



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Aki Silvennoinen

Tietomallikoordinaattorin tehtävät kaupunkirakentamisen hankkeissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Rakennusmestari (AMK)
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Opinnäytetyö
28.4.2021

Tekijä Otsikko	Aki Silvennoinen Tietomallikoordinaattorin tehtävät kaupunkirakentamisen hankkeissa
Sivumäärä Aika	37 sivua 28.4.2021
Tutkinto	Rakennusmestari
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Yliopettaja Päivi Jäväjä Rakennuspäällikkö Eila Hägg
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ehdotus tietomallikoordinaattorin roolista kaupunkirakentamisen hankkeissa, joissa hyödynnetään tietomalliavusteista rakentamista ja tiedonhallintaa. Työssä perehdyttiin erityisesti tuotannon tietomallikoordinaattorin rooliin rakennusvaiheen suunnittelun ja tuotannon ohjauksessa.</p> <p>Opinnäytetyön toteutustapa on toiminnallinen kehitystyö. Esitutkimuksessa perehdyttiin Helsingin kaupungin ja Staran kaupunkirakentamisen organisaatioon ja työkaluihin, sekä luettiin infran tietomalleihin liittyviä kansallisia ja kansainvälisiä artikkeleita. Tärkeimpänä oppaana käytettiin Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2019/1-julkaisun ohjeita tietomalliavusteisesta suunnittelusta ja rakentamisesta. Työn tekemisessä hyödynnettiin myös infrarakentamisalan seminaareista rakennushankkeiden osapuolilta kerättyä tietoa. Tapahtumina olivat DigInfra 2.021, Väylät ja Liikenne 2021 ja Infrakit-päivä 17.02.2021.</p> <p>Tietomallinnuksen käyttö Helsingin kaupungin rakennuttamishankkeissa on laajenemassa kaikkien kaupunkirakentamiseen koskien myös Staran infrarakentamisen projekteja. Staran pilottihankkeista saatujen kokemusten perusteella oli havaittu tarve tietomallikoordinaattorille, joka ohjaa tietomalliavusteista rakentamista ja tiedonhallintaan liittyvää toimintaa rakennushankkeen osapuolien välillä rakentamisen aikana. Tietomallikoordinaattori oli roolina uusi eikä siihen vielä ollut olemassa tarkkaa työkuva määritettynä.</p> <p>Työn lopputuloksena on kattava ehdotus tuotannon tietomallikoordinaattorin tehtävistä tietomalliavusteisen rakentamisen käyttöönottovaiheessa ja työmaa käytäntöjen vakiintumisen jälkeen. Lopputuloksena on myös perusteellinen selvitys tietomallinnukseen ja tietomalliavusteiseen rakentamiseen liittyvistä nimikkeistöistä ja prosesseista sekä niiden kytkennöistä toisiinsa.</p>	
Avainsanat	Tietomallikoordinaattori, tietomalli, koneohjaus, tiedonhallinta

Author Title Number of Pages Date	Aki Silvennoinen Work Description for Infra Model Coordinators on Urban Engineering Construction Projects 37 pages 28 April 2021
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Infrastructure Construction
Instructors	Eila Hägg, Construction Manager Päivi Jäväjä, Principal Lecturer
<p>The aim of the thesis was to prepare a proposal for the role of infra model coordinator in urban construction projects that utilize information model aided construction and data management. The thesis focused on the role of the infra model coordinator in construction planning and production control during the construction phase.</p> <p>The implementation method of the thesis is functional development work. The preliminary study focused on the organization and tools used in urban construction in the City of Helsinki and in Helsinki City Construction Services Stara, and national and international articles related to information models in infrastructure construction. The most important source of information was the General Infrastructure Model Requirements YIV 2019/1 on information model aided design and construction. The thesis also utilized information gathered in infrastructure construction seminars from parties involved in construction. These events were DigInfra 2.021, Transport Infrastructure and Traffic 2021 and Infrakit -Day 17 February 2021.</p> <p>The use of information modelling in the City of Helsinki's construction projects is expanding to all urban construction, including Stara's infrastructure construction projects. On the basis of the experience gained from Stara's pilot projects, there has been an identified demand for an infra model coordinator to guide information model aided construction and data management activities between the parties involved in a construction project during construction phase. The role of an infra model coordinator was new and there was no precise job description defined for this role yet.</p> <p>The result of the thesis is a comprehensive proposal for the tasks of the infra model coordinator in the implementation phase of the information model aided construction and after the establishment of site practices. The result also includes a thorough study of nomenclatures and processes related to information modelling and information model aided construction, as well as their interconnections.</p>	
Keywords	Information model coordinator, infra model coordinator, information model, machine control, information management

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Helsingin kaupunki rakentajana	2
3	Toimivat katuhankkeet -projekti	3
3.1	Tutkimushankkeessa tunnistetut avainhaasteet	4
3.2	Tutkimuksen ehdotukset katuhankkeiden läpimenoaikojen parantamiseksi	5
4	Digitaalisen rakentamisen tilannekuva	6
4.1	Digitaalinen kaksonen	7
4.2	Tietomalliavusteinen tiedonhallinta	8
4.3	InfraBIM-nimikkeistö	11
4.4	Tietomallisuunnitelma	11
4.5	Tietomalliavusteinen tuotanto	11
4.6	Lean ja BIM yhteiskäyttö	13
4.7	Rakennussuunnitelmamalli	15
4.8	Yhdistelmämalli	16
4.9	Toteutusmalli	16
4.10	Toteumamalli	16
4.11	Koneohjausmalli	17
4.12	Tiedonsiirtoformaatit	17
4.12.1	LandXML	17
4.12.2	Inframodel	18
4.12.3	IFC	18
5	Työkoneautomaatio	19
5.1	Koneohjauksen toimintaperiaate	19
5.2	Työkoneiden koneohjausvalmiuksien tarkastaminen	20
5.3	Koneohjausmallien tiedonsiirto	21
5.4	Paikannusmenetelmät	21

5.5	Työkoneiden tarkastusmittaus	22
5.6	Toteumamittaus kaivinkoneella	24
6	Kaupunkirakentamisen osapuolet	25
6.1	Rakennuttaja/Tilaaaja	25
6.2	Valvojakonsultin päävalvoja	26
6.3	Palvelutuottajan projektijohto	26
6.4	Pääsuunnittelija	26
6.5	Työmaainsinööri/projekti-insinööri	26
6.6	Työnjohto	27
6.7	Mittauspäällikkö	27
7	Tietomallikoordinaattorin tehtävät kaupunkirakentamisen hankkeissa	27
8	Pohdintaa ja kehitysehdotuksia	33
	Lähteet	36

Lyhenteet ja käsitteet

BIM	Building Information Management. Rakennuksen tai rakennushankkeen koko elinkaaren aikainen tietokokonaisuus digitaalisessa muodossa.
3D BIM	Rakennuksen tai rakennushankkeen visuaalinen kolmiulotteinen tietomalli
4D BIM	Rakennuksen 3D tietomalli, jota on jalostettu aika sidonnaisella tiedolla kuten osan toimitusaika, osan asennukseen tarvittava aika tai osan kuivumiseen varattava aika.
5D BIM	Rakennuksen 4D tietomalli, jota on jalostettu kustannus sidonnaisella tiedolla kuten osan hankintahinta, osan asennushinta, käyttö- ja huoltokustannukset ja hävityskustannukset.

Digitaalinen luovutusaineisto

Toteumamallista ja laadunvarmistusaineistosta muodostettu digitaalisessa muodossa oleva luovutusaineisto. Käytetään rakentamisen laadun todentamiseen.

GPS	Global Positioning Systems. Yhdysvaltain kehittämä maailman laajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä
GNSS	Global Navigation Satellite System. Nykyisin satelliittipaikannuksesta käytettävä termi.
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti, joka on kehitetty erityisesti taitorakenteiden tiedonsiirron tarpeisiin.
Infra	Lyhenne sanasta infrastruktuuri ja viittaa rakennusalalla maa- ja vesirakenteiden rakentamista. Infrarakentamiseen kuuluvat väylien ja kunnallisteknisten verkostojen lisäksi rakennusten pohjarakennus- ja pihatyöt, puistojen rakentaminen, maanalaiset rakenteet kuten väestösuojat ja parkkihallit sekä erikoisalojen muut rakenteet.

InfraBIM	Rakennetun infrarakenteen tuotemalli.
Inframodel	Kansainvälisestä LandXML-formaatista Suomen infra- ja maarakennusalan tarpeisiin kehitetty tiedonsiirtoformaatti.
InfraRYL	Infrarakenteiden yleiset laatuvaatimukset -ohjeistus
Koneohjausmalli	Suunnittelun toteutusmallista jalostettu työkoneen ohjaukseen tarkoitettu tietomalli.
LandXML	XML-pohjainen tiedonsiirto formaatti, joka on kehitetty infra- ja maarakennusalan tarpeisiin
Lean	Lean on asiakaslähtöinen prosessijohtamisen malli. Se on toiminta- ja ajattelutapa, jossa hukkaa poistamalla pyritään maksimoimaan työn virtausta ja jalostusarvoa. Toisin sanoen tavoite on lyhentää tuotannon läpimenoaikoja.
RTK	Real Time Kinematic. Satelliittimittausmenetelmä, tehdään paikannussatelliittia ja mittaustukiasemaa hyväksi käyttäen tarkkuusmittauksia.
Tiedonhallintasuunnitelma	Kuvaus siitä miten hankkeessa käytettävää ja syntyvää tietoa hallinnoidaan osapuolien välillä.
Tietomallisuunnitelma	Kuvaus siitä miten tietomallinnusta toteutetaan hankkeessa. Voi olla osa tiedonhallintasuunnitelmaa
Tietomalliselostus	Dokumentti, joka kuvaa miten tietomallinnus on toteutettu hankkeen aikana

Toteumamalli

Tietomalli, joka kuvaa rakennetun infrarakenteen tai järjestelmän sellaisena kuin se on toteutettu.

Toteutusmalli

Tietomalli, joka sisältää rakentamisen toteuttamiseen tarvittavan aineiston kuten pintojen tai rakenteiden muodot, materiaalit, työvaiheet, resurssit ja ajoituksen.

VRS Virtual Reference Station. Trimble -yhtiöiden kaupallinen RTK-pohjainen satelliittimittausmenetelmä.

XML Extensible Markup Language. XML on metakieli, jolla määritetään tietojen rakenne ja merkitys. XML-tarjoaa avoimen rajapinnan tietojen käsittelyyn.

Yhdistelmämalli

Erillisistä tietomalleista yhdistetty tietomalli, jolla havainnollistetaan mallien keskinäistä yhteensopivuutta.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tilaajana oli Helsingin kaupungin rakentamispalveluliikelaitos Stara. Stara tuottaa kaupunkiympäristön rakentamisen ja hoidon sekä logistiikan palveluja Helsingin kaupungille. Staran erityispiirteenä on katurakentamiseen, kunnallistekniikkaan ja puistorakentamiseen liittyvät tehtävät.

Helsingin kaupungilla on tavoitteena laajentaa tietomallivusteista rakentamista kaikkien kaupunkirakentamiseen koskien myös Staran tuottamia infraprojekteja. Pilottihankkeista saatujen kokemusten perusteella on havaittu tarve tietomallikoordinaattorille, joka ohjaa tietomallinnus ja tiedonhallintaan liittyvää toimintaa rakennushankkeen osapuolien välillä kohteen koko elinkaaren aikana suunnittelu-, tuotanto-, koneohjaus-, kunnossapito-, ylläpito- ja omaisuuden hallintavaiheissa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää tietomallinnuksen prosesseja kaupunkitekniikan rakentamisessa tietomallikoordinaattorin tehtävien näkökulmassa.

Opinnäytetyön toteutustapa on toiminnallinen kehitystyö, jonka tavoitteena on edistää tiedonhallintaa luomalla edellytykset oikeellisiin tietomalleihin ja sen jälkeen niiden hyödyntämiseen infrahankkeiden eri vaiheissa kuten tarjouslaskenta, tuotanto, koneohjaus ja vaatimusten mukaisuuden osoittaminen. Tässä tietomallikoordinaattorin rooli on nähty yhtenä keinona varmistaa luotujen tietomallien laatu ja hyödynnettävyys Staran toiminoissa.

Näkökulma työssä oli tutkia erityisesti tietomallikoordinaattorin roolia rakennusvaiheen suunnittelun ja tuotannon ohjauksessa. Tietomallikoordinaattorin roolia tarkastellaan nimenaan Staran oman tuotannon näkökulmasta.

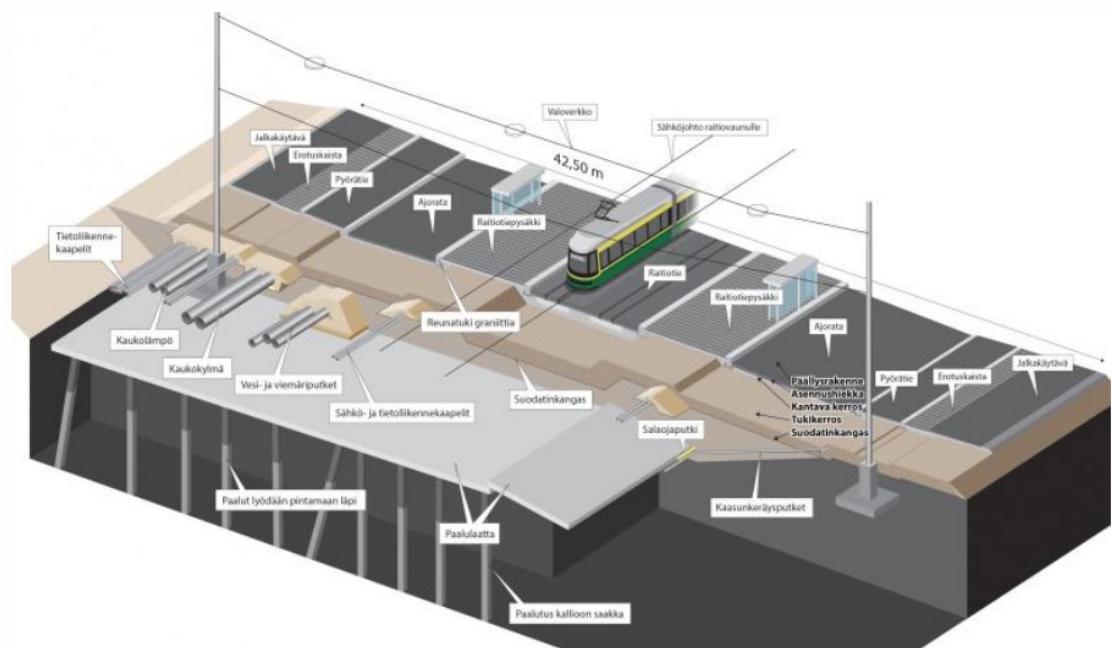
Esitutkimuksessa perehdyttiin Helsingin kaupungin ja Staran kaupunkirakentamisen organisaatioon ja työkaluihin, sekä luettiin infran tietomalleihin liittyviä kansallisia ja kansainvälisiä artikkeleita. Tärkeimpänä oppaana käytettiin Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2019/1-julkaisun ohjeita tietomallivusteisesta suunnittelusta ja rakentamisesta. Työn tekemisessä hyödynnettiin myös infrarakentamisalan seminaareista

rakennushankkeiden osapuolilta kerättyä tietoa. Tapahtumina olivat DigInfra 2.021, Väylät ja Liikenne 2021 ja Infrakit -päivä 17.02.2021.

Tilannekuvan pohjalta on laadittu ehdotus tietomallikoordinaattorin roolista kaupunkirakentamisen toiminnassa.

2 Helsingin kaupunki rakentajana

Uusien kaupunginosien kaupunki- ja kunnallistekniikkaan liittyvät esi-, katu- ja puistarakentaminen, maanalaisen kunnallistekniikan ja katujen korjausrakentaminen sekä liikennejärjestelmien kehittämishankkeet ovat merkittävä osa Helsingin kaupungin infrainvestointeja. Näistä viime vuosien näkyvimpiä hankkeita ovat olleet Mechelininkatu sekä Jätkäsaaren että Kalasataman kadut. Näissä rakentamisesta on vastannut pääosin Stara.



Kuva 1. Havainnekuva kaupunkitekniikkaan liittyvistä rakenteista [1].

Taulukossa 1 on esitetty Helsingin kaupungin investointiohjelman suurimmat infra hankkeet vuosille 2021–2023 ja hankkeiden kokonaiskustannusennuste vuoteen 2030 saakka [2]. Vuoden 2021 talousarvioissa hankkeille on varattu yhteensä 881 miljoonaa

euroa, josta HKL-liikelaitoksen investoinnit ovat 234 miljoonaa euroa. Staran liikevaihto vuonna 2020 oli 267 miljoonaa euroa [3].

Taulukko 1. Helsingin kaupungin suurimmat infra investoinnit vuosille 2021–2023 [2].

Hanke	Investoinnit 2021–2023	Hanke yhteensä 2021–2030	Rakennus- aika
Kalasadaman esirakentaminen, kadut ja puistot **	181,20	450,50	2021–2030
Raide-jokerin infra	141,70	141,70	2021–2023
Kruunusiltojen infra yhteensä *	121,50	242,10	2021–2026
Kruunuvuoren esirakentaminen, kadut ja puistot	83,89	203,20	2021–2030
Kalasadaman raitiotie, infra	71,00	82,50	2021–2024
Länsisataman esirakentaminen, kadut ja puistot	70,70	165,40	2021–2030
Pasilan esirakentaminen, kadut ja puistot	65,90	158,00	2021–2030
Investoinnit yhteensä [Miljoonaa euroa]	735,89	1 443,40	

Tällä hetkellä Helsingin kaupungilla on pääsääntöisesti ollut käytössä kokonaisurakka toteutusmallina, johon sovelletaan rakennusalan sopimusmalleja (YSE 1998).

Kunnallistekniset rakenteet ovat usean eri toimijan omistuksessa (Helsinki, HKL, Helen HSY, teleoperaattorit yms.). Eri toimijoiden välisessä koordinoinnissa on käytössä yhteinen kunnallistekninen työmaa (YKT) -sopimus, jonka avulla yhteen sovitetaan eri toimijoiden töitä siten että erillisten työmaiden sijaan kaikki työt tehdään kerralla. YKT-hankkeessa rakentamisen valmisteluun osallistuvat kaikki hankkeessa olevat tilaajaosapuolet. Tässä vaiheessa päätetään, onko päätoteuttajan tehtävä soveltuva Helsingin kaupungin omalle liikelaitokselle Staralle vai kilpailutetaanko siihen yksityinen yritys. Yksityinen urakoitsija valitaan hinnan perusteella niistä tarjoajista, jotka täyttävät hankintaa koskevat minimivaatimukset. Usein urakoissa käytetään laatupisteytystä hinnan lisäksi.

3 Toimivat katuhankkeet -projekti

Helsingin kaupunki aloitti helmikuussa 2019 laajan hankkeen, jonka tavoitteena on vähentää merkittävästi katutöistä kaupunkilaisille aiheutuvaa haittaa. Tavoitteena on merkittävä parannus siihen, miten katutyöt tulevaisuudessa sujuvat.

Yksi osa projektikonaisuutta on Toimivat katuhankkeet -tutkimushanke, jonka Helsingin kaupunki on teettänyt Aalto-yliopiston kanssa [4]. Tutkimusprojektin näkökulmana oli vähentää katutöiden haittoja läpimenoaikoja lyhentämällä. Tavoitteena oli löytää uusia ratkaisuja toteutuksenaikaisiin yllätyksiin, eri osapuolten väliseen yhteistyöhön ja työmaan tilannekuvan muodostamiseen.

Katutöiden ohjelmoinnin ja suunnittelun sujuvoittamiseksi kaupungin sisällä on käynnistetty myös oma Lean-hankkeensa. Lisäksi kaupunki on kehittänyt katutöihin liittyvää viestintää ja vuorovaikutusta.

3.1 Tutkimushankkeessa tunnistetut avainhaasteet

Aalto Yliopiston tekemässä tutkimuksessa tunnistettiin seuraavat avainhaasteet siihen mistä katuhankkeiden pitkä läpimenoaika johtuu:

- Urakan toteutusmuoto
- Katuhankkeiden toistuvat suunnitelmapoikkeamat
- Poikkeamiin reagointi ja muutosten hallinta
- Yhteistyö rakennusaikana
- Aikatauluun ja logistiikkaan liittyvä suunnittelu
- Työmaan reaaliaikainen tilannekuva.

Näihin tunnistetut merkittävät juurisyyt olivat:

- 1) Puutteelliset lähtötiedot, jotka aiheuttivat keskeytyksiä ja suunnitelmamuutoksia rakentamisvaiheessa
- 2) Katuhankkeisiin heikosti sopiva urakkamalli, joka heikentää avoimuutta ja yhteistyötä
- 3) Puutteellinen työmaan tilannekuva heikentäen tehtävien ennakkointia ja johtamista

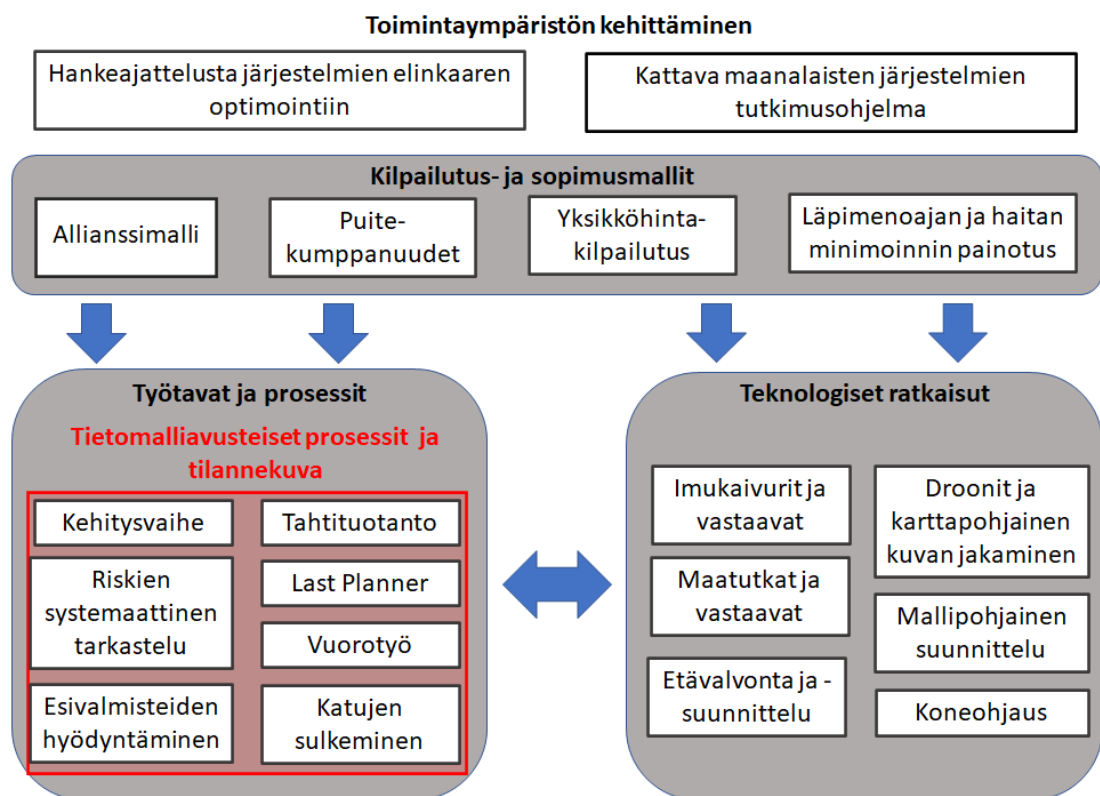
Aalto-yliopiston tutkimustulosten mukaan kyseessä on systemaattinen ongelma. Katuhankkeiden lähtötiedot, jotka liittyvät maanalaisten rakenteidensijainteihin ja maaperäolosuhteisiin ovat hyvin epävarmat ja toteutusvaiheessa esiintyy näihin liian paljon poikkeamia suunnitelmista.

Aalto-yliopiston tutkimustulosten mukaan kokonaisurakka hankintamalli ei sovellu hyvin katuhankkeisiin, joissa tarvitaan jatkuvaa ja joustavaa muutosten hallintaa. Perusteluna on sopimusmalliin liittyvä jäykkä muutostenhallintaprosessi, joka on johtanut hitaaseen reagointiin poikkeamatilanteisiin.

Aalto-yliopiston tutkimuksessa havaittiin myös urakoitsijoiden työsuunnittelussa vakavia puutteita. Huomiona oli aikataulujen päivittämättä jättäminen, aikatauluja ei ole digitaalisessa jakelussa eikä ajantasaista digitaalista tilannekuvaa työmaiden tilanteesta ole saatavilla.

3.2 Tutkimuksen ehdotukset katuhankkeiden läpimenoaikojen parantamiseksi

Kuvassa 1 on esitetty Aalto-yliopiston ”Toimivat katuhankkeet”-tutkimuksen ehdotus toimintaympäristön parhaiksi käytännöiksi ja niiden riippuvuuksille.



Kuva 2. Aalto-yliopiston ehdotus parhaiksi käytännöiksi ja käytäntöjen välisiä yhteyksiä [4].

Toimintaympäristöllä tarkoitetaan tässä yksittäisten hankkeiden käytäntöjen laajentamista ja kehittämistä käsittämään elinkaariajattelun huomioiden järjestelmien kunnan hallinta niiden elinkaaren aikana. Katualueen elinkaaren optimoinnin näkökulmasta myös tarkempi toteumatiedon dokumentointi maanalaisista järjestelmistä parantaa myöhempien hankkeiden lähtötietojen tarkkuutta, vaikuttaa riskien tarkasteluun ja tukee mallinnusta ja koneohjausta. Myös maatutkat ja työmailta kertyvä kuvastieto rikastavat järjestelmistä kertyvää tietoa. Esivalmistetut helpommin huollettavat modulaariset maanalaiset putkistot ja kanaalit vaativat useimmiten myös mallipohjaisen suunnittelun koko rakenteen osalta.

Aalto-yliopiston selvityksen mukaan konkreettinen hyöty uusista toimintamalleista liittyy lopulta lähes yksinomaan uusiin työtapoihin ja niitä tukeviin ratkaisuihin. Niitä tukemaan tarvitaan kannustavia kilpailutus- ja sopimusmalleja sekä koko toimintaympäristön uudistamista katuhankkeiden tavoitteiden ja lähtötietojen osalta. Tietomallinnusta tulisi käyttää enemmän tuotantovaiheen prosessissa, päätöksen teossa, raportoinnissa ja sisäiseen viestintään. Yhteistä tietomallia tulisi myös käyttää reaaliaikaisen tilannekuvan tuottamiseen hankkeen osapuolille. Osapuolien aikataulut tulisi yhteen sovittaa Last Planneria hyödyntäen. Nämä luovat puitteet teknologioiden ja prosessien kehittämiseksi ja käyttöönotolle yhdessä hankkeiden muiden osapuolten välillä.

4 Digitaalisen rakentamisen tilannekuva

Digitaalista suunnittelua on oikeastaan tehty jo neljä vuosikymmentä, joten asiana se ei ole uusi. Digitaalisella rakentamisella tarkoitetaan erityisesti tietomallinnusta, jossa digitaalisessa muodossa olevia aineistoja hyödynnetään rakennusprojektien eri työvaiheissa. Suunnitteluvaiheessa suunnittelijoiden tekemiä tietomalleja hyödynnetään hankkeissa esimerkiksi yhdistelmämalleissa järjestelmien yhteensovittamiseen. Suunnittelijoiden toteutusmalleja voidaan puolestaan hyödyntää työkoneiden koneohjausmallien tekemiseen. Keskeinen osa mallipohjaista tuotantoa on myös se, että rakentamisen prosessitieto, toteumatieto ja -mallit ovat olemassa digitaalisessa muodossa.

4.1 Digitaalinen kaksonen

Tutkimusyritys Gartnerin määrittelyn mukaisesti digitaalinen kaksonen on ”digitaalinen kopio reaali maailman itsenäisestä kokonaisuudesta tai järjestelmästä” [5].

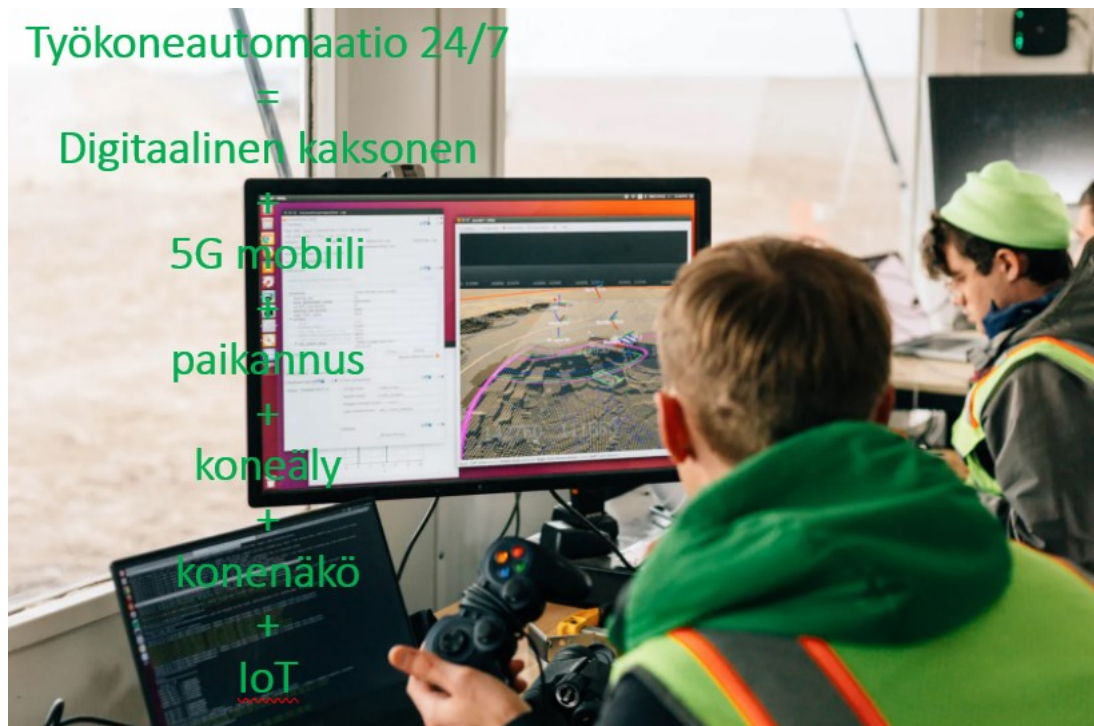
Helsingin kaupungin oman määrittelyn mukaan digitaalinen kaksonen on tietovaranto ja palvelualue, jonka avulla kaupunki suunnittelee, testaa ja toteuttaa hankkeitaan ensin digitaalisesti ennen reaali maailman toteutusta [6].

Toisin sanoen rakennetussa infraassa digitaalinen kaksonen voidaan määrittellä tarkoittavan tarkkaa ajantasaista ja kaiken kattavaa tietomallia, joka kuvaa käytännössä tilanteen, jollainen rakennettu infra on tarkastushetkellä. Tämä poikkeaa kunnossapidon tietomallista, jossa on kuvattu, miten infra on suunniteltu, rakennettu ja missä tilassa sitä on suunniteltu dynaamisesti kunnossapidettävän.

Digitaalisen kaksoksen merkitys maarakentamisessa kasvaa, kun koneautomaatio lisääntyy infrarakentamisessa. Koneohjaus tulee mahdollistamaan miehittämättömät itseohjautuvat kaivinkoneet ja kuorma-autot kuten on jo tapahtunut maanviljelyksessä ja kaivostoiminnassa.

Teknologian myötä nykyinen koneohjaustoimintamalli kaivinkoneissa vanhenee nopeasti. Nykyisin on jo mahdollista, että kaivinkoneita ”ohjataan” koneohjauksella etäisesti etäkonttorilta käsin. Tulevaisuudessa miehittämättömät itseohjautuvat erikoistuneet ilman ohjaamoja olevat kaivinkonerobotit tulevat tekemään monia kaivu- ja täyttötöitä. Tämän mahdollistaa 5G-mobiili-, paikannus-, koneäly-, konenäkö- ja IoT-tekniologioiden kehittyminen ja niiden yhteiskäyttö digitaalisen kaksoksen kanssa.

Miehittämättömien itseohjautuvien koneiden käytön edellytys tulevaisuuden infrarakentamisessa on se, että mallinamme nyt sen mitä rakennamme. Tarkka olemassa olevien maanalaisten rakenteiden sijainnista yhdessä uusien rakenteiden toteumatiedon kanssa on ehdoton edellytys tälle kehitykselle.

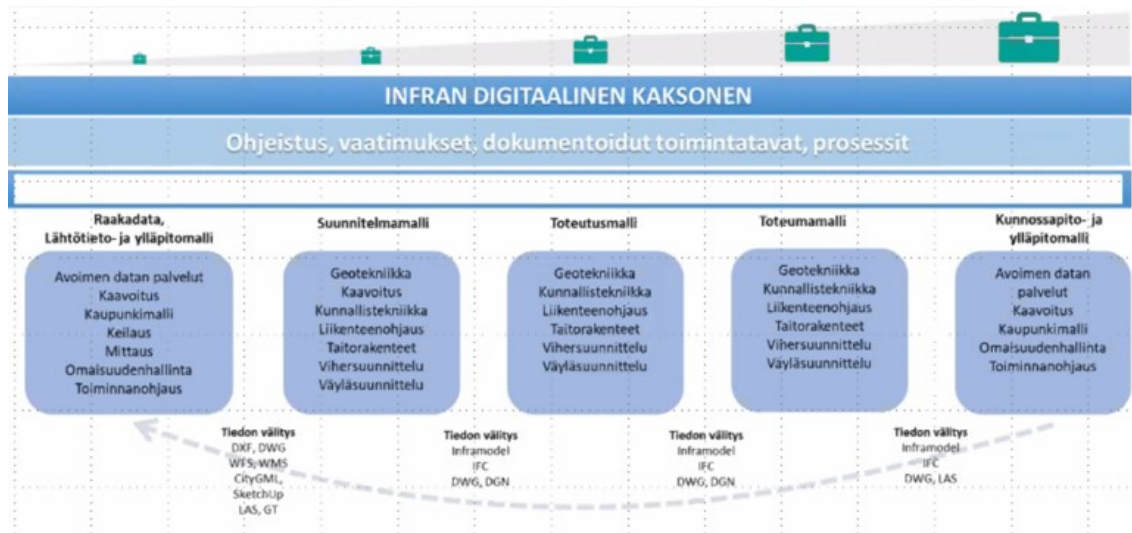


Kuva 3. Esimerkki kaivinkoneet koneohjauksesta etäisesti siististä ja lämpimästä etäkonttorista käsin [7].

4.2 Tietomalliavusteinen tiedonhallinta

Tietomalliavusteisella tiedonhallinnalla käsitetään yleisesti rakennushankkeen koko elinkaaren aikana syntyneen digitaalisessa muodossa olevien tietojen hallintaa [6]. Tietomalliavusteinen tiedonhallinta mahdollistaa sen, että kertaalleen suunnittelun tai rakentamisen aikana tuotettua tietoa voidaan käyttää ja hyödyntää hankkeen elinkaaren aikana monipuolisesti ja kokonaisvaltaisesti kaikissa vaiheissa. Mallipohjainen toiminta voi alkaa mistä hankevaiheesta tahansa. Tavoitetilanteessa mallipohjainen toiminta alkaa mahdollisimman aikaisessa suunnitteluvaiheessa ja tämän jälkeen suunnitelma kulkee mallimuotoisena vaiheesta toiseen täydentyen (kuva 4). Lähtötietoaineisto päivitetään jokaisessa hankevaiheessa ajantasaiseksi. Mallipohjaisen prosessin suurimmat hyödyt saavutetaan, kun mallia ei luoda uudestaan jokaisessa suunnitteluvaiheessa. Avoimissa formaateissa olevien mallien hyödyntäminen jatkosuunnittelussa on kuitenkin vielä osin haasteellista formaattien puutteellisuuden ja ohjelmistojen rajoitteiden takia [8].

Mallinnuksen koko prosessin aikana on huolehdittava siitä, että tuotettu tieto on luotu ja dokumentoitu sovittujen periaatteiden mukaisesti. Kuvassa 5 on esitetty Yleiset inframalli vaatimukset -ohjeen mukaiset suunnittelun ja rakentamisen aikana tiedon jäsentelyn päätason kansiorakenteet [8].

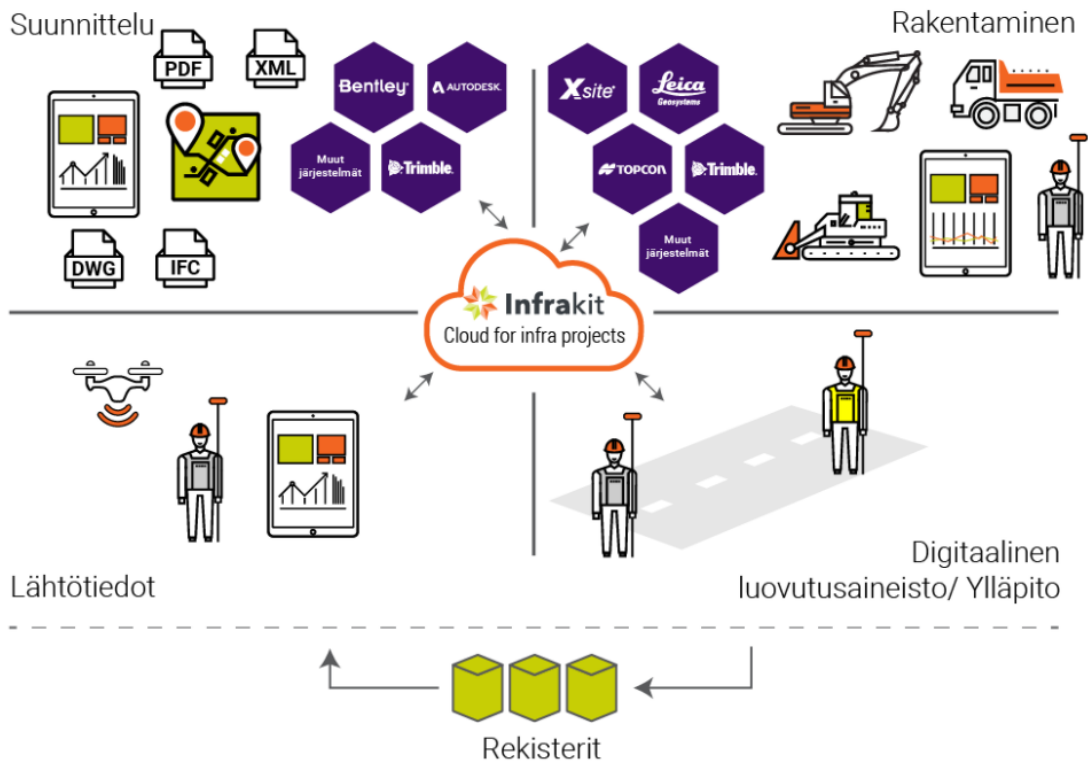


Kuva 4. Tietomalliavusteisen tiedonhallinnan kokonaisuus Helsingin kaupungin näkökulmasta [6].



Kuva 5. Tiedon jäsentelyn päätason kansiorakenteet [8].

Tietomalliavusteista tiedonhallinta järjestelmistä on esimerkkinä suomalainen Infrakit-palvelu. Kuvassa 6 on esitetty periaatekuva Infrakit-palvelun toiminnosta [9]. Palvelun periaatteena on hyödyntää tietomallinnusta, kuvia, suunnitelmia ja paikkatietojärjestelmiä sitomalla ne yhteen kokonaisuuksiksi ja joita on helppo visualisoida ja analysoida verkkoselaimella ja mobiililaitteilla. Kuvassa 7 on havainnollistettu Infrakit-palveluun liitettäviä toimintoja ja palveluja [10].



Kuva 6. Periaatekuva Infrakit /ohjelmistolla toteutettavasta tiedonhallintamallista [9].



Kuva 7. Infrakit-pilvipalvelun sovelluksia [10]

4.3 InfraBIM-nimikkeistö

Mallinnuskäytäntöjen yhtenäistämiseksi on julkaistu InfraBIM-nimikkeistö, jossa esitetään infrarakenteiden ja -mallien koko elinkaaren kattavat numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Nimikkeistö perustuu Infra2015-rakennusosanimikkeistöön. Yhteinen nimikkeistö parantaa hankkeen eri osapuolten tiedonvälitystä, sillä hanke mallinnetaan yhteisiä ja samoin tulkittavia jaotteluja ja käytäntöjä käyttämällä.

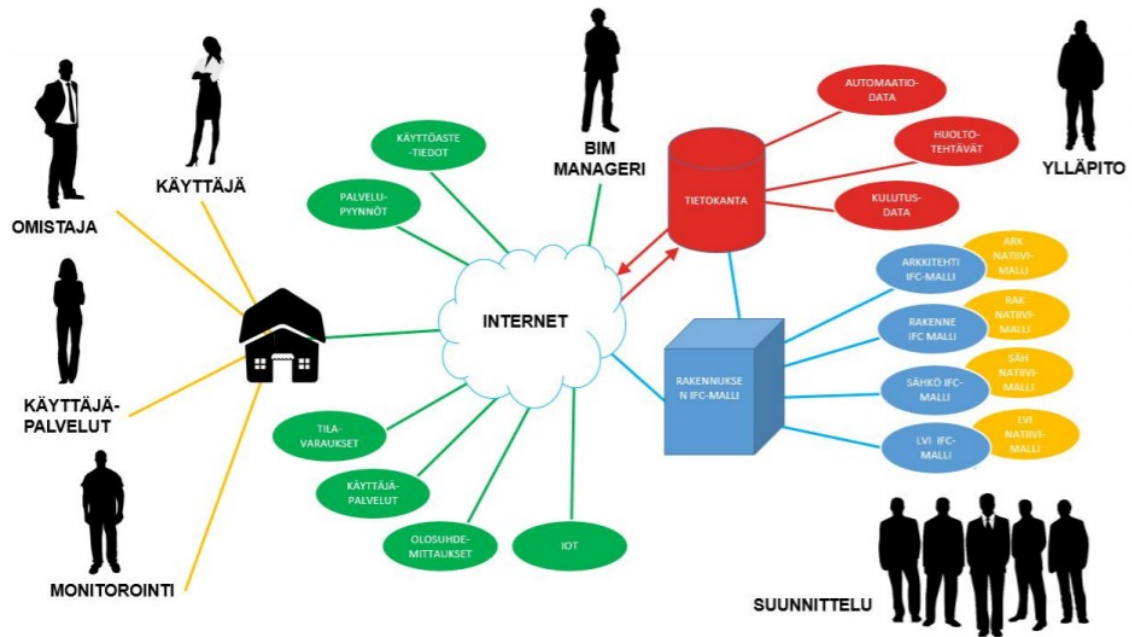
4.4 Tietomallisuunnitelma

Tietomallisuunnitelmassa kuvataan hankkeen tietomallintamisen tavoitteet, tietomallintamisen osapuolet ja käytettävät ohjelmistot. Tietomallintamissuunnitelman tarkoitus on varmistaa, että mallintamalla tehty suunnittelu palvelee hankkeen tarpeita tehokkaasti. Tietomallisuunnitelmaa ylläpidetään koko hankkeen ajan.

4.5 Tietomalliavusteinen tuotanto

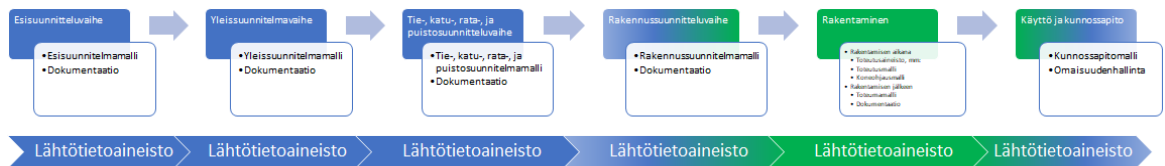
Tietomalliavusteisella rakentamisella pyritään infrakohteen tehokkaampaan ja laadukkaampaan toteuttamiseen. Malleja voidaan hyödyntää myös tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa yhdistämällä mallia esimerkiksi aikatauluun (4D BIM) tai kustannushallintaan (5D BIM). Inframallit parantavat myös mahdollisuuksia seurata ja todeta rakentamisen laatua. Mallissa voidaan esittää rakennusosakohtaisia laatuvaatimuksia ja verrata niitä toteutuneeseen. Mallinnusteknologia ja tiedonsiirtoformaatit asettavat vielä jossain määrin rajoitteita tämän käyttötarkoituksen tehokkaalle hyödyntämiselle.

Tavoitteena tietomalliavusteisessa rakentamisessa on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Se kattaa kaikkea toimintaa rakennushankkeen osapuolien välillä hankkeen koko elinkaaren aikana lähtien esisuunnitteluvaiheesta ja jatkuen koko projektin läpi suunnittelusta rakentamiseen aina käyttö ja kunnossapitovaiheeseen ja lopulta purkamiseen [11].



Kuva 8. Tietomallivusteisen suunnittelun ja rakentamisen periaate koskien kaikkea toimintaa rakennushankkeen osapuolien välillä kohteen koko elinkaaren aikana [11].

Kuvassa 5 on esitetty yleisellä tasolla infraprojektin prosessi sekä toimitettavat mallipohjaiset aineistot hankkeen eri vaiheissa. Opinnäytetyössä keskitytään rakentamisvaiheen aikaiseen toimintaan ja siihen, miten tietomallikoordinaattorin rooli linkittyy edeltävään rakennussuunnitteluvaiheeseen ja jatkuu käyttö ja kunnossapitovaiheeseen.



Kuva 9. Infrahankkeen prosessi yleisellä tasolla ja eri vaiheissa tuotettavat mallipohjaiset aineistot. Kuvassa vihreällä esitetään opinnäytetyön rajaus rakentamisvaiheeseen.[8].

Tavoitteena tietomallivusteisessa rakentamisessa on aloittaa mallipohjainen toiminta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hanketta ja jatkaa mallipohjaisesti vaiheesta toiseen koko infrahankkeen elinkaaren aikana. Lähtötietoaineistoa päivitetään ja täydennetään jokaisessa vaiheessa ajantasaiseksi.

Tietomallinnusta käytetään hankkeen eri vaiheissa eri tavoin. Tietomallien käyttötarkoituksia voivat olla esimerkiksi [8]:

- Eri rakennusteknisten järjestelmien kuten LVIS ja runkorakenteet yhteensovittaminen
- Olemassa olevien rakenteiden ja suunnitelmien yhteensovittaminen
- Hankkeen sisäisen kommunikoinnin ja tiedonvaihdon sekä päätöksenteon tukeminen, ajantasaisen tilannekuvan kommunikointi ulkopuolisten sidosryhmien kanssa
- Simuloida rakentamisen toteutusta mallipohjaisesti
- Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus
- Hankintojen laadun parantaminen
- Rakentamisen laadun todentaminen
- Kustannushallinta ja määrälaskenta
- Elinkaaren aikainen tiedonhallinta
- Omaisuudenhallinta

4.6 Lean ja BIM yhteiskäyttö

Lean ja BIM ovat tunnettu erillisinä toimintatapoina rakentamishankkeissa rakentamisen kokonaislaadun parantamiseksi. Nyt viimeisten vuosien aikana on havaittu, että näiden molempien toimintatavan yhteiskäytöllä voidaan saavuttaa merkittäviä synergia etuja. Lean ja BIM yhteiskäyttö mahdollistaa hyvien prosessimääritysten ja oikea-aikaisten rakennustoimenpiteiden yhdistelmän. Tämä johtaa työnkulkuun mikä alentaa kustannuksia ja ohjaa parhaiden käytäntöjen käyttöön. On havaittu, että BIM-asiantuntijoiden ja käyttäjien on hyvä olla tietoisia Lean-käytännöistä, -menetelmistä ja -työkaluista ja taas vastaavasti Lean-asiantuntijoiden BIM-asioista [12].

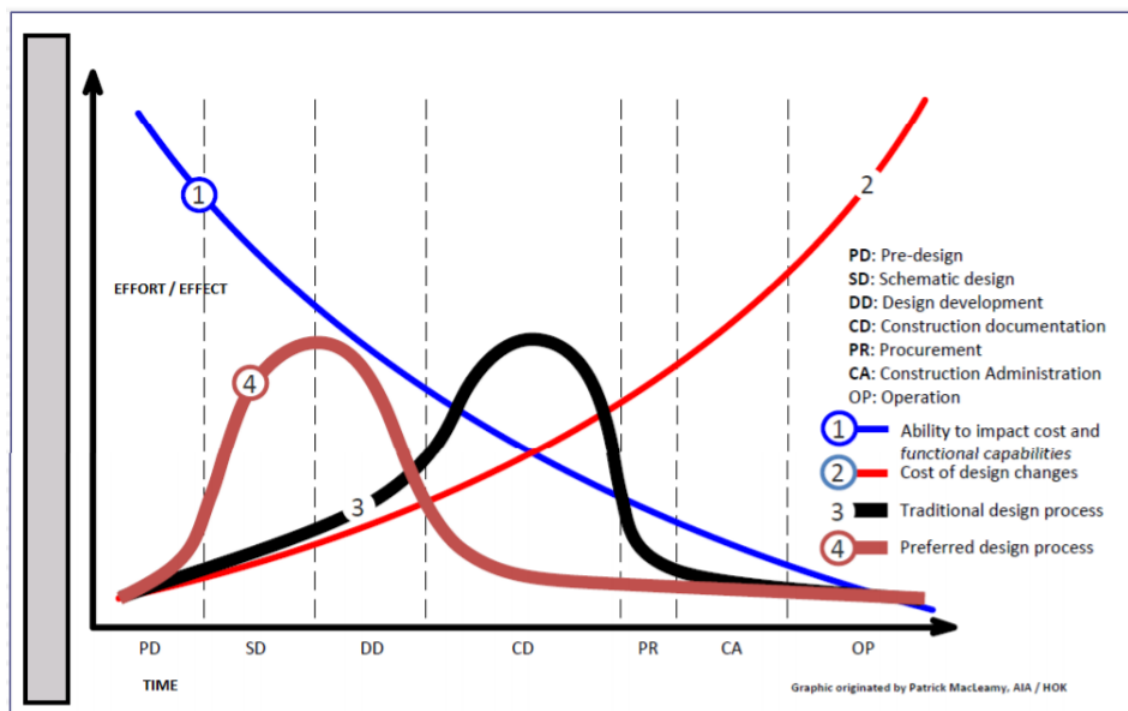
Yhdessä tekeminen on keskeinen toimintatapa Lean-ajattelussa. Yhteistyön tavoitteena on saada etukäteen syvempi käsitys suunnitellusta toiminnosta. Esimerkkinä monimutkainen hanke, jossa on myös monia monimutkaisia työvaiheita, joiden työtapaa ja järjestystä sidosryhmien on vaikea hahmottaa. Virtuaalinen 3D-malli on nopea tapa dokumentoida ja jakaa informaatioita. Käyttämällä 4D-BIM-työkaluja, jossa 3D-malli on linkitetty projektisuunnitelmaan ja aikatauluun, työvaiheiden järjestystä voidaan yhteisesti visualisoida ja simuloida valitulle ajanjaksolle.

Tutkimuksen mukaan seuraavia kolmea Lean-periaatetta tietomalliavusteinen rakentaminen tukee parhaiten [12]:

1. Hukan väheneminen saamalla asiat kerralla kuntoon. Tämä saavutetaan erityisesti parempi laatuksella ja oikea-aikaisella suunnittelulla, jolloin muutosten tarve rakentamisen myöhemmissä vaiheissa vähenee.
2. Parempi työnkulku sekä tuotannon epävarmuuden väheneminen
3. Rakentamisen kokonaisajan vähentäminen

Suunnittelupäätösten ajankohdan vaikutuksia rakentamisen kokonaiskustannuksiin voidaan arvioida Mac Leamyn kuvaajalla (kuva 10). Kuvaajan mukaisesti mitä aikaisemmassa vaiheessa suunnittelupäätökset voidaan tehdä sitä pienemmiksi muutokustannukset muodostuvat. Huomioimalla tarkemmin jo suunnittelun aikana työvaiheiden järjestys ja aikataulu (tahtituotanto), siirtyminen varsinaiseen rakentamisvaiheeseen käy myös joustavammin.

Allianssi -hankkeissa keskeinen yhteistyönkeino on Big Room -työskentely. Siinä hankkeen osapuolet työskentelevät hankkeen eteen yhteisessä työtilassa ja jossa esimies ja raportointi -organisaatorajat on pyritty hävittämään. Tavoitteena on saada ketteryttä päätöksen tekoon siten että kaikki osapuolet ovat jatkuvasti tietoisia hankkeen tilanteesta ja kokonaisuudesta. Tyypillistä Big Room -työskentelylle on käyttää yhteisiä tietomalleja, joita tarkastellaan keskitetysti avainhenkilöiden ja kumppaneiden kanssa. Allianssihankkeiden yleistymisen myötä myös Lean ja BIM yhteiskäyttö on lisääntynyt Big Room-toiminnassa.



Kuva 10. Mac Leamy kuvaaja suunnittelupäätösten ajankohdan vaikutuksista kustannuksiin [13].

4.7 Rakennussuunnitelmamalli

Rakennussuunnitteluvaiheessa rakennussuunnitelmasta tuotetaan rakennussuunnitelmamalli, jonka työmaaorganisaatio tarkastaa ja laatii sen sekä suunnitelmadokumenttien perusteella toteutusaineiston. Toteutusaineisto sisältää toteutukseen tarvittavan aineiston, joita ovat mm. toteutusmalli, koneohjausaineisto, paikalleenmittausaineisto, työvaihemallinnukset sekä muut työtekniset mallinnukset.

Keskeistä on teknisten yksityiskohtien ratkaiseminen ja suunnitteleminen sekä kohteen mallintaminen riittävän tarkasti, jotta rakentaminen voidaan toteuttaa mallin avulla. Koko hankkeen rakennussuunnitelmamalli muodostuu eri rakenneosien osamalleista, jotka sopivat saumattomasti yhteen ja muodostavat yhdessä rakennettavan kohteen rakennussuunnitelmamallin. [8.]

Rakennussuunnitelmamallissa tulee yksiselitteisesti ja yksityiskohtaisesti esittää rakennettavien rakenteiden rakennusosien (mm. päällysy- ja pintarakenteet, maa-, pohja- ja kalliorakenteet, järjestelmät ja rakennustekniset rakenneosat) geometria ja

ominaisuustiedot. Lisäksi rakennussuunnitelmamalliin tulee sisällyttää hankkeen kannalta oleelliset kalusteet, varusteet, laitteet, kasvillisuus, alueet ja muut hankkeessa sovitettavat rakenteet tai omaisuudenhallinnan kannalta tärkeät asiat ominaisuustietoineen. [8.]

Mallintaminen rakennussuunnitelmavaiheessa tukee suunnitelmien yhteensovittamista, määrä- ja kustannuslaskentaa, tiedonhallintaa, havainnollistamista, työmaan hankintoja ja aikataulutusta sekä mittaus-, laadunvarmistus- ja koneohjaustoimintaa.

4.8 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämalli on erillisistä tietomalleista yhdistetty tietomalli, jolla havainnollistetaan eri tekniikkalajien keskinäistä yhteensopivuutta. Yhdistelmämallia hyödynnetään erityisesti eri tekniikkalajien törmäystarkastelussa [8].

4.9 Toteutusmalli

Toteutusmalli voi olla sama aineisto kuin rakennussuunnitelmamalli, jos toteutusmalliin ei lisätä työmaaorganisaation toimesta lisätietoja. Rakentamisvaiheessa käytetään kuitenkin termiä toteutusmalli [8].

4.10 Toteumamalli

Toteumamallilla tarkoitetaan 3D-mallia, joka kuvaa rakennetun rakenteen tai -järjestelmän niin kuin se on toteutettu. Toteumamalliin kootaan hankkeen rakentamisena aikana kohteesta kerätty tietosisältö. Toteumamalli pitää sisällään lopullisen toteutuksen toteumamallit, tarkemittaukset, toteumamittaukset ja erityiset kartoitustiedot. Toteumamalli voidaan tehdä täydentämällä ja päivittämällä rakennussuunnitelma- tai toteutusmallia rakenteen lopullisen toteuman mukaisesti [8].

Toteumamallin käyttötarkoitus on rakenteen geometrisen laadun ja vaatimusten mukaisen toteutuksen todentaminen tilaajalle ja omaisuuden hallinnan lähtötietona toimiminen tilaajan kunnossapitoprosessissa.

Toteumamallin rinnalla voidaan käyttää myös poikkeamamallia, johon on kerätty tiedot poikkeamista toteutusmalliin nähden. Toteutusmallin ja poikkeamamallin yhdistelmästä muodostuu toteumamalli.

4.11 Koneohjausmalli

Koneohjausmallilla tarkoitetaan yleensä 3D pinta-, viiva- tai pistemalliaineistoa, jota hyödynnetään työkoneiden ohjausjärjestelmissä. Pintamalleja tehdään esimerkiksi putkiarinnan tai kadun rakennekerroksista ja luiskista. Viivamalleja käytetään putkirakenteissa kuten sade- ja viemäriinjat. Pistemalleja käytetään esimerkiksi paalujen tai pudotustivistyspainon pudotuskohdan mallintamisessa [8].

4.12 Tiedonsiirtoformaatit

Tiedonsiirtoformaattilla tarkoitetaan tiedontallennusmuotoa, jota erilaiset tietokonesovellukset tukevat. Formaatin rakenne on sovittu tapa, kuinka tietokanta järjestetään ja jäsenellään.

4.12.1 LandXML

LandXML on infra-alalla käytetty kansainvälinen formaatti, joka perustuu laajasti käytössä olevaan XML-metakieleen. LandXML:n avulla pystytään tallentamaan pinnan pinta-ala tieto, mutta tilavuus tietoa ei voida suoraan tallentaa. LandXML ei tue siis 3D-tilavuusmalli objekteja, joiden tietoja tarvitaan esimerkiksi määrä- ja kustannuslaskelmissa. LandXML-formaatissa tilavuus voidaan laskea kahden erillisen pinnan pinta-alojen ja niiden eron avulla. LandXML-formaatissa tilavuustietojen laskeminen vaatii vielä paljon manuaalista työtä [14].

Yksi LandXML-formaatin eduista on sen avoimuus, mikä tekee siitä suunnitteluohjelmistoista riippumattoman. Suomessa yleisesti käytössä olevat koneohjausjärjestelmät kuten Leica tukee LandXML-tiedostomuotoa. Tämä helpottaa tiedonsiirtoa suunnitteluohjelmiston ja koneohjausjärjestelmän välillä [14].

LandXML-tiedostoformaattiin tallennetun tiedoston voi avata ja lukea tavallisella tekstieditorilla tai verkkoselaimella. Tämä mahdollistaa tiedostonmuokkaamisen myös manuaalisesti.

4.12.2 Inframodel

Inframodel on avoin tekstimuotoinen formaatti perustuen kansainväliseen LandXML-standardiin. LandXML-standardi ei tue Suomen oloihin kehitettyjä nimikkeistö- ja ominaisuustietoja. Nykyinen Inframodel 4 -versio mahdollistaa tallentaa tietoa pintarakenteiden ja rakennekerrosten materiaaliominaisuuksista mutta kaikkia haluttuja metatietoja ei saada mukaan vietyyn malliin [8].

Inframodel tukee InfraBIM-nimikkeistöä, joka kehitetty vastaamaan tietomallinnuksen tarpeita ja jota tukevat useimmat suunnitteluohjelmistot.

Koska Inframodel-tiedostoon tallennetaan yksittäisiä objekteja eikä koko projektia tai projekti pilkottuna muutamaan Inframodel-tiedostoon väylittäin tai osakokonaisuuksittain sen käyttö kustannus- ja määrälaskennassa on vähäistä [14].

Suomalainen koneohjausjärjestelmä toimittaja Novatronin tukee Inframodel-tiedonsiirtoformaattia. Novatronin koneohjausjärjestelmä pystyy hyödyntämään ja lukemaan Inframodel-muotoista tietoa ilman erillistä muunnosohjelmaa. He ovat myös mukana Inframodel-formaatin kehityksessä, jota johtaa BuildingSmart Finland -organisaatio [15].

4.12.3 IFC

IFC-formaattia käytetään erityisen paljon taitorakenteissa ja talonrakennushankkeissa. Infra-alalla IFC:tä ei vielä virallisesti julkaistu. IFC mahdollistaa tietojen tallennuksen pinta-alasta, tilavuudesta ja materiaaleista. Näiden tietojen hyödyntäminen

kustannuslaskennassa vaatii vielä standardointia, sillä tallennussijainti IFC-tiedoston sisällä saattaa vaihdella.

IFC-formaatissa tallennettuja 3D-malleja on mahdollista tarkastella Infrakit-ohjelmistossa.

5 Työkoneautomaatio

Työkoneautomaation taustalla on mallipohjainen suunnittelu, jossa työkoneiden liikera-tojen ohjaus tehdään suoraan toteutusmallista tai työvaihetta varten tehdystä erillisestä koneohjausmallista. Työkoneautomaatiota käytetään nykyisin lähes kaikissa maaraken-tamisen työvaiheissa ja työkoneissa.

3D-koneohjauksen tehokas käyttö edellyttää on rakennussuunnitelmasta tuotettua to-teutusmallia, joka on työmaaorganisaation tarkastama ja hyväksymä. Työmaaorgani-saatio tekee toteutusmallin ja suunnitelmadokumenttien perusteella toteutusaineiston. Toteutusaineisto sisältää työkoneiden ohjaukseen tarvittavat koneohjausmallit.

Tietojen perusteella tehdään myös tekninen koneohjaussuunnitelma, jossa määritetään myös eri urakoitsijoiden ja työkoneiden käyttökelpoisuus eri työvaiheissa.

5.1 Koneohjauksen toimintaperiaate

Työkoneautomaatio eli koneohjaus perustuu digitaalisten kolmiulotteisten toteutusmal-lien ja reaaliaikaisen paikannuksen yhteiskäyttöön työkoneessa. Koneohjauksessa suunnittelijan luoma 3D-geometriatieto on siirretty koneohjausmalliksi työkoneen ohjaus-järjestelmään. Koneohjausmalli on suunnitelmamallista jalostettu rakennettavan kohteen malli, joka muodostuu 3D-taiteviivoista ja niiden kolmioverkkomalleista.

Työkoneen koneohjausjärjestelmään ladatun koneohjausmallin tulee olla koneohjausjär-jestelmän ohjelmiston ymmärtämässä tiedostomuodossa. Koneohjausjärjestelmien tek-niikka on hyvin samankaltaista eri valmistajien välillä, mutta niiden ohjelmistot eroavat

toisistaan. Eri koneohjausjärjestelmien valmistajat käyttävät eri tiedonsiirtoformaatteja tukevia ohjelmia laitteissaan.

Suomessa pyritään kehittämään kansainvälistä LandXML-formaattiin perustuvaa tiedonsiirtoformaattia infra-alan yleiseksi tiedonsiirtoformaatiksi.

Koneohjauksessa kaivinkoneen kuljettaja kaivaa kaivantoa tai täyttää pengertä oikeaan paikkaan ja syvyyteen koneohjausjärjestelmää hyväksi käyttäen. Paikannuksessa käytetään RTK-GNSS- tai takymetri paikannusta. Kaivinkoneen kauhan huulilevyn ja puomin paikan asema ja kallistukset mitataan niihin kytkettyjen paikannus- ja liikeantureiden avulla. Kaivinkoneen kuljettaja näkee koneohjausjärjestelmän näytöltä reaaliaikaisesti työkoneensa työtätekevän osan liikkeitä ja erot verrattuun tavoite pintaan, linjaan tai pisteeseen.

Koneohjauksen yksi suurimpia hyötyjä ovat tarkkuuden sekä työtehon kasvu. Tarkat ja virheettömät koneohjausmallit mahdollistavat työvaiheiden tekemisen ilman kohteen merkitsemistä työmaalla. Koneohjaus mahdollistaa myös, että työstettävä kohde saadaan heti oikeaan paikkaan ja korkeuteen, jolloin voidaan välttyä esimerkiksi ylimääräiseltä kaivuulta.

Tuottavuuden kasvu yhdessä materiaalihukan pienentymisen kanssa nopeuttavat urakan valmistumista ja parantavat kustannustehokkuutta.

5.2 Työkoneiden koneohjausvalmiuksien tarkastaminen

Koneohjauksen tehokas käyttöönotto edellyttää, että työkoneiden koneohjausjärjestelmät soveltuvat suunniteltuun koneohjausperustaan ennen työmaan aloitusta. Miehistön valmiudet ja osaaminen tulee myös varmistaa. Seuraavat asiat on hyvä varmistaa jo työkoneen tarjouskyselyssä:

- Työkoneissa käytettävä koneohjausjärjestelmä (toimittaja, tuotemerkki, versio, käyttöönottovuosi)
- Käytettävä satelliittipaikannus -palvelu
- Käytettävissä olevat tiedonsiirtomenetelmät

- Koneohjauksen yhteensopivuus tiedonhallintapalvelun kanssa. Huomioitava sekä kaivuu, toteumamittaukset ja työkoneen kalibroinnit
- Tiedot koneen ja paikannusanturien huolloista ja kuinka anturirikot korjataan.
- Koneen käyttäjän kokemus vastaavissa tehtävissä 3D-koneohjauksen käytöstä kaivuu ja toteumamittauksista. Koskee myös loma tuuraajia.

Tiedot lisätään koneohjaussuunnitelmaan, jossa määritetään urakoitsijoiden ja työkoneiden käyttökelpoisuus eri työvaiheisiin.

5.3 Koneohjausmallien tiedonsiirto

Koneohjausmallin siirtotapoja työkoneelle ovat manuaalisesti muistitikulla tai langattomasti internet-yhteyden välityksellä mobiililaitteilla. Langaton tiedonsiirto mahdollistaa myös työkoneen keräämän toteumatiedon lähetyksen vastaavasti takaisin työmaan tiedonhallintajärjestelmään. Tällöin työnjohto voi reaaliaikaisesti seurata työkoneen työvaiheita, työtehoa ja työmaan tilannetta. Langattoman tiedonsiirron etuna on parempi koneohjausmallien hallittavuus. Työkoneiden siirto tehtävästä toiseen on myös siinä joustavampaa, koska käyttäjillä on valmiiksi ladattavissa koneohjausmalleja eri tehtäville tarvittaessa. Tämä helpottaa toimintaa erityisesti hankkeissa, joissa suunnitelmat päivittyvät tai muuttuvat usein [16].

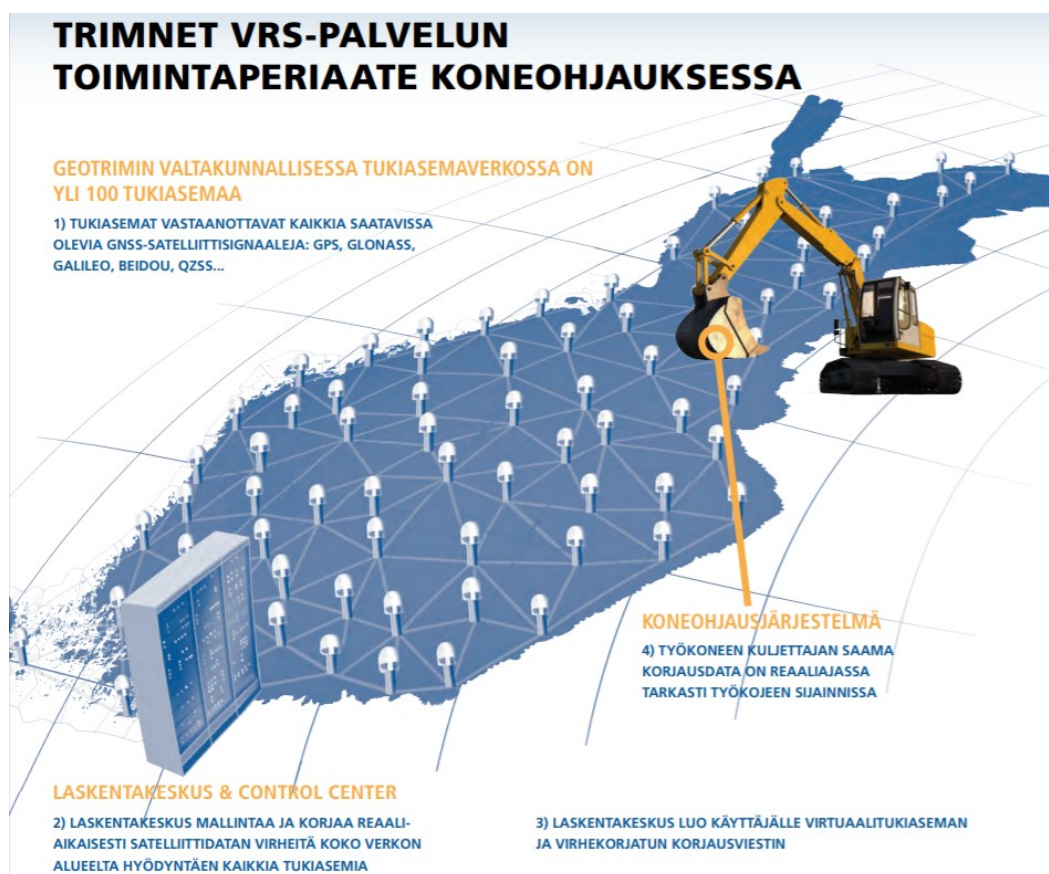
5.4 Paikannusmenetelmät

Koneohjausjärjestelmien paikannus perustuu amerikkalaisten GPS- ja venäläisten Glonass-satelliittien välittämään paikkatietoon. Eurooppalaisten Galileo-satelliittien määrä on kasvussa ja sitä myötä paikannuksen tarkkuus on selvästi tarkentunut.

Satelliittipaikannus perustuu työkoneen ja paikannussatelliittien välisen etäisyyden määrittämiseen. Mitä useampaa satelliittia voidaan käyttää työkoneen sijainnin laskennassa, sitä tarkempi tulos saavutetaan [17].

Pelkkien satelliittien tarkkuus ei kuitenkaan riitä maanrakennustöihin. Käyttäjän sijaintitarkkuutta voidaan parantaa määrittämällä virhelähteiden vaikutus sijainniltaan

tunnetuilla paikannusasemilla. Kyse on RTK (Real Time Kinematic) -tukiasemista, joita voidaan perustaa työmaalle tai se voi olla esimerkiksi tietyn taajaman alueella toimivan urakoitsijan oma tai laitemaahantuojaan tukiasemaverkko (Kuva 1). Käyttäjälle välitetään näiden tukiasemien välityksellä korjaustieto, jota hänen laitteensa pystyy hyödyntämään oman sijainnin määrittämisessä. Satelliittien ja tukiaseman yhdistelmä mahdollistaa työskentelyn muutaman sentin tarkkuudella [17].



Kuva 11. Kuva Trimnet VRS-palvelun toimintaperiaate. Palvelun ytimenä on Geotrim Oy:n rakentama VRS-tukiasemaverkko. Trimnet-palvelun käyttäjät eivät tarvitse erikseen hankkia omaa RTK-tukiasemaa, vaan Trimnet luo mittajalle virtuaalisen tukiaseman [18].

5.5 Työkoneiden tarkastusmittaus

Työkoneiden tarkastuksella varmistetaan, että 3D-ohjauksella varustetut työkoneen kauhahan paikannustarkkuudessa saavutetaan vaaditut rakennekohtaiset tarkkuusvaatimukset [4].

Työkoneohjausjärjestelmien tarkkuus tarkistetaan aina ennen kuin työkone otetaan käyttöön työkohteessa ensimmäistä kertaa. Työkoneiden tarkastusmittaukset sidotaan työmaan mittausperustaan [8].

Kaivukoneiden tarkastus mittaukset tehdään joko täkymetrillä, GNSS-mittalaitteella tai paikannettuun tunnettuun pisteeseen vähintään kerran viikossa ja tarkastustulokset dokumentoidaan [16]. Tarvittaessa tarkastusmittauksia tehdään päivittäin tai aina uuden työvaiheen alussa [16]. Tarkistuksessa koneen oma mittapiste viedään kiinteälle pisteelle ja verrataan koordinaatteja (kuva 12). Jos koordinaatit ovat samat, ei kalibrointia tarvita.

Taulukossa 2 on esitetty vaadittavat tarkkuudet työkoneohjauksella toteutetun työn lopputulokselle ja koneohjausjärjestelmän vaaditulle tarkkuudelle InfraRYL tie- ja katurakenteiden mittavaatimusten mukaisesti. Projektikohtaisesti näihin voidaan sopia muutoksia ja/tai tarkennuksia [8].

Taulukko 2. Tie- ja katurakenteiden mittavaatimukset, InfraRYL ja työkoneohjausjärjestelmiltä vaadittava tarkkuus [8].

Rakenne kerros	Mittausväli [m]	InfraRYL mittausvaatimukset		Työkonejärjestelmältä vaadittava tarkkuus	
		XY [mm]	Z [mm]	XY [mm]	Z [mm]
Kantava kerros	20	-0 ... +150	+20 ... -20	+50 ... -50	+20 ... -20
Jakava kerros	20	-0 ... +150	+30 ... -30	+100 ... -100	+30 ... -30
Suodatin kerros	20	-0 ... +150	+40 ... -40	+100 ... -100	+30 ... -30
Väylärakenteen alapinta	20	-0 ... +200	+0 ... -100 Louhepatjan	+100 ... -100	+30 ... -30

			alla	
			+0 ... -200	



Kuva 12. Esimerkki koneen kalibrointiin liittyvästä tarkistusmittauksesta. Mittamies on merkinnyt kuvaan ristin kohdalla olevan maanpinnan korkeusaseman ja paikan koordinaatit. Koneen kauhan huulilevyn keskipiste asetetaan kuvassa näkyvään ristiin. Koneen ohjausyksikön korkeuden ja paikan arvot tulee vastata kuvan arvoja.

5.6 Toteumamittaus kaivinkoneella

Työkoneiden toteumamittaukset ovat osa mallipohjaisen laadunvarmistuksen työnai-kaista laadunvalvontaa ja työn seurantaa, sekä osa valmiin lopputuotteen toteumamallia. Toteumamittauksessa kaivinkoneen kuljettaja mittaa kaivinkoneen kauhalla kaivinko- neen koneohjausjärjestelmällä toteuman valmiista rakennepinnasta sitä mukaa, kuin työ edistyy. Toteumapisteitä verrataan toteutusmalliin, jolloin voidaan seurata rakentamisen laatua.

Ennen toteumamittauksia on varmistettava, että työkoneen ohjausjärjestelmän paikannustarkkuus on tarkastettu ja todettu rakennekohtaisiin tarkkuusvaatimuksiin nähden riittäväksi. Tämän lisäksi tulee varmistaa, että työkoneen kuljettaja on perehtynyt laitteiston käyttöön ja on ohjeistettu toteumamittausten tekemiseen. [16.]

6 Kaupunkirakentamisen osapuolet

Rakentamisvaiheen tietomallikoordinaattorin toimintaympäristön hahmottamiseksi tässä kappaleessa on käyty lyhyesti läpi ne hankkeen osapuolet, joiden kanssa tietomallikoordinaattori pääsääntöisesti toimii. Rakentamisen ohjauksessa on Helsingin kaupungin puolelta mukana rakennuttaja, joko Helsingin kaupungin tai Helsingin kaupungin toimeksiannosta valvojakonsultin päävalvoja sekä suunnitteluohjaaja suunnittelua vaativissa asioissa. Tuotannon tietomallikoordinaattorin näkökulmasta rakentamisvaiheentärkeimmät osapuolet ovat tilaajan/rakennuttajan edustaja, päävalvoja, pääsuunnittelija (suunnittelunohjaaja), palvelutuottajan (Stara) projektijohto, työmaainsinööri/projekti-insinööri, työmaan työnjohto ja mittauspäällikkö.

6.1 Rakennuttaja/Tilaaja

Helsingin kaupungin kaupunkirakentamisen hankkeissa tilaajana on yleensä kaupunkiympäristön toimiala ("KYMP"). KYMP tilaajana tekee tietomallinnusta ja tiedonhallintaa koskevat päätökset. Tilaaja määrittää mitä tiedonhallinnan työkaluja ja järjestelmiä hankkeessa käytetään sekä päättää missä laajuudessa tietomallinnusta hyödynnetään hankkeessa. Tilaaja päättää oman hanke organisaationsa kokoonpanosta ja rooleista osamistarpeiden mukaan. Tilaajan edustajana rakennustyömaan valvonnassa toimii usein ulkopuolinen työmaan valvontaan erikoistunut konsultti. Valvojan tehtäviä on huolehtia siitä, että luovutusaineistot ovat vaatimusten ja tilatun mukaisia. Tilaaja voi käyttää myös muita ulkopuolisia teknisiä tietomalliasiantuntijoita tiedonhallinnan tukena.

6.2 Valvojakonsultin päävalvoja

Valvojakonsultin päävalvoja toimii työmaalla jatkuvasti ja hyväksyy urakoitsijan tekemät päivittäiset työmaapäiväkirjan merkinnät ja katselmoi tarvittaessa rakenteita. Valvojalla on olennainen rooli pienten ja kiireellisten lisä- ja muutostöiden käsittelyssä yhteistyössä rakennuttajan ja pääsuunnittelijan kanssa. Päävalvoja, rakennuttaja ja pääsuunnittelija yhteensovittavat eri tilaaja osapuolten tekemät suunnitelmat ja muutokset.

6.3 Palvelutuottajan projektijohto

Palvelutuottajan projektia johtaa yleensä rakennuspäällikkö. Hän vastaa tiedonhallinnan johtamisesta yhteistyössä muiden sidosryhmien kanssa. Rakennuspäällikkö voi delegoida tietomallinnuksen ja tiedonhallinnan johtamiseen liittyviä tehtäviä, mutta vastaa viime kädessä tiedonhallinnan laadusta tilaajan ohjeiden mukaisesti.

6.4 Pääsuunnittelija

Helsingin kaupungin hankkeissa tyypillisesti pääsuunnittelijana toimii ulkopuolinen suunnittelukonsultti. Tilaaja on määrittänyt pääsuunnittelijan tietomallinnukseen ja tietomalliväyryyteen tiedonhallintaan liittyvät tehtävät. Tehtävänä voi olla tietomallinnuksen organisointi ja johtaminen. Tilaaja on voinut eriyttää tietomallinnuksen organisoimisen myös erilliselle ulkopuoliselle suunnittelun tietomallikoordinaattorille. Tietomallikoordinaattoria on käytetty jonkin verran suuremmissa hankkeissa.

6.5 Työmaainsinööri/projekti-insinööri

Tietomallinnukseen liittyvät tehtävät ovat käytännössä jaettu tuotannossa työmaainsinööriin, mittauspäällikön ja työmaan työnjohdon kesken. Tehtävät vaihtelevat hankkeittain ja osaamisen mukaan. Työmaainsinööri tarkistaa rakennussuunnitelman/raakennustapaselostuksen, laatii toteutusaineiston ja tekee hankinnat yhdessä työnjohdon kanssa. Työmaainsinööri osallistuu tarvittaessa koneautomaatioon tarvittavien koneohjauksmallien suunnitteluun ja tilaukseen mittausorganisaatiolta yhteistyössä työnjohdon

kanssa. Koneohjausmallien tekeminen voidaan ulkoistaa myös ulkopuoliselle konsultille. Työmaainsinööri yhdessä työnjohdon kanssa laatii hankkeelle mittaus suunnitelman työselostuksen selostuksen vaatimusten mukaisesti. Rakennushankkeen tiedonhallinta-, laatu- tai laadunvarmistussuunnitelma on työmaainsinöörin vastuulla.

6.6 Työnjohto

Työnjohto vastaa työmaan rakentamisen aikataulusta, työnohjauksesta, työvaiheiden toteutuksesta sekä laadunvarmistuksesta kokonaisuudessaan. Työmaakokouksissa työnjohdon tehtävänä on valmiusasteen, toteuman, työturvallisuuden ja laadunvarmistuksen raportointi. Työnjohto vastaa myös työmaaorganisaation perehdyttämisestä koneohjauskäytäntöihin, työkoneiden kalibrointiin ja mallipohjaiseen laadunvalvontamenettelyyn sekä vastaa laadunvarmistusmittausten tarkastamisesta ja hyväksymisestä.

6.7 Mittauspäällikkö

Mittauspäällikön vastuulla rakennushankkeen mittaus suunnitelma, toteutusaineisto mukaan lukien koneohjausmallit ja mallipohjaiseen laadunvalvontamenettelyyn työmaainsinöörin ja työmaan johdon tuella. Mittauspäällikkö vastaa mittausten aikataulutuksesta, toteutuksesta ja niiden oikeellisuudesta. Mittaustehtäviin sisältyvät kartoitus- ja merkitämittaukset, tarke- ja toteumamittaukset sekä muut laadunvarmistusmittaukset, taitorakenteiden mittaukset ja osallistuminen työkoneiden kalibroinnin tarkastusmittauksiin.

7 Tietomallikoordinaattorin tehtävät kaupunkirakentamisen hankkeissa

Tietomallien käyttö ja tietomallivusteinen rakentaminen Staran hankkeissa on vielä varsin pitkälti pilotointivaiheessa. Ensimmäisiä hankkeita on käynnistetty loppuvuonna 2020 Staran eri yksiköissä. Hankkeet ovat painottuneet lähinnä koneautomaation lisäämiseen työmaakohteisesti. Nyt keväällä 2021 on aloitettu pilotointihanke tiedonhallinnan yhtenäistämiseksi kokeilemalla erillistä tiedonhallintapalvelun laajennettuja ominaisuuksia tiedon ylläpitoon ja jakamiseen. Tiedonhallintapalvelun kansiorakenteita ja

nimeämiskäytäntöjä on vakioitu ja ensimmäisiä versioita hankkeiden tiedonhallintasuunnitelmista on myös jo luotu.

Tärkein haaste lähitulevaisuudessa tulee kuitenkin edelleen olemaan koneautomaation hyötyjen ulosmittaamisessa. Vielä toistaiseksi 3D-toteutusmallien saatavuus tilaajan toimittamana on ollut vähäistä. Tämän vuoksi koneohjausmallit tehdään pääsääntöisesti Staran oman mittausorganisaation tai ulkopuolisen palvelutarjoajan toimesta 2D-malleista ja/tai piirustuksista.

Toinen iso haaste on tietomalliavusteiseen rakentamiseen liittyvä käytännön kokemuksen puute erityisesti työnjohdon tietomallijärjestelmien käytön osaamisessa. Prosessi hallittuun koneohjauksen tiedonsiirtoon tietomallista tiedonhallintapalvelunkautta koneohjausmalliksi työkoneelle vaatii vielä testausta ja työnjohdon perehdytystä. Tietomalleihin liittyvät termit, nimikkeistöt ja määrittelyt ovat monelle myös uusia ja vaativat lisäkoulutusta.

Kolmas haastava alue on digitaalisen luovutusaineiston tekeminen. Kokeilussa oleva tiedonhallintapalvelu mahdollistaa monien rakentamiseen liittyvien asioiden kuten työvaiheiden tilan havainnollistamisen suoraan maastokarttaan liitetyn kuvan avulla. Navigointi ja liikkuminen virtuaalisesti työvaiheesta toiseen on sujuvaa, mikä mahdollistaa osapuolille lähes reaaliaikaisen työmaan seurannan. Vielä toistaiseksi Helsingin kaupungin hankkeissa luovutusaineistot tulee tallentaa kaupungin käyttämään Bentley ProjectWise -dokumenttien hallintajärjestelmään eikä suora tiedonsiirto Bentley ProjectWise ja kokeilussa olevan tiedonhallintapalvelun välillä ole mahdollinen. Uuden tiedonhallintapalvelun myötä Staran työnjohdolle tulee näin yksi ylläpidettävä tiedonhallintajärjestelmä lisää, jonka käyttö ei välttämättä paranna suoraan kommunikaatioita tilaajan kanssa.

Edellä mainitut haasteet huomioiden tietomallikoordinaattorin tehtävien painotus tietomalliavusteissa rakentamisessa muodostuvat pääasiassa seuraavista tehtävistä:

- Toimia tietomalliavusteisen rakentamisen asiantuntijana
- Valvoa hankkeen tietomallien teknistä laatua
- Tiedonhallintasuunnitelman/ohjeen laatiminen
- Työmaaorganisaation perehdytys tietomallipohjaiseen rakentamiseen ja vastaa koulutuksen ja tuen organisoinnista

- Valvoa tietomalleille ja tiedonhallinnalle asetettujen tavoitteiden toteutusta.

Toisin sanoen huolehtii siitä, että kaikki osapuolet tekevät oman osuuden oikealla tavalla siten, että sekä laadulliset että muut tietomallinnukselle asetetut tavoitteet saavutetaan. Tietomallikoordinaattorin tehtävänä on huolehtia siitä, että käytettävät menetelmät ja käytännöt yhtenäistyvät Staran sisällä ja ne ovat kuvattuna tietomalliohjeessa.

Tietomallivusteinen rakentaminen on ajassa ja käytännön kokemusten myötä kehittyvä prosessi. Ensimmäisissä projekteissa tiedonhallintaohje voi liittyä pelkästään koneohjausprosessiin. Uusia toimintoja kuten toteumamittaukset, määrälaskenta ja suunnitelmapoikkeamat lisäävät osaamisen kehittyessä.

Seuraavassa on listattu tehtäviä, jotka liittyvät työmaaorganisaation perehdyttämiseen:

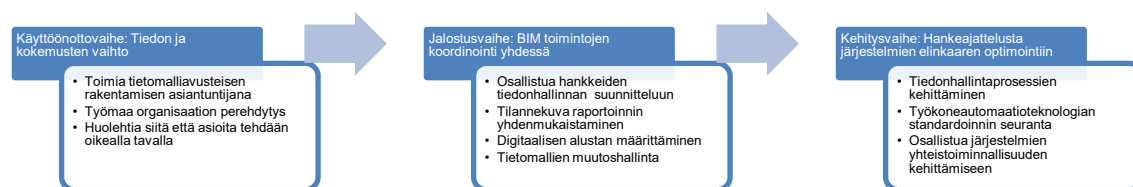
- Projektin, kansioden ja käyttäjätunnusten perustaminen tiedonhallintapalveluun
- Toteutus-, työvaihe- ja koneohjausmallien oikeellisuuden, saatavuuden ja tiedonsiirron varmistaminen
- Mittaus suunnitelman laadinta osana laadunvarmistussuunnitelmaa
- Mittausperustan rakentaminen ja ylläpitäminen
- Työkoneiden koneohjausvalmiuksien tarkastaminen
- Työkoneiden luominen ja liittäminen tiedonhallintapalveluun
- Työkoneiden käyttäjien opastus tiedonhallintapalvelun käyttöön
- Toteumamittamittausten tekemisen ja raportoinnin opastus
- Projektiaineiston ylläpito
- Digitaalinen luovutusaineisto laadinta.

Toimivat katuhanke -raportissa todettiin yhtenä avainhaasteena osapuolien välinen yhteistyön puute rakennusaikana. Tämä näkyi erityisesti reagointi nopeudessa suunnitelmapoikkeamiin, niihin liittyvien muutosten hallinnassa sekä ajantasaisen digitaalisen tilannekuvan puutteena työmaan tilanteesta. Tutkimuksen ehdotus oli käyttää tietomallinnusta enemmän tuotantovaiheen prosessissa, päätöksen teossa, raportoinnissa ja sisäiseen viestintään.

Työmaakäytäntöjen vakiintumisen jälkeen tietomallikoordinaattorin tulee painottumaan enemmän muiden sidosryhmien kanssa työskentelyyn ja viestintään sekä tähän tarvittavan digitaalisen alustan kehittämiseen.

Tämä on myös toimivat katuhankkeet -projektin johtopäätös. Raportissa todetaan, että valmisteluvaiheessa on olennaista määrittää käytettävät tietojärjestelmät tilannekuvan tuottamiseen. Tätä varten voitaisiin pilottihankkeissa järjestää esimerkiksi demopäiviä, joissa käydään uusimmat tilannekuvaan liittyvät teknologiat läpi [4].

Kuvassa 13 on havainnollistettu tietomallikoordinaattorin roolin jalostumista työmaalta yhteistoimintaan muiden sidosryhmien kanssa ja tulevaisuuden toimintojen kehittämiseen.

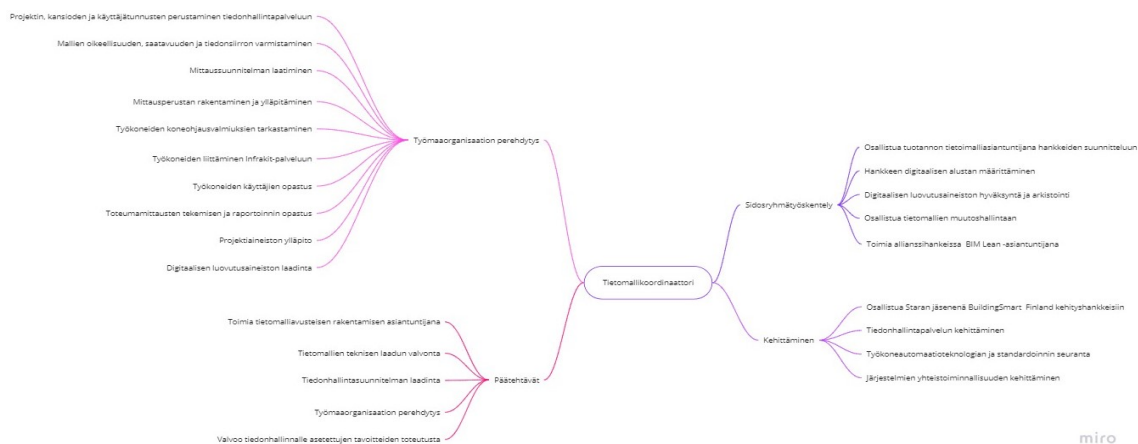


Kuva 13. Tietomallikoordinaattorin roolin jalostuminen työmaa käytännöistä painottumaan yhteistoimintaan muiden sidosryhmien kesken sekä siirtymisen hankeajattelusta järjestelmien kehittämiseen ja elinkaaren optimointiin.

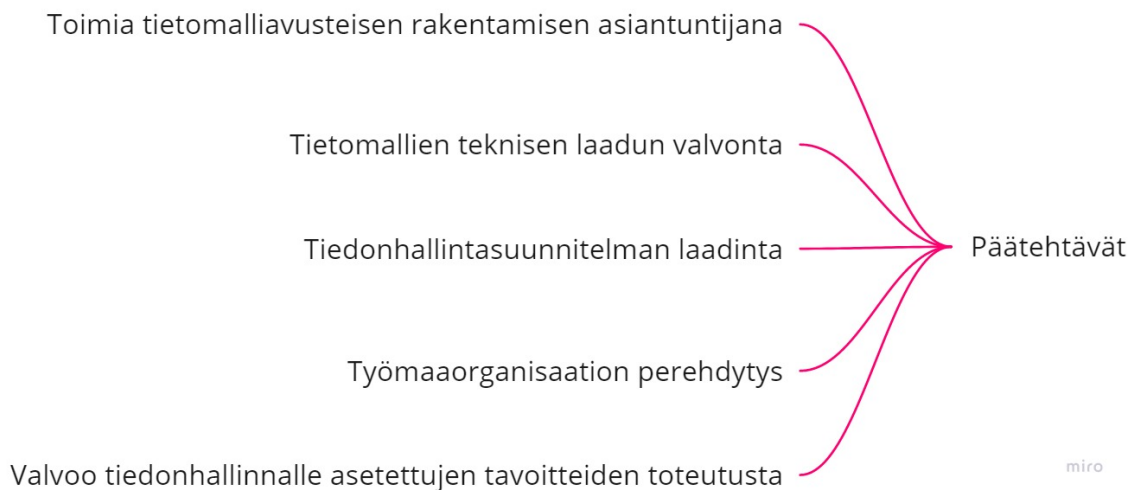
Tietomallikoordinaattorin rooli on olla tuotannon linkki yhdistelmä- ja toteutusmallien luonnissa ja tarkastamisessa jo suunnitteluvaiheen aikana sekä digitaalisen luovutusaineistojen kuten poikkeama- ja toteutusmallien arkistoinnissa tilaajan tarpeiden mukaisesti.

Allianssihankeiden yleistyessä tietomalli ja Lean yhteiskäyttö myös lisääntyy ja jo hyvin varhaisessa vaiheessa hanketta Lean rakentamisen tarpeet nousevat esille. Siksi valmisteluvaiheen tietojärjestelmien ja tiedonhallintajärjestelmien määrittämisessä myös Lean -työkalut on huomioitava. Tietomallien ja Leanin yhteiskäyttö on luonnollista yhdistää big room -työskentelyyn. Tässä on luonnollista yhdistää tuotannon tietomallikoordinaattorin rooliin vastuita Lean-rakentamisesta.

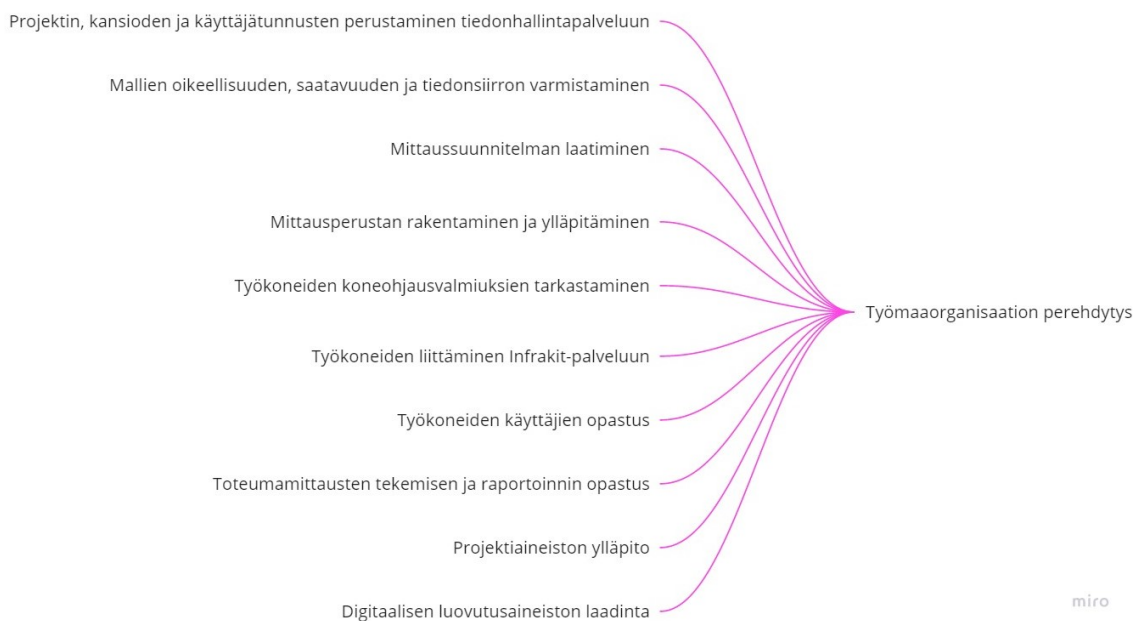
Kuvissa 13–17 on esitetty yhteenveto tuotannon tietomallikoordinaattorin tehtävistä tietomalliavusteisen rakentamisen käyttöönottovaiheesta ja työmaa käytäntöjen vakiintumisen jälkeen.



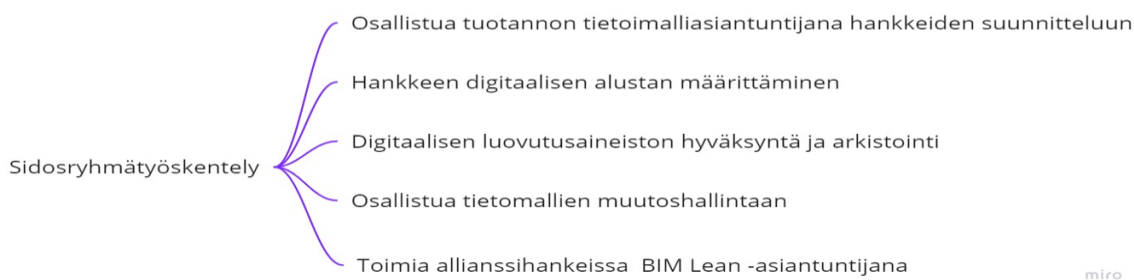
Kuva 14. Kokonaiskuva tuotannon tietomallikoordinaattorin tehtävistä



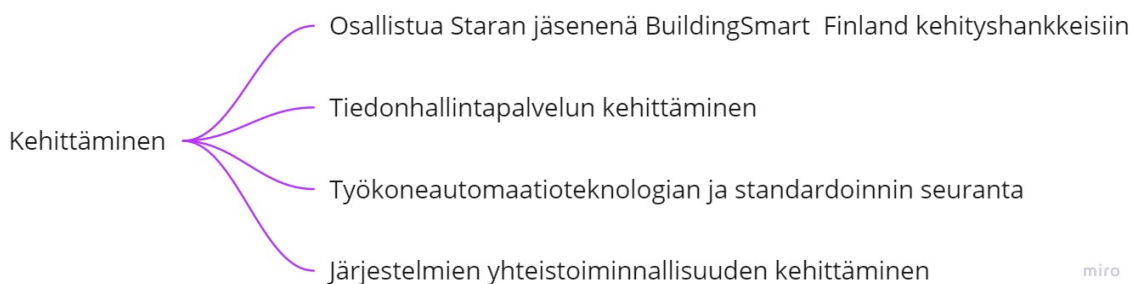
Kuva 15. Tietomallikoordinaattorin päätehtävät



Kuva 16. Työmaaorganisaation perehdytys



Kuva 17. Sidosryhmätyöskentelyyn liittyviä tehtäviä



Kuva 18. Tiedonhallinnan kehittämiseen liittyviä tehtäviä

8 Pohdintaa ja kehitysehdotuksia

Opinnäytetyön tavoitteena oli määritellä tietomallikoordinaattorin tehtäviä kaupunkirakentamisen hankkeissa. Kantava ajatus opinnäytetyön aihetta suunniteltaessa oli tarkastella laajasti tiedonmallien käyttöä ja käyttöön liittyviä prosesseja infrarakentamisessa. Tavoitteena oli tutkia erityisesti tietomallikoordinaattorin roolia rakennusvaiheen suunnittelun ja tuotannon ohjauksessa. Tietomallikoordinaattorin roolia tarkasteltiin nimenaan Staran oman tuotannon näkökulmasta.

Opinnäytetyöprosessi eteni tiedonkeruuvaiheessa suunnitellun aikataulun mukaisesti. Opinnäytetyö aloituspalaveri pidettiin lokakuussa 2020, jolloin tavoitteeksi asetettiin, että opinnäytetyön raportti on valmiina maaliskuun 2021 loppuun mennessä. Vuoden 2021 koronarajoitukset ovat jonkin verran aiheuttaneet viivettä perustietojen ja tilankuvan laatimisessa. Korona on rajoittanut jonkin verran henkilökohtaisten tapaamisten järjestämistä, jotka ovat olleet mahdollisia vain etäisesti. Opinnäytetyön asiantuntija kuulemiset painottuivatkin sen takia alan seminaareihin kuten helmikuussa järjestetty DigInfra 2.021 -tapahtuma ja maaliskuussa järjestetty Väylät ja liikenne 2021-tapahtuma.

Aalto yliopiston tekemässä toimivat katuhankkeet -projektiraportissa todettiin, että tietomallinnusta tulisi käyttää enemmän tuotantovaiheen prosessissa, päätöksen teossa, raportoinnissa ja sisäisessä viestinnässä. Yhteistä tietomallia tulisi myös käyttää reaaliaikaisen tilannekuvan tuottamiseen hankkeen osapuolille. Katualueen elinkaaren optimoinnin näkökulmasta myös tarkempi toteumatiedon dokumentointi parantaa myöhempien hankkeiden lähtötietojen tarkkuutta. Tarkempi tieto maanalaisista järjestelmistä vaikuttaa riskien tarkasteluun ja tukee mallinnusta ja koneohjausta.

Suurimpana tulevaisuuden haasteena näen tämänhetkisen tavan hyödyntää tietomallinnusta Helsingin kaupungin infrahankkeissa. Vaikeus liittyy erityisesti Helsingin kaupungin tapaan tuottaa infrahankkeiden suunnitteluaineistoja. Suurin osa infra hankkeiden suunnitelmista tehdään edelleen varsin perinteisesti 2D-malleina tai PDF-dokumentteina, jolloin mahdollisuus hyödyntää suunnittelijan tekemää toteutusmallia esimerkiksi koneohjausmallin tekemiseen puuttuu. Tämä puute lisää urakoitsijoiden työmäärää, lisää rakentamisvaiheen muutosmääriä ja riski virheisiin kasvaa. Tilaajalla, tässä tapauksessa Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön toimialalla, on tähän kaikki valtit käsissään.

Heidän tulee vaatia, että hankkeiden suunnitelmat on toteutettu mallimuotoisena ennen kuin ne luovutetaan tuotantoon.

Projektin alussa uskoin vahvasti tietomalliavusteisen suunnittelun helpottavan määrää – ja kustannuslaskentaa erityisesti tarjousvaiheen tarpeissa. Projektin aikana asiantuntija kuulemisissa tuli selväksi, että määrälaskentaa ei voida vielä tehdä, koska nykyiset tiedonsiirto -formaatit eivät tue määrälaskentaan tarvittavien metatietojen siirtoa eri järjestelmien välillä. Tämä koskee erityisesti väylien ja kaupunkitekniikan rakennekerroksien tilavuustietoja. Tämän vuoksi jätin tietomalliavusteisen määrälaskennan tarkastelun ulkopuolelle.

Suurimpana huomiona oli ”digitaalinen kaksonen”-toimintamallin jättäminen pienelle huomiolle suomalaisessa infrarakentaja yhteisössä. Termiä digitaalinen kaksonen ei juurikaan edes tunneta infra-alan ammattilaisten keskuudessa. Koneohjaus osaamiseen ja käyttöön panostetaan nyt paljon maanrakennuksessa mutta sen tulevaisuudesta ei puhuta. Digitalisaatio etenee vauhdilla myös maarakennusalalla ja siksi erityisesti rakennuttajien tulisi miettiä sitä, miten esimerkiksi 10-vuoden päästä rakennetaan. Nykymallinen koneohjaus, jossa hytissä on edelleen koneen käyttäjä valvomassa koneen liikkeitä, on nyt noin 10-vuotta vanha. On todennäköistä, että se on aivan muuta, mahdollisesti miehittämättömiä, seuraavan 10-vuoden päästä. Tämä kehitys edellyttää tietoa maanalaisten rakenteiden tarkasta sijainnista ja muodosta. Toisaalta on myös epäselvää, kenen vastuulle digitaalisen kaksosen ylläpito lankeaa.

Monessa alan asiantuntija kuulemisessa tuli usein esiin näkemys, että tietomallinuksen käyttöönto tapahtuu liian usein järjestelmät edellä. Tämä on johtanut siihen, että järjestelmien välinen yhteistoiminnallisuus puuttuu ja kokonaisuus on sirpaloitunut. Saman ilmiön havaitsin myös Helsingin kaupungin ratkaisuihin. Eri kaupunki toimialat voivat varsin itsenäisesti päättää mitä työkaluja käytetään. Hankkeiden suunnittelu on varsin pitkälle ulkoistettu ulkopuolisille konsulteille, joilla on taas toiset ratkaisut. Tilaajan vastuu tässäkin korostuu. Helsingin kaupungilla on kaikki eväät hankkeiden digitaalisen alustan vakioimisessa. Se edellyttää tietomallistrategian terävöittämistä tietomalliavusteisen rakentamisen tavoitteiden osalta.

Oman valmistumisen ja ammattitaidon näkökulmasta olen kiitollinen siitä, että sain tehdä opinnäytetyön tietomallikoordinaattorin tehtävistä. Ennen työn aloittamista en juurikaan

tiennyt tietomallinnuksen käytöstä infrarakentamisessa. Opinnäytetyön suorittaminen vaati paljon perehtymistä tietomalliavusteisen rakentamisen prosesseihin, teknologiaan ja termeihin. Törmäsin itse myös viime kesänä varsin isoon osaamisen puutteeseen koskien koneohjausta. Nyt valmistavana mesuna, kun minulla on viimeisin tieto tietomalliavusteisesta rakentamisesta, olen varmasti paljon valmiimpi kohtaamaan tulevat haasteet.

Lähteet

1. Rakentamisen buumi näkyy kaduilla – isoimmat työmaat löytyvät kartalla. 2018. Helsingin kaupunki. Verkkojulkaisu. <<https://www.uuttahelsinki.fi/fi/uutiset/2018-05-09/rakentamisen-buumi-nakyy-kaduilla-isoimmat-tyomaat-loytyvat-kartalalta>>. Luettu 20.1.2021.
2. Talousarvion tiivistelmä 2021. Helsingin kaupunki. Verkkojulkaisu. <https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisut/2020/Helsingin_kaupunki_Talousarviotiivistelma_2021.pdf>. Luettu 5.3.2021.
3. Staran vuosi 2020. Helsingin kaupunki. Verkkojulkaisu. <<https://www.hel.fi/stara/staran-vuosi-2020-fi/talous/talous>>. Luettu 10.4.2021
4. Seppänen, Olli. Peltokorpi, Antti. Junnila, Seppo. Mustonen, Liisa. 2020. Toimivat katuhankkeet -tutkimuksen loppuraportti. Aalto-yliopiston tekemä tutkimus Helsingin kaupungille.
5. Digital twin. Information technology glossary. Gartner. Verkkojulkaisu. <<https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digital-twin>>. Luettu 10.3.2021.
6. Paavilainen, Jyrki. 2021. Tavoitteena maailman toimivin kaupunki, tähtäimessä katutyöt. Helsingin kaupunki. Jyrki Paavilaisen esitysmateriaali DigInfra 2.021 seminaarissa 3.2.2021.
7. Construction workers embrace the robots that do their job. 2020. Wired. Verkkojulkaisu. <Construction Workers Embrace the Robots That Do Their Jobs | WIRED>. Luettu 28.3.2021.
8. Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä. 2019. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf>. Luettu 28.9.2020.
9. Infrakit – cloud for infra projects. Infrakit Oy. Verkkojulkaisu. <<https://infrakit.com/fi/tuote/>>. Luettu 15.4.2021
10. Kivimäki, Teemu. 2021. Infrakit Oy. Teemu Kivimäen esitys Infrakit-päivä seminaarissa 17.02.2021.
11. Halmetoja, Esa. 2016. Tietomallit ylläpidossa, raportti 2016-09-21. Senaattikiinteistöt. Julkaistu senaattikiinteistön -verkkosivuilla <https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf>. Luettu 7.3.2020.

12. Bhargav, Dave. Koskela, Lauri. Kiviniemi Arto, Tzortzopoulos Patricia. 2013. Implementing Lean in construction; Lean construction and BIM. Ciria C725. PDF-dokumentti julkaistu verkko-osoitteessa <<https://eprints.qut.edu.au/71034/1/71034.pdf>>. Luettu 30.03.2021
13. Au, Stephen. IPD, Lean Construction & iBIM. 2013. The Hong Kong Polytechnic University. Verkkojulkaistu <https://www.slideshare.net/StephenAu/lean-construction-bim?from_action=save>. Luettu 30.03.2021.
14. Heilala, Anni. Tietomallipohjainen kustannuslaskenta infra-alalla. Tiedonsiirto kustannuslaskenta- ja suunnittelujärjestelmien välillä. 2020. Väylävirasto. Julkaistu Väyläviraston verkkosivuilla <<https://www.doria.fi/handle/10024/180246>>. Luettu 10.3.2021.
15. Mitä on koneohjaus. Julkaistu Novatron Oy verkkosivuilla <<https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>>. Luettu 9.3.2021
16. Toppi, Pasi. Mallipohjaisen rakennustyömaan mittausohje, versio 1.1. Novatron. Julkaistu Novatronin verkkosivuilla <<https://novatron.fi/wp-content/uploads/2019/06/Mallipohjaisen-rakennusty%C3%B6maan-mittausohje-v1.1.pdf>>. Luettu 9.3.2021
17. Paikannuspalvelujen periaate. Maanmittauslaitos. Julkaistu Maanmittauslaitoksen verkkosivuilla <<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/paikannuspalvelu/paikannuspalvelun-periaate>>. Luettu 10.3.2021.
18. Mikä on Trimnet VRS -tukiasemaverkko? Geotrim Oy. Julkaistu Geotrim OY:n verkkosivuilla <<https://geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs/>>. Luettu 10.3.2021