

DATA, DIGITAALISET TYÖKALUT JA TIETO-OHJAUS RAKENNUS- JA KIINTEISTÖALALLA — BIG PICTURE

Hannu Hyyppä^{a,b}, Marika Ahlavo^a, Mika Lindholm^b, Arttu Julin^a, Kauko Viitanen^c

^a Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön laitos, MeMo

^b Metropolia AMK, Rakentaminen ja arkkitehtuuri

^c Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön laitos, Kiinteistöaloes

Data, digitaaliset työkalut ja tieto-ohjaus uudistavat rakennus- ja kiinteistöalaa. Muutoksen ajureina toimivat yhtä lailla uudet tuotteet ja ajankohtaiset ilmiöt kuten digitaaliset kaksoiset, älyrakennus ja -kiinteistö, -liikkuminen, -materiaalit yhdistettynä tietotekniikan kehitykseen kuten tekoälyyn ja lohkoketjuihin. Tekoäly ja digitaaliset työkalut helpottavat monialaista analysointia ja tieto-ohjausta. Tieto-ohjattu rakentaminen voidaan määritellä, kun kysytään: Kuinka tiedolla ja prosesseilla ohjataan, halutessa mittatarkasti ja ajan funktiona, yksittäistä kohdetta, työmaata, rakennusta, kiinteistöä tai suurempaa kiinteistömassaa?

JULKAISTU

30.12.2021

AVAINSANAT

3D, digitaalisuus, paikkatiedot, rakentaminen, kiinteistö, tieto

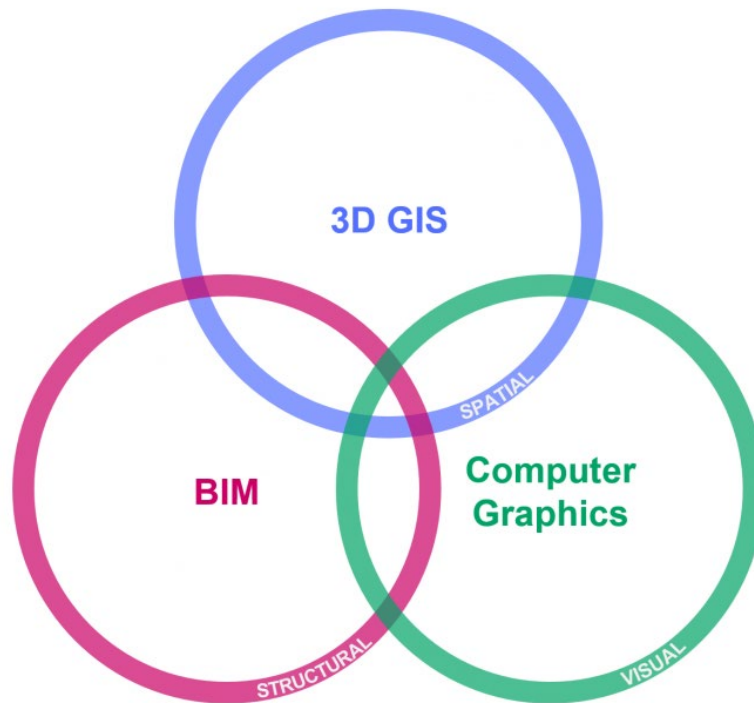
1. RAKENNETUN YMPÄRISTÖN VARSINAISET TRENDIT

Energiatohokkuudesta, ilmastonmuutoksesta, vihreistä arvoista, digitalisoitumisesta, kestävästä kehityksestä, kiertotaloudesta, globalisoitumisesta, työn murroksesta ja hiilijalanjäljestä sekä alustataloudesta on käyty mediassa keskustelua 2010-luvulta lähtien. Tieto-ohjatun rakennus- ja kiinteistöalan osa-alueet, jotka hyödyntävät näitä trendejä ovat mm. rakentamisen tietomallit, 3D-paikkatiedot, 3D-kaupunkimallit, 3D-pelimoottorit, kiinteistöjen ylläpidon tietomallit, ympäristön tietomallit ja näitä tukeva big data. Vähitellen trendit ovat jääneet rakennus- ja kiinteistöalalle, uudistaen prosesseja ja tekotapoja.

2. TIETOMALLEISSA YHDISTYVÄT BIM, GIS JA TIETOKONEGRAFIikka

Kolmiulotteisen tiedon keruu, mallinnus ja jalostus on laaja ja monitieteinen aihepiiri, jonka merkitys on jatkuvassa kasvussa. Lähemmin tarkasteltuna se voidaan nähdä toisistaan irrallisten teknologioiden joukkona, jota hyödyntävät eri alojen ihmiset työkaluineen ja alojen erityispiirteiden mukaisiin lopputuloksiin. Näiden teknologioiden välinen yhteentoimivuus on yhä keskeinen haaste. Tutkimalla toteutuneita 3D-tietoon pohjautuvia projekteja, voidaan rakennetun ympäristön 3D-mallinnukseen liittyen

tunnistaa kolme osittain päällekkäistä toimintakulttuuria (Kuva 1.): 3D-paikkatieto, BIM, ja tietokonegrafiikka (peliteknologia). Jokaisella näistä toimintakulttuureista on ainutlaatuinen näkökulma 3D-mallinnukseen ja ne johtavat usein erilaisiin oivalluksiin. (Julin ym. 2018)



Kuva 1. Kolme kategoriata eli toimintakulttuuria 3D-kaupunkimallinnuksessa. (Julin ym. 2018)

3D-paikkatiedon (3D GIS) kategoriassa mallinnuksilla on tyypillisesti laaja kattavuus, joten mallinnus asettaa rajoituksia 3D-tiedon yksityiskohdille. Lisäksi kiinnostuksen kohteena on tyypillisesti pelkän 3D-mallin geometrian sijaan myös muu paikkaan sidottu tieto, kuten mallinnettavien kohteiden ominaisuuksiin liittyvä semanttinen tieto. Lisäksi semanttisen tiedon rooli ja yhteys olemassa olevaan kaupungin GIS-tietoon korostuvat pelkän geometrisen rekonstruoinnin sijaan. Suurin osa sovelluksista painottuu ammattikäyttöön, kuten kaupunkisuunnitteluun, kartoitukseen ja erilaisiin paikkatietoanalyyseihin. (Julin ym. 2018)

Rakentamisen tietomallintamisen (BIM) kategoriassa 3D-mallinnus keskittyy tyypillisesti yksittäisten rakennuskohteiden suunnitteluun ja elinkaaren hallintaan. Olemassa olevasta rakennetusta ympäristöstä kerättyä 3D-paikkatietoa hyödynnetään usein erityisesti suunnittelutyön lähtötietoina, jolloin keskeisenä haasteena on toteutumatiedon integrointi erilaisiin suunnitteluohjelmistoihin ja -prosesseihin (scan to BIM). Tyypillisiä sovelluksia tässä kategoriassa ovat rakennesuunnittelu, törmäystarkastelut, määrälaskennat, energia- ja palotilanteiden, sisäilmaolosuhteiden, aika- ja kustannustietojen vaihtoehtojen simulointi, rakennusvalvontaprosessit ja arkkitehtoninen visualisointi.

Nykyään tyypillisimmin peliteknologiaan perustuvassa tietokonegrafiikan (computer graphics) kategoriassa 3D-tieto toimii pohjana interaktiivisille ja visuaalisesti erittäin korkeatasoisille, usein fotorealistisille, visualisoinneille ja pelillisille sovelluksille. Korkean visuaalisen tason saavuttaminen

edellyttää yhä runsaasti käsityötä. Samaan aikaan mallit rajoittuvat tyypillisesti paikallisiin koordinaattijärjestelmiin ja niissä käytetään harvoin semanttista tietoa. Myös 3D-pelimoottoriin perustuvissa malleissa on selkeä painopiste pelimaisessa vuorovaikutuksessa ja uppoutumisessa. Tavoitteena on saada käyttäjät mukaan yhteistyöhön ja tutkimaan malleja jopa jalankulkijan perspektiivistä ja roolista. (Julin ym. 2018)

Rakennetun ympäristön 3D-tiedolle on jo laaja kirjo eri käyttötarkoituksia. Epäyhtenäiset ja eritasoiset käyttäjäryhmät haastavat tulevaisuuden sovellusten suunnittelijat. 3D-tiedon käytön parantaminen on muutakin kuin pelkkä teknologinen haaste. Ihmisten ja teknologioiden välisen vuorovaikutuksen ja viestinnän parantaminen näiden eri toimintakulttuurien välillä on avaintekijä yhteentoimivuuden edistämässä ja joustavien, kysyntälähtöisten tulevaisuuden 3D-kaupunkimallien luomisessa. (Julin ym. 2018)

3. RAKENNETUN YMPÄRISTÖN TIETOTEKNIikka HYÖDYNTÄÄ ERI ALOJEN VAHUUksIA

Erilaisten henkilökohtaisten sensorien ja IoT:n tuottama tieto, paikkatiedot ja paikannuspalvelut, avoin data ja big data sekä rakentamisen tietomallinnus yhdistyvät vähitellen tietokonegrafiikan pelimoottorien avulla visuaaliseksi ja toiminnalliseksi kokonaisuudeksi – digitaaliseksi kaksoseksi (Kuva 2.). Esimerkiksi LVI-järjestelmien toimintaa, monia sisäilman laatua koskevia suureita, valaistuksen määrää ja yksittäisten rakenteiden käyttäytymistä sekä kosteutta voidaan nykyään mitata antureiden avulla. Mikäli rakennuksen ja sen käyttäjien ja rakennuksessa olevan tekniikan tiedot yhdistetään, saadaan ajantasainen 3D-tilannekuva rakennuksesta ja sen käytöstä, ratkaistavana on edelleen laaja kirjo kyberturvallisuusriskejä.



Kuva 2. Rakennetun ympäristön tietotekniikka integroituu tietomallintamiseen. © H. Hyypä, J-P. Virtanen, J. Hyypä, P. Stähle, M. Ahlavo, M. Kurkela, M. Markkula 2015.

Suuret kaupunginosien rakennushankkeet ovat muuttaneet totuttuja suunnittelukäytäntöjä ja toimintatapoja. Yksittäisen rakennuksen mallintaminen ei riitä, kun koko ympäristö muuttuu. Tarvitaan kokonaisvaltaisia rakennetun ympäristön malleja. Tällöin puhutaan alueellisesta tietomallintamisesta. Edellisen vuosikymmenen aikana mittaustekniikan kehitys, automaattiset mallinnusmenetelmät ja mallien käsittelyyn, jakeluun ja esittämiseen liittyvä tekniikat ovat mahdollistaneet 3D-kaupunkimallit. Kaupunkimallien pohjana on yleensä ilmalaserkeilattu aineisto, jota myös Maanmittauslaitos on julkaissut avoimena datana. Lisäksi malleja täydennetään kuntien omilla paikkatiedoilla, kuvauksilla ja tarkemmilla mittauksilla. Tarkat 3D-sisätilamallit, joissa on mahdollista liikkua, mahdollistavat tilojen ja tilaratkaisujen suunnittelun. Elinkaaren korjaustoimenpiteet voidaan ajoittaa oikein, kun rakennuksien anturointi, talotekniikka ja kerättävä big data tuottavat jatkuvasti ajantasaista tietoa. (Hyyppä ym. 2015)

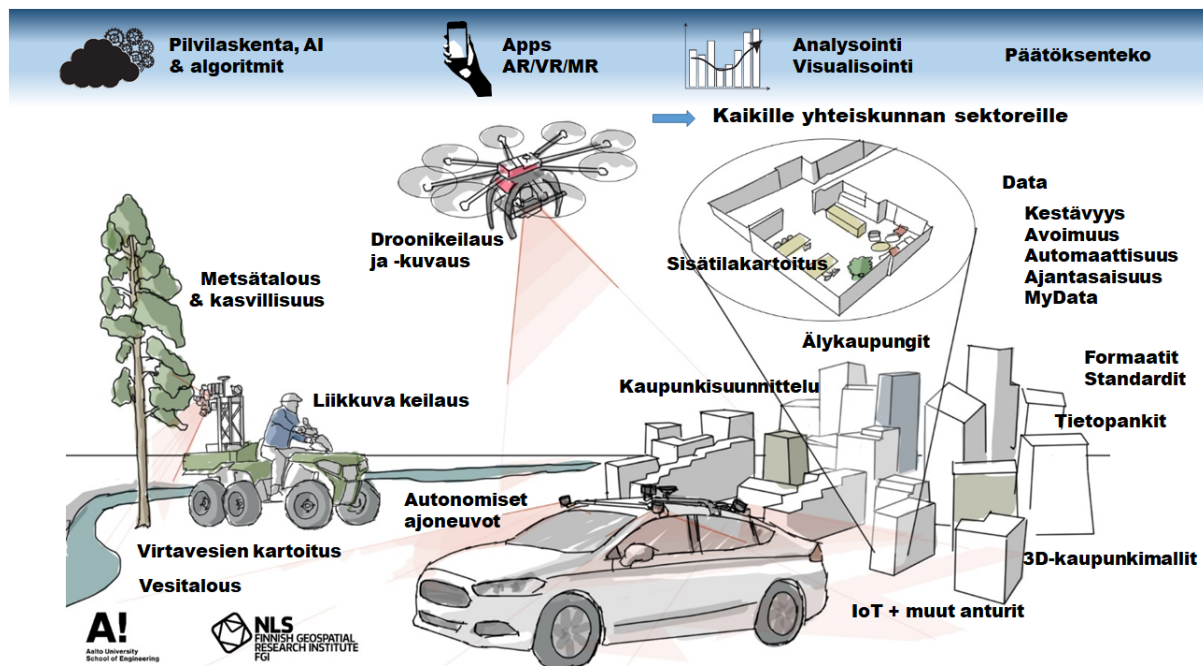
Kaupunki- ja rakennusmalleja voidaan hyödyntää suunnittelussa ja rakentamisessa myös virtuaalituloina. Näin toimimalla voidaan edistää uusia palvelukonsepteja, kuten tilan muunneltavuutta, käytettävyyttä ja interaktiivisuutta. Näin toimimalla rakennusvaiheessa olevien työmaiden tilannekuvaa voidaan seurata ja päivittää myös etänä. Nämä toimintatavat muuttavat työmaiden tuotannonohjausta ja laadunvalvontaa. (Hyyppä ym. 2015)

Visuaalisuuden merkitys korostuu usein käsityönä viimeistellyissä lopputuotteissa, joissa hyödynnetään vaihtoehtoisesti virtuaalitodellisuutta, lisättyä tai laajennettua todellisuutta (VR, AR, XR). Virtuaalinen suunnittelu yhdistää alueen dynamiikan, tietomallintamisen ja visualisoinnin useasta näkökulmasta. Tarkemmalla suunnittelulla, mittatarkalla valmistuksella ja nopealla visualisoinnilla voidaan rakentamisessa säästää merkittävästi. Erilaiset, rakennetun ympäristön elinkaaren eri vaiheisiin liittyvät simuloinnit ja analyysit täsmentävät suunnittelutyötä. Automaattisten menetelmien kehitys ja mittausvälineistön tuottaman pistepilviaineiston yleistymisen mallinnusdatassa haastavat visualisointimenetelmiä. Spatiaalisten riskianalyyysien, eroosio- ja valumismallinnuksien sekä maanpinta-, kuljettavuus- näkyvyys- ja maisema-analyyysien tuloksia toivotaan usein esitettäväksi mielellään yhdessä suunnitteluaineiston kanssa.

Avoimella tiedolla ja vuorovaikutuksella on aina merkittävä rooli, koska vain näin parhaat käytänteet, menetelmät, materiaalit ja tulokset saavuttavat suuren yleisön. Erilaiset living labit, konseptit ja projektit tukevat varsinaista päätöksentekoa ja tiedolla johtamista.

4. PAIKKATietoALA KEHITTÄÄ MENETELMIÄ TIEDONKERUUSEEN, ANALYSOINTIIN JA VISUALISOINTIIN

Geoinformatiikassa vaaditaan useamman alan saumatonta yhteistyötä, kun halutaan yhdistää suunnittelu- ja toteutusmaailman kolmiulotteistuminen ja mittatarkan tiedon hankinta (Kuva 3.). Samalla voidaan huomioida tarvittava visuaalisuus, kuluttajakäyttäytyminen, yhteisöllisyys ja ratkaisuiden edelläkävijyys. Jo ennestään monialaisella paikkatietoalalla tarvitaan yhä useammalle alalle perehtynyttä monialaista henkilöstöä varsinkin 3D:n, paikannuksen, MyDatan ja eri tarpeista toteutettavan digitaalisen kaksosen hyödyntämiseen. Samalla paikkatiedot, niiden formaatit ja standardit, yleistyvät kaikilla aloilla.



Kuva 3. Yhteiskunnan eri sektoreille toteutettava 3D-maailma pohjautuu mittatarkkuuteen ja paikkatietoihin. © J-P. Virtanen, H. Hyypä, M.T. Vaaja, M. Ahlavo, J. Hyypä 2019.

5. RAKENNUS- JA INFRA-ALA HYÖDYNTÄVÄT UUTTA TEKNOLOGIAA

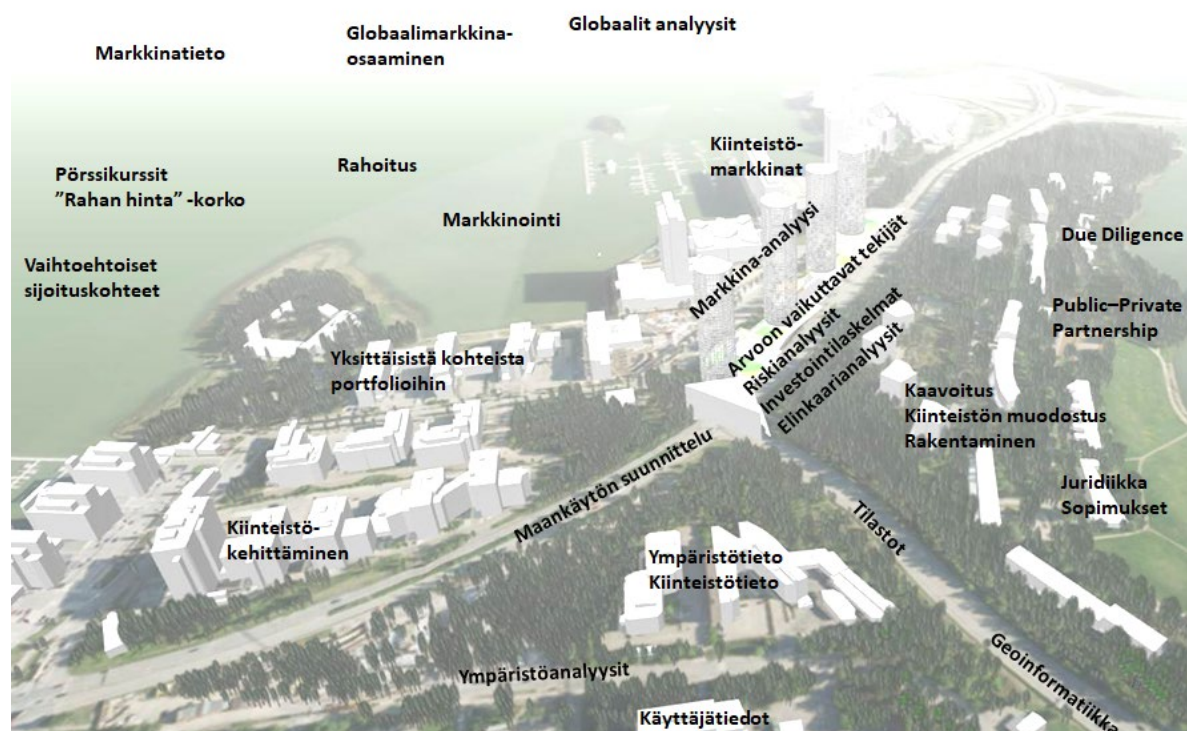
Rakennusallalla osataan nykyisin hyödyntää tieto-ohjatun rakentamisen prosesseissa erilaisia tarkkoja mittaussaineistoja, tietolähteitä, uusia teknologioita ja visualisointi- sekä 3D-tulostusmahdollisuuksia. Uudet työtavat ja -välineet vaativat prosessin jatkuvaa uudistamista, jolloin on pystyttävä tilannekohtaisesti vastaamaan siihen, miten aikaa, laatua ja kustannuksia hallitaan. Vastaavasti miten tuottavuutta voidaan parantaa GISillä, IoT:llä, Big Datalla, robotiikalla ja tekoälyä hyödyntävässä päätöksenteossa. Rakennusallalla nykYTEknologia mahdollistaa pitkällekin menevää työmaiden etävalvontaa ja ohjausta. Työmaalla kameroilla ja skannereilla sekä erilaisilla antureilla varustettuja liikkuvia robotteja on jo käytössä. Geoinformatiikan alan perusmittausteknologiat ja laitteet: droonit, laserit, fotogrammetriset kuvat, anturit ja sensorit alkavat olla osa rakennustyömaiden datankeruuarkea. Myös seuraaviin tehtäviin, lean, puhtaus, materiaalit, ympäristöystävällisyys ja kosteudenhallinta, soveltuvat aktiiviset tai passiiviset anturit nousevat yhä tärkeämpään rooliin alalla. (Hyypä ym. 2020)

Tie- ja liikennealalla tietotekniikka näyttäytyy varsinkin tie- ja liikennemittauksien automatisoitumisena ja autonomisten ajoneuvojen vaikutuksena koko tie- ja liikenneinfraan ja erilaisten tarkkojen simulointien tekemisessä. Itseajavat autot luvataan maantielle viimeistään 2030-luvun alussa. Googlen, Teslan, Applen ja Fordin viitoittamalla tiellä toisetkin autonvalmistajat tarjoavat autoon automaattista ohjausta tukevia ominaisuuksia. Robottiauton varusteet vastaavat liikkuvassa kartoituksessa käytettävää laitteistoa, johon kuuluvat laserkeilain, paikannus- ja navigointilaitteisto, kameroita, tutkia ja sensoreita. Sen lisäksi, että autot mittaavat ympäristöä omaa toimintaansa varten, ne keräävät dataa myös eri käyttäjäryhmien tarpeisiin, jolloin puhutaan joukkoistetusta 3D-kartoituksesta. Tavoitteena on siis tunnistaa tieympäristön

kohteita ja piirteitä laserkeilaimen tai kameroiden tuottamasta pistepilvestä. Edelleen ratkaistavana on lukuisia kysymyksiä, ennen kuin tie- ja liikenneala on siirtynyt sujuvaan tieto-ohjattuun toimintaan. Ainakin seuraavat kysymykset tulee vielä ratkaista: Kuka omistaa aineistot ja millaista älykästä infraa tarvitaan itseajavien autojen tarpeisiin? Miten lainsäädäntö kehittyy? Miten matkustajien viihdetarve toteutetaan automaattiohjauksen aikana?

6. KIINTEISTÖALALLA MONIPUOLISIA MAHDOLLISUUKSIA

Kiinteistöalalla erilaiset etätyöt, käyttöasteet ja -älyt, muunneltavuus, täydennysrakentaminen, sähkön kysyntäjousto, kiinteistöjen ja rakentamisen investointien talousosaaminen ja nollahiilirakennus ovat päivän polttavia kysymyksiä. Näihin yritetään saada uutta puhtia ajatuksena ”jos et investoi menetät näin paljon”. Alustataloutta hyödyntävät monet uudet toimintamallit, kuten Platform of Trust, jossa ekosysteemi tuottaa ja jakaa luotettavaa tietoa rakennus- ja kiinteistöalalle. Suurena ongelmana on jatkuvasti vähenevä tilaajaosaaminen ja se, etteivät kunnalliset päätöksentekijät aina hallitse koko ajan isommaksi muuttuvia rakennus- ja kiinteistöhankkeita. Lisäksi ns. kauppasodat aiheuttavat epävarmuuden aikaa. Epävarmuutta lisäävät myös omaisuuserien arvostuserät ja korkeat osakekurssit. Pohdittavaa riittää, kun mietitään, ovatko osakekurssit eriytyneet reaalityoudesta? (Hyyppä ym. 2020)



Kuva 4. Kiinteistöalan big datan ja informatiikan toimintakenttää. © H. Hyyppä, K. Viitanen, JP. Virtanen 2015

Kiinteistöalalla tietoa tarvitaan myös pitkällä aikajänteellä (Kuva 4.). Päätöksenteossa tietoa tarvitaan historiasta nykypäivän kautta tulevaisuuteen. Tiedon varastoinnin merkitys on kasvanut, kun vertailussa ovat eri kehitysvaihtoehdot. Kehitysvaihtoehtoja vertailemalla voidaan myös ennakoinnista oppia. Tietoa voidaan tarvita tulevaisuudessa myös oikeusprosesseissa, sillä joku yrittänee tulevaisuudessa kumota

joillain perusteella tehtyjä analyyskejä myöhemmin, kun tulevaisuus ei tuonutkaan sitä, mitä ehkä oli luvattu tai kuviteltu luvattun.

Kiinteistötalouden big data sisältää monitieteistä tietoa yhteiskunnan kiinteistö- ja ympäristötietojärjestelmistä kiinteistöjen käyttöön, hallintaan, omistamiseen, investointeihin ja analysointiin erityisesti rakennetussa ympäristössä. Kiinteistöalan big dataa tarvitaan varsinkin kiinteistöinvestointien ja -omistusten analysoinnissa ja mallintamisessa kiinteistö- ja portfoliotasoilla globaaleilla kiinteistö- ja erityisesti toimitilamarkkinoilla, mutta myös maa- ja metsätalouskiinteistöjen toimintojen ajoittamisessa ja ohjaamisessa. Sen lisäksi, mitä tällä hetkellä fyysisessä ympäristössä ja markkinoilla tarvitaan ja tapahtuu, tietoa tarvitaan myös tulevaisuuden tapahtumien ennakoimiseen, vaihtoehtoisten tulevaisuuskuvien ja kehityspolkujen vaikutusten hahmottamiseen.

7. LOPUKSI

Monialaista kehitystyötä tarvitaan, kun ratkotaan sitä, kuinka digitalisoituvan rakennus- ja kiinteistöalan tietoa kerätään, tallennetaan, mitataan, analysoidaan, mallinnetaan ja jaetaan. Uudistuva teknologia haastaa ja muuntaa myös työprosesseja johtaen korkeampaan automatisointiasteeseen. Tieto-ohjatun rakennustyömaan projektin hallinta ja kiinteistöjen ylläpidon hallinta nousevatkin keskeiseen asemaan, jotta saadaan päätöksentekoon tarvittavaa ja luotettavaa tietoa kohteen eri indikaattoreista, jotka kuvastavat mm. laatua, taloutta tai toimivuutta.

8. KIITÄMME SEURAAVIA HANKKEITA

Suomen Akatemia - Road Distress Mapping (Quality4Roads), Uudenmaan liitto - Digitaaliset kaksoiset kulttuurialan ekosysteemin elvyttämisessä (UKKE029) ja ESR 6Aika - Kaupunkimallien Osaamispääoman Kehittäminen 6Aika-kaupungeissa (KAOS) sekä STEK - Kiinteistötiedon hallinta.

9. KIRJALLISUUTTA

Aalto-yliopisto. (2021). 3D-kaupunkimalleille on satoja eri käyttötarkoituksia.

<https://www.aalto.fi/fi/uutiset/3d-kaupunkimalleille-on-satoja-eri-kayttotarkoituksia>

Ahlavuo, M., Alho, S., Kurkela, M., Kallio, J.-M. & Hyypä, H. (2018). "Teknologiset innovaatiot kylien kehittämisessä", UAS Journal 4/2018. <https://uasjournal.fi/4-2018/teknologiset-innovaatiot-kylien-kehittamisessa/>

Hyypä, J., Hyypä, H., Jaakkola, A., Matikainen, L., Ahlavuo, M. & Virtanen, J.-P. (2016). "Autonomiset ajoneuvot ja laserkeilaus", Maankäyttö 4/2016.

http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk416/mk416_1945_hyypa_et_al.pdf

Hyypä, H., Ahlavuo, M., Lindholm, M. (2020). Mitä vuotena 2021 - entäs vuonna 2025? Kuinka varautua? Maankäyttö 3/2020. <https://maankaytto.fi/wp/index.php/2020/10/05/mita-vuonna-2021/>

Hyypä, H., Ahlavo, M., Virtanen, J.-P. (2015). Kymmenen haastetta rakennus- ja kiinteistöalan digitalisointiin. Maankäyttö 3/2016.

http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk316/mk316_1926_hyypa_et_al.pdf

Julin, A., Jaalama, K., Virtanen, J.P., Pouke, M., Hyypä, J. (2018). Characterising Activities in 3D City Modelling: The Quest for the Big Picture. GIM International 32 (5). <https://www.gim-international.com/content/article/characterising-activities-in-3d-city-modelling>

Kukko, A., Kaartinen, H. & Hyypä, H. (2021). Liikkuva laserkeilaus kaupunkien maankäytön ja infrastruktuurin kartoituksessa, Maankäyttö 2/2021. <https://maankaytto.fi/wp/index.php/2021/05/24/liikkuva-laserkeilaus-kaupunkien-maankayton-ja-infrastruktuurin-kartoituksessa/>

Platform of trust. (2021). Yhdistämme kaikenlaista dataa. <https://platformoftrust.net/fi/>

Virtanen, J.-P., Jaalama, K., Julin, A., Kurkela, M., Maksimainen, M., Vaaja, M.T. & Hyypä, H. (2018a). "3D-kaupunkimallit ja virtuaalisuus aluekehityksen työkaluiksi", UAS Journal 4/2018. <https://uasjournal.fi/4-2018/3d-kaupunkimallit-ja-virtuaalisuus/>

Virtanen, J.-P., Julin, A., Hyypä, H., Ahlavo, M. & Hyypä, J. (2017). "Tulevaisuuden avoimet kaupunkimallit", Maankäyttö 4/2017. http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk417/mk417_2015_virtanen_julin_et_al.pdf