteli, kuinka Kustaankartanon vanhustenkeskuksen asukkaat ja läheisen päiväkodin lapset voisivat kohdata. Suunnitteilla on myös neljän polven treffit. (Laitinen ja Anton, 2012)

Tavoitteena oli, että Kustaankartanon asukkaat voisivat käyttää talon pihaa paremmin ulkoiluun ja virkistytymiseen. Opiskelijat kyselivät vanhusten toiveita pihamaan muutosten suhteen. Osapuolten ajatukset osuivat hyvin yhteen Metropoliaassa. Neljän polven treffit liitettiin osaksi hyvinvointi ja toimintakyky -klusterin innovaatio-opintoja. Projekti kulki nimellä ”Sukupolvet kohtaavat -pihaprojekti”. (Laitinen ja Anton, 2012) Tavoitteena oli myös parantaa vanhusten ja heidän omaisten kanssakäymistä piha- ja parvekealueilla. Alueiden ongelmina olivat olleet esteetön kulkeminen, turvallisuus, viihtyisyys ja aktiviteettien puute. Ratkaisuja haettiin piha-alueelle suunniteltavaan kuntokolmioon sekä rakennuksissa oleviin oleskeluparvekkeisiin.

Työssä perehdyttiin vanhusten ulkoilua rajoittaviin tekijöihin, esteettömään liikkumiseen sekä ulkoilun turvallisuusnäkökohtiin ja etsittiin näille rajoituksille ratkaisuja sekä viihtyvyyden mahdollistavia parannusideoita. Tulokseksi saatiin kartoitus liikkumista rajoittavista tekijöistä sekä piha-alueen, että parvekkeiden ideatason parannusehdotuksia. Piha-alueen (Kuntokolmio) parannusehdotukset

laadittiin siten, että ne tukevat vanhuksen kuntoutumista ja luovat viihtyisän ympäristön kohdata ja viettää aikaa muiden asukkaiden sekä vierailijoiden kanssa. Parvekkeiden parannusideoilla pyrittiin käyttöasteen lisäämiseen sekä ulkoilun mahdollistamiseen myös liikuntarajoitteisille henkilöille. Innovaatiotyön tavoitteena oli selvittää mm. panostetaanko vanhainhoitoon nyky-yhteiskunnassa tarpeeksi ja ovatko vanhusten hoitokeskukset viihtyisiä ja helppokäyttöisiä asukkailleen? Lisäksi selvitetiin, saavatko vanhukset samoja virikkeitä ja aistimuksia, mitä jokainen meistä kaipaa, kuten onnellisuutta, iloisuutta, rikkautta, rakkautta ja terveyttä.

Käytännössä projektissa toteutettiin seuraava työnjako: Rakennustekniikan opiskelijoiden tehtävänä oli laatia piha- ja parvekesuunnitelma teknisen toteutuksen näkökulmasta, turvallisuus ja helppokulkuisuus huomioiden. Näitä pyrittiin parantamaan esim. materiaalivalinnoilla ja rakenneteknisillä ratkaisuilla. HyTo:n opiskelijat tutkivat vanhusten tarpeita liikkumisen, hyvinvoinnin, sosiaalisen vuorovaikutuksen ja niiden edistämisen kautta. Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin osuus oli mallintaa aluetta panoraamakuvauksen sekä laserkeiluksen avulla. Näitä mittauksia ja kuvia hyödynnettiin 2D/3D mallintamisessa ideoiden havainnollistamiseen.

Kustaankartano

Kustaankartanon vanhustenkeskuksen visiona on olla vanhustyön ja gerontologisen hoidon innovaatio- ja osaamiskeskus. Vanhustenkeskuksen toimintastrategiaan kuuluu henkilöstön gerontologisen ja muun osaamisen jatkuva kehitys sekä uusimman teknologian hyödyntäminen ikäihmisten hoidossa. (Kustaankartanon visio, 2012)

Vuonna 1953 valmistunut Kustaankartanon vanhustenkeskus on Helsingin ensimmäinen vanhainkoti. Vanhustenkeskukseen kuuluu kahdeksan kolmekerroksista punatiilitaloa, joissa vanhainkotosastot sijaitsevat ja kaksi yksikerroksista puutaloa, jotka ovat kuntokartanon (kotiinkuntoutuksen) käytössä. Yksikerroksinen punatiilitalo on palvelukeskuksen, ravintokeskuksen ja hallinnon käytössä. Laaja piha-alue on haluttu säilyttää puistomaisena.

Kustaankartanossa on yhteensä noin 500 hoitopaikkaa, joista 407 pitkäaikaishoidon puolella. Lyhytaikaishoidossa on 44 paikkaa, kotiinkuntoutuksessa 56 ja kriisiyksikössä 10. Alueella järjestetään myös päivätoimintaa noin 30 vanhukselle. Vanhustenkeskuksen asukkaiden keski-ikä on 84 vuotta. Keskuksen asukkaista naisia on 76 % ja miehiä 24 %. Henkilökuntaa koko alueella on noin 360. (Leena Pohjola, 2012)

Tutkimusalueen teoriaperusta - Esteettömyys

Esteettömässä ulkotilassa tulee kiinnittää huomiota alueen yleiseen selkeyteen. Tämä saavutetaan yksinkertaisella värien ja kontrastien käytöllä sekä materiaalien selkeällä vaihtumisella alueittain (esimerkiksi toiminnallinen tila/oleskelutila). Nämä asiat vaikuttavat turvallisuuteen, mutta myös yleisesti ulkotilan toimivuuteen ja viihtyisyyteen. (OPM, 2003)

Esteettömän ulkotilan suunnittelussa on otettava huomioon mitoitusterusteet, rajaukset, käyttäjäryhmät, kulun ohjaus, rakenteet, kasvillisuus ja ajateltujen toimintojen merkitys käyttäjälle.

Liikkumisen ongelmia aiheuttavat: tasoerot, tilantarve, ahtaat väylät, etäisyydet ja levähdyspaikkojen sijainti. Ongelmia voivat aiheuttaa myös ulottuminen varusteiden ja kalusteiden käytössä

ja tasapaino esim. liukkailla pinnoilla, portaissa ja luiskissa. Turvallisuusongelmia liittyy myös terä-
väsärmäisiin varusteisiin ja laitteisiin sekä tasoeroihin.

Alueella toteutetut mittaukset

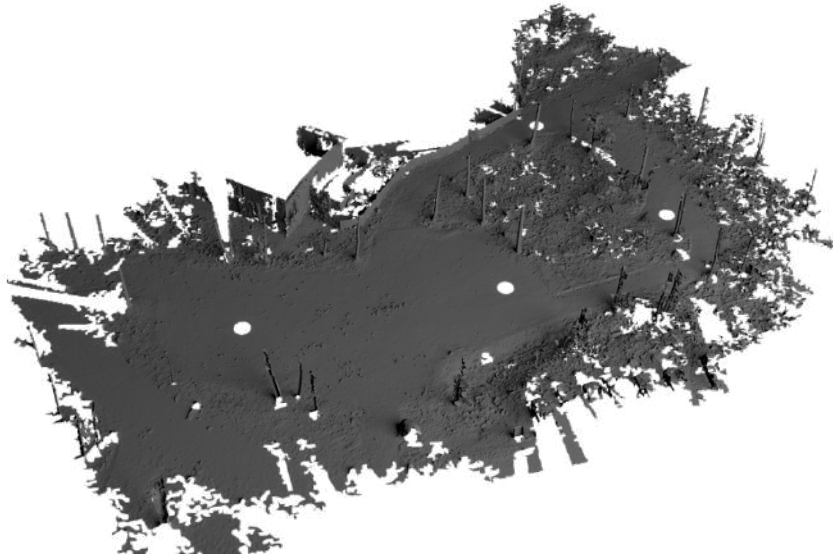
Projektin alkuvaiheessa Kustaankartanon vanhustenkeskusten alueella toteutettiin mittauskampanja, jossa hyödynnettiin sekä panoraamakuvausta, että maalaserkeilausta. Mittauskampanjan tavoitteena oli tuottaa pohjamateriaalia suunnittelu- ja ideointityön tueksi.

Panoraamakuvauksessa käytettiin Rolleimetric PanoScan -panoraamakameraa. Laitteella pystytään tuottamaan 360 asteen panoraamakuvia, joiden avulla ympäristöä voidaan tarkastella ja hahmottaa huomattavasti perinteisiä, yksittäisiä valokuvia kattavammin. Suunnittelukäytössä panoraamakuvien avulla voidaan helposti ”palata” kohteeseen suunnittelun edetessä.

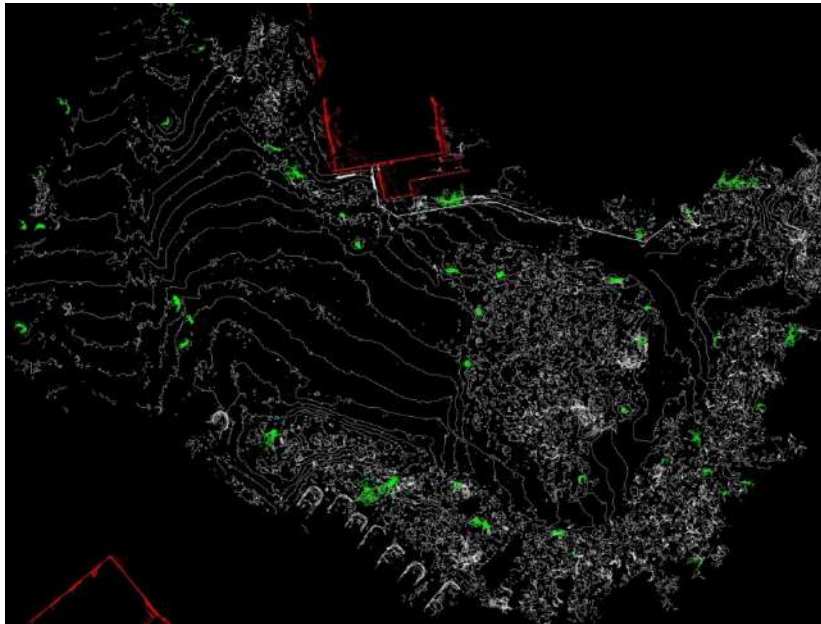


Osa panoraamakuvasta sisäänkäynnin vierestä. Edessä Kuntokolmion alue.

Laserkeilaus tuottaa kohteesta hyvin tiheän mittapisteiden pilven, jonka perusteella mitatun alueen geometriasta voidaan rakentaa yksityiskohtainen malli. Tällaisen mallin tarkkuus on parhaimmillaan joitakin millimetrejä, jolloin se riittää erinomaisesti ulkoympäristön suunnittelykäyttöön. Kuntokolmion alue mitattiin Leica HDS6100 maalaserkeilaimella, yhteensä neljästä mittausasemasta. Mittausten pohjalta tuotettiin alueen malli. Kuntokolmion alueen mallista erottuvat selvästi puut, alueen kivituhkapinnan rajat, reunakivet, ympäröivien rakennusten seinät ja puistikoiden metsäpohja. Mallin pohjalta myös laadittiin alueen korkeuskäyrät, joita voidaan helposti hyödyntää tehtäessä suunnittelua 2D CAD:illä.



Kuntokolmion alueen malli



Kuntokolmion alueen korkeuskäyrät. Tasaisempi kivituhka-alue erottuu selvästi kuvassa.

Piha-alue

Haastatteluiden kautta kartoitettiin henkilökunnan toiveita. Piha-alue haluttiin viihtyisäksi ja sinne meno mielekkääksi. Tärkein näkökulma oli alueen hyödyntäminen kuntoutumisen lähtökohdasta.

Virikkeellinen alue tukisi sekä vanhusten fyysistä että henkistä hyvinvointia. Kuntolaitteita sekä erilaisia pintojen haasteita pidettiin hyvinä ideoina. Näitä mietimme yhdessä. Esiin nousi mm. helposti toteutettavia loivia mäkiä sekä eri materiaaleista tehtyjä alueita, joissa voisi kävellä kesällä paljain jaloin. Tämä kehittäisi tasapainoa ja lihasten hallintaa sekä toisi aistivirikkeitä. Toiminnallisuuden lisäksi pidettiin tärkeänä myös sitä, että alue olisi puistomainen, jotta sinne olisi mielekästä mennä, sekä sitä, että se palvelisi myös muita asukkaita ja alueella vierailijoita. Myös lasten viihtyminen koettiin tärkeäksi. (Kustaankartanon henkilökunta, 2012)

Tasapainoharjoittelua varten alueelle ajateltiin sijoittaa Axiom Torus -tasapainopallo sekä Finn Samba-tasapainokaruselli. Kaikki laitteet suunniteltiin sijoitettaviksi kuntokolmion kävelypolun vastakkaiselle puolelle, jolloin väliin syntyisi rauhallinen oleskelualue ja tilaa penkeille, pöydälle ja istutuksille. Pintamateriaalina jo alueella oleva kivituhka sopii niin laitteiden ympärille kuin oleskelualueelle. Pieni nurmialue paljasjalkakävelyä varten toisi vaihtelua ympäristöön ja antaisi aistivirikkeitä vanhuksille.

Alue haluttiin pitää väljänä eikä näin ollen sijoittaa liikaa kiinteitä kalusteita tai tilan rajauksia. Tyhjä tila toimisi hyvin virikkeellisten pelien alueena. Kivituhka alustana sopii hyvin mm. mölkyn, petanquen ym. pelaamiseen tai tikan heittoon.

Asukkaiden toivomus oli, että alueella olisi kasveja ja kukkia, joita voisi hoitaa. Tämä otettiin huomioon ja ideoitiin puutarhanhoitoalue, jossa olisi pöytäkorkuisia istutusaltaita kukille ja yrteille. Tämä soveltuisi myös pyörätuolilla liikkuville tai henkilöille, joille seisominen on hankalaa.

Rajoittavina tekijöinä ideoinnin kannalta nousivat esiin käyttäjien mahdolliset erikoistarpeet. Näitä aiheuttavat mm. dementia, heikko näkökyky, kuulo-ongelmat, sokeus, vahva lääkitys/kaatumisriski. Esimerkiksi dementiaapotilaat näkevät materiaalirajat tai värieron ”ojana”, jota ei voi ylittää. Monikäyttöisin telineistä on Lappset Sporttileikki. Tämän laitteen avulla niin lapset kuin vanhuksetkin pystyvät harjoittamaan monipuolisesti tasapainoa, voimaa, rytmikykyä, käden ja silmän yhteistyötä, sorminäppäryyttä, porrasharjoittelua sekä venyttelyä. Laitteeseen saa lisättyä tai poistettua osia toiveiden tai tarpeiden mukaan. (HyTo, 2011)

Laitevalintojen rajoittavana tekijänä oli piha-alueen koko. Pihalle ei haluttu sijoittaa montaa laitetta, joten vaihtoehtoista pyrittiin valitsemaan monipuolisimmat. Laitteiden sijoittelussa huomiointiin määräysten mukaiset turva-alueet.

Ihmisen kokonaisvaltaisen toimintakyvyn ylläpitämiseksi ja parantamiseksi tarvitaan riittävää lihasvoimaa, tasapainoa ja hienomotoriikkaa. Näitä voidaan kehittää ja ylläpitää erilaisten laitteiden, pelien ja maamateriaalien avulla, jotka myös palauttavat muistoja ja antavat uusia elämyksiä. Virikkeellinen ympäristö sisältää värejä, tuoksua ja tuntemuksia, esimerkiksi kukkivia ja tuoksuvia yrtejä sekä puita.

Taustatiedot maastosta ja maisemälähtökohdat: Pinnanmuodoiltaan Kustaankartanon alue on suhteellisen tasainen. Suuria korkeusvaihteluja ei ole. Alueen reunassa sijaitsee lampi, jonka vieressä on pieni oleskelualue. Laajaan piha-alueeseen kuuluvat taloja yhdistävät pääkulkutiet. Lisäksi alueella on useita kävelypolkuja sekä yleiselle jalankululle suunnattuja alueita.

Piha-alue on haluttu säilyttää puistomaisena ja se on toteutettu havu-, lehtipuu- sekä pensas-alueilla. Lisäksi alueella on istutus- ja nurmialueita. Pintamateriaaleina pihan kulkureiteillä on käytetty asfalttia, kivituhkaa sekä kiveystä. Kulkureittien varsilla on kiinteitä penkkejä.

Ideointi rajattiin koskemaan Kuntokolmion aluetta sekä lammen ympäristön oleskelualueutta ja näiden välistä kävelytietä. Lähtötilanne ideoinnille oli Kuntokolmion alueella oleva hiekkakenttä.

Alueelle on tehty pohjatyöt, jossa maasto on siistitty sekä kentän ja kävelypolun alue on päällystetty kivituhkalla ja ulkoreunat rajattu luonnon kivillä. Kuntokolmion reunassa sijaitsee pieni parkkialue, jossa on käytetty pientä noppakiveä reunoilla.

Pihan pintamateriaalit, päällysteet ja alustamateriaalit

Kävelypolun pintamateriaalina on noin 50 mm paksu kivituhkakerros. Sen alla noin 100 mm:n murskekerros. Kävelypolun leveyden olisi hyvä olla 2-3 metriä, jotta siinä voisi kulkea rinnakkain pyörätuolilla sekä kävellen. Reunan luonnonkivistä tehty erotusvyöhyke ohjaa kulkua polulla. Luonnonkivet erottuvat maastosta kaikkina vuodenaikoina. Kävelypolun reunaan suunniteltiin sijoitettavaksi käsijohde, jotta myös huonosti liikkuvat ja tukea tarvitsevat voisivat käyttää itsenäisesti. Käsijohteen vähimmäiskorkeuden tulisi olla 700 mm ja 900 mm. Käsijohde tulisi jatkaa 300 mm lähtöpisteen ohi. Käsijohteen pää muotoillaan törmäys- ja tarttumisvaaran eliminoimiseksi. Pyöreän käsijohteen sopiva halkaisija on 30-40 mm. Käsijohteessa olevat kolo- tai nystytunnisteet varoittavat kulkuväylän muutoksista ja ohjaavat esimerkiksi lepopaikalle. Kaiteeseen voidaan asentaa myös alapiena 100 mm korkeudelle, jolla ohjataan näkövammaisten kulkua. Se on havaittavissa valkoisella kepillä. Törmäysten välttämiseksi opasteet, merkit, pylväät, penkit ja puut sijoitetaan kulkuväylän ulkopuoliselle alueelle.

Kulkuväylän pinnan tulee olla tasainen, tiivis ja luistamaton. Eri materiaalien välille ei saa muodostua tasoeroa, eikä pinnassa saa olla hammastuksia tai koloja. Kaivonkannet, ritilät, kourut ja eri pintamateriaalit ja niihin liittyvien rakenteiden liitokset tehdään kulkupinnan tasossa. Irtohiekan käyttöä vältetään.

Ulkoilureitin pintamateriaalina käytetään tavallisesti asfalttia, kun kyseessä on asuinalueen jalankulku- ja pyörätie. Rakennekerrosten mitoituksessa käytetään kevyenliikenteen väylän mitoitusohjetta. Pääulkoilutien pinnan osat tehdään yleensä kivituhkasta, joka tulee tiivistää hyvin. Muita sopivia päällysteitä ovat betoni, kalkkikivirouhe ja laatat joissa pinnan kitka estää liukkauden myös märkänä. Ulkoilupoluille sopiva hyvin tiivistetty kivituhka levitetään noin 50 mm:n kerroksena. Hyvin kantavalla maalla pintamateriaalin alle laitetaan noin 100 mm:n murskekerros. Jos maan kantavuus on huono, tulee murskekerroksen olla noin 300 mm paksu. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää 200 mm:n sepelikerrospaksuutta ja suodatinkangasta. (OPM, 2003; Kustaankartanon henkilökunta, 2012)

Oleskelualueilla käytetään tavallisesti kiveystä sekä sora- ja puupintoja. Alueilla joissa on leikkivälineitä tai muita toiminnallisia laitteita ei putoamiskorkeuden ollessa 60 cm saa käyttää kovia päällysteitä. Putoamiskorkeuden ollessa yli 60 cm, tulee käyttää synteettisiä putoamisalustoja. Putoamisalustojen paksuus ja laatu suunnitellaan ja mitoitetaan putoamiskorkeuden sekä tuotteen ominaisuuksien mukaan. Jos piha-alueella käytetään tasarakeista soraa, voidaan esimerkiksi turvalaatasta rakentaa käytävä pyörätuolilla liikkumista varten. Materiaalien rajapinnat tulee suunnitella siten että kulku eri pintojen välillä ei esty, ellei niin haluta. (OPM, 2003)

Levähdys ja taukopaikat

Lepopenkkien ihanteellinen sijainti on 50-100 m:n välein. Sijoittelussa haluttiin myös huomioida, että ne toimivat paikkansa puolesta tapahtumien seuraamiseen tai luonnon tarkkailuun. Myös niin, että sekä aurinkoisissa, tuulensuojaisilla ja varjoisilla paikoilla olisi mahdollista levähtää. Penkkien lisäksi sijoitettiin pöytä, jonka ääreen pääsee pyörätuolilla. Oleskelualueilla huomioitiin tilan väljyys, jotta pyörätuolilla ja lastenvaunujen kanssa liikkuminen onnistuisi helposti.

Lepopenkki sijoitettiin kävelypolun varrelle, kulkuväylän ulkopuolelle. Pituutta penkille varattiin noin 600 mm henkilöä kohden, yhteensä 1800 mm. Penkin eteen jätettiin vapaata pyörähdys ja jalkatilaa ja sivulle varattiin noin 900 mm leveä lepotila pyörätuolille tai lastenvaunuille. Penkkien korkeuden tuli olla 500 mm, jotta penkit sopisivat myös henkilöille joiden on vaikea istua. Penkeissä olisi hyvä olla ylösnousua helpottavat käsinojat ja keskikäsinojat. Materiaaliksi valittiin puu, joka säänkestäväksi käsiteltynä on tukeva ja helppohoitoinen.

Pöytä päätettiin sijoittaa kuntokolmion kentän kävelypolun puoleiseen päähän. Pöytälevyn pää on ulokemainen, jotta pyörätuolin käyttäjän on helppo päästä pöydän ääreen. Pyörätuolipaikan vaatima leveys on 900 mm, sen ympärille jätetään lisäksi liikkumatilaa. Penkit ovat erillisiä, jotta niitä voidaan halutessa siirtää. Pöydän ääreen mahtuu kolme leveydeltään 600 mm:n istuinta kummallekin puolelle tai vaihtoehtoisesti 1800 mm:n penkki. (OPM, 2003, 2007)

Parvekkeet

Leena Pohjolan ja hoitajien toiveesta paneuduimme projektissa myös parvekkeiden parannusideoihin.



Parvekkeille tehtävät muutokset helpottaisivat vanhusten pääsyä oleskeluparvekkeille ja mahdollistaisivat ympärivuotisen kosketuksen ulkoilmaan. Havainnekuvat parvekkeen muutoksista.

Ongelmat ja ratkaisut: Vanhainkotikeskuksen oleskeluparvekkeissa oli monia rajoittavia tekijöitä ja ongelmakohtia.

Ongelmat:	Ratkaisut:
Parvekkeille mentäessä sisäpuolella ovien vieressä on leveät ikkunapenkit, jotka tekevät kulkuväylän parvekkeille erittäin ahtaaksi ja oven vaikeasti avattavaksi.	Sisäpuolella parvekeovien vieressä olevat ikkunapenkit purkaisimme pois, poistaisimme normaalit vaikeasti sisäänpäin aukeavat ovet, suurentaisimme oviaukkoa ja asentaisimme tähän helposti käytettävän sähköisen liukuoven. Näillä parannuksilla helpottaisimme vanhus-ten liikkumista parvekkeille.
	Betoniset ikkunapenkit puretaan piikkaamalla ja jyrsimällä seinälinjan tasoon. Vanhat ovet ja ovenkarmit poistetaan sekä oviaukko suuren- netaan timanttisahaamalla. Suurennettuun oviaukkoon asennetaan sähköistetty liukuovi. Tämän jälkeen betonipinnat oikaistaan ja tasoi- tetaan. Pinta viimeistellään seinäpinnoitteen mukaan maalaamalla.
Isona ongelmana ovat myös parveke- ovien korkeat kynnykset, jotka vaike- uttavat ja lähestulkoon estävät pyörä- tuolilla siirtymisen parvekkeelle, vaika kynnyksiin on asennettu loiventav- vat liuskat.	Korkean ovenkynnyksen poistaisimme siten, että korottaisimme latti- aa tekemällä siihen pintavalun, joka nostaisi lattian sisäpuolen lattian tasolle ja kynnyksen voitaisiin poistaa kokonaan käytettäessä liukuovea. Pintavalun sisään olisi mahdollista tehdä lattialämmitys, joka pitäisi parvekkeen lattian miellyttävän tuntuksena jalkapohjalle ja estäisi pinnan jääytymistä talvella.
Parvekkeita ei ole lasitettu, joten ympäri- vuotinen parvekkeiden käyttäminen on hankalaa esimerkiksi lumen ja jäätyneen laattalattian takia.	Ratkaisu: Parvekkeiden ympärivuotista käyttömahdollisuutta tehos- taisimme parvekkeiden lasituksella. Lasitus lisää tilan käytettävyyttä estäen tuulen ja vesi- ja lumisateen pääsyn parvekkeelle.
Parvekkeen lattiat ovat laatoitettu kivilaatalla, jotka jäätyvät talvella erittäin liukkaiksi. Kivilaatta on myös kova ja kylmä materiaali jalkapohjalle.	Ratkaisu: Pintamateriaalina oleva liukas ja kylmä lattialaatta vaihdet- taisiin mukavampaan lämpimämpään ja turvallisempaan materiaaliin kuten puuhun. Puu on materiaalina luonnonläheisempi ja mukavam- man tuntuinen jalkapohjalle.
Ongelma: Haasteena on parvekkeiden turvallisuus näkörajoitteisten ja liikun- tarajoitteisten vanhusten osalta.	Ratkaisu: Parvekkeiden värien käyttöön keskittyisimme myös opto- metrian avulla eli ovenkahvat, kynnykset, rajapinnat ja lasiovet varus- tettaisiin optometrisillä väreillä, jotta näkörajoitteiset pystyisivät käyttämään tilaa paremmin. Vanhusten turvallisuuden ja liikkumisen parantamiseksi asentaisimme parvekkeelle turva- ja tukikaiteita.
Veden ohjaus parvekkeilla on vanhan- aikaisella ja epäkäytännöllisellä tavalla hoidettu lattian ja parvekekaiteen välisen raon kautta, jonka seuraukse- na vesi ja sen kuljettamat liat ohjautu- vat alempiin parvekkeisiin muodosta- en vesirasitusriskin rakenteisiin.	Ratkaisu: Samalla kun lattiaan tehdään pintavalu lattian korotuksen takia, vanhaan vedenohjausrakoon porataan harjaterästartunnat ja rako valetaan umpeen. Lattiaan tehdään pintavalun yhteydessä kaa- dot parvekkeen kaidetta kohden, josta vesi ohjataan vedenpoisto putkilla parvekkeilta pois.
Parvekkeen viihtyvyydessä on paran- nettavaa talvella ja syksyllä kylmyyden takia sekä kesäaikaan paahtavan kuu- muuden takia.	Ratkaisu: Epämiellyttävää kylmyyttä talviaikaan pystyttäisiin paran- tamaan seiniin taikka kattoon asennettavilla lämpölampeilla. Kesäai- kaan paahtavalta kuumuudelta vältyttäisiin asentamalla parvekelasi- tukseen auringonsuojaverhot.

Yhteenveto

Projektin lähtökohtana oli tuottaa parannusehdotuksia alueiden helppokäyttöisyyden, esteettömyyden, viihtyvyyden ja turvallisuuden näkökulmasta. Projekti toteutettiin innovatiivisena yhteistyöprojektina monien eri opiskelualojen kesken, mikä vaikutti siihen, että näkökulmia asioiden ideoimiseen tuli monilta eri tahoilta. Koimme tämän kaltaisen yhteistyöprojektin erittäin mielenkiintoisena projektimuotona. Uskomme, että tulevaisuudessa tämän kaltaisia projektimuotoja tullaan edelleen toteuttamaan.

Kiitokset

Kustaankartanolle idean projektista esittivät Mirka Toivola (osteopatian opettaja, Metropolia AMK) ja Pirkko Pello, joka oli lukenut artikkelin Mielenterveydenkeskusliiton Käsi kädessä -lehestä. Artikkelissa viitattiin Tuulikki Ukkonen-Mikkolan Tampereen yliopistossa vuonna 2011 tekemään väitöskirjaan ”Sukupolvien kohtaamisia lasten ja vanhusten yhteisessä palvelukeskuksessa”. Näitä asioita pohdittiin Helsingissä Oltermannintie 32:ssa sijaitsevan Kustaankartanon vanhustenkeskuksen ideointiprojektissa. Kustaankartanon alueella on aikaisemminkin käytetty hyvin tuloksin innovaatioprojekteja, joilla on löydetty käyttökelpoisia uudistuksia vanhainhoitoon ja keskuksen liittyvissä ongelmissa. Kustaankartanon johtaja Leena Pohjola perusti projektin tarkoituksena laatia ideatason luonnos toimivasta ulkoilualueesta ja oleskeluparvekkeista ikäihmisille vanhustenkeskukseen. Innovaatioprojektin projektiryhmän jäsenenä toimivat Metropolia AMK:n rakennustekniikan ja hyvinvointi ja toimintakyvyn opiskelijoita. Innovaatioprojektissa oli mukana myös Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin tutkijoita.

Kiitämme myös tutkimustyön rahoittajia: Tekes (Älykäs rakennettu ympäristö) ja Tekes ja RYM-Shok (Energizing Urban Ecosystem).

Lähteitä ja kirjallisuutta

Hyto, 2011. Metropolian Hyvinvointi- ja toimintakyky- yksikön power point -esitys

Kustaankartanon henkilökunnan haastattelut 9.02.2012

Kustaankartanon visio. 2011.<http://www.hel.fi/hki/sosv/fi/Vanhusten%20palvelut/kustaankartano/visio>, vierailtu 15.2.2012

Laitinen, Kati ja Anton, Sofia. 2012. Opiskelijat lähtivät neljän polven treffeille 6.3.2012. Haaga-Helia. <http://tuima.fi/?p=1128>.

Pohjola, Leena, haastattelu 20.01.2012

OPM, 2007. Esteetön luontoliikunta, Irma Verhe, Marko Rutu, Suomen Invalidien Urheiluliitto, Opetusministeriö Liikuntapaikkajulkaisu 93.

OPM, 2003. Esteetön perhepuisto ja liikuntapolku, Opetusministeriö Liikuntapaikkajulkaisu 85. 93.



Retrofitting and Rehabilitation of High Rise Fire Damaged Concrete Building

Haseeb Uz Zaman^{1,2}, Mika Lindholm¹

¹Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

²HTW Berlin



Abstract

This aim of this study was to establish a structured solution for rehabilitation and retrofitting of fire damaged concrete buildings. This article explains the rehab process of fire damaged concrete buildings in three basic categories: condition evaluation, decision making, rehabilitation & retrofitting. The evaluation method of damaged buildings is based on an understanding of material properties at elevated temperatures, condition survey and condition assessment. The condition survey includes visual inspection, hammering and chiselling techniques whereas the condition assessment includes both non-destructive and destructive tests that are selected on the basis of efficiency, economy, and performance. Feasibility study is required to make the right decisions for the rehab of a fire damaged building. Such a feasibility study should include all important aspects that will have an impact on the future of the building, therefore they must be considered in decision making. A new feasibility analysis model was developed as part of the study. It is expected to facilitate the decision making process, because of its sound conceptual foundation and detailed structure. If the feasibility study reveals rehabilitation and retrofitting worthwhile, it can be effectively rehabilitated with the help of the right techniques. This article discusses the rehabilitation of non-structural members/elements and retrofitting of structural elements with the help of soda blasting, patch repair, FRP reinforcement, partial removal and replacement, concrete jacketing, steel jacketing and a few other retrofitting techniques. Respective pros and cons of these techniques are covered with a special focus on sustainability, economy, efficiency and limitations. These techniques can be used separately or in conjunction with other techniques. As every lock has its own key, similarly every case has its unique solution. Therefore we

cannot argue that any given technique or set of techniques is universally superior to others. Generally speaking, partial removal and replacement offer more advantages. It seems to have more advantages than disadvantages when compared to others.

Introduction

Buildings are damaged in the event of fire with a varying degree of damages. A building damaged by fire can be retrofitted but such measures require extensive evaluations regarding technical and financial aspects. A condition survey and a condition assessment of the building are conducted to examine the existing condition of the building and the extent of damage. Then, financial analysis has to be done in order to establish the rationality of the choices. Once the proposal for retrofitting and rehabilitation of building has been established worthwhile based on conclusions drawn from technical and financial assessments, actual retrofitting activities will start. Different retrofitting measures are required according to the building structure and materials used. While prescribing retrofitting techniques to be applied, special attention has to be given to future fire protection and sustainability issues. The aim of this article is to devise a strategy and overall process to re-establish a fire damaged concrete buildings in the scope mentioned above.

Building Evaluation

The extent of fire damage depends on the temperature and duration of fire, conditions of fire (e.g., air ventilation), building materials, location of fire (basement, top floor, etc.), quality of design and construction and load sustained by the building. After the fire, the building structure must be secured first and the building must be cleared by respective authorities for further investigation.

The building consists of various materials (concrete, steel, glass, aluminium, other metals, timber etc.). Each material reacts in a different way when exposed to fire and the elevated temperature. The reaction depends on their physical and chemical properties. For example, concrete is an inert material and virtually incombustible. It is classified as an A1 category material by European classification system of building material. Concrete undergoes different physical changes when its temperature rises. At 300° C, due to the oxidation of aggregates included in the concrete, it changes its colour to pink. This is considered as an indication that concrete has undergone significant loss of strength. After fire, reinforcing steel retains its strength significantly up to 450° C in case of cold rolled steel and 600° C in case of hot rolled steel. Under these limits it can be reused. Pre-stressing steel loses significant strength at 200° C to 400° C. At 400° C, it loses 50% of its strength. Hence it is more sensitive to fire.

Before the building's condition assessment, one needs do a desk study of the building structure, type of building and construction materials, floor area damaged, scope of damage, general information about the building, size and duration of fire, etc. Building documentation, such as blue prints and fire report from the fire or police department can be used for the task. A condition survey (visual assessment) of utilities and non-structural members can be quick and decisive as usually building inspectors do not need further testing to understand their condition. Visual inspection of debris yields important information about the fire. For structural members both condition survey (visual inspection) and condition assessment (field and laboratory tests) are required to accurately

establish the residual strength and stability of structure. Non-destructive testing is the main technique employed in field testing. The Schmidt hammer, ultra-sonic pulse velocity, Windsor-probe test, ground penetration radars, laser scanners and thermography all are used, but because of their features and feasibility usually the first three are practical for buildings. However, these three tests alone do not give an accurate idea about the concrete's condition and structure's health due to their features and technique.

The Schmidt hammer does not measure the compressive strength directly but in fact measures surface hardness, which is then used to estimate compressive strength with the help of empirical correlations. Ultrasonic pulse velocity test measures the velocity of pulse between the set distance of two transducers. It does not measure the compressive strength directly either and obtains it by correlation as well. Using these techniques over spalled concrete surface, which is usually the case of fire damaged buildings, is difficult and sometimes not even practical. The Windsor-probe test indicated about the residual strength of concrete by penetrating probe into the concrete and measuring the length that is left outside of concrete. It is extremely sensitive to the aggregates used in the concrete mix and requires aggregate information for relative precision. All these NDTs for evaluation of concrete do not give accurate results and hence must be supported by core test which is comprehensively reliable but partially destructive. If core sampling and testing is done with care and required conditions are fulfilled, reliable information about concrete and structure can be acquired. Hence, if possible, first preference must be given over all other field tests for the evaluation of concrete. For assessing the condition of steel in flexural members, digital theodolite is used to measure deflections.

If field tests, which usually are not very accurate, are not enough and a higher level of accuracy is required, it will be necessary to conduct laboratory tests such as Petrography for concrete and tensile test and Scanning electron microscopy for reinforcements. Petrography is a complete test as it yields all kind of information that is required to assess the condition of concrete in fire damaged concrete buildings. Sometimes, techniques such as DTA and TGA are not required or even feasible after Petrography. So in the authors' opinion, core sampling and testing combined with Petrography are sufficient to evaluate concrete in case of fire damaged concrete buildings. However, it is not advisable to choose these testing techniques right away. For light to moderate damages, simple visual inspection and NDT testing may be sufficient.

Decision Making by Feasibility Study

Evaluation of the fire damaged building enables us to understand the condition of the building. Then one can make the decision to have the building demolished and reconstructed or rehabilitated and retrofitted. Such decisions require a comprehensive, elaborated and structured feasibility study.

The decision making process is quite complex. Every case is unique and respective demands differ from case to case. Fire damage is not consistent. Sometimes fire stays long but does not do extensive damage, whereas fires of medium tenure may inflict serious damage. This depends greatly on the design of the facility. If the design has been resistant towards fire damage, and fire has not been able to stay for a long time, damages are limited and they can be repaired. However, if the structure has suffered serious damage, decision making will not be easy. Evaluation of the building and testing must be done to determine its residual strength. If the building can be restored to code

acceptance level after fire, it is possible to restore it, but often the code requirements and local building laws make it difficult.

Many factors are involved in the decision making process. Economy and code requirements are not the only factors that are considered. Life span of the proposed solution is also important from the sustainability and life cycle analysis perspective. In case of commercial buildings, time for which building will be under construction or repair also causes loss of business. If the decision is controlled by some supreme factor such as the historical importance of the building, (e.g., Reichstag), or the building facilitates business or activities that cannot be compromised such as national security, (e.g., Pentagon). In such cases economic factors might not count at all or they be relatively insignificant. But if there is no such supreme limitation, an independent feasibility study is required to attest the economic and technical viability of the proposed solutions (demolition and reconstruction or rehabilitation and retrofitting). A comprehensive feasibility study includes both technical and financial aspects. Technical feasibility of the building's retrofitting and rehabilitation dictates that is it feasible to repair and re-establish the building or it should be demolished and reconstructed solely based on technical grounds.

A financial feasibility study is conducted to outline the financial circumstances attached to the respective proposals. Many financial feasibility analysis tools are available and have been practiced for financial calculations, e.g., net present value, cost benefit analysis, Payback period etc. They are more or less universal tools that are used for all kinds of financial feasibility studies on a new development or sustainable repair etc. Before conducting financial feasibility analysis, one should acquire preliminary assessments regarding the limitations of the respective proposal and an understanding of the scope of investment (how much capital is available, how much loan can be arranged etc.). This will set the foundation for the financial analysis. In financial analysis, one thing is quite common. There are a lot of assumptions involved and efforts invested to estimate these assumptions should be proportional. There are obviously factors that are more sensitive than others, therefore more time should be spent on their extraction/determination than others. Scenario and sensitivity analysis are required to identify more sensitive factors and possible extreme scenarios (worst or best). Moreover, the knowledge is quite limited in the beginning, but it increases as the project gets closer to reality. Therefore, the financial feasibility analysis must be updated as more accurate and precise data is obtained.

Financial feasibility studies have been available in abundance, but they are general purpose financial studies. The same financial feasibility analysis methods are used for nearly all investment cases, but fire damage buildings are not an ordinary case. Here we need comparison between proposed solutions with certain conditions. However, literature on structured technical feasibility is not available. The probable reason for this is that there are lot of factors and variables involved in any such study as every case is a unique. Therefore, a structured technique or feasibility stool is introduced, which can help one to make confident decisions. It includes both financial and technical feasibility, having a weighted contribution of all significant factors involved.

F.I = Feasibility index

C = Degree of Complexity

T = Time required for proposed solution

D = Degree of damage

L = Life expectancy of proposed solution

F.F.S = Financial feasibility score

I = Importance factor

$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 1$

Resultant of the mathematical model is calculated, and the solution with lowest value of F.I is regarded as the most feasible more feasible solution. Units of respective factors must be selected carefully in case of "T" time required for proposed solution. If the selected unit is too big, this may undermine other factors (see more. Master's Thesis: Retrofitting and Rehabilitation of High Rise Fire Damaged Concrete Buildings).

As pointed out earlier, every case is unique and it has its own demands and requirements depending on its structure, degree of damage etc. Similarly complexity is very much oriented upon the nature of element and the structural system of the building. The effect on adjoining member is considered to be one of the most important factors in determining the degree of complexity. The method of repair or replacement is also an important factor. The technique that is used to replace or repair the element is vital. For example, to repair a beam, it might not require the vertical temporary support from beneath by formwork (propping), but for beam replacement propping or may be hydraulic jack support or any other kind of strong support is required that can replace the function of beam for the time being. If another beam is provided beneath the already existing beam, formwork requirements will provide the complexity. For replacement of concrete beam with steel, one may require special measures to lift it. Hence the method of repair or replacement adds to the complexity level. Design requirements also add up in the complexity level. The degree of complexity differs from case to case. The degree of complexity is assigned in a numeral figure from 1 to 5 - 1 being the lowest and 5 being the highest degree of complexity.

Life expectancy refers to the number of years the proposed solution (repair or reconstruction) will last. (SH: unnecessary: Its unit is "a year".) The repair will revitalize the structure or other utility and how it will impact the overall life of the building. Two things are considered: the overall remaining expected life of the building and the expected life of the solution. The lower one of these two is for the feasibility analysis tool as the life expectancy "L". The reason for this is to make sure that proposed solution will serve for its expected life "L". Time is another important factor. T is the number of days required for the proposed solution (repair or reconstruction) to be executed. Time is money. In case of loans and investments made by investors, money is an even more pressing issue. Moreover, the building services and the purpose of the building sometimes make the project more critical and important, as in such cases as state department buildings, parliament houses or houses of commerce. Time unit can be months, if the proposed duration is too long and undermines the other factors involved. This may happen in extensive projects where multi complex buildings have to be rehabilitated. Normally in cases of element repair or reconstruction, the employed unit is the number of days. In any case, for each case, the analyst can select a suitable time unit as per his own approach, but the same unit should be used for both repair and reconstruction comparison analysis.

The degree of damage is the extent of damage that the element of the building has suffered. It is decided during the evaluation phase via systematic approach (cf. 6.1.4. Master's Thesis: Retrofitting and Rehabilitation of High Rise Fire Damaged Concrete Buildings). It varies from 1 to 5, 5 being the worst case scenario. In case of whole building analysis, the degree of damage will be assigned to

the overall building based on the overall damage its elements have suffered. The financial feasibility score in the analysis tool used here is determined by the same logic as the annual equivalent worth technique (AEW), but has its own structure for better compatibility with parametric mathematical model and inclusion of risk factors. The financial analysis tool is described in detail in chapter no 6 (cf. 6.2. Master's Thesis: Retrofitting and Rehabilitation of High Rise Fire Damaged Concrete Buildings).

Recommendations

Feasibility analysis tool should be used as a supplementary tool in the decision making process, as it is still in the development phase. Data required as the input in feasibility analysis tool should be carefully and thoughtfully collected. If assumptions are made, special care should be taken for more sensitive parameters indicated by sensitivity analysis. For each assumption, three or more possible values should be chosen to realise their impact. The importance factor must be decided by round table talk in which all possible project players and experts must participate. Again for evaluation of different scenarios, two or three different values can be tested. This practice will provide decision makers with a broader vision. Units must be selected properly with an eye on respective conditions. If required, the importance factor may be used to adjust too small or too big unit considered.

Rehabilitation and Retrofitting

After it is established that rehabilitation of the building and retrofitting of the structure is feasible both on technical and financial grounds, rehab of the building will be started. Rehabilitation and retrofitting starts with cleaning of the property. After fire, building has to be cleaned as soon as it is cleared to be entered. It will stop further damage due to the water sprinkled to extinguish fire and due to the deposition of smoke & soot. It is necessary to remove smoke and soot from the surface of belongings and building. Otherwise it will damage them, because of acidic fumes they may contain. Moreover, smoke smell will be difficult to remove. To remove smoke smell thermal foggers and ozone machines can be used, but they have their their shortcomings. Air scrubber provides a better solution than the first two. Smoke and soot that cannot be removed from the surfaces of the building by ordinary methods can be removed by soda blasting, which is a more environmentally friendly method than harsh chemicals. Combustible non-structural members and utilities are often in poor condition after fire. If they can be repaired economically, it is better to repair them. Otherwise they should be replaced. Non-combustible non-structural members do not usually suffer much damage. Usually only cleaning with soda blasting is required.

FRP reinforcing sheets and plates are commonly used for various kinds of rehabilitation techniques including fire damaged repairs. FRP has many inherent characteristics that make it very good repair material. It has excellent tensile strength, durability, light weight, nonmagnetic behaviour and ease of handling, but it also has serious shortcomings, especially sustainability and future fire resistance. It also allows excessive deflections in structural members which is not desirable. It is weak in shear resistance and like to cause damage, if not handled properly. Partial removal and replacement of damaged concrete and steel is another method of concrete structure retrofitting. It may not be wrong to say that it is the most popular method of retrofitting. It can be used in combination with FRP reinforcing. In this technique, damaged concrete is removed carefully with the help of hydro-

blasting or other similar methods. Hydroblasting is a good method for this purpose as it also prepares the surface and rinses out any rust that may exist on the reinforcement bars. Then the surface is prepared and concrete is provided again either by shotcrete or in-situ casting. This is an old and well tested method. It does not change the dimensions of the structural element. As additional benefit, it also takes care of any inherent shortcomings that may present in the element. It provides good fire protection and a sustainable retrofitting technique. It requires propping sometimes to support the member until it is fully repaired.

Concrete and steel jacketing are mainly repair or strengthening techniques for seismic design or repairs, but they can be deployed also for fire retrofitting. Concrete jacketing is done by jacketing a member with an extra layer of concrete preferably all around after the removal of the damaged cover. Reinforcements are also provided in concrete jacket. Success of the method depends on the monolithic behaviour of the jacket and original structure and design competency. It provides better fire resistance and it also a green practice. Steel jacketing is a similar method, but here the material of the jacket is steel instead of concrete. It does not alter the dimensions of the member but at the same time it is suspected to fire and rusting, and hence requires protective coating. Along with these retrofitting methodologies, some other techniques can also be practiced like reducing the load over structure by change of usage, construction of some new structural members, provision of extra pre-fabricated member beneath an already existing one and epoxy injections etc. All these methods are not common ones, but they can be used alone or in combination with other measures.

Conclusion

Though concrete buildings are more resilient to fire than others but a serious fire can inflict damage which depends upon salient features of fire and building. After fire is extinguished and structure is secured, condition survey and condition assessment is done over it. Condition survey is done by a team of experts. Visual inspection, hammering and chiselling techniques are used for condition survey. It gives basic idea about the building condition. Afterwards condition assessment is done, if it is felt to be required. In condition assessment, different tests (destructive and non-destructive) are conducted to access true condition of building. To determine that whether building should be demolished and reconstructed or rehabilitated and retrofitted, comprehensive feasibility study (technical & financial aspects) should be conducted. Technical aspect is determined from the data obtained from evaluation of fire damaged building whereas financial aspect is based upon financial analysis tools and risk analysis. A feasibility analysis tool has been developed as part of master thesis. It is expected to bring lot of ease in decision making process because of its detailed structure. But decision shouldn't be made solely on its bases as it is not a war hardened horse yet. Repeated and rigorous testing with improvement is required to make it better and more efficient in a cyclic manner. Yet, this model is good enough to give a clear enough idea about the feasibility of proposals presented on the desk. It has a philosophy to quantify parameters that usually can't be quantified and then it uses those quantified values in feasibility analysis tool as inputs. It dictates a system that starts with condition survey and condition assessment (deciding degree of damage "D"), then it progresses towards technical and financial assessment of proposed solutions (deciding "C, T, L" & "F.F.S, P.P") for the case on hand. Then it includes the impact of factors by the help of importance factors and allots them their respective share in decision making which is often quite vague and unclear. Retrofitting

and rehabilitation starts with cleaning activity, after it is established as a better option by feasibility study. Smoke and soot should be cleaned from the surface of building and belongings which would otherwise deteriorate them and smoke odour will be a permanent stay. Generally, non-structural members and utilities that are not much damaged needs surface treatments only. Soda blasting is good, sustainable, economical and effective technique for surface treatment. Patching and varnishing can also be done if required. Structural members can be retrofitted by FRP reinforcing, partial removal and replacement of damaged concrete and steel, concrete or steel jacketing and epoxy injections. Partial removal and replacement is a sound technique for retrofitting and most popular one. It is a sustainable method with good fire proofing qualities but it might prove to be bit more costly than FRP. Partial removal can put extra stress on adjoining members hence needs propping. Virtually it is not possible to say that certain technique is better than rest but partial removal and replacement is more favoured in general.

Acknowledgments

This research project was supported by Metropolia and HTW Berlin.

Literature

Concrete Society. 2008. Assessment, Design and Repair of Fire damaged Concrete Structures. Technical Report No. 68. 2008

CPWD, India. 2002. Handbook of repair and rehabilitation of R.C.C buildings.

Engineering Civil. [http://www.engineeringcivil.com/visual inspection of concrete structure.html](http://www.engineeringcivil.com/visual_inspection_of_concrete_structure.html) (accessed 10.07.2014.)

Engineering Arhives: http://www.engineeringarchives.com/les_mom_tensiletest.html(accessed26.07.2014)

Hayes, Michael.2012 Rebuilding After a Fire.

Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., Harley, I., 2006. Close range photogrammetry: principles, techniques and applications. Caithness: Whittles Publishing.

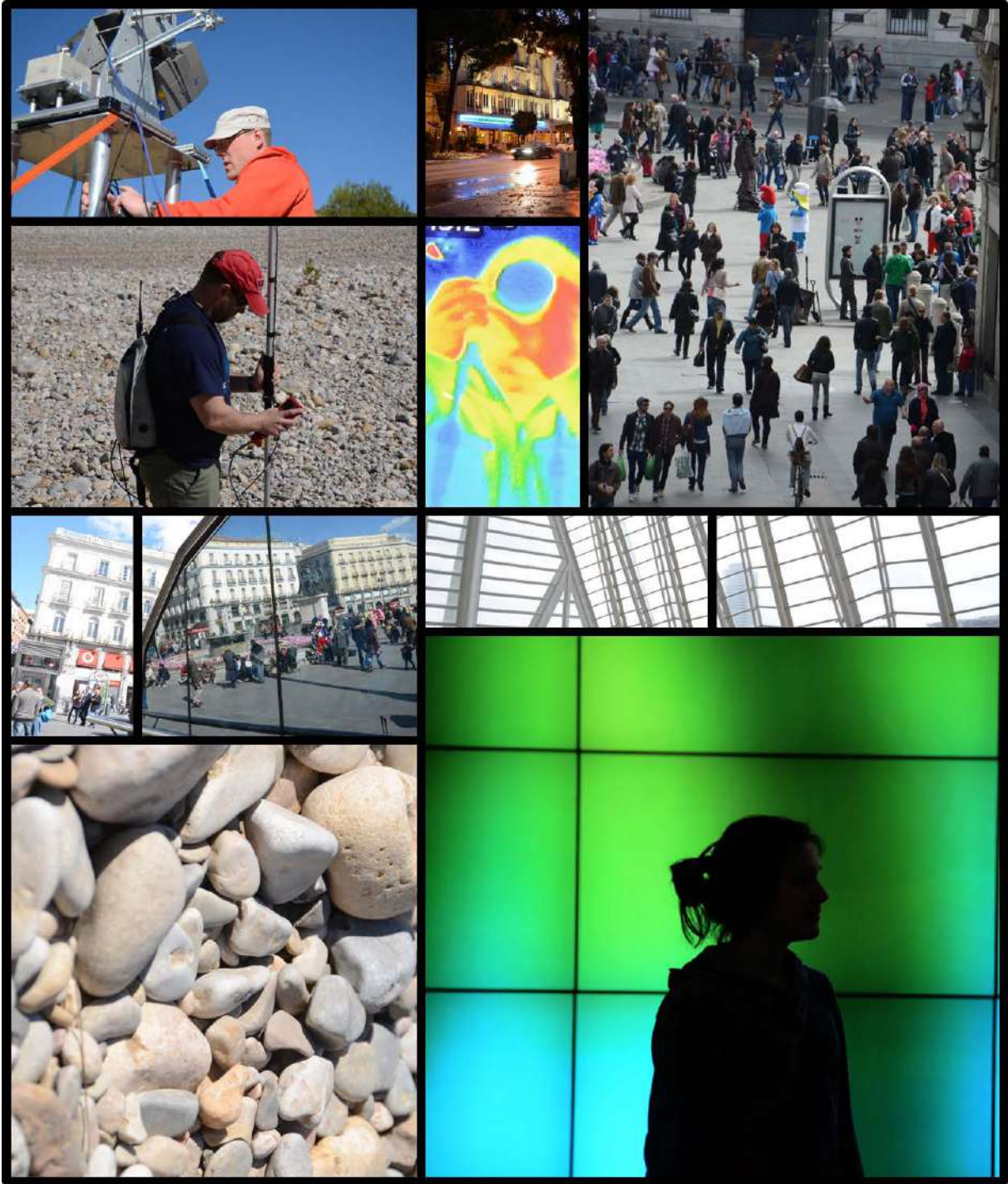
Milroy, M., Weir, D., Bradley C., Vickers, G., 1996. Reverse Engineering Employing a 3D Laser Scanner: A Case Study, International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 12:111-121.

Teran, Ruiz. 1992. Reinforced concrete jacketing of existing structures.

The Concrete centre. 2008. Concrete and fire safety.

Zaman, Haseeb Uz.2014. Retrofitting and Rehabilitation of High Rise Fire Damaged Concrete Building. Master Thesis. Construction and Real Estate Management. Metropolia and HTW Berlin.

Zizzo. Life cycle costing: 2014. Financial costing.





4 Ratkaisuja

Uudet tavat toimia – Uniikit yhteistyöalustat ja niiden johtaminen

Hannu Hyyppä^{1,2}

¹Aalto-yliopisto, Maankäyttötieteiden laitos

²Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja kiinteistöala

Tiivistelmä

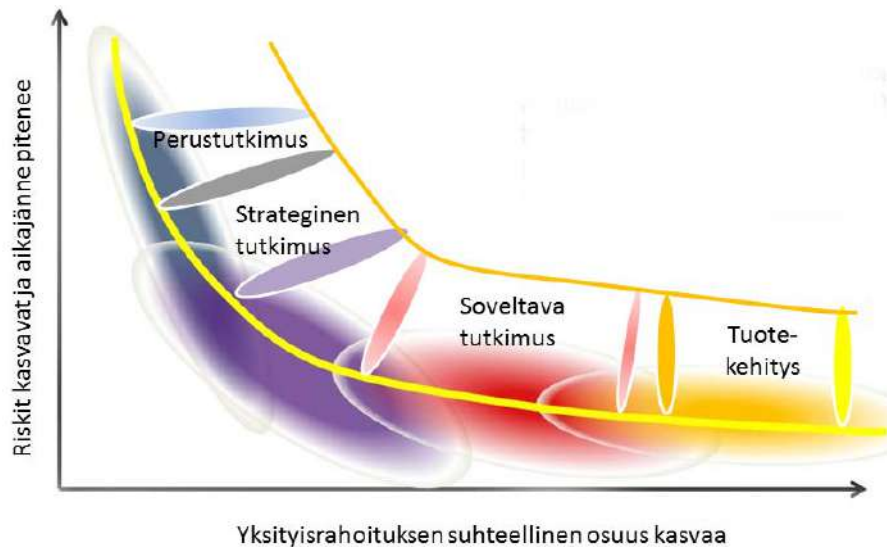
Suomalainen korkeakoulu- ja yliopistokulttuuri on muuttunut valtavasti viimeisen 20 vuoden aikana. Toimintatavat on aina kuitenkin nopeasti sopeutettu resurssien puutteen vuoksi edelliseen toimintakulttuuriin. Nykyään ammattikorkeakoulut ja yliopistot omaavat aivan erilaiset T&K-kulttuurit, strategiset tavoitteet sekä mittarit. Molempien osapuolien osaamisen yhdistämisellä on tavoitteena huippuosaamisen luominen, opetuksen vahvistaminen ja kilpailukyvyyn lisääminen tulosten hyödyntämisessä, julkaisu-toiminnassa ja näkyvyydessä. Tulevaisuuden haasteisiin vastataan verkostojen ja uusien yhteistyökytkentämekanismien avulla. Yhteistyö opetuksessa ja T&K:ssa synnyttää konsortioita, joissa ympäröivän alueen eri toimijoiden intressit yhdistyvät laaja-alaisesti. Metropolia Ammattikorkeakoulun osaamiskiihdyttämöt, Aalto-yliopiston instituutit, Factoryt ja Urban Mill ovat tästä kehityksestä hyviä esimerkkejä, mutta ne eivät kerää ja keskitä tarpeeksi monialaisia osaajia saavuttaakseen nopeasti tuloksia.



Yleistä

Älykäs erikoistuminen on päivän sana yhteistyötä rakennettaessa. Tekemällä yhdessä perus- ja soveltavaa tutkimusta yliopistot ja ammattikorkeakoulut saavuttavat synergiaa, joka näkyy myös Suomen parantuneena kilpailukyynä. Liian usein yliopistot tekevät pelkkää perustutkimusta ja yritykset eivät koe hyötyvänsä tästä tarpeeksi. Ammattikorkeakoulut toisaalta haluavat tehdä T&K:ta pääosin opiskelijavoimin, jolloin opettajat ohjaavat työpanosta, joka on Suomen mittapuussakin huomattava. Ratkaisuina älykkääseen erikoistumiseen ovat erilaiset yhteiset kytkentämekanismit ja kokeiluympäristöt, kuten huippuosaamot tms. yhteistyöalustat sekä niiden päivittyvät pelinsäännöt. Pääroolissa on yhteistyöalustojen johtaminen eli lähinnä niiden orkestrointi ja koordinointi. Yleisesti ottaen ammattikorkeakoulut ja yliopistojen organisaatiot näkevät liian vähän vaivaa ammattimaiseen koordinoituu T&K:een. Yliopistojen nykyinen tutkijakoulupolitiikka painottaa liikaa väitöskirjan

saattamista päätökseen mieluummin alle 30-vuotiaana. Ammattikorkeakoulujen osalta pedagoginen osaaminen on ollut pääroolissa uudistuvassa tilanteessa - tutkijakoulutusvalmius ja projektityökentely sekä hankkeen johtamiskoulutus on jätetty toistaiseksi varsin vähäiselle roolille. Ammattikorkeakoulujen osalta T&K-osaamisen huomattava lisääminen ja yliopistomaailman osalta yrityskulttuurien osaamisen lisääminen on välttämättöntä, jotta olemme kilpailukykyisiä muiden EU-maiden kanssa. Vaikka ”kaikki opettaa ja tutkii” - on arkipäivää, molempien osa-alueiden hyvä hallinta on edelleen haastavaa. Suomen Akatemian, Tekesin, Shokkien ja EU:n hankkeet sisältävät nykyään valtavat määrän päällekkäistä osaamista. Hankkeissa tehdään ja keksitään pyörää usein uudestaan, koska se on helpompaa ja toisaalta tekijöiden on pakko päästä kartalle moniosaamisen viidakossa. Älykkään erikoistumisen myötä rahoittajilla tulisi olla tarve tuoda hankkeissa tehtyä julkista tutkimusta yhä enemmän yleiseen tietouteen, mutta myös julkaista hankkeessa tuotettua tietoa hanke- rahoittajille. Tekes on uudistanut toimintaansa jatkuvasti uusilla ohjelmilla. Hankekorit eivät paljasta tarpeeksi sitä, kuinka tutkimus voisi hyödyntää jo menneisyydessä rahoitettujen hankkeiden tuloksia. Suomessa julkisella rahalla tehty tutkimus ei vielä jaa riittävästi uutta tietoa ja osaamista tekijätahojen ulkopuolelle hyödynnettäväksi. Tekijöiden osaamisen näkyminen esim. rahoittajien internet-sivujen kautta ja pieni pakote ottaa mukaan maailmanluokan tekijöitä nostaisi selvästi tutkimuksen tasoa.

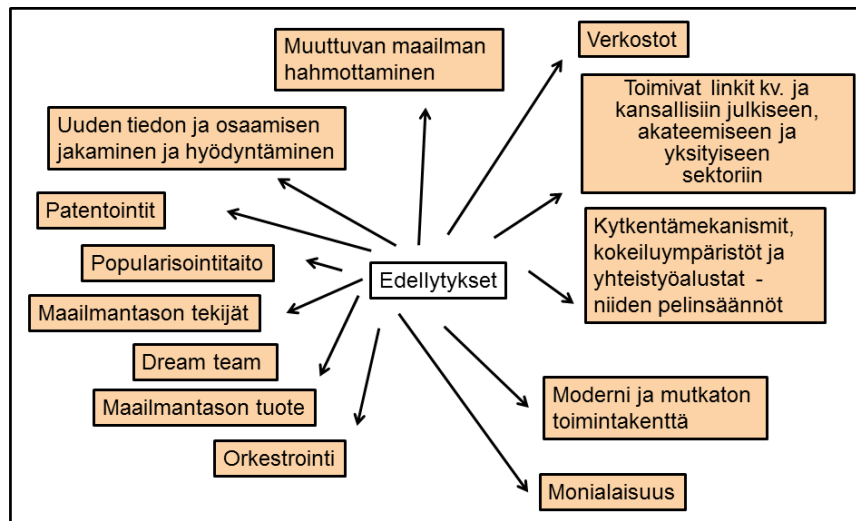


Uudenlaisen innovaatioketjun hahmottaminen vaatii tekijöitään entistä enemmän, koska hankkeita on tekeillä valtavasti. Perinteinen innovaatioketju, jossa ovat yliopistot, ammattikorkeakoulut, tutkimuslaitokset ja yritykset omalla sarallaan, on muuttunut. Kaikki toimijat yrittävät hyödyntää koko innovaatioketjua perustutkimuksesta tuotekehitykseen.

Yhteiset alustat

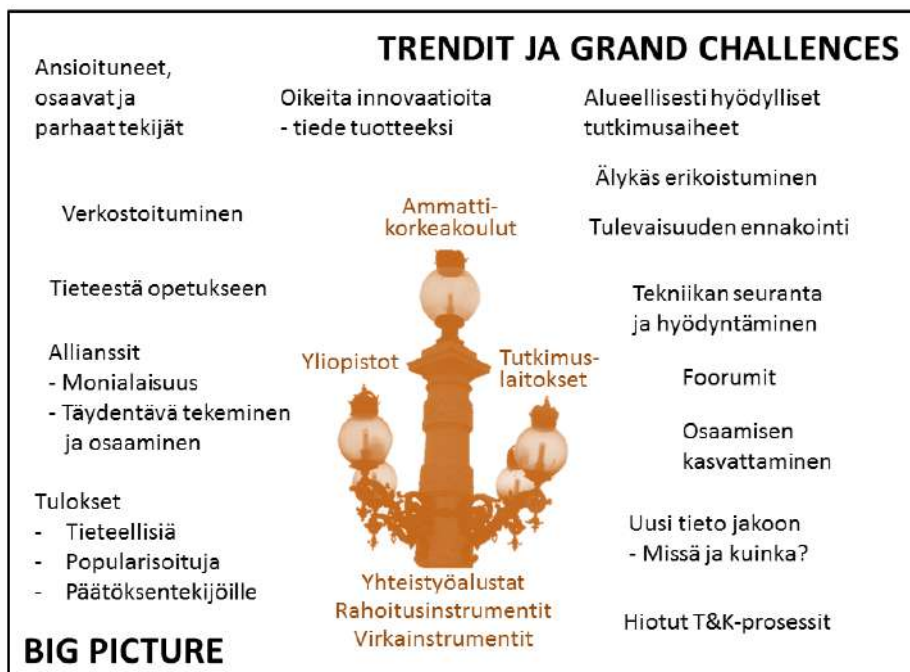
Uudenlaiset kokeilualustat eri toimijoiden välillä ovat vasta lapsenkengissä. Allianssit, instituutit, osaamisalueet ja -kiihdyttämöt, huippuyksiköt sekä factory-tyyppiset toimijat toimivat omilla tahoillaan. Mikä tekisi niistä entistä monialaisempia vaikuttajia? Innovaatioketju on Suomessa katkonainen

ja hajanainen. Kaupunkien tulo entistä enemmän EU:n myötä, innovaatioketjuun sekä tilaajana että toimijana lisää ns. orkestroinnin ja osaamisen tarvetta, myös hankehakujen puolella. Suomessa tilaajat ovat olleet jo vuosia mielenkiintoisen dilemman edessä: tuottajapuoli on ollut paljon uudistuvampi ja osaavampi – ja tilaajien uudistuva ammattitaito on koetuksella virastoissa, kaupungeissa ja kunnissa. Hyvänä toimintatapana voisivat olla ns. verkosto-HUBit, jotka yhdistävät yhden alan ja sen uusimman tiedon ja innovaatiot (esimerkkinä talotekniikka tai rakennustekniikka) koko Suomessa. Tällaiset yhden aiheen kattavat instanssit puuttuvat Suomesta lähes kokonaan. Erikoistumisessa on kyse koko maan ylimenevästä verkostosta, jossa resursseja osataan jakaa kaikille sopivasti. Ongelmana on ollut rahoitus. Näissä HUBEissa vetovastuussa olisivat alan huipputekijät, joka takaisi kansalliselle yhteiselle tekemiselle kuulakuvienkin kautta arvostusta ja näkyvyyttä. Alueellisesti yliopistojen, ammattikorkeakoulujen ja yritysten yhteistyöstä, työnjaosta ja tiedon jalostamisesta yhdessä sopien, saavutetaan aivan uudenlaisia tuloksia. Kuntien ja kaupunkien kytkeminen toimintaan suurimpien kaupunkien osalta on haastavaa, mutta takaa living-labien muodossa kaupungeille uutta tietoa ja osaamista.



Edellytyksiä menestymiseen T&K:ssa ja yhteisten alustojen muodostumisessa.

Älykkään erikoistumisen ja nopean teknologisen kasvun myötä perinteinen konsulttitoiminta on saamassa haastajia. Lukuisat start-upit niin ammattikorkeakouluista, yliopistoista kuin tutkimuslaitoksista käynnistävät uuteen tekniikkaan perustuvaa liiketoimintaansa. Myös ammattikorkeakoulut ovat käynnistäneet liiketoiminnan, jota ei tehdä OKM:n rahoituksella. Suomessa tehdään tuhansia julkisia opinnäytteitä ja näiden popularisointi vaikkapa minuutin videolla tai 3-4 sivun lyhyellä yhteenvedolla kuvineen voisi löytää tiensä usealle tarvitsijalle. Nyt ajantasaiset ja innovatiiviset tulokset muumioituvat ennen niiden jatkojalostusta. Hankerahoittajien tulisi vaatia, että tekemisestä yleistettävää materiaalia ennen hankkeen loppumista ja tieto tallennetaan sovitulla pelinsäännöllä vaikkapa yhteiseen tietovarastoon, josta tiedon löytää halutessaan. Tämä vaatii työtä, joka ei varsinaisesti vielä kuulu yliopistoille eikä ammattikorkeakouluille.



Avaimet tuloksekkaaseen T&K-työhön toteutettuna erilaisilla yhteistyöalustoilla rakennetun ympäristön tutkimuksessa tulevaisuudessa.

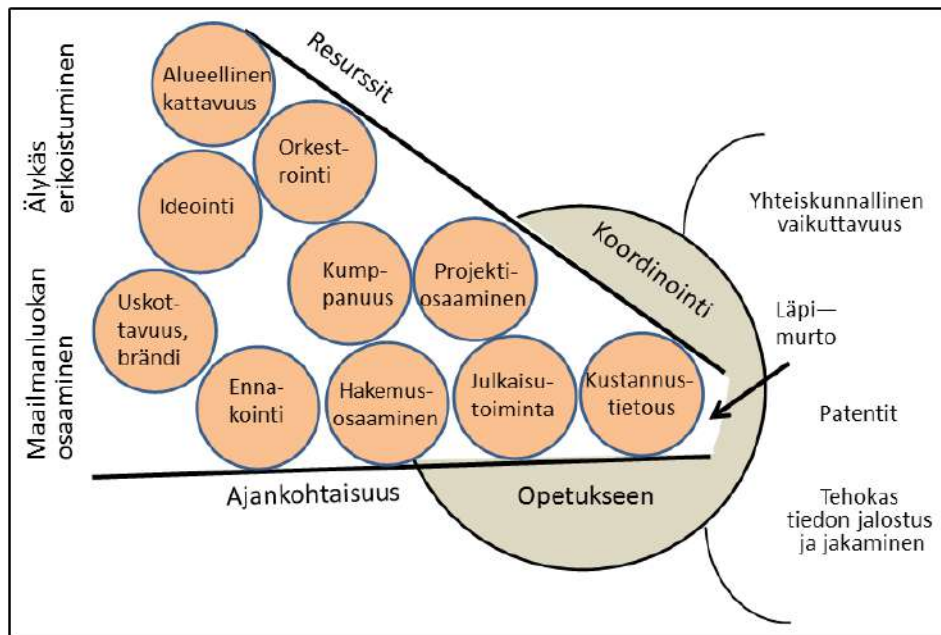
Jatko-opinnot ja muotoilubuumin integroituminen osaamiseen ovat vähitellen vakiintumassa käytäntöön. Muotoilu kytkeytyy yhä enemmän ammatilliseen osaamiseen, mikä tulee näkymään tuplatutkintojen määrän lisääntymisenä. Uudet innovaatiot vaativat yhä enemmän alan huippunsi-nööriosaamista yhdistettynä muotoilu- ja jatkokoulutustutkinnon suomaan yhdistettyyn osaamiseen. Myös insinööriosaamisen myyminen on olennainen osa osaamisen hyödyntämisestä. Visuaalisten kuvi-en ja median maailmassa onnistuneiden mielikuvien luominen eri kohderyhmille tulee huomioida myös hanketekemisen yhtenä olennaisena osana. Hankkeessa tuotetun tiedon esittäminen myyvästi mielikuvin edistää myös kyseisen alan edistymistä, kun pienen ryhmän tekeminen saadaan näkyväksi laajemmille markkinoille. Haasteena on liiketoimintaa tukevan tiedon elinkaari ja suojattavuus. Tie-don suojattavuus paranee usein, kun siihen liitetään hiljaista tietoa, joka vaikeuttaa tiedon kopiointia.

Yritysten kanssa yhteistyö tulee sujumaan yhä enemmän vaihtoperiaatteella. Tekesin ohjelmi-en kautta yhteistyö pääsee liikkeelle ja yritykset alkavat hyödyntää kouluttavia tahoja entistä enem-män uusimman tiedon, innovaatioiden ja yhteisten EU- tai Tekes-hankkeiden myötä.

Yhteistyöalustojen johtaminen ja organisointi

Tärkeimpiä uuden yhteistyöalustan investointeja ovat henkinen resurssointi ja verkostojen or-kestrointitaito. Ammattimainen osaaminen vähentää tuurin merkitystä tekemisessä. Laajemman kokonaisuuden hahmottaminen ja jo tehdyissä hankkeissa ja eri verkostoissa saavutettujen tulosten ja tieto-osien järkevä hyödyntäminen vaatii vahvaa erikoisosaamista, mutta myös kiinnostusta visioi-da tulevaa kehitystä. Tulevan visiointi pitkällä aikavälillä ei välttämättä kuulu aina projektin mittaroi-

tuihin tuloksiin. Tähän on osaamista ja teknologiaa, mutta uudenlainen hankeseuranta vaatii vielä rahoittajatahoilta panostusta ja näkemystä kansallisen kehityksen tavoitteelliseen ja jatkuvaan visiointiin yhteistyössä valtakunnan tutkimusyhteistyökumppaneiden kanssa. Nyt kansallinen visiointi on keskittynyt mm. tulevaisuusvaliokuntaan ja tutkimus- ja innovaationeuvostoon osana poliittista demokraattista päätöksentekojärjestelmää. Tämän rinnalle tulisi luoda oma kotimaisista huippuasiantuntijoista koostuva neuvottelukunta, joka omassa tekemisessään voi hyödyntää yhteisesti niitä visiointia, joita tarvitaan tehtäessä päätöksiä kansallisesta hyvinvoinnista ja kehityksestä oman projektin toiminnan osana. Nykyinen silomainen tapa toimia omilla asiantuntijuusaloilla vaatii uudenlaista toimintakulttuuria, joka on totuttua paljon laaja-alaisempaa ja haastaa monialaisuudessaan jokaisen tekijän mukavuusalueeltaan ulos.

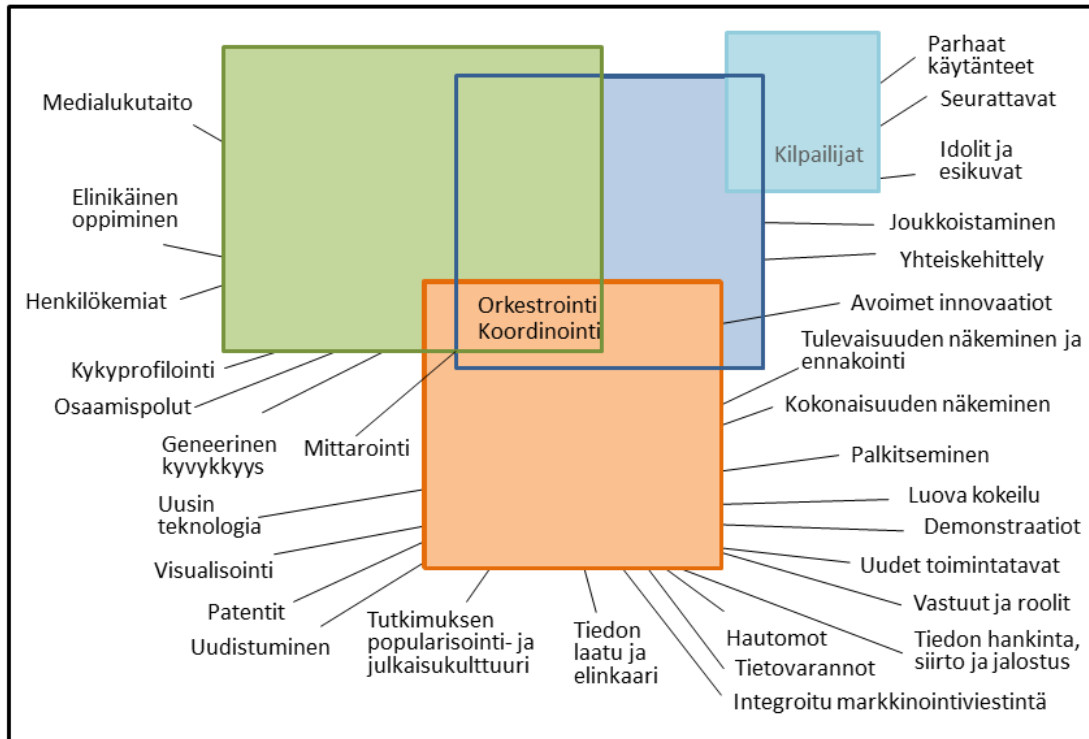


Akateeminen, yksityinen ja julkinen sektori mukana T&K-ketjussa ja alustassa. T&K tähtää maailmanluokan tuloksiin, ei pelkästään rahoituksen saantiin.

Osassa 1 on esitetty uusia yhteiskunnallisia suuria haasteita, joihin T&K:n odotetaan tuovat vastauksia. Usein tulokset tulisi tuottaa alueellisesti hyödyntäen monialaisuutta ja innovatiivisuutta. Osaamisen kartuttamiseen ja älykkääseen erikoistumiseen ei ole mahdollista päästä ilman mittavia yhteisponnistuksia. Tämä edellyttää suomalaisia oppikirjoja, popularisointia ja tiedon siirtoa koulutusorganisaatioilta yritykselle uusilla tavoilla – foorumeilla ja yhteistyöalustoilla. Uusimman tieteen ja tekniikan ja menetelmien vieminen liike-elämään ja opetukseen on myös suomalaisen kilpailukyyn edellytys. Tarve erikoistua ja olla erikoistunut ja oma-aloitteinen moniosaaja on nykyään arkipäivää.

Maailmanlaajuiset kehitystrendit kohti älykkäitä kaupunkeja, ilmastonmuutoksen aiheuttamien riskien hallintaan 3D-internetin ja pelillistämisen kautta, vaativat paljon tekoja ja jaettavaa tietoa.

Yliopistojen, korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja yritysten tulisi tehdä uudenlaisia yhteistyöponnisteluja, jotta toimintakentästä saataisiin moderni ja mutkaton eli toimiva.



Tutkimusjohtamisen uusia haasteita henkilö-, rakenne- ja suhdetöiden hallinnassa. Haasteet korostuvat verkostomaisia tutkimusaloja johdettaessa.

Tärkeimpiä toimenpiteitä

- Uudenlaisia kokeilualustoja yliopistojen, ammattikorkeakoulujen ja yritysten välille (Hubit)
- Julkisten opinnäytteiden popularisointi minuutin videolla tai 3-4 sivun yhteenvedolla kuvineen
- Yhden kokonaisen alan Suomessa yhdistävät T&K-toimijat
- T&K-tekijöiden osaamisen näkyvöittäminen
- Rakennus- ja kiinteistöalan lehtiin enemmän T&K:ta
- Huippuosaajista koostuva kansallinen T&K-neuvottelukunta rakennus- ja kiinteistöalalle
- Suomalaisia oppikirjoja ja tiedon siirtoa koulutusorganisaatioilta yritykselle uusilla tavoilla
- Koulutusyhteistyötä
- Kansallisia forumeita, joissa mukana tilaajia ja tuottajia
- Erilaisista ulkomaalaisista vierailuista ja tapahtumista tiedottaminen ja popularisointi
- Uudet yhteiset suuret avaukset

Yhteenveto

Edellä on kuvattu mitä asioita ammattimaisessa T&K:ssa tulee huomioida. Ratkaisevinta on menestystekijöiden haltuunotto kokonaisuutena kuten uusin tieto, into kehittyä ja tehdä tulosta, josta on hyötyä yhteiskunnalle sekä partneiden kesken hankittu luottamus. Uusien syntyvien yhteistyöalustojen ja instrumenttien myötä kumppanuudet, alustan potentiaalisuus ja synergia kehittyvät. Tärkeää on kehittää popularisointitaitoa, brändäysmahdollisuutta, Suomen ja alueen kärkinimien sitouttamista hankkeeseen. Samalla täytyy erottua massasta, olla monialainen ja saattaa uusi osaamisen Suomen vientivaltiksi sekä sopia kannustavat pelinsäännöt. Tieteen toivotaan antavan vastauksia yhteiskunnan suuriin haasteisiin ja tuottavan tietoa ja avointa dataa mahdollisimman paljon sekä kansalaisten että päättäjien tarpeisiin. Orkestroidut ja yhdessä kootut kärkiosaamisen tutkimus- ja kehityssalkut säästävät paljon aikaa Suomessa ja jalostuvat älykkääksi erikoistumiseksi.

Suomessa on valtavasti osaamista, josta tietoa pitää saada enemmän näkyväksi. Esimerkkinä Rakennus- ja kiinteistöalan neuvotteluryhmämme, joka jatkaa hyvin alkanutta yhteistyötään rakennus- ja kiinteistöalalla.



Rakennus- ja kiinteistöalan neuvotteluryhmä 2014-

Mika Lindholm, TkL, toimii Metropolia Ammattikorkeakoulussa rakennus- ja kiinteistöalan osaamisaluepäällikkönä ja rakentamistalouden yliopettajana. Hän on tutkinut, kehittänyt ja opettanut laajasti rakennushankkeen tuotannon- ja kustannushallintaa myös Teknillisessä korkeakoulussa ja Aalto-yliopistossa. Lisäksi hän on toiminut infra-rakentamisen ja kustannushallinnan johtavana asiantuntijana sekä pitänyt lukuisia tuotannonhallintaa käsitteleviä koulutuksia ja julkaissut useita oppikirjoja. Julkaisuja: yli 40.

Hannu Hyypä, professori, TkT, on toiminut vuonna 2014 Aalto-yliopistossa professorina ja Metropolia Ammattikorkeakoulussa rakennus- ja kiinteistöalalla teknologiapäällikkönä. Hän toimii Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin ja Suomen Akatemian laserkeilaustutkimuksen huippuyksikön vetäjänä Aalto-yliopistossa. Tutkimusteemoja: tietomallintaminen ja virtuaaliset oppimisympäristöt, rakennus- ja maanmittausalan ict- ja knowledge management-mallit. Julkaisutoiminta: noin 300 julkaisua. H-Indeksi (Google Scholar) 27, (WoS/ISI) 15.

Marika Ahlavo toimii koordinaattorina Aalto-yliopistossa Suomen Akatemian laserkeilaustutkimuksen huippuyksikössä Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutissa sekä Metropolia Ammattikorkeakoulussa. Osaamista: knowledge management-orkestointi, tieto- ja osaamisresurssien tunnistaminen ja verkottaminen, tieteen popularisointi kansalaisille ja päättäjille sekä koordinointi. Noin 60 julkaisua pääasiassa johtamisen, geoinfomaatiikan, rakentamisen, osaamisen ja oppimisen sekä tietovirtojen aloita.

Juha Hyypä, professori, TkT, Geodeettisessa laitoksessa kaukokartoituksen ja fotogrammetrian osaston vetäjä. Hän toimii Suomen Akatemian laserkeilaustutkimuksen huippuyksikön vetäjänä. Huippuyksikköön kuuluu Geodeettisen laitoksen lisäksi Oulun ja Helsingin yliopistot ja Aalto-yliopisto. Hänellä on lukuisia laserkeilaukseen liittyviä patenteja. Julkaisutoiminta: noin 500 julkaisua, joista noin 200 referoitua journal-julkaisua. Kiinnostuksen kohteita: mobiilikeilaus, ympäristön kaukokartoitus ja sisätalimallinnus. H-Indeksi (Google Scholar) 41, (WoS/ISI) 25.

Juho-Pekka Virtanen, M.A., valmistui Aalto-yliopiston Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulusta 2012. Hän tekee tutkimustyötä Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutissa aiheesta Alueellinen tietomallintaminen. Erityisiä kiinnostuksen kohteita ovat virtuaalimaailmat, pelimootoritekniologia sekä 3D-tulostus. Hän on menestynyt muotoilun ja tuotekehityksen kilpailuissa, kuten Plootu Fennica (Ohutlevytuotekilpailu, Oppilaitossarja, I-palkinto, 2014) ja Biteistä Atomeiksi – pikavalmistuskilpailu (I-palkinto, 2012).

Antero Kukko, TkT, toimii tutkimuspäällikkönä Geodeettisessa laitoksessa. Epäviralliset maailmanennätykset: nopein liikkuva laserkeilain 2006, suunnitellut ja rakentanut maailman ensimmäisen tutkimuskäytössä olevan mobiilin keilainauton Roamerin (2007), suunnittelija sekä toteuttaja maailman ensimmäiselle reppukeilaimelle (Akhka, 2011). Useita patenteja. Kiinnostuksen kohteet: mobiilikeilaus, 3D kartoitusprosessit, autojen navigointi ja paikannus sekä autonomiset autot. Julkaisuja yli 100. H-Indeksi (Google Scholar) 20, (WoS/ISI) 15.



Rakennus- ja kiinteistöalan julkaisuja nro 1. Marraskuu 2012.



Metropolia Ammattikorkeakoulun rakennus- ja kiinteistöalan johtaja Jukka Nivalan koolle kutsuman parivuotisen työryhmätyöskentelyn tuloksena syntyi Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä - julkaisu, joka luotaa alan tulevaisuuden näkymiä sekä osaltaan vastaa näihin kysymyksiin. Työryhmässä oli mukana eturivin asiantuntijoita yritysmaailmasta ja Aalto-yliopistosta. Työryhmän puheenjohtajana toimi Vahanen-yhtiöiden konsernihallituksen puheenjohtaja Risto Vahanen.

Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä, Metropolia Ammattikorkeakoulu, rakennus- ja kiinteistöala 2012. Työryhmä Risto Vahanen, Pontus Kihlman, Heikki Lamminaho, Pekka Malinen, Juhani Vanhala, Jukka Nivala, Simo Hoikkala, Olli Jalonen, Vesa Rope, Eila Sammallahti, Hannu Hyypä.

<http://www.metropolia.fi/koulutusohjelmat/rakennus-ja-kiinteistoala/julkaisut/>

Rakennus- ja kiinteistöalan julkaisuja nro 2. Joulukuu 2014.



Julkaisu perustuu Metropolia Ammattikorkeakoulun rakennus- ja kiinteistöalan ja Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin sekä Geodeettisen laitoksen tutkimusverkostoon ja yhteisiin poikkitieteellisiin avauksiin. Samalla on tarkasteltu hankkeita ja yhteistyöalustoja alan uudenlaisen yhteistyön vauhdittamiseksi.

Tarkoituksena on vastata siihen, kuinka korkeakoulut ja yliopistot tuottaisivat tulevaisuudessakin suomalaiselle rakennus- ja kiinteistöalalle osaajia, joiden avulla kehittäisimme kansainvälisesti kilpailukykyistä osaamista ja palveluja unohtamatta kotimaan rakentamisen laadun parantamista terveellisen ja turvallisen asumisen takaamiseksi. Julkaisun ovat mahdollistaneet yli 40 rakennus- ja kiinteistöalan osaa- jaa vuosien 2013 ja 2014 aikana.

<http://www.metropolia.fi/koulutusohjelmat/rakennus-ja-kiinteistoala/julkaisut/>

Miten voidaan yhdistää huippuosaamista ja opetusta sekä turvata sidosryhmien kanssa tuloksekas tutkimus-, kehitys- ja innovaatio-toiminta? Haasteena on saada uusi tieto kohtaamaan. Olennaisen tiedon löytäminen ja analysointi jatkokäyttöön vaatii uudenlaista toimintakulttuuria. Kuinka hyödynnetään yritysten, korkeakoulujen ja yliopistojen yhteistyö?

Tämä Metropolia Ammattikorkeakoulun, Aalto-yliopiston ja Geodeettisen laitoksen yhteisjulkaisu on syntynyt tarpeesta esitellä konkreettista tekemistämme, ajankohtaisia innovatiivisia tutkimusaiheita ja sovelluskohteitamme rakennus- ja kiinteistöalalla. Halumme on olla vahvempi tutkimus- ja kehitysosaamistamme alan toimijoille välittävä keskittymä rakennus- ja kiinteistöalalla.

 **Metropolia**

A” **Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu**



**GEODEETTINEN
LAITOS**

ISBN 978-952-6690-52-0

YHTEISTÄ TULEVAISUUTTA RAKENTAMASSA JA KARTOITAMASSA