



Urakoitsijoiden kokemuksia inframallin käytöstä

Sanna Liukkonen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

LIUKKONEN SANNA:

Urakoitsijoiden kokemuksia inframallin käytöstä

Opinnäytetyö 60 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Toukokuu 2021

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää urakoitsijoiden kokemuksia ja näkemyksiä inframallin käytöstä työmaalla, jotta suunnittelijat voisivat laatia urakoitsijoita paremmin palvelevia inframalleja. Tavoitteena oli selvittää, millaisia resursseja yrityksillä on inframallin käyttöä varten, minkälaista tietoa urakoitsijat mallilta tarvitsevat ja millaista yhteistyötä he suunnittelijoilta toivovat.

Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuusselvitystä ja urakoitsijoille tehtyä haastattelututkimusta. Teoriaosuudessa tutustuttiin inframallinnusta ohjaaviin ohje-lukaisuihin ja selvitettiin inframallin nykytilaa. Haastattelututkimuksessa selvitettiin laajasti urakoitsijoiden ajatuksia inframallin käytöstä, sen tarjoamista hyödyistä ja haasteista sekä tulevaisuuden näkymistä. Suunnittelijoiden näkökulmaa inframallin laatimiseen selvitettiin A-Insinööreille tehtyjen haastattelujen kautta. Opinnäytetyön tilaajana toimi A-Insinöörit Civil Oy.

Avoimia haastattelukysymyksiä lähetettiin 26 urakoitsijalle ja vastauksia saatiin 14 kappaletta. Haastattelut toteutettiin joko Microsoft Teams-keskusteluina tai kirjallisesti sähköpostin välityksellä. Saadut vastaukset koottiin yhteen ja analysoitiin. Tulokset ja niiden yhteenveto on kirjoitettu tähän opinnäytetyöhön.

Urakoitsijoiden mielestä inframallin käytön suurimpia hyötyjä olivat työn tehokkuuden kasvaminen ja työn tarkkuuden parantumisesta johtuva kustannustehokkuus. Haasteita urakoitsijoille aiheuttivat malleissa olevat puutteet ja virheet sekä mallin oikeellisuuden todentaminen. Inframallinnushankkeessa mukana olevilta suunnittelijoilta urakoitsijat toivoivat avointa keskusteluyhteyttä sekä yhteisten pelisääntöjen sopimista. Tulevaisuudessa inframalleja voitaisiinkin räätälöidä suunnittelijan ja urakoitsijan välisen yhteistyön kautta paremmin urakoitsijoiden tarpeita vastaaviksi.

Asiasanat: inframalli, urakoitsija, suunnittelija, tietomalli, infrarakentaminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

LIUKKONEN SANNA:
Contractors' Experiences of Working with InfraBIM

Bachelor's thesis 60 pages, appendices 6 pages
May 2021

The purpose of this thesis was to find out the experiences and views of contractors of the use of InfraBIM (Infra Built Environment Information Model) on the construction site. This would help design engineers create models that serve the contractors better. The aim was to find out what kind of resources companies have for using the InfraBIM, what kind of information the contractors need from the model and what kind of co-operation they want from the designers.

The research methods used were literature review and interview research for the contractors. In the theoretical part, the instruction publications of InfraBIM were introduced, and the current state of infrastructure model was investigated. The interview survey examined the contractors' thoughts on the use of InfraBIM, and its benefits, challenges and future possibilities. The designers' perspective in developing the InfraBIM was clarified by conducting interviews with A-Insinööri. This thesis was ordered by A-Insinööri Civil Oy.

The open interview questions were sent to 26 contractors and 14 responses were received. The interviews were conducted live in Microsoft Teams, or in writing via email. The results were analysed and then summarised in this thesis.

According to the contractors, the biggest benefits in using the InfraBIM were increased work efficiency and cost efficiency due to improved work accuracy. Challenges for contractors were caused by deficiencies and errors in the models, as well as verification of the correctness of the model. The contractors wanted the designers to be involved in the InfraBIM project to have an open discussion and to agree on common rules of the game. In the future, InfraBIM could be tailored to better meet the needs of contractors through co-operation between the designer and the contractor.

Key words: InfraBIM, contractor, designer, BIM, infrastructure construction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	INFRAN TIETOMALLINNUS	9
	2.1 BuildingSMART Finland	9
	2.2 Inframallintamisen ohjeistuksen kolmikanta	9
	2.2.1 Yleiset inframallivaatimukset 2019	10
	2.2.2 Inframodel -tiedonsiirtoformaatti	11
	2.2.3 InfraBIM-nimikkeistö	12
	2.3 Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje.....	13
3	INFRAMALLI NYKYHETKESSÄ	14
	3.1 Elinkaariajattelu.....	14
	3.1.1 Mallit suunnittelusta rakentamiseen.....	15
	3.2 Tietomalliaineisto ja suunnitelmapiirustukset	17
	3.3 Inframallin kehityskulku Suomessa	17
4	TUTKIMUSMENETELMÄT	18
	4.1 Tutkimusmenetelmät suunnitteluun.....	18
	4.2 Tutkimusmenetelmät rakentamiseen	19
5	SUUNNITTELIJA JA INFRAMALLINNUS	21
	5.1 Inframallin ohjeistuksen tuntemus	21
	5.2 Suunnittelutyö inframallin laatimisessa	21
	5.2.1 Lähtötieto ja sen rajaavuus.....	21
	5.2.2 Lähtötietoon liittyvät haasteet ja epävarmuudet	23
	5.2.3 Suunnitelmamallin laatiminen	23
	5.2.4 Itselleluovutus.....	24
	5.3 Ohjelmistot ja tiedonsiirtoformaattit	25
	5.4 Hyödyt ja haasteet	27
	5.5 Yhteistyö rakentajan kanssa	28
	5.6 Tulevaisuuden näkymät	28
6	URAKOITSIJA JA INFRAMALLINNUS	29
	6.1 Perustietoa haastateltavista yrityksistä	29
	6.1.1 Haastateltavien työnkuvat ja inframallien käytön yleisyys ..	30
	6.1.2 Mallipohjaisuuden erityispiirteet.....	32
	6.2 Yritys ei käytä vielä inframallia työssään.....	32
	6.3 Inframallin ohjeistuksen tuntemus	33
	6.4 Suunnitelmakuvien tarpeellisuus.....	35
	6.5 Inframalli työmaajohtamisen tukena.....	36
	6.6 Koneohjausaineisto ja toteumamittaukset.....	36

6.7 Oleellinen tieto	39
6.8 Ohjelmistot ja tiedonsiirtoformaatit	41
6.9 Hyödyt ja haasteet	43
6.10 Yhteistyö suunnittelijan kanssa.....	44
6.11 Tulevaisuuden näkymät.....	45
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	47
LÄHTEET.....	52
LIITTEET	55
Liite 1. Haastattelu urakoitsijoille.....	55

LYHENTEET JA TERMIT

BIM	Englanninkielinen lyhenne rakentamisen tietomallintamisesta (Building Information Modelling)
InfraBIM	Englanninkielinen lyhenne, joka kuvaa rakennetun ympäristön tuotemallia, inframallia ja siihen liittyvien ympäristön ja rakenteiden tietoja.
koneohjausaineisto	Toteutusaineistosta muokattu työkoneiden koneohjausjärjestelmään soveltuva malli, jonka mukaisesti suoritetaan esimerkiksi kaivinkoneen kaivuutyö. Aikaisemmalta nimitykseltään koneohjausmalli.
kunnossapitomalli	Paikkaan sidottu inframalli, joka sisältää kunnossapidon kannalta olennaiset lähtötiedot infraomaisuuden tehokasta hallintaa varten. Toteutetut toimenpiteet päivitetään malliin. Aikaisemmalta nimitykseltään ylläpitomalli.
lausunto	Juridisesti sitova ja yksiselitteinen, kirjallisesti esitetty asiakirja.
mittausperusta	Hankealueelle rakennettu kiintopisteverkko, johon sidotaan kiinni työmaalla ja työkoneilla suoritettavat mitaukset sekä muun muassa mallipohjaisen laadunvarmistuksen toimenpiteet.
STk-hanke	Suunnittele-Toteuta-kehitä -vaiheinen urakkamuoto, jossa suunnittelija, tilaaja ja urakoitsija toimivat yhteistyössä hankkeen alusta lähtien.
tiedonhallintasuunnitelma	Kuvaa kuinka hankkeen tietomallinnus ja tiedonhallinta toteutetaan.
tietomalliselostus	Dokumentti, johon on kirjoitettu, miten mallinnus on suoritettu koko hankkeen aikana. Tietomalliselostuksen tulee sisältää selostukset erityispiirteistä ja poikkeamista, joita itse 3D-mallista ei voida havaita.
toteumamalli	Inframalli, joka kuvaa rakennuskohteen sellaisena kuin se on rakennettu.

viiteaineisto

Käsittää esimerkiksi viranomaislupia ja -päätöksiä, toisten konsulttien suunnitelmia sekä maastokäyntien valokuvia ja havaintoja.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli yleisellä tasolla tutkia urakoitsijoiden kokemuksia ja näkemyksiä inframallin käytöstä työmaalla, jotta suunnittelussa voitaisiin paremmin huomioida urakoitsijoiden tarpeet ja toiveet inframallia laadittaessa. Työn tavoitteena oli saada urakoitsijalta kokemusperäistä tietoa inframallin käytöstä sekä herättää keskustelua suunnittelijan ja urakoitsijan välille siitä, miten inframallinnusta voitaisiin yhdessä kehittää. Opinnäytetyön aihe muotoutui A-Insinöörit Civil Oy:n Tie- ja katusuunnittelun yksikössä, jossa yhdeksi työn tavoitteeksi määritettiin inframallinnusprosessin oppiminen ja ymmärtäminen.

Inframallintamisen aihealue on todella laaja, joten tässä työssä tutkittiin aihetta urakoitsijan ja suunnittelijan näkökulmista. Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuusselvitystä ja urakoitsijoille tehtyä haastattelututkimusta. Työn teoriaosudessa käytiin läpi inframallihankkeeseen keskeisesti vaikuttavat ohjelijat ja selvitettiin inframallin nykytilaa.

Urakoitsijoille tehdyllä haastattelututkimuksella selvitettiin laajasti urakoitsijoiden ajatuksia inframallin käytöstä, sen käyttöön liittyvistä hyödyistä ja haasteista sekä kehitysehdotuksista. Suunnittelijoille tehdyillä haastatteluilla saatiin tietoa inframallin suunnitteluvaiheista sekä suunnitteluun liittyvistä rajoitteista.

2 INFRAN TIETOMALLINNUS

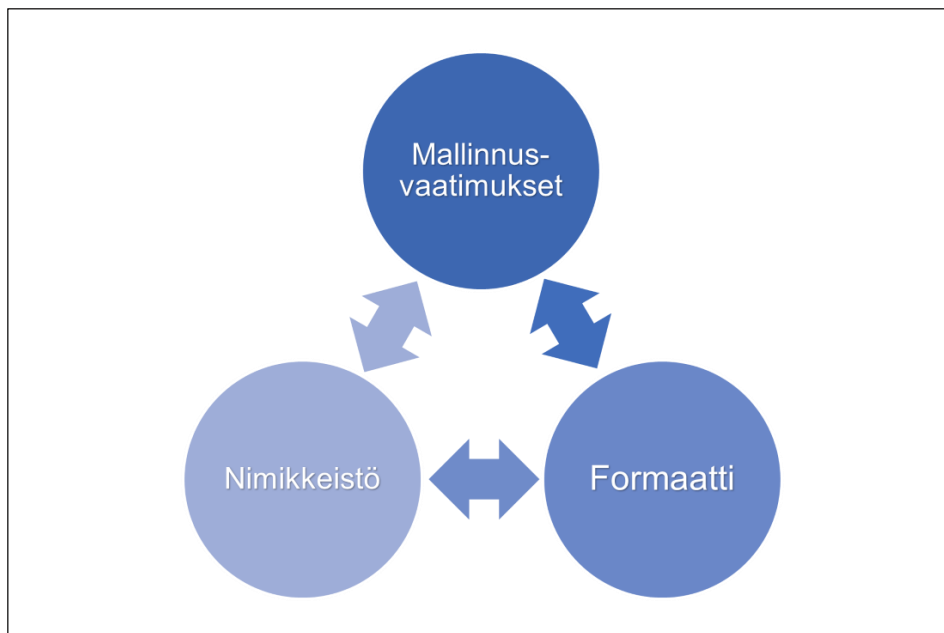
Tietomalli on kolmiulotteinen, digitaalisessa muodossa oleva rakennelma, joka sisältää rakennelmaan liittyvän ominaisuustiedon. Inframalli on infra-alalla käytetty termi, jolla tarkoitetaan tietomallia. (Väylävirasto a. n.d.)

2.1 BuildingSMART Finland

BuildingSMART Finland on yhteistyöfoorumi, jonka tavoitteena on jakaa tietoa tietomallintamisesta sekä tukea mukana olevia toimijoita tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa. Foorumin ovat muodostaneet suomalaiset infra- ja kiinteistöalan omistajat ja palvelujen tuottajat. Omistajien lisäksi yhteistyöfoorumin toiminnassa ovat mukana myös urakoitsijat, suunnittelijat, korkeakoulut ja yliopistot, ohjelmistotalot sekä muut rakennusalan yritykset. BuildingSMART Finland -yhteistyöfoorumi jakautuu neljään toimialaryhmään, jotka ovat Talo, Infra, Kaupunkisuunnittelu ja Koulutus. (BuildingSMART Finland a. n.d.)

2.2 Inframallintamisen ohjeistuksen kolmikanta

Infran toimialaryhmä osallistuu infra-alan tietomallintamisen ohjeistuksen ja standardien laadintaan niin kotimaassa kuin kansainvälisestikin (BuildingSMART Finland b. n.d.). Infran toimialaryhmä yhdessä BuildingSMART Finlandin kanssa vastaa Yleiset inframallivaatimukset -ohjejulkaisun julkaisemisesta ja päivittämisestä. Yleiset inframallivaatimukset -ohjeistuksesta käytetään myös lyhennystä YIV. YIV-ohjeet, InfraBIM-nimikkeistö ja tiedonsiirtoformaatit määrittelyineen muodostavat inframallintamisessa käytetyt yleiset vaatimukset ja ohjeet. Puhutaankin niin sanotusta tiedonhallinnan ”kolmikannasta” (kuvio 1). Inframallin tiedonhallinnan toimivuuden kannalta tulee tiedonhallinnan ”kolmikannan” osa-alueiden olla yhteneväiset ja kunnossa. (YIV 2019, 6.)



KUVIO 1. Inframallintamisen kolmikanta (BuildingSMART Finland 2021)

2.2.1 Yleiset inframallivaatimukset 2019

Vuonna 2019 päivitettyissä Yleisissä inframallivaatimuksissa on kuvattu inframallin elinkaari lähtötietoaineistosta suunnitteluun, rakentamiseen ja rakennetun todentamiseen. Käyttö- ja kunnossapitoa koskevien inframallivaatimusten ohjeistus on parhaillaan työn alla, joten tulevaisuudessa YIV-ohjeet tulevat kattamaan inframallin koko elinkaaren aina lähtöaineistosta purkuun tai kohteen uuteen suunnitteluun asti. (YIV2019, 6.)

YIV-ohjeissa on yleisen tekstin seassa sekä *vaatimus-* että *ohje-* osioita. Vaatimus-osiossa on kuvattu inframallin vähimmäisvaatimukset, jotka tulee ottaa aina huomioon infrahankkeiden mallinnuksessa ja mallien tietosisällöissä. Ohje-osioissa kuvatut käytännöt eivät ole ehdottomia vaatimuksia, mutta ne ovat hyväksi havaittuja toimintatapoja ja niiden käyttöä inframallihankkeissa suositellaan. BuildingSMART Finlandin Infran toimialaryhmä on koonnut YIV-ohjeiden perustaksi tämänhetkiset parhaat käytännöt ja se tulee kehittämään ohjeita aktiivisesti työvälineiden ja osaamisen kehittyessä. (YIV2019, 6–7.)

Yleiset inframallivaatimukset 2019 -ohjekokonaisuus koostuu seuraavista osiosta:

Osa 1. Yleinen osa

Osa 2. Lähtötietoaineisto

Osa 3. Suunnittelu

Osa 4. Rakentaminen

Osa 5. *Kunnossapito (päivitetään myöhemmin)*
(YIV2019, 8).

Yleiset inframallivaatimukset -ohjeisto on laadittu siten, että osassa 1. esitetään inframallinnuksen perusasiat käsitteineen sekä yleisellä tasolla projektin eri hankkeivaiheissa mallia koskevat ohjeet ja vaatimukset. Osissa 2–5 käydään läpi inframallihanketta koskevat tarkemmat vaatimukset ja ohjeet. (YIV2019, 8.)

2.2.2 Inframodel -tiedonsiirtoformaatti

Avoimia tiedonsiirtoformaatteja tarvitaan digitaaliseen muotoon tallennetun tiedon luovutusta ja jatkokäyttöä varten. Suunnitteluprosessin aikana tieto on tallennettuna tietokoneohjelmiston omassa tallennusmuodossa eli natiiviformaatissa. (YIV2019, 34.)

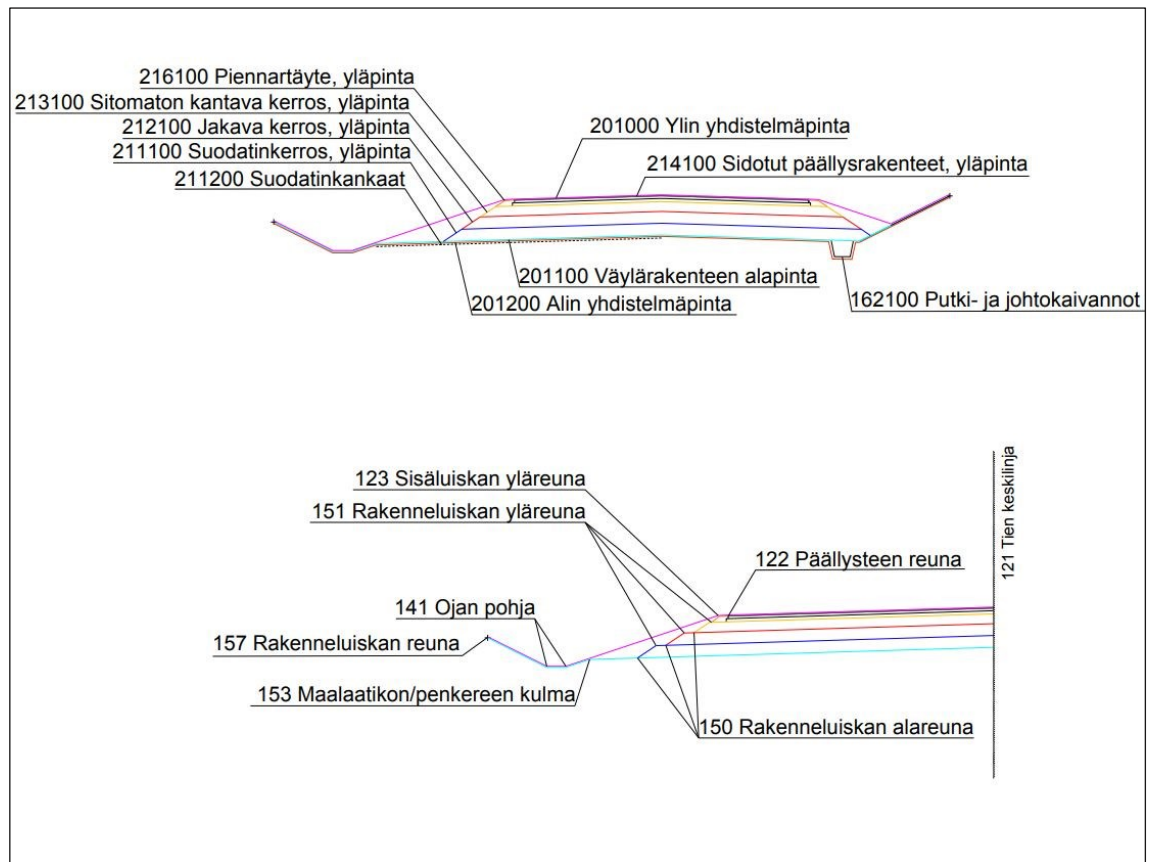
Suomessa infrarakenteiden avoimena tiedonsiirtoformaattina käytetään Inframodel (IM) -formaattia, jonka suomalaiset ovat kehittäneet kansainvälisen LandXML-standardin pohjalta. Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaatti julkaistiin helmikuussa 2018 käyttöönottoa varten. (Inframodel 4 -käyttöohje 2019, 1, 3.) Infran taitorakenne- ja siltapuolella käytössä on IFC (Industry Foundation Classes) -tiedonsiirtoformaatti (YIV2019, 35).

Inframodel -tiedonsiirtoformaattia voidaan hyödyntää sekä suunnittelussa että koneohjaus-, mittaus- ja mallintarkastussovelluksissa (Inframodel 4 -käyttöohje 2019, 1). Avoimet tiedonsiirtoformaattit eivät kuitenkaan vielä pysty siirtämään ja säilyttämään kaikkea oleellista tietoa. Tämän takia joudutaan tiedonsiirrossa käyttämään vielä joidenkin rakenteiden osalta ohjelmistojen natiiviformaatteja tai muita yleisiä tiedonsiirtoformaatteja. (YIV2019, 35.)

2.2.3 InfraBIM-nimikkeistö

InfraBIM-nimikkeistön tarkoituksena on ohjeistaa ja määrittää koko inframallihankkeen elinkaaren aikaiset infrarakenteiden ja -mallien numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Yhteisen inframallisanaston myötä väärinkäsitysten mahdollisuudet hankkeissa vähenevät. (YIV2019, 39.) InfraBIM-nimikkeistö on laadittu Infra2015-rakennusosanimikkeistön pohjalta (BuildingSMART Finland c).

InfraBIM-nimikkeistö sisältää katu-, tie-, rata- ja vesiväylien tyypilliset rakennepinnat. Lisäksi ohje kuvaa tyypilliset rakennepinnat myös vesihuolto- ja kuivatusrakenteista, vaikkakin vesihuollon osalta ohjeesta puuttuvat vielä kaivannon eri kerrokset. InfraBIM-nimikkeistössä tien rakenne esitetään rakennepintoina, jotka koostuvat nimetyistä taiteviivoista (kuvio 2). (InfraBIM-nimikkeistö 2019, 5.) YIV2019-ohjeiden mukaan kaikki inframallissa olevat kohteet eli objektit tulee kuvata InfraBIM-nimikkeistön tunnusten mukaisesti (YIV2019, 39).



KUVIO 2. Yksiajorataisen tien rakennepinnat (ylempi kuva) ja taiteviivat (alempi kuva) (1/3) (InfraBIM-nimikkeistö 2019, 7)

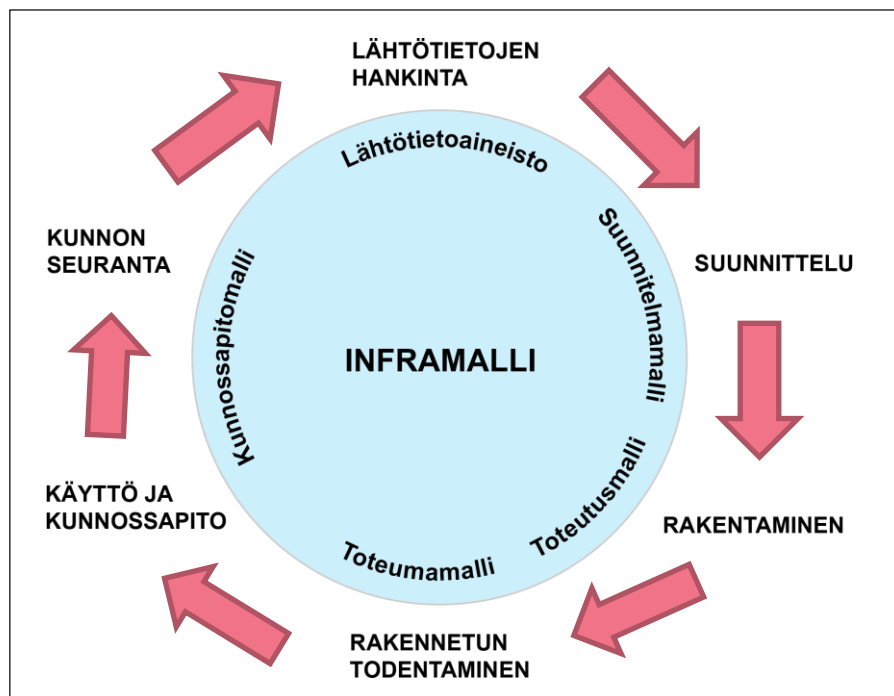
2.3 Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje

Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje on Liikenneviraston (nykyisin Väyläviraston) ohjejulkaisu vuodelta 2017. Ohjeessa kuvataan inframallin mallinnusprosessin vaiheita tie- ja ratahankkeissa, mutta sen mukaisia vakioituja mallinnuksen toimintatapoja voidaan käyttää hyväksi myös muissa hankkeissa. Ohje sisältää myös mallipohjaisen hankkeen minimivaatimustason sekä työkaluja hankeohjausta varten. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeen tarkoituksena on osaltaan tukea tilaajien ja palveluntarjoajien siirtymistä mallipohjaiseen toimintaan. (Liikenneviraston ohje 2017, 3, 12.)

3 INFRAMALLI NYKYHETKESSÄ

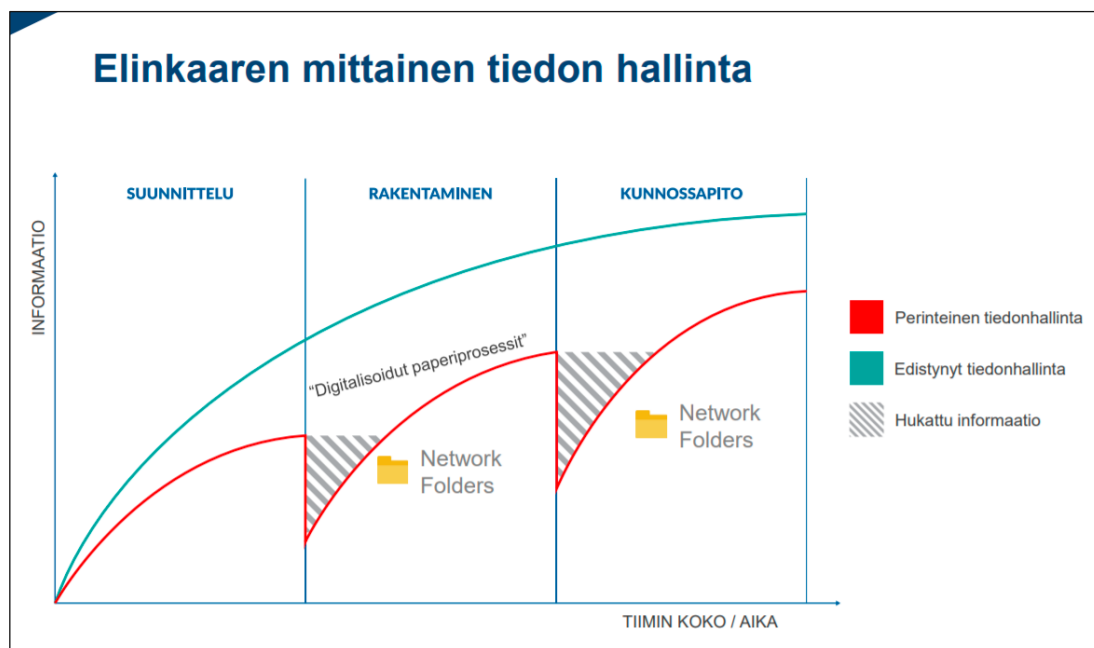
3.1 Elinkaariajattelu

Elinkaariajattelu on infra-alan kokonaisvaltaista ajattelua ja tiedon hallintaa, joka sisältää inframallin kaikki hankevaiheet lähtötietojen hankinnasta suunnitteluun, rakentamiseen, kunnossapitoon ja lopulta purkuun tai uuteen suunnitteluun (Vaismaa, K. 2020; YIV2019, 14). Kuviossa 3 on esitetty inframallin elinkaaren vaiheet (kuvio 3).



KUVIO 3. Inframallin elinkaari

Infra-alan digitalisaation työelämäprofessori Kalle Vaismaa Tampereen yliopistolta kirjoittaa Rakennuslehdessä, että Suomen infra-alan tuottavuusloikan toteuttamiseen tarvitaan elinkaariajattelua. Elinkaariajattelun myötä eri hankevaiheissa voitaisiin paljon enemmän pohtia sitä, millaisesta tiedosta seuraavat hankevaiheet hyötyisivät. Tiedonmäärä on valtava, mutta se on pilkottuna ja hajautettuna eri työvaiheiden ja yksiköiden välille. Jo olemassa olevaa tietoa hukataan runsaasti suunnittelu- ja rakentamisvaiheen sekä rakentamis- ja kunnossapito-vaiheiden välille syntyvissä rajapinnoissa (kuvio 4). (Vaismaa, K. 2020.)



KUVIO 4. Kun osa tietoa hukkuu hankevaiheiden rajapinnoissa, puhutaan tiedon siiloutumisesta (Kivelä, J. 2021)

Kuviosta 3 voidaan havaita, että pisin aika inframallin elinkaaren ajasta liittyy käyttö- ja kunnossapitovaiheeseen. Käyttö- ja kunnossapitovaiheen tiedon siirtyminen suunnittelu- ja rakentamisvaiheeseen edesauttaisi parempien ratkaisujen tekemistä tulevaisuudessa ja laskisi infrahankkeen elinkaaren kustannuksia. Ennen kaikkea kyse on yhteistyöstä. Kun tieto virtaa sujuvasti inframallin elinkaaren eri toimijoiden välillä, pystytään infrarakentamisen lopputuloksessa huomioimaan paremmin kaikkien osapuolten näkökulmat ja kestävä kehitys. (Vaismaa, K. 2020.)

3.1.1 Mallit suunnittelusta rakentamiseen

Inframallipohjainen rakennushanke aloitetaan yleensä lähtötietoaineiston kokoamisella ennen suunnittelun aloittamista. Suunnittelussa infrakohtetta lähdetään suunnittelemaan lähtötiedosta saadun nykytilakuvan perusteella. Lähtötietoaineistoa pidetään suunnitelman mukana koko hankkeen ajan ja sitä täydennetään jatkuvasti suunnittelun ja hankevaiheiden edetessä. (YIV2019, 16.)

Suunnitelmamalliksi kutsutaan suunnittelijoiden tekemää mallia, jossa esitetään infrakohteeseen ehdotetut suunnitteluratkaisut. Tarpeen tullen suunnitelmamalli

voidaan vaiheistaa esimerkiksi esi-, yleis-, väylä- (tie tai katu) ja rakennussuunnitelmamalleihin. Lisäksi suunnitelmamallia voidaan esittää eri tekniikkalajeihin jaettuna. (InfraBIM-sanasto 2014, 8.)

Yhdistelmämalli kootaan tuomalla eri osamalleja samaan inframalliin, jonka avulla voidaan tutkia eri tekniikkalajien keskinäistä yhteensopivuutta. Yhdistelmämallissa voidaan tehdä esimerkiksi törmäystarkastelut. Tarvittaessa yhdistelmämallista voidaan jatkokehittää esittelymalli viestintää ja markkinointia varten. (YIV2019, 13.) Suunnittelun rakennussuunnitelmavaiheessa laaditaan rakennussuunnitelmamalli (RS-malli), joka sisältää yksityiskohtineen kaikki infrarakentamisessa tarvittavat rakenneosat, rakenteet ja rakennekerrokset (YIV2019, 18).

Työmaaorganisaatio tekee suunnittelijalta saadulle RS-mallille tarkastuksen ja laatii työkohteelle toteutusaineiston RS-mallin ja suunnitteludokumenttien pohjalta. Toteutusaineisto sisältää muun muassa paikalleenmittausaineiston, toteutusmallin, työvaihemallinnukset ja koneohjausaineiston, joiden avulla infrakohte voidaan rakentaa. RS-malli voi olla myös suoraan toteutusmalli, jos työmaaorganisaatio ei lisää siihen lisätietoja. Toteutusvaiheessa RS-mallista kuitenkin käytetään nimitystä toteutusmalli. (YIV2019, 19.)

Koneohjausaineistoja käytävillä työkoneilla otetaan rakentamisen aikana toteutumamittauksia jo toteutetuista rakenteista. Tehtyjen toteutumamittausten perusteella voidaan todentaa tehdyn työn kelpoisuus laatuvaatimukseen ja suunnitelmiin nähden. Lisäksi työmaaorganisaatio voi toteutumamittauksia seuraamalla valvoa työn etenemistä ja rakenteiden mittatarkkuutta. (YIV2019, 124.)

Koneilla tehtävien toteutumamittausten lisäksi työmaaorganisaatio suorittaa mittalaitteilla YIV2019-ohjeiden mukaisia laadunvarmistusmittauksia, joilla se valvoo esimerkiksi työkoneiden ja työmaan tukiasemien perusteella tehtävien mittauksien paikkansapitävyyttä (YIV2019, 125–126). Valmiista työmaasta laaditaan digitaalinen luovutusaineisto, joka sisältää toteutumamallin ja -piirustukset sekä laadunvarmistusaineiston ja niihin liittyvän dokumentaation. Digitaalinen luovutusaineisto todentaa rakentamisen laadun ja se toimii lähtötietona rakentamista seuraavalle kunnossapitovaiheelle. (YIV2019, 128.)

3.2 Tietomalliaineisto ja suunnitelmapiirustukset

YIV2019 -ohjeiden mukaisesti inframallille tehdään laadunvarmistusta säännöllisesti niin alan yleisen ohjeistuksen kuin kunkin toimijan oman toiminnan osalta heidän oman laatujärjestelmänsä mukaan. Suunnitelmamallit tarkastetaan sekä esitarkastusvaiheessa että suunnitelmien ollessa valmiita. Laadunvarmistukseen liittyvässä tarkastuksessa käydään läpi suunnitelmien sisältö. Inframalli ja suunnitelmapiirustukset tukevat toisiaan suunnitteluratkaisujen esittämisessä. Näin ollen sekä mallipohjaisen aineiston että suunnitelmapiirustusten täytyy olla valmiita ja tarkastuksessa samanaikaisesti. (YIV2019, 106.)

3.3 Inframallin kehityskulku Suomessa

Suomessa aloitettiin vuoden 2000 alkupuolella kehittämään Inframodel -tiedonsiirtoformaattia. Vuosien 2006–2007 aikana Tiehallinto julkaisi 10 sivuisen Inframodel -ohjeen, joka ei kuitenkaan ollut vielä virallinen vaatimus. Yksi merkittävimmistä inframallintamisen kehityshankkeista Suomessa on ollut Infra FINBIM vuosina 2010–2013. Sen aikana kehitettiin Yleiset inframallivaatimukset 2014 ja ohjeistus Inframodel 3 -tiedonsiirtoformaatin käyttöönottoon. Infra FINBIM:in työtä jatkaa nykyään BuildingSMART Finlandin Infran toimialaryhmä. (Heikkilä, R. 2021; Schenkwein, M. 2021.)

Inframallinnuksen käyttäminen alkoi yleistyä rakennustyömailla 1.5.2014 lähtien, kun Liikennevirasto (nykyisin Väylävirasto) alkoi vaatimaan inframallinnuksen käyttöä kaikissa suunnittelu-, toteutus- ja parantamishankkeissaan (BuildingSMART Finland 2014). Vuoden 2017 aikana otettiin käyttöön Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaatti (Schenkwein, M. 2021).

Vuonna 2023 Suomessa siirrytään niin kutsuttuun Väylä-IFC-tiedonsiirtoformaattiin. Väylä-IFC-formaatti on parhaillaan kehitteillä, ja se on jatkoa kansainväliselle IFC 4.3 -tiedonsiirtoformaatile, joka laajenee infraan. Tämän myötä Suomessa kehitetty Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaatti jää pikkuhiljaa pois ja korvautuu Väylä-IFC:llä. (Schenkwein, M. 2021.)

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Tutkimusmenetelmät suunnitteluun

Suunnittelijan näkökulmaa inframallinnukseen lähestyttiin tekemällä A-Insinööreillä kolme haastattelua. Jukka Lahikainen on pitkän linjan kokenut maanmittausteknikko ja toimii A-Insinööreillä lähtötieto- ja tietomalliasiantuntijana. Lahikainen vastaa hyvin pitkälle suunnitelmamallien lähtötietoaineiston harmonisoinnista ja koonnista, sekä valmiiden rakennussuunnitelmamallien laadunvarmistuksesta. (Lahikainen, J. 2021.)

Antti Hattula on ammattikorkeakoulun käynyt rakennusinsinööri, joka toimii A-Insinööreillä pääasiassa väyläpuolen suunnittelijana. Hänen tekemistään töistä 90 % on tietomallipohjaisia. Hattula on toiminut suunnittelijana muun muassa Vt 4 Kirri-Tikkakoski STk-hankkeessa. (Hattula, A. 2021.)

Yhdyskuntatekniikan insinööriksi ja tietoliikennetekniikan ammattikorkeakouluinsinööriksi kouluttautunut Raila Heikkilä toimii A-Insinööreillä kehitysinsinöörinä. Heikkilän työnkuvaan kuuluvat muun muassa tie-, katu- ja väyläsuunnittelun mallinnuksen kehittäminen, Tekla Civilin kehittäminen ja tuki, muiden väyläsuunnitteluohjelmien tuki- ja kehitystyö sekä tarvittaessa hän osallistuu jonkin verran suunnitteluhankkeisiin. (Heikkilä, R. 2021.)

Suunnitteluhaastattelujen tarkoituksena oli saada kokonaiskuvaa inframallin laatimisesta aina lähtötietoaineistosta rakennustyömaalle menevään rakennussuunnitelmamalliin asti. Samalla haluttiin avata inframallin laatimisen suunnitteluvaiheita sekä kiinnittää huomiota siihen, millaisia haasteita suunnittelutyössä voi esiintyä.

Suunnittelijoille esitettiin osittain samoja kysymyksiä kuin urakoitsijoille. Heidän kysymyspatteristonsa kuitenkin laadittiin jokaisen oman työnkuvan mukaisesti, jolloin saatiin parhain tieto inframallin vaiheista suunnittelutoimistossa.

4.2 Tutkimusmenetelmät rakentamiseen

Urakoitsijoiden näkökulmaa inframallin käytöstä rakentamisessa selvitettiin haastattelututkimuksen kautta. A-Insinööreiltä haastatteluihin saatiin viisi yhteystietoa, joihin lukeutui kaksi kaupunkia ja kolme yritystä. Nämä kaikki saatiin mukaan haastatteluun. Haastattelututkimuksessa ei kuitenkaan esitetty kysymyksiä A-Insinöörien laatimien inframallien tai kohteiden pohjalta, vaan kysymykset inframalleista esitettiin yleisellä tasolla ilman esimerkkisuunnitelmia tai -kohteita.

A-Insinöörien ehdottamien yritysten ja kaupunkien lisäksi opinnäytetyön tekijä selvitti muun muassa Infra ry:n jäsenlistojen sekä Internetin kautta kaksikymmentä muuta yritystä, joille haastattelukysymykset lähetettiin. Yritysten valintaan vaikutti muun muassa maantieteellinen sijainti, yrityksen kokoluokka ja yrityksen soveltuvuus sellaisiin infrarakennusurakoihin, joiden suunnitelmapiirustukset A-Insinöörit olisivat voineet laatia.

Tavoitteena oli haastatella monipuolisesti erilaisia toimijoita, valtakunnallisia yrityksiä, keskisuuria yrityksiä sekä pienempiä alueellisia yrityksiä. Kaikkiaan haastattelukysymyksiä (liite 1) lähetettiin kaksikymmentäkuusi kappaletta kahteenkymmeneenviiteen yritykseen tai kaupunkiin, joista eteläisin sijaitsi Espoossa ja pohjoisin Rovaniemellä.

Haastattelu toteutettiin joko kirjallisesti sähköpostin välityksellä tai etähaastatteluna Microsoft Teams-ohjelman avulla. Yrityksiä lähestyttiin sähköpostilla, jonka mukaan oli liitetty word- ja pdf-muotoiset haastattelukysymykset. Viikon sisällä sähköpostin lähettämisestä yrityksiä lähestyttiin puhelinoitoilla, joissa selvitettiin yritysten vastaushalukkuutta haastatteluun. Puhelun aikana sovittiin, kumpi vastustapa haastateltavalle sopii paremmin ja tarvittaessa sovittiin haastatteluajat Microsoft Teams-palveluun.

Haastattelukysymykset muodostuivat avoimista kysymyksistä, joihin ei tarjottu valmiita vaihtoehtoisia vastauksia. Tällä tavoin pyrittiin saamaan vastauksia, jotka tulivat haastateltaville ensimmäisenä mieleen ja olivat heidän mielestään tärkeitä. Haastateltavien vastauksia ei myöskään haluttu ohjata liikaa jo valmiiksi mietityillä vastausvaihtoehdoilla.

Haastattelulomake (liite 1) oli jaettu osioihin 1, 2 ja 3. Osiossa 1 kysyttiin perusasioita yrityksestä sekä inframallinnusta ohjaavan ohjeistuksen tuntemusta. Osio 2 oli jaettu kysymysosoihin A, B ja C, joista haastateltava vastasi siihen osioon, jonka kuvaus vastasi parhaiten toteutusmallin käytön tasoa yrityksessä. Osiossa 3 oli mahdollista jättää vapaa kommentti aiheeseen liittyen.

5 SUUNNITTELIJA JA INFRAMALLINNUS

A-Insinöörien kehitysinsinööri Raila Heikkilä kertoo työskennelleensä tietomallin parissa ensimmäisen kerran jo vuonna 2007, kun Tekla Civilin ensimmäisiä malliominaisuuksia alettiin kehittämään. Heikkilä muistelee, että Tekla Civil -ohjelmiston Rakentamisen tuki -ominaisuus julkaistiin kesäkuun lopussa vuonna 2007. (Heikkilä, R. 2021.) Lähtötieto- ja tietomalliasiantuntija Jukka Lahikainen (2021) sanoo käyttäneensä tietomallia työssään vuodesta 2015 lähtien. Suunnittelija Antti Hattula on työskennellyt mallintamisen parissa alkuvuodesta 2018 lähtien (Hattula, A. 2021).

5.1 Inframallin ohjeistuksen tuntemus

BuildingSMART Finland -sivusto oli kaikkien haastateltujen suunnittelijoiden tuntema. Yleiset inframallinnusohjeet 2019 -ohjejulkaisu oli myös vastaajille tuttu, tosin yksi myönsi tuntevansa syvällisemmin vain ne osa-alueet, jotka koskettavat hänen omaa työtään. InfraBIM-nimikkeistöä suunnittelijat lukivat ahkerammin, koska sitä tarvitaan suunnitelmamallin laatimisessa. Haastatellut suunnittelijat tiesivät inframallin elinkaaren sisältyvät vaiheet, mutta paras tietämys heillä liittyi oman työnkuvan mukaiseen elinkaaren vaiheeseen, lähtötiedosta toteutusmalliin.

5.2 Suunnittelutyö inframallin laatimisessa

5.2.1 Lähtötieto ja sen rajaavuus

Inframallin suunnitteluprosessi lähtee käyntiin lähtötietoaineiston ja siihen tarvittavan materiaalin hankkimisella. Lähtötietoaineistoa voidaan saada esimerkiksi työn tilaajalta, hankkeeseen liittyviltä kunnilta, Väylävirastolta, ELY-keskuksilta, Maanmittauslaitokselta, Geologian tutkimuskeskukselta, eri laitteisto-omistajilta ja toisilta konsulteilta. Laitteisto-omistajia ovat esimerkiksi sähkö, maakaasu,

kunnallistekniikka ja tele. Konsulteilta saatava lähtötietoaineisto voi olla esimerkiksi pohjatutkimuksia tai eri viiteaineistoja. (Lahikainen, J. 2021.)

Tarvittavaa lähtötietoaineistoa saadaan muun muassa dwg-, pdf- ja LandXML-tiedostomuodoissa, Microsoftin Excel ja Word -tiedostoformaateissa, erilaisissa pohjatutkimus- ja mittausformaateissa sekä sähköpostilla. Sähköpostin kautta saatava tieto voi olla esimerkiksi lausunto. Malliin tarvittavaa lähtötietoaineistoa saadaan harvoin suoraan LandXML-tiedostomuodossa. Suoraan LandXML-tiedonsiirtoformaateissa saatava tieto on yleisimmin kuntien putki- tai viemäritietoa, joka on monesti peräisin edellisestä mallinnusvaiheesta. (Lahikainen, J. 2021.)

Operaattoritoimittajalta kaapelitieto tulee useimmiten 2D-muotoisena karttana tai valokuvana, jossa kuvan päälle on piirretty leveä viiva, jolta puuttuu tarkka korkeus- ja sijaintitieto. Yhdellä leveällä viivalla saatetaan kuvata useampaa kaapelia. Rakennussuunnitelmavaiheessa suunnittelija laskee kaapelin sijainnin annettujen syvyystietojen avulla sekä tekee putkille törmäystarkastelun. Tämän vuoksi kaapelien todellinen sijainti työmaalla ei välttämättä vastaa rakennussuunnitelmamallissa olevaa sijaintia. Samantyyppistä lähtötietoaineistoa saadaan myös muista putki- ja johtotiedoista, kuten vesi-, lämpö- ja sähköjohdoista. (Heikkilä, R. 2021.) Tiedusteltaessa haastateltavilta tulisiko esimerkiksi operaattoritoimittajan mallintaa kaapelit itse, suunnittelijat kokivat, että siitä olisi monessa asiassa paljon hyötyä.

Saatu lähtötietoaineisto kirjataan lähtötietoaineistoluetteloon sekä kansioidaan raaka-aineistoon YIV2019-ohjeiden mukaisesti. Sen jälkeen saatu lähtötietoaineisto harmonisoidaan digitaalisesti, jolloin tietoa muokataan ja yhdenmukaistetaan, jotta kaikki lähtötietoaineisto on samassa koordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä ennen suunnittelun aloittamista. Digitaalisesti harmonisoitu lähtötietoaineisto kansioidaan lähtötietoaineistoon ja samalla lähtötietoaineistoluettelo täydennetään loppuun. Näiden toimenpiteiden seurauksena lähtötietoaineisto löytyy kahdesta eri kansioista; Raaka-aine-kansiossa on harmonisoimaton lähtötietoaineisto ja Lähtötietoaineisto-kansiossa on harmonisoitu lähtötietoaineisto. (Lahikainen, J. 2021.)

5.2.2 Lähtötietoon liittyvät haasteet ja epävarmuudet

Heikkilä (2021) näkee, että suurimmat lähtötietoon liittyvät epävarmuudet ovat pohjatutkimustekijät ja erityisesti isoissa kaupungeissa joskus maanpintamalleina käytetyt likimallit. Likimalli on ilmakeilauksella tuotettu maanpintamalli, jota täydennetään suunnittelun edetessä täydennysmittauksilla. Suurissa kaupungeissa tapahtuu muutoksia koko ajan, jolloin myös maanpinta saattaa muuttua nopeasti lyhyessäkin ajassa. Tämä aiheuttaa tilanteen, jossa muutaman vuoden ikäinen likimalli saattaa olla jo vanhentunut. (Heikkilä, R. 2021.)

STk-hankkeessa työmaata suunnitellaan ja rakennetaan samanaikaisesti, mistä seuraa mahdollisuus, että alkuperäinen maastomallin pinta vanhenee suunnittelun edetessä kaivutöiden myötä. Tämä saattaa luoda tilanteen, jossa tietokoneen ruudulla näkyvä alkuperäinen maastomallin pinta ei vastaa enää nykyhetkeä. Muuttunutta maanpintaa voidaan rakennustyön aikana uudestaan keilata ja mitata, jolloin saadaan uutta, ajankohtaista tietoa suunnittelua varten. (Hattula, A. 2021.)

Lähtötietoaineistoja työkseen käsittelevä Lahikainen (2021) kokee lähtötiedon haasteiden liittyvän aikaisempaan korkeusjärjestelmien dokumentointiin. Vuodesta 2012 lähtien käytössä on ollut laajasti N2000-korkeusjärjestelmä. Tätä edelsi N60-korkeusjärjestelmä, jonka dokumentointi saattoi olla puutteellista. Osa suunnitteluun tarvittavasta lähtötiedosta on yhä muissa korkeusjärjestelmissä kuin N2000-järjestelmässä. Lisäksi hän mainitsee, että arkkitehdeiltä saatava lähtötietoaineisto tulee tarkastaa hyvin, koska varsin usein lähtökohtana ollut koordinaatistosijaintitieto on kadonnut, lähtötietoaineiston mittakaavaa on saatettu muuttaa tai itse lähtötietoaineistoa on voitu käänellä. (Lahikainen, J. 2021.)

5.2.3 Suunnitelmamallin laatiminen

Inframallin suunnittelu alkaa normaaleilla suunnitteluvaiheilla, joissa suunnitellaan väylän tai kadun geometriat, rakenne, kuivatus ja muut perusasiat. Suunnittelu tehdään aluksi perinteisessä 2D-muodossa. Kohde suunnitellaan ensin detaljitasolle asti, ja vasta sen jälkeen päästään laatimaan 3D-mallia hyvin tehdyn

suunnitelman pohjalta. Suunnitteluun ja mallinnukseen käytetään A-Insinööreillä Tekla Civil -ohjelmistoa. Teklasta saatujen 2D-suunnitelmakuvien jatkojalostus ja viimeistely tehdään AutoCAD -ohjelmistolla. (Hattula, A. 2021.)

Hattula kertoo, että suunnitelmamallia tehdessä pyritään aina keskustelemaan urakoitsijan kanssa siitä, mitä mallinnetaan ja mitä ei mallinneta. Esimerkiksi nykyisessä STk-hankkeessa muutettiin urakoitsijan aloitteesta jakavan kerroksen paksuus työn aikana, koska työmaalla haluttiin hyödyntää hiekasta rakennettu esikuormituspenker. Käytön aikainen kunnossapito huomioidaan suunnittelussa muun muassa kunnossapidon toimenpiteiden mahdollistamisena. Esimerkiksi reunakivien suunnittelussa on huomioitava, että aurauskalusto mahtuu auralaan kohteen. (Hattula, A. 2021.)

Suunnittelijat tekevät suunnitelmissa olevien putkien törmäystarkastelut. Tekla Civil sisältää myös ominaisuuden putkilinjojen törmäystarkastelua varten, mutta vielä toistaiseksi ohjelma vaatii ihmisen tarkastelemaan kohdetta. Tiedusteltaessa kuuluisiko suunnittelijan vai urakoitsijan laatia koneohjausaineisto työmaalle, Hattula vastaa, että tällä hetkellä usein urakoitsija laatii koneohjausaineiston työmaalle, koska urakoitsija tietää paremmin mitä ohjelmistoja ja tiedostoformaatteja aliurakoitsijat koneissaan käyttävät. (Hattula, A. 2021.)

Heikkilä näkee, että urakoitsija muokkaa työkoneisiin tehtävän koneohjausaineiston suunnittelijan tekemän rakennussuunnitelmamallin pohjalta. Urakoitsija voi tehdä malliin myös pieniä suunnitelmamuutoksia, jos se häneltä helposti onnistuu. Mallit, jotka on laadittu pohjatutkimusten perusteella arvioidun kallion pinnan mukaan, voitaisiin mallintaa vasta rakentamisen aikana todennettujen mittausten pohjalta. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi putkikaivannot ja siirtymärakenteet. (Heikkilä, A. 2021.)

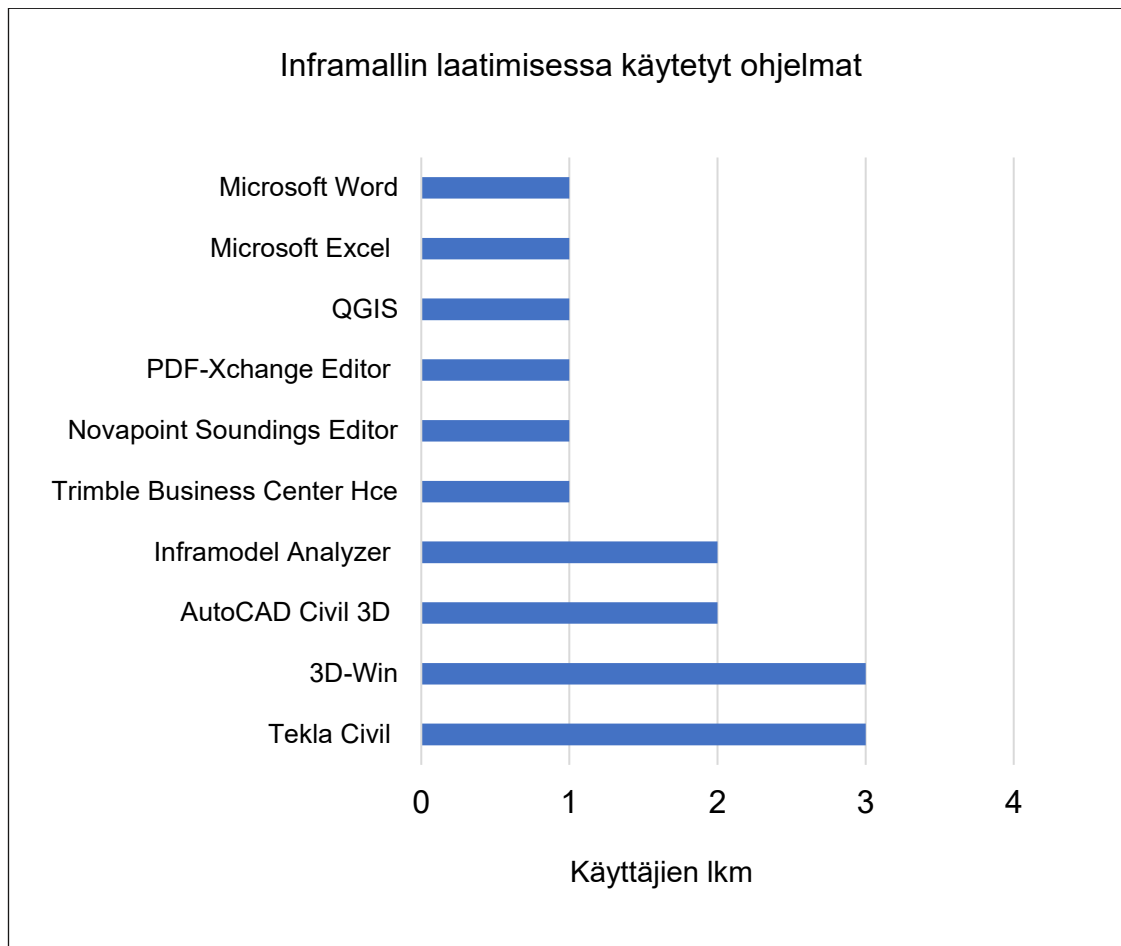
5.2.4 Itselleluovutus

Valmis rakennussuunnitelmamalli käy läpi sisäisen tarkistuksen, jolla malliaineiston ”oikeellisuus” tarkastetaan. Sisäisestä tarkistuksesta käytetään virallisemmin

nimeä itselleluovutus. Laadunvarmistusprosessiin liittyvä sisäinen tarkistus tehdään YIV2019-ohjeiden mukaisesti. Itselleluovutuksessa suunnitelmaa ja rakennussuunnitelmamallia verrataan toisiinsa ja tutkitaan, että ne ovat keskenään yhdenmukaiset. Suunnitelmamallille tehtävä mallitarkistus tehdään 3D-Win -ohjelmistolla. Jos rakennussuunnitelmamallista löytyy tarkistuksessa virheitä tai puutteita, aineisto palautetaan suunnittelijalle korjattavaksi ja itselleluovutus -tarkistus aloitetaan korjatun mallin myötä alusta. Sisäisen tarkistuksen yhteydessä täydennetään rakennussuunnitelmamallin tietomallilokia. Osana laadunvarmistusprosessia tulee laatia dokumentit tietomalliselostuksesta ja tietomallilokista. (Lahikainen, J. 2021.)

5.3 Ohjelmistot ja tiedonsiirtoformaattit

Kuvioon 5 on koottu suunnittelijoiden käyttämät ohjelmat, joita he tarvitsevat inframallinnukseen liittyvässä työssään (kuviokuva 5). Lähtötietoaineiston laatimiseen käytetään Microsoft Exceliä, AutoCAD- ja 3D-Win-ohjelmia, PDF-XChange editoria, QGIS-ohjelmaa kiinteistörajoihin liittyen sekä Novapoint Soundings Editoria pohjatutkimustietoa varten (Lahikainen, J. 2021). Suunnitteluun ja mallinnukseen käytetään Tekla Civil- ja AutoCAD-ohjelmia (Hattula, A. 2021). Laadunvarmistuksessa käytetään Tekla Civiliä, 3D-Winiä, Microsoft Wordia ja Exceliä. Inframodel Analyzer-palvelulla voidaan tarkistaa Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaatin tekninen oikeellisuus, mutta palvelun tarjoaja CivilPoint ei ota vastuuta palvelulla tehtävästä laadunvarmistuksen tarkistuksesta. Monipuolista Trimble Business Center Hce -ohjelmistoa käytetään esimerkiksi projektinhallinnassa ja projektipankkina. (Heikkilä, R. 2021; Lahikainen, J. 2021.)



KUVIO 5. Ohjelmat, joita suunnittelijat käyttävät inframallinnuksessa

Lahikainen (2021) kokee, että Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaatti toimii suunnittelussa ihan hyvin. Hattula on samoilla linjoilla, mutta harmittelee, että kaareva putkitieto muuttuu LandXML-muodossa vielä suoraksi putkeksi (Hattula, A. 2021). Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaatti toimii tavallisissa väyläpinnoissa oikein hyvin, mutta haasteita aiheuttavat suuremmat ja raskaammat aineistot, joiden avaaminen toisessa ohjelmassa on vaikeaa tai jopa mahdotonta. Tällaisia aineistoja ovat esimerkiksi suuret maanpintamallit. Heikkilä on myös havainnut, että mallinnetut pumppaamot eivät aina siirry ohjelmistosta toiseen Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaattissa, jonka seurauksena mallinnettuja pumppaamoita ei pidetä aineiston mukana. (Heikkilä, R. 2021.)

Tiedonsiirron toimivuudessa eri ohjelmistojen välillä on vielä kehitettävää, koska väyläpinnot eivät siirry ohjelmistosta toiseen, jos niiden suunnittelu on tehty eri suunnittelujärjestelmällä. Tämän seurauksena tiedonkulkuun eri suunnitteluvaiheiden välillä syntyy katkos. Ilmiöstä puhutaan myös nimellä tiedon siiloutuminen. Tiedonsiirron ongelmia löytyy myös avoimien tiedostoformaattien käytössä eri

ohjelmien välillä, esimerkiksi varusteiden tuonti ohjelmasta toiseen voi olla haastavaa. (Heikkilä, R. 2021.)

5.4 Hyödyt ja haasteet

Suunnitelmamallin laatimisen myötä suunnittelu tarkentuu ja suunnitteluratkaisujen laatu paranee, koska kolmiulotteisen mallitarkastelun myötä yllätykset vähenyvät ja useat haastavat paikat voidaan ratkaista jo suunnittelun aikana (Lahikainen, J. 2021; Heikkilä, R. 2021). Eri tekniikkalajien suunnitelmamalleille voidaan tehdä yhteensovitus ja törmäystarkastelu, joilla voidaan tarkistaa niiden yhteentoimivuus. Mallien yhteensovituksessa voidaan tarkastella esimerkiksi liittymiä, kunnallistekniikkaa ja olemassa olevia rakenteita. (Heikkilä, R. 2021.)

Tarkempien suunnitteluratkaisujen myötä kohteen määrälaskennat helpottuvat, ja ne vaikuttavat suoraan hankkeen massataloussuunnitteluun. Lisäksi kustannusarvioiden tarkkuus paranee mallipohjaisen suunnittelun avulla. (Lahikainen, J. 2021; Heikkilä, R. 2021.) Inframallin käyttämisen myötä myös tarvittava suunnitelmapiirustusten määrä tulee ajan kanssa vähenemään, ja pikkuhiljaa kaksiulotteiset piirustukset jäävät pois (Hattula, A. 2021).

Suunnitteluratkaisujen tarkentuminen inframallin myötä luo myös haasteita suunnitteluun, koska suunnittelun täytyy olla huomattavasti tarkempaa kuin kaksiulotteisessa suunnittelussa. Mallipohjaisessa suunnittelussa korostuu esimerkiksi rakenteen tarkempi sovittaminen kahden eri rakenteen vaihtumisen kohdissa. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelussa käytettävien lähtötietojen tulee olla tarkkoja ja mielellään mallipohjaisia, jotta suunnitelmien vaadittu tarkkuus voidaan toteuttaa. (Hattula, A. 2021; Heikkilä, R. 2021; Lahikainen, J. 2021.)

Kolmiulotteinen rakennussuunnitelmamalli on myös armoton tekijälleen, koska pienikin YIV2019-ohjeen vaatimusten vastainen virhe erottuu mallista nopeasti (Hattula, A. 2021). Tarkkojen suunnitelmamallien kehittymisen myötä myös suunnittelijan vastuu suunnitelmista kasvaa, kiteyttää Heikkilä (2021). Haasteita suunnitteluun ja suunnitelmamallien laatimiseen aiheuttavat myös erilaiset ohjelmistorajoitteet (Hattula, A. 2021).

5.5 Yhteistyö rakentajan kanssa

Suunnittelijat toivovat, että urakoitsijan kanssa voitaisiin hankkeen alussa käydä yhteiset pelisäännöt lävitse. Olisi hyvä, jos urakoitsija voisi kertoa suunnittelijalle millaista tietoa tarvitsee mallilta ja mitä ei. Tällöin voitaisiin keskustelun kautta käydä läpi, millaisiin asioihin mallintamisessa kannattaa erityisesti kiinnittää huomiota ja mitkä asiat ovat vähemmän tärkeitä. Heikkilä toivoo urakoitsijoilta myös palautetta siitä, millaisia A-Insinöörien tekemät mallit ovat työmaakäytössä, jotta suunnitelmamalleja voitaisiin kehittää paremmin urakoitsijoiden tarpeita palveleviksi. (Hattula, A. 2021; Heikkilä, R. 2021; Lahikainen, J. 2021.)

5.6 Tulevaisuuden näkymät

Tiedusteltaessa suunnittelijoilta, millaisena he näkevät tietomallin käytön suunnittelussa viiden vuoden päästä, Lahikainen uskoo, että mallintaminen on jo arkipäivää. Hän toivookin, että viiden vuoden päästä työmailla ei käytetä enää pape-riversioita suunnitelmista, ja Väylä-IFC-tiedostoformaatti on yleisesti infra-alalla käytössä. (Lahikainen, J. 2021.) Hattula toivoo, että suunnittelu voitaisiin tehdä suoraan kolmiulotteisesti. Hän myös uskoo, että mallitiedostot sisältävät huomattavasti enemmän dataa kuin nyt. (Hattula, A. 2021.)

Heikkilä seuraa mielenkiinnolla keskustelua kunnossapidon malleista, kuinka niitä edistetään ja kuinka paljon niille mahdollisesti on käyttöä kunnossapidon puolella. Ohjelmistotuottajilta hän odottaa selkeitä ja helppokäyttöisiä ohjelmia, joiden avulla projekteihin liittyvät eri osapuolet saadaan mukaan katsomaan tietomalleja. Helppokäyttöisten ohjelmien myötä mallien tarkastelu, yhteensovittaminen ja hyödyntämisen mahdollisuudet kasvaisivat projektien kaikilla osa-alueilla. (Heikkilä, R. 2021.)

6 URAKOITSIJA JA INFRAMALLINNUS

Haastatteluvastauksia saatiin neljätoista kappaletta kolmestatoista eri yrityksestä, joista kaksi oli kaupunkeja. Yhdestä yrityksestä saatiin sekä tietomalliasiantuntijan että mittaustyönjohtajan haastattelut. Tämä saattaa joissakin kysymyksissä vaikuttaa hieman vastausten jakaumaan, koska yhteenvedot kysymyksistä muodostettiin kaikkien saatujen vastausten perusteella.

Haastatteluja saatiin sekä valmiina Microsoft Word-vastauksina, että etäyhteydellä Microsoft Teams-haastatteluilla, joissa haastattelija kirjoitti vastaukset Word-ohjelmaan haastateltavan nähtäväksi näytön jako -toiminnon avulla. Word-pohjaisia haastateltavan itse täyttämiä haastatteluvastauksia saatiin seitsemän kappaletta ja Microsoft Teams-haastatteluja pidettiin seitsemän kappaletta.

6.1 Perustietoa haastateltavista yrityksistä

Haastatteluihin vastasi viisi valtakunnallista yritystä ja vastauksia saatiin kuudelta eri maantieteelliseltä alueelta. Kaikista haastatelluista yrityksistä kolme toimi pääsääntöisesti Pirkanmaan alueella. Pienimmässä yrityksessä työskenteli 18 henkilöä ja suurimmassa 1626 henkilöä. Yritysten kokoluokat henkilökunnan määrän perusteella luokiteltuina löytyvät taulukosta 1. Taulukossa ei ole huomioitu kaupunkeja.

TAULUKKO 1. Henkilökunnan lukumäärä haastateltavissa yrityksissä

Henkilökunnan lukumäärä	Yritysten lukumäärä
0–30	2
31–60	3
61–100	0
101–300	3
301–1000	2
1000 <	1

Haastatelluista yrityksistä ja kaupungeista kaksitoista rakensi ainakin osittain tietomallipohjaisesti. Haastatelluista yrityksistä ainoastaan yksi ei ollut vielä siirtynyt tietomallipohjaiseen rakentamiseen, mutta yrityksen aliurakoitsijoina toimivilla yrityksillä oli koneissaan koneohjausjärjestelmävalmiudet.

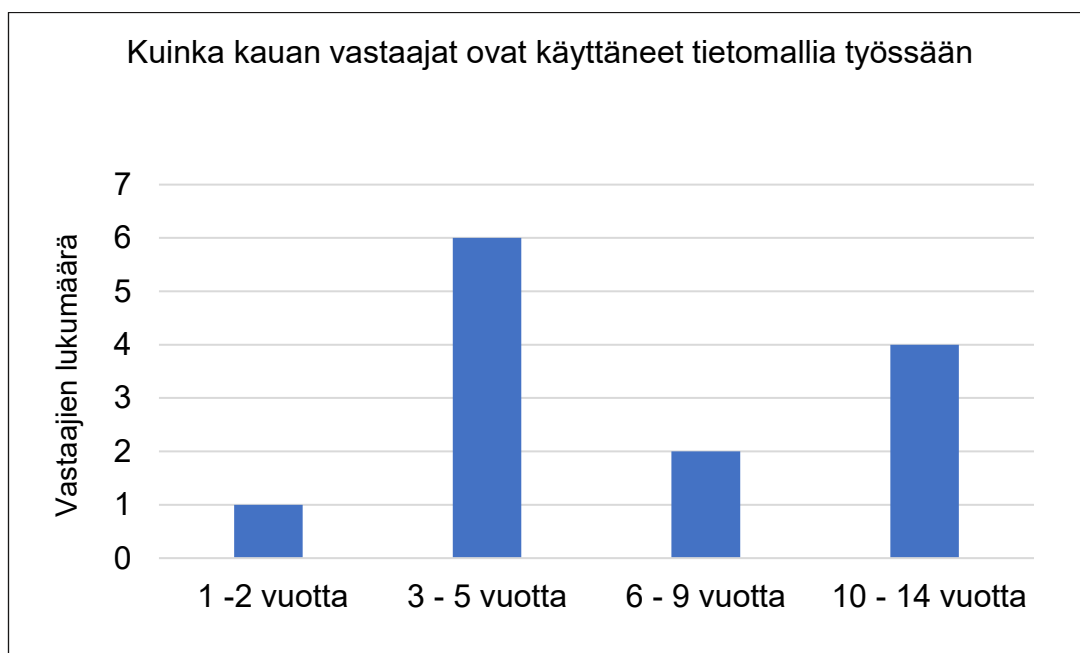
6.1.1 Haastateltavien työnkuvat ja inframallien käytön yleisyys

Haastattelututkimukseen saatiin monipuolisesti vastauksia työmaan eri työtehtävistä ja näkökulmista (taulukko 2). Haastateltavien joukossa on niin mittauspuolen osajaja, tietomalliasiantuntijoita kuin työmaata johtavia henkilöitä. Haastateluun vastanneiden toimitusjohtajien yrityksissä työntekijöitä on noin 25–40 henkilöä.

TAULUKKO 2. Haastattelututkimukseen osallistuneiden työnkuvat

Työnkuva	lkm
Työnjohtaja	2
Työmaapäällikkö	1
Työpäällikkö	1
Katurakennusinsinööri	1
Mittausyönjohtaja	2
Vastaava työnjohtaja / tietomallikoordinaattori	1
Mittauspäällikkö / tietomallikoordinaattori	1
Tietomalliasiantuntija / tietomallikoordinaattori	2
Mallinnuspäällikkö	1
Toimitusjohtaja	2
Yhteensä	14

Kuviosta 6 on nähtävissä, että suurin osa haastateltavista on käyttänyt inframallia työssään noin 3–5 vuoden ajan (kuvio 6). Lähes puolet vastaajista ovat käyttäneet inframallia työssään yli 6 vuoden ajan, ja heistä neljä yli 10 vuotta. Kuviosta on jätetty pois yritys, joka ei ollut vielä siirtynyt tietomallipohjaiseen rakentamiseen. Pilariin 10–14 vuotta on laskettu kaksi samasta yrityksestä saadun haastateltavan vastausta mukaan.



KUVIO 6. Vastaajille kertyneet työkokemusvuodet inframallin parissa

Tiedusteltaessa, kuinka monella työmaalla käytetään toteutusmallia, haastateltavat vastasivat hyvin eri tavoin, joten vastauksia ei pysty suoraan vertaamaan keskenään. Kolme haastateltavaa vastasi, että työmaista 90–100 % rakennetaan inframallipohjaisesti. Yksi vastaaja kertoi, että työmaista 70–80 % toteutetaan toteutusmallipohjaisesti. Toinen kommentoi yrityksen työmaista noin 50 % olevan inframallipohjaisia. Kolmas vastasi yrityksen rakentavan noin 50 % isoista työmaista mallipohjaisesti, mutta ei avannut vastauksessaan, kuinka monta työmaata yrityksellä kokonaisuudessaan on vuosittain.

Erään vastaajan mukaan tällä hetkellä työn alla olevista työmaista noin 60–70 % on inframallipohjaisia. Määrään sisältyy myös aliurakointina tehtävät kohteet. Kahden vastaajan mukaan mallipohjaisia työmaita on noin 20–30 % kaikista työmaista. Yhden haastateltavan mukaan yrityksellä on mallipohjaisia työmaita noin 10–20 kappaletta vuodessa. Toinen vastaajaa arvioi, että keskimäärin kolmella samanaikaisella työmaalla on käytössä inframalli, mutta vastauksessa ei kerrottu samanhetkisten työmaiden kokonaismäärää. Yksi vastaaja kertoi yrityksen alueellisen yksikön siirtyneen inframallipohjaiseen rakentamiseen viime vuonna, jolloin inframallipohjaisia työmaita oli noin viisi kappaletta. Tulevana vuonna inframallilla rakennettavien kohteiden määrää yrityksessä on tarkoitus kasvattaa.

6.1.2 Mallipohjaisuuden erityispiirteet

Haastateltavat eivät kokeneet, että olisi olemassa joitakin tiettyjä erityispiirteitä tyypilliselle mallipohjaisesti rakennettavalle työmaalle. Osa haastateltavista nosti esiin, että mallipohjaisuus on usein tilaajan käsissä. Tilaaja määrittää halutaanko mallia vai ei, ja jos halutaan, niin tilaaja määrittää millainen mallin tulee olla. Väylävirasto tunnustettiin mallipohjaisten töiden vahvana tilaajana. Useampi haastateltava kuitenkin totesi, että mallipohjaisuus liittyy yleensä isompiin työmaihin. Kaksi vastaajaa mainitsi yhteistyössä tehtävien ST-, STk- ja Allianssi-urakkamuotoisten hankkeiden rakentuvan yleensä mallipohjaisesti.

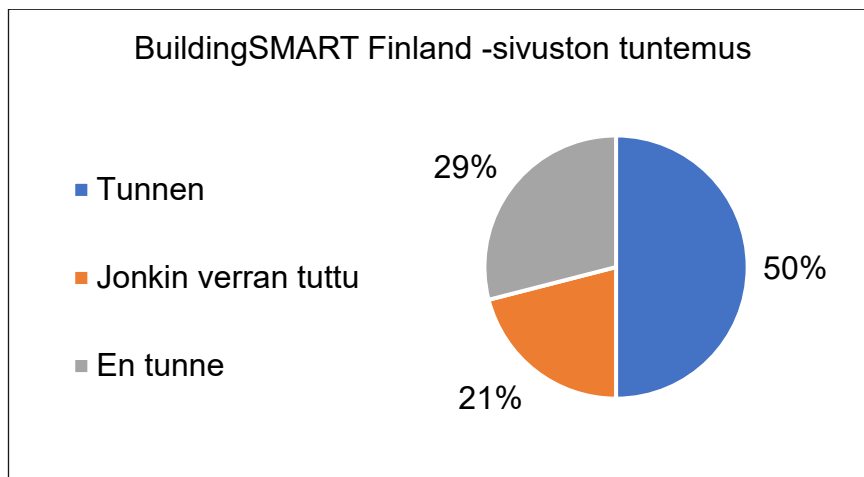
6.2 Yritys ei käytä vielä inframallia työssään

Yksi haastatelluista yrityksistä ei ollut vielä siirtynyt tietomallipohjaiseen rakentamiseen. Kuitenkin kahdelta hänen työmaillaan toimivalta aliurakoitsijalta löytyy koneista koneohjausjärjestelmät, ja joissakin isommissa urakoissa aliurakoitsijoilla on ollut koneohjausaineistot koneissaan käytössä. Perusteluksi, miksi yritys ei ole vielä siirtynyt inframallipohjaiseen rakentamiseen, haastateltava mainitsee työmaiden pienen kokoluokan sekä inframallilla rakentamiseen liittyvän korkean kustannustason.

Yrityksessä on toisinaan harkittu tietomallipohjaiseen rakentamiseen siirtymistä, mutta toistaiseksi tätä päätöstä ei ole vielä tehty. Urakoiden tilaajat eivät myöskään painosta yritystä siirtymään mallipohjaiseen rakentamiseen. Pääosa yrityksen urakoista on pientalojen perustusten maanrakennusurakoita, joissa tilaajana on yksityissektori. Vastaaja kuitenkin uskoo inframallin käytön lisääntyvän työmailla viiden vuoden kuluessa.

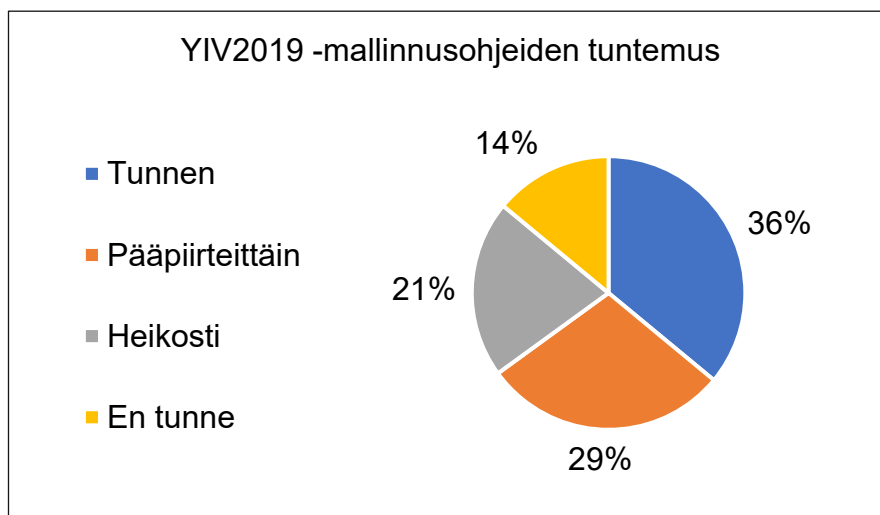
6.3 Inframallin ohjeistuksen tuntemus

Urakoitsijoilta kysyttiin haastattelulomakkeen ensimmäisessä osiossa heidän tuntemustaan infra-alan ohjeistuksesta sekä inframallin elinkaaren vaiheista. Samalla selvitettiin myös BuildingSMART Finland -sivuston tunnettavuutta urakoitsijoiden keskuudessa (kuvio 7). Lähes 70 % haastateltavista BuildingSMART Finland -sivusto oli edes jossain määrin tuttu. Vajaa kolmannes vastaajista ei tuntenut kyseessä olevaa Internet-sivustoa.



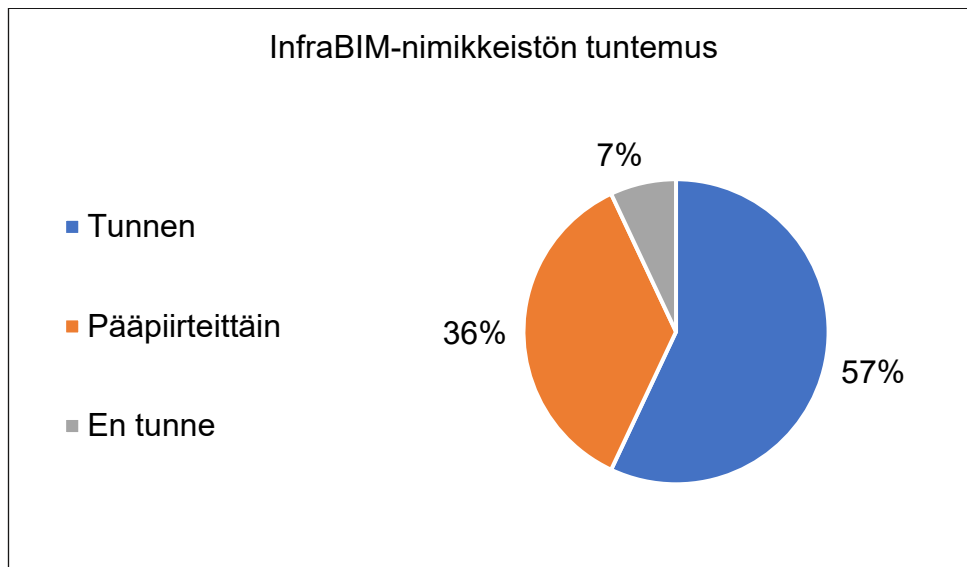
KUVIO 7. Haastateltavien BuildingSMART Finland -sivuston tuntemus

Kysyttäessä YIV2019-mallinnusohjeiden tuntemuksesta (kuvio 8) yli puolet vastaajista tunsivat ohjeet hyvin tai pääpiirteittäin. Noin viidesosalla mallinnusohjeiden tuntemus oli heikkoa ja 14 % vastaajista myönsi, etteivät he tunne ohjeita.



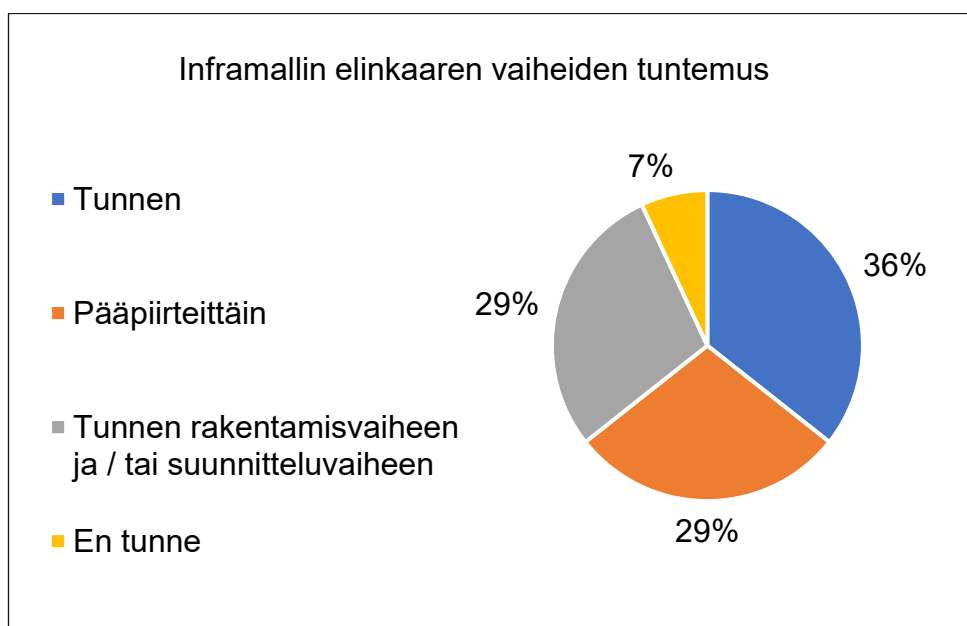
KUVIO 8. Haastateltavien tuntemus YIV2019-mallinnusohjeista

Suurin osa haastateltavista tunsi InfraBIM-nimikkeistön pääpiirteissään tai syvällisemmin (kuvio 9). InfraBIM-nimikkeistö oli tuntematon vain alle kymmenesosalle vastaajista.



KUVIO 9. Haastateltavien InfraBIM-nimikkeistön tuntemus

Haastateltavista noin kaksi kolmasosaa tunsi inframallin elinkaaren vaiheet vähintään pääpiirteittäin. Vajaa kolmannes tunsi parhaiten elinkaaren vaiheet, jotka koskivat inframallin rakentamisvaihetta ja / tai suunnitteluvaiheita (kuvio 10). Alle kymmenesosalle vastaajista elinkaaren vaiheet eivät olleet tuttuja.



KUVIO 10. Vastaajien tuntemus inframallin elinkaaren vaiheista

6.4 Suunnitelmakuvien tarpeellisuus

Haastateltavilta kysyttiin, tarvitseeko urakoitsija ja työmaa vielä koneohjausaineiston lisäksi pdf-muotoiset suunnitelmakuvat ja jos tarvitsee, niin mitkä ovat tärkeimmät suunnitelmakuvat. Vastaajista yksitoista oli sitä mieltä, että pdf-muotoiset suunnitelmakuvat ovat yhä tarpeellisia. Yksi vastaajista näkee, että mitaustyönjohtaja ei pdf-muotoisia suunnitelmakuvia tarvitse, mutta työmaa tarvitsee yhä 2D-muotoiset kuvat, tosin enemmän dwg-muodossa kuin pdf-kuvina.

Yhdessä vastauksessa todetaan, että pelkän mallinkin avulla päästään jo pitkälle, etenkin jos malliaineiston taustalla on käytettävissä kartta-aineistoa. Samainen vastaaja nostaa kuitenkin esille, että jossain tilanteissa pdf-karttojen avulla on yhä kätevä saada nopeasti kokonaiskuva kohteesta.

Pdf-muotoiset suunnitelmat ovat usein todella selkeitä ja siten palvelevat työmaakäyttöä hyvin. Lisäksi ne on monelle työmaahenkilöstössä toimivalle entuudestaan tuttu tapa esittää tietoa, summaa vastaava työnjohtaja ja tietomallikoordinaattori Matti Hannuksela Jyväskylän kaupungilta. (Hannuksela, M. 2021.)

Tärkeimmät pdf-muotoiset suunnitelmakuvat vastaajien mielestä ovat:

- Suunnitelmakartat
- Pituusleikkaukset
- Tyypipoikkileikkaukset
- Poikkileikkaukset
- Detaljit

Mainintoja saavat myös seuraavat kuvat:

- Kuivatussuunnitelma
- Mittaussuunnitelma
- Sähkökuvat

6.5 Inframalli työmaajohtamisen tukena

Haastateltavista viisi oli kokenut toteutusmallin käyttämisen ja tietomallintamisen tarjoamien uusien työkalujen helpottavan työmaajohtamisessa muun muassa työnsuunnittelua. Kaksi vastaaja kertoi käyttävänsä toteutusmallia apuna työhön perehdyttämisessä. Kolme haastateltavaa koki määrä- ja massalaskennan helpottuneen toteutusmallin myötä. Viiden vastaajan mukaan mallien avulla pystytään hahmottamaan ja tarkastelemaan rakennettavaa kohdetta paremmin työmaalla. Useampikin vastaaja näki dronen käyttämisen tuovan lisäarvoa työmaan toteutukselle. Dronea käytettiin muun muassa perehdyttämiseen, työmaan työvaiheiden seurantaan, tilannekuvan luomiseen ja työnaikaiseen liikenteenohjauksuunnitteluun. Uusia työkaluja käytettiin myös työmaan laadunvalvontaan.

Seitsemän vastaajista koki tietomallipohjaisuuden tuovan kustannus- ja aikataulusäästöjä kaivuutyöhön. Kuusi vastaajaa mainitsi työn tehokkuuden kasvun alentavan kustannuksia ja nopeuttavan työmaan läpivientiä. Vastaajista neljä koki mittaustyön helpottuneen ja aiheuttavan vähemmän työtä. Neljä haastateltavaa koki toteutusmallien käytön helpottavan työvaiheiden ja mahdollisten suunnitelmaristiriitojen ennakoimista ja siten vähentävän rakentamiseen liittyviä häiriöitä. Kolmen vastaajan mukaan työmaan massalaskennan tarkentuminen alentaa rakentamiskustannuksia.

6.6 Koneohjausaineisto ja toteumamittaukset

Kahdeksan yritystä kertoi käyttävänsä omaa tietomallikoordinaattoria tai tekevänsä koneohjausaineistot työmaalle itse. Yksi yrityksistä käyttää sekä omia että ulkoisia konsultteja, ja toinen kertoi yrityksen tytäryhtiön hoitavan mittaukseen ja mallinnukseen liittyvät työtehtävät työmaalla. Kolme yritystä käytti ulkopuolista palvelua koneohjausjärjestelmien ja toteumamallien teossa työmaillaan.

Urakoitsijoista kaksitoista oli sitä mieltä, että suunnittelijan kuuluisi laatia koneohjausaineisto työmaalle. Vastaajista vain yksi oli sitä mieltä, että koneohjausaineiston laatiminen kuuluu urakoitsijalle. Hän perusteli vastaustaan siten, että urakoitsijalla on paras tietämys siitä, millaisen mallin työmaa tarvitsee.

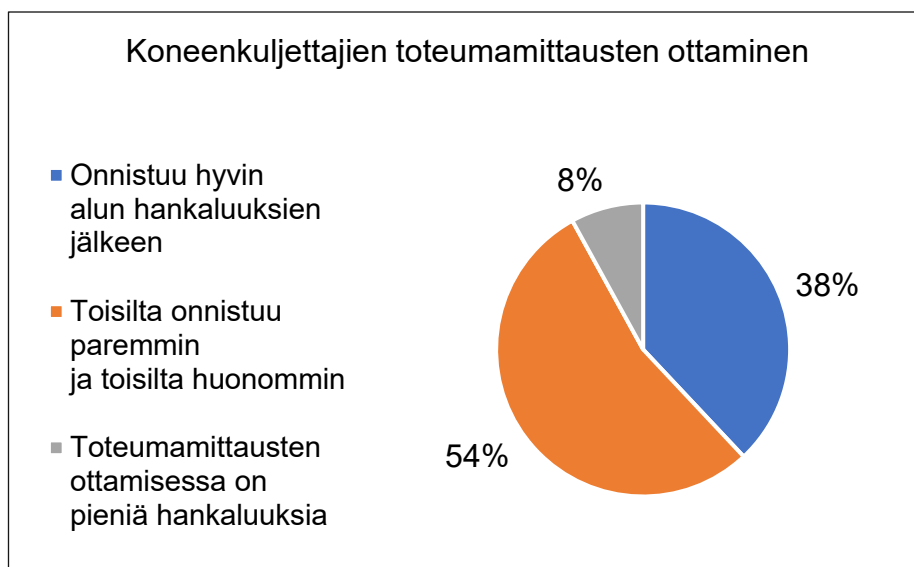
Kuusi vastaajaa toi kuitenkin esille sen, että urakoitsija osallistuu koneohjausaineiston laatimiseen yhteistyössä suunnittelijan kanssa muun muassa sopimalla yhteiset näkemykset siihen mitä malliin laitetaan, tarkistamalla koneohjausaineiston ennen käyttöä ja tarvittaessa yhdistelemällä esimerkiksi eri väylien toteutusmalleja samaan tiedostoon ennen mallin siirtoa koneisiin. Yhdessä vastauksessa todettiin, että pääsääntöisesti suunnittelija tekee koneohjausaineiston, mutta jos kohde on haastava, niin myös urakoitsija voi tehdä mallin.

Haastatelluista yhdeksän oli sitä mieltä, että koneenkuljettajan ammattitaito katsoa tilannetta tapauskohtaisesti työmaalla saattaa heikentyä koneohjausaineiston käyttämisen myötä. Neljä heistä näki, että tämä riski liittyi erityisesti nuoriin koneenkuljettajiin. Kuljettajat, jotka opettelivat kaivamaan ennen 3D-ohjausta, näkevät tilanteen tapauskohtaisesti myös ilman mallia, joten he huomaavat helpommin malleissa olevat virheet tai puutteet. Kuljettajat, jotka ovat opetelleet kaivamaan vain koneohjauslaitteiden aikana, eivät osaa katsoa mallin virheitä samalla tavalla kuin kokeneemmat kuljettajat. Kokemattomampi kuljettaja saattaa tehdä herkemmin kaivuutyössä virheen mallin virheen mukaisesti, toteaa työnjohtaja Oskar Dahlbacka Maanrakennus B. Dahlbacka Oy:stä. (Dahlbacka, O. 2021.)

Neljä haastatelluista oli sitä mieltä, että koneohjausjärjestelmän käyttö ei heikennä koneenkuljettajan ammattitaitoa. Tietomalliasiantuntija Heikki Lehkonen (2021) Skanska Infrasta ei koe koneenkuljettajien ammattitaidon heikentymisen riskiä merkittävänä, mutta hänen mielestään kuljettajien työmaahan perehdyttämisen yhteydessä tulee painottaa koneenkuljettajien velvollisuutta ilmoittaa työnjohtolle havaitsemistaan selkeistä ristiriidoista todellisuuden ja malliaineiston välillä. Yks vastaajista oli sitä mieltä, että koneohjausaineisto tukee kuljettajan ammattitaidon kehittymistä. Hänen mielestään koneenkuljettajan tulee kuitenkin omata terve kyseenalaistaminen malliaineiston oikeellisuutta kohtaan.

Haastattelussa selvitettiin myös koneenkuljettajien toteumamittausten onnistumista työmailla sekä koneenkuljettajien suhtautumista uuteen rooliin toteumamittausten ottajina. 38 prosenttia vastaajista koki, että toteumamittausten ottaminen

onnistuu koneenkuljettajilta hyvin alun hankaluuksien ja opetteluiden jälkeen (kuvio 11). Noin puolet vastaajista koki, että toteumamittausten ottamisen taso vaihtelee. Vastauksista kävi ilmi, että toisilta konekuljettajilta onnistuu toteumamittausten ottaminen todella hyvin ja toisia pitää yhä kouluttaa työtehtävään. Yksi vastaajista koki, että toteumamittausten ottaminen sisältää vielä pieniä hankaluuksia, koska useamman henkilön ottamat mittaukset eivät ole keskenään identtisesti samanlaisia.



KUVIO 11. Koneenkuljettajien toteumamittausten ottaminen on vielä opetteluvaiheessa

Neljä vastaajista kertoi koneenkuljettajien ottaneen uuden työtehtävänsä hyvin vastaan. Yhdessä vastauksessa mainittiin, että koneenkuljettajat ovat kokeneet koneohjauksen käyttämisen tuovan lisää mielenkiintoa työhön. Toteumamittausten tarpeellisuuden ymmärtäminen ja toteutumien ottaminen kehittyi merkittävästi, kun kuljettajat saivat työmaille apukartan osoittamaan mitattavat kohdat. Koneenkuljettajat hyödyntävät koneohjausjärjestelmän mittaustoimintoja usein myös oma-aloitteisesti, muun muassa ottamalla kartoitusmittauksia kaapelivarausputkien päistä, kertoo Hannuksela Jyväskylän kaupungilta. (Hannuksela, M. 2021.) Yksi vastaajista kertoi koneenkuljettajien kokevan pientä stressiä toteumamittausten ottamisesta, koska ”mittamiehen” rooli on uusi asia heidän työssään.

6.7 Oleellinen tieto

Haastateltavilta kysyttiin, mihin asioihin suunnittelija voisi kiinnittää enemmän huomiota toteutusmallia tehdessään. Neljä vastaajaa toivoi suunnittelijan kiinnittävän paremmin huomiota erilaisten liittymien mallintamiseen. Liittymien toivottiin olevan jouheita ja toimivia, joissa eri pintojen taiteviivat kohtaavat toisensa. Tällaisia taiteviivoja ovat esimerkiksi reunakivet, ojan pohjat ja päällysteen reunat. Huomiota toivottiin kiinnitettävän myös korkomaailman kohtaamiseen jo aikaisemmin rakennetun valmiin pinnan kanssa sekä eri mallien rajapintojen kohdistamiseen.

Kaksi vastaajista toivoi suunnittelijan kiinnittävän huomiota taiteviiva-aineiston pisteytyksiin. Pisteytyksien tulisi olla järkeviä ja selkeitä, minkä myötä kohteen hahmottaminen asemakuvasta katsottaessa olisi heti ymmärrettävämpi. Toisin sanoen ei laiteta pisteitä inframallissa sellaiseen kohtaan, missä ei tapahdu mitään muutoksia vaaka- tai pystygeometriassa. Sen sijaan laitetaan taiteviiva-aineiston pisteitä tiheämmin sellaiseen kohtaan, jossa tapahtuu muutoksia, selvittää mittaustyönjohtaja Sami Mäkelä Erkkiheikkilä Oy:stä. On muistettava, että jokainen inframallin taitepiste inframalliaineistossa on mahdollinen virhe, Mäkelä lisää. (Mäkelä, S. 2021.) Yksi vastaajista toivoi taiteviivojen toimittamista malliaineiston mukana, koska ne ovat harvoin saatavissa.

Kolme vastaajaa toivoi suunnittelijan kiinnittävän paremmin huomiota pinnan kolmiointiin mallissa. Yksi heistä toivoi suunnittelijan huomioivan kolmioinnin suunnat laatiessaan mallia. Toisen mielestä liian tiheitä kolmioita tulisi välttää. Kolmannen mukaan eri katujen yhteentoimivuutta voitaisiin tarkastella paremmin pintojen kolmioinnin avulla.

Kolme vastaajaa toi esille, että suunnittelijan olisi hyvä tarkistaa, että toteutusmalli sisältää kaiken tarpeellisen tiedon. Toteutusmallin ja pdf-kuvien tulisi olla sisällöltään samanlaisia, eikä niissä saisi olla eroavaisuuksia. Suunnittelijan pitäisi pitää huolta siitä, että toteutusmallit sisältävät aina viimeisimmän tiedon. Suunnitteluratkaisut, joita ei ole mallinnettu, mutta jotka vaikuttavat toteutusmallin osiin, tulisi kirjoittaa auki tietomalliselostukseen, summaa tietomallikoordinaattori Jero Juujärvi Kreatelta. (Juujärvi, J. 2021.)

Yhden haastateltavan mukaan inframallissa voi riittää joskus vähempikin yksityiskohtien viimeistely, jos työmaalla on kova kiire saada malli käyttöön ja tuotantoon. Kaksi vastaajaa ei osannut kommentoida kysymystä mitenkään. Kolme vastaajaa toivoi suunnittelijan kiinnittävän huomiota toteutusmallin yksinkertaisuuteen ja selkeyteen.

Kysyttäessä mitä suunnittelijan ei kannata mallintaa, haastateltavien vastaukset jakautuivat laajalle ja vastauksista oli vaikeampi löytää selkeitä yhtenäisiä näkemyksiä. Neljä haastateltavaa oli sitä mieltä, että mallikohtaiset tarpeet tulisi käydä läpi yhdessä työmaan kanssa ennen mallintamista. Kolme vastaajaa mainitsi rakenteet, joiden tulevaa tarkkaa sijaintia ei voida vielä varmasti määrittää suunnitteluvaiheessa. Tällaisia rakenteita olivat esimerkiksi siirtymärakenteet. Kahden vastaajan mielestä pikkutarkka detaljointi tulisi jättää pois.

Yksi vastaajista koki, että YIV-ohjeiden mukaan tehty tietomalli on toimiva ja riittävä. Toinen ei osannut sanoa kysymykseen mitään. Kolmas oli sitä mieltä, että rakenteen alle on turha mallintaa esimerkiksi putkitietoja, jos niihin ei liitytä, eivätkä ne tule kaivuutyössä esiin. Eräässä vastauksessa koettiin, että sellaisten alueiden mallintaminen, joissa menee paljon tunnettua ja tuntematonta putkea, ei juurikaan hyödytä rakentamistyötä.

Yhdessä vastauksessa mallien toivottiin olevan selkeitä ja toinen vastaaja toivoi suunnittelijan mallintavan vain sen verran, minkä osaa mallintaa hyvin alusta loppuun asti. Hänen mukaansa malliin ei tulisi jättää keskeneräisiä asioita.

Tiedusteltaessa urakoitsijoilta kuinka epävarman mallintamistiedon kanssa tulisi toimia, neljä urakoitsijaa vastasi, ettei malli saa sisältää lainkaan epävarmaa tietoa. Kaksi heistä toivoi mallintamatta jättämisestä merkintää tietomalliselostukseen. Yksi heistä oli sitä mieltä, että suunnitelma on tällöin keskeneräinen ja suunnittelijan tulisi selvittää tarvittava tieto ja täydentää se malliin, ennen mallin työmaalle toimittamista.

Haastattelussa urakoitsijoilta kysyttiin tulisiko epävarma tieto mallintaa vai jättää kohta työmaan päätettäväksi. Haastateltavista neljä oli sitä mieltä, että työmaan

tulisi päättää mallinnetaanko epävarma tieto vai ei. Viisi haasteltavista mainitsee, että oli tieto mallinnettu tai ei, niin siitä on tehtävä selkeä merkintä tietomalliselostukseen. Kuuden vastaajan mukaan epävarma tieto voidaan mallintaa, mutta sen epävarmuus tulee selkeästi käydä jostain ilmi. Kaksi haastateltavaa pitää epävarmaakin tietoa parempana kuin sitä, ettei tietoa olisi ollenkaan.

Laittaisin tiedon 0-korkoon tai avaisin tietomalliselostukseen, että tässä on liikkumavaraa, jonka työmaa voi päättää (Juujärvi, J. 2021).

Kysyttäessä toisiko tietomallin yläpinnan tarkemman ominaisuustiedon mallintaminen lisäarvoa työn toteutukseen, kahdeksan haastateltavaa vastasi kyllä. Heistä yksi kuitenkin koki, että inframallin yläpinnan tarkempi ominaisuustieto olisi tulevaisuutta ja tässä hetkessä olevat nykyiset suunnitelmakuvat ja malli riittäisivät vielä hyvin. Muut kyllä-vastanneet määrittelivät tarkemman yläpinnan mallintamisen hyödyiksi esimerkiksi pintarakenteiden pohjien rakentamisen suoraan mallin mukaan, ilman että tietoa tarvitsisi lähteä kaivamaan muualta.

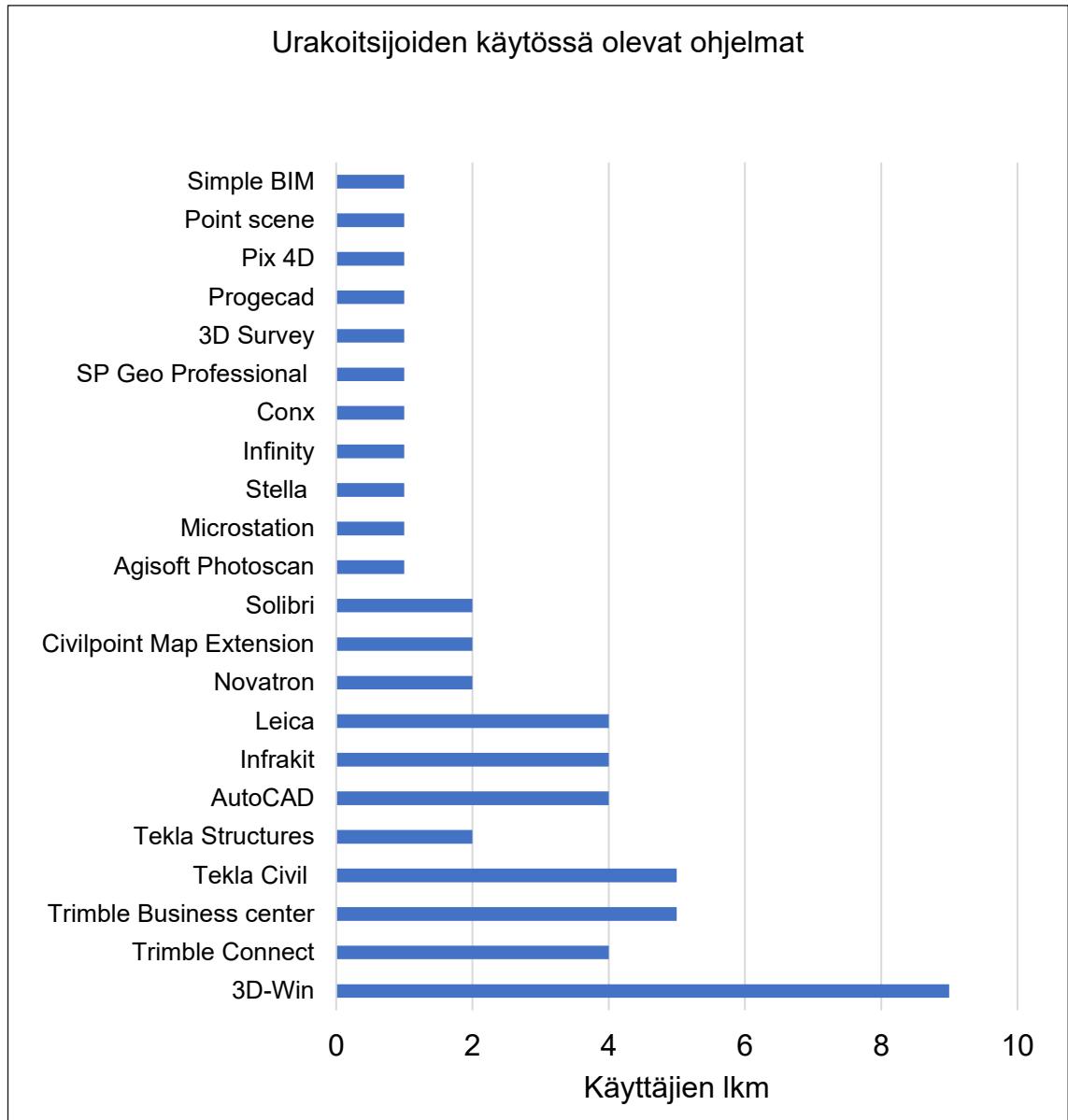
Kolme vastaajaa ei nähneet yläpinnan ominaisuustiedon lisäämistä vielä tarpeellisenä. Mittaustyönjohtaja Mäkelä kokee, että Suomen mallinnusosaaminen ei ole vielä riittävän pitkällä yläpinnan tarkemman ominaisuustiedon mallintamiseen. Hän kokeekin tärkeämpänä panostaa ensin työn lopputulokseen ja sisällön oikeellisuuteen ennen metatiedon lisäämistä. (Mäkelä, S. 2021.)

Kahden haastateltavan mukaan päätös tarkemmasta yläpinnan mallintamisesta tulisi jättää tilaajan tehtäväksi. Skanska Infran mittaustyönjohtaja Hannu Puran mielestä väyläpuolella ympäristörakenteiden tarkka sijainti ei ole niin merkityksellinen asia kuin vaikkapa taajama- ja katupuolella. Jos tilaaja kokee tarvitsevansa lopputuotteesta tarkemman yläpinnan ominaisuustiedon, niin silloin tieto on mallinnettava. (Pura, H. 2021.)

6.8 Ohjelmistot ja tiedonsiirtoformaattit

Haastateltavat käyttävät inframallintamisen myötä useita erilaisia ohjelmia työssään (kuvio 12). Ohjelmista selkeästi käytetyin oli 3D-Win, jota käytti yhdeksän vastaajaa. Toiseksi käytetyimmät ohjelmat haastateltavien keskuudessa olivat

Tekla Civil ja Trimble Business Center. Kolmanneksi käytetyimpiä ohjelmistoja olivat Leica, AutoCAD, Infrakit ja Trimble Connect.



KUVIO 12. Ohjelmat, joita haastateltavat käyttävät työssään inframalliin liittyen

Urakoitsijat tarvitsevat ohjelmia muun muassa erilaisten koneohjausjärjestelmien takia, jotta saatu malliaineisto voidaan muokata koneisiin sopiviksi. Eri ohjelmia tarvitaan myös projektinhallintaan, dronen käyttöön, taitorakenteisiin sekä tiedonsiirtoon eri ohjelmistojen välillä.

Eri ohjelmistojen välisen tiedonsiirron koettiin toimivan melko hyvin sen jälkeen, kun ohjelmistoja oli opittu käyttämään. Viisi vastaajaa oli sitä mieltä, että aloittelijalle tiedonsiirto on alussa aika haastavaa. Kolme vastaajaa mainitsi yleisten

avointen tiedonsiirtoformaattien toimivan hyvin. Hannuksela (2021) Jyväskylän kaupungilta kokee, että työn määrää lisäävät erityisesti eri koneohjausjärjestelmien tiedonsiirtoformaattit. Kreaten Juujärvi (2021) kokee tiedonsiirron toimivana, mutta uskoo, että olisi hyväksi saada jokaiseen ohjelmistoon laajempi formaattikattaus. Erkkiheikkilä Oy:n Mäkelä arvelee, että tiedostoformaattien ymmärtämisestä puhutaan aivan liian vähän. Hän näkeekin tulevaisuudessa tarpeelliseksi jakaa enemmän tietoa ja koulutusta aiheesta. (Mäkelä, S. 2021.)

Viisi vastaajaa kokee, että Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaatti palvelee työmaan tarpeita riittävästi. Vastaajista neljälle Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaatin käyttö oli vierasta, joten he eivät osanneet kommentoida tiedonsiirtoformaatin toimivuutta. Yksi vastaajista koki haasteena, että Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaattia ei voida käyttää vielä kaikilla laitteistoilla. Hänen mukaansa kansainväliset ohjelmistokehittäjät eivät panosta tarpeeksi Inframodel 4 -formaatin toimivuuteen. Kaksi vastaajista toivoi tiedonsiirtoformaatin edelleen kehittämistä, jotta sen käyttö olisi helpompaa.

6.9 Hyödyt ja haasteet

Tiedusteltaessa toteutusmallin käyttämisestä syntyviä hyötyjä infrarakentamisessa, vastaukset jakautuvat laajalle. Vastauksista voidaan päätellä, että hyödyt työmailla ovat todella moninaisia ja parantavat hankkeen läpivientiä kokonaisuudessaan.

Toteutusmallin käytöstä saatavat hyödyt:

- Työn tehostuminen ja nopeutuminen
- Aikataulusäästöt
- Kustannustehokkuus eri työvaiheissa ja materiaaleissa
- Mittaustyön helpottuminen
- Tarkkuuden parantuminen
- Kokonaisuus paremmin hahmotettavissa
- Laaduntarkkailun ja -seurannan helpompi toteuttaminen
- Ristiriitaisuuksien ennakointi ja niihin varautuminen
- Työnjohdon työn helpottuminen

- Työnjäljen tasalaatuisuus
- Työkohteen rakentaminen kerralla kuntoon
- Viestinnän parantuminen

Kysyttäessä haasteista, joita toteutusmallin käyttäminen rakentamisessa aiheuttaa, vastaajat kokevat asian hyvin eri tavoin. Haasteita on, mutta niistä ei nouse yhtä selkeää teemaa esiin.

Toteutusmallin käyttöön liittyvät haasteet:

- Mallit ja todellisuus eivät vastaa aina toisiaan
- Suunnittelijoiden itselleluovutuksessa suuria puutteita
- Epävarman tiedon erottaminen varmasta tiedosta
- Suunnitelmien ajantasaisuus
- Koneenkuljettajien toteutumamittausten ottamisessa on eroja
- Mallin oikeellisuuden todentaminen
- Malleissa olevien virheiden tunnistaminen ajoissa
- Koneohjausjärjestelmien mahdollisiin katvealueisiin varautuminen
- Työmaa odottaa seuraavaa mallia suunnittelijalta
- Digitaalisiin järjestelmiin liittyvät häiriötilat
- Mallintamisen taitavia tekijöitä on vielä vähän
- Mallien yhteensovittaminen ja törmäystarkastelut ovat puutteellisia

Yksi vastaajista oli sitä mieltä, että huonompikin toteutusmalli on parempi kuin ei toteutusmallia ollenkaan. Kaksi vastaajaa kokee, että ala vaatii vielä paljon oppimista tekijöiltään. Rakentamisen ammattitaitoon kuuluu kyky ymmärtää ja hahmottaa kokonaisuuksia. Tilannekohtaista kokonaishahmottamista tarvitaan, että havaitsee tarkassa mallissa olevan virheen ennen kuin rakentaa sen mukaisesti, kiteyttää toimitusjohtaja Ari Virtanen Maanrakennus Ahti Virtanen Oy:stä. (Virtanen, A. 2021.)

6.10 Yhteistyö suunnittelijan kanssa

Kaksitoista vastaajaa kaipasi toimivaa ja avointa keskusteluyhteyttä suunnittelijan kanssa mallintamishankkeissa. Avoimen keskustelun myötä voitaisiin käydä

muun muassa läpi, millainen malli kohteeseen laaditaan. Urakoitsijat toivoivat myös vuoropuhelua kohteen lähtötiedoista sekä suunnittelijan tekemistä suunnitteluratkaisuista. Paremman keskusteluyhteyden kautta suunnittelija voisi saada rakentamiskohteen urakoitsijalta myös hyviä ideoita työmaan jonkin kohdan toimivampaan ja edullisempaan ratkaisuun (Dahlbacka, O. 2021).

Destian mittauspäällikkö ja tietomallikoordinaattori Markku Palkama toivoi avointa keskustelua myös mallien tarkastustoiminnasta sekä inframalliluette-loista. Lisäksi hän mainitsee, että hyvin tehty tietomallisuunnitelma vähentää työmaan aikaisen keskustelun tarvetta. (Palkama, M. 2021.) GRK Infran mallinnuspäällikkö Krister Lönnberg olisi kiinnostunut tietämään paremmin suunnitteluohjelmissa olevista puutteista, eli mitä on vaikea mallintaa ja mistä on vaikea saada korkotieto. Hän mainitsee, että työmaa joutuu kuitenkin rakentamaan hankalankin kohdan, oli mallia tai ei. (Lönnberg, K. 2021.)

6.11 Tulevaisuuden näkymät

Tiedusteltaessa haastateltavilta millaisena he näkevät tietomallin käytön työmaalla viiden vuoden päästä, heistä kahdeksan uskoo tietomallinnuksen käytön lisääntyvän. Viisi vastaajaa uskoo työmaan henkilökunnan ammattitaidon ja osaamisen kasvavan mallinnuksen käytön suhteen, jolloin malli tulee olemaan osa yhä useamman työmaalla olevan päivittäisiä työtehtäviä. Kuusi haastateltavaa odottaa teknologioiden ja tietomallintamisen kehittyvän, ja helpottavan työmaan arkea sekä tarjoavan uudenlaisia ratkaisuja ja tapoja tehdä asioita. Kaksi vastaajista kokee, että tietomallien kehitys on osin jäänyt junnaamaan paikoilleen ja tähän toivottiin muutosta.

Vastauksissa on maininnat myös tekoälyä hyödyntävien itsenäisten laitteiden yleistymisestä työmailla, kiinnostus AR-lasien hyödyntämiseen sekä kolme vastaajaa odottaa tiedonsiirtoformaattien kehittymistä. Tällä hetkellä maarakentamisessa ja betonirakenteissa käytetään eri tiedostoformaatteja (Inframodel / IFC). Olisi toivottavaa, että tulevaisuudessa löydettäisiin sekä maarakentamiselle että betonirakentamiselle yhteinen toimiva formaattimuoto. Lisäksi olisi hyvä, jos eri

koneohjausjärjestelmät käyttäisivät tulevaisuudessa samaa avointa tiedonsiirtoformaattia. (Palkama, M. 2021.) Työnjohtaja Oskar Dahlbacka (2021) uskoo, että vielä joskus tulee aika, jolloin jokaisella infra-alalla toimivalla yrityksellä tulee olla tietomalli tai ulkoa ostettu palvelu, jos yritys haluaa pysyä infrarakentamisen kilpailussa mukana.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Urakoitsijoille tehdyn haastattelututkimuksen vastausten perusteella voidaan päätellä, että inframallin käyttö työmaarakentamisessa on yhä kehitysvaiheessa Suomessa. Mallien käyttäminen työmaalla on kasvanut viimeisen 10 vuoden aikana, mikäli tulkitsee asiaa kuviosta 6 vastaajille kertyneiden inframallin käytön työkokemusvuosien perusteella (opinnäytetyön s. 31).

Haastateltavien vastauksia toteutusmallin käytön yleisyydestä työmaalla ei voida eksaktisti vertailla keskenään johtuen vastausten moninaisuudesta, mutta vastauksista voi varovaisesti tulkita, että toisissa yrityksissä mallipohjaisuus on jo arkipäivää, kun taas toisissa yrityksissä vielä opetellaan mallipohjaisuudella rakentamista. Haastattelututkimuksessa pieneksi jääneen otannan perusteella ei voida tehdä yleistä päätelmää siitä, miksi jokin yritys ei ole vielä siirtynyt tietomallipohjaiseen rakentamiseen.

Mallinnushankkeita ohjaavan BuildingSMART Finlandin inframalliohjeistuksen tuntemus oli paikoin varsin hyvällä tasolla vastaajien keskuudessa. Parhaiten tunnettiin InfraBIM-nimikkeistö, mitä varmaan osaltaan selittää nimikkeistöön pohjaavien tunnusten käyttö mallin eri hankevaiheissa. Heikoin tuntemus vastaajilla oli YIV2019 -mallinnusohjeista, sillä noin 35 % tunsi ohjeet heikosti tai ei ollenkaan. Tätä voi ehkä hieman selittää ulkoisen palvelun käyttäminen työmaalla koneohjausaineistojen ja toteumamallien laatimisessa.

Pdf-muotoiset suunnitelmakuvat ovat yhä rakentajille merkityksellisiä työmaan etenemisen kannalta. Kaksiulotteisten suunnitelmakuvien tärkeys korostuu erityisesti detaljitason rakentamisessa ja haastavissa paikoissa. Lisäksi työmaahenkilökunta on vielä toistaiseksi tottuneempi lukemaan suunnitelmaratkaisuja kaksiulotteisesta kuvasta kuin pelkästään toteutusmallista.

Mallipohjaisen rakentamistyön haasteiksi vastaajat tunnistivat erilaisia liittymätyyppejä koskevat yhteensovituksen puutteet. Suunnittelijan onkin tulevaisuudessa mallia laatiessaan kiinnitettävä enemmän huomiota liittymäsuunnittelun

taiteviivojen kohtaamiseen sekä uuden rakenteen liittämiseen valmiisiin, jo olemassa oleviin pintoihin. Haastateltavat kokivat tärkeäksi myös sen, että suunnittelija tarkistaa suunnittelutyön lopuksi, että rakennussuunnitelmamalli sisältää varmasti kaiken rakentamistyössä tarvittavan tiedon. Lisäksi suunnittelijan toivottiin kiinnittävän enemmän huomiota inframallin tekniseen esitystapaan ja selkeyteen.

Suunnittelijat ja urakoitsijat toivovat kummatkin toisiltaan avointa vuorovaikutusta inframallihankkeissa. Yhteisten pelisääntöjen sopiminen hankkeen alkuvaiheessa, silloin kuin se urakkamuodosta riippuen on mahdollista, koettiin tärkeäksi. Suunnittelijat toivoivat saavansa urakoitsijoilta tietoa siitä, millä tavoin malli voitaisiin laatia paremmin urakoitsijoita palvelevaksi. Urakoitsijat toivoivat pääsevänsä vaikuttamaan siihen, millainen malli kohteeseen laaditaan. He toivoivat myös vuoropuhelua kohteen lähtötiedoista ja suunnittelijan tekemistä suunnitteluratkaisuista.

Suurimmiksi hyödyiksi inframallin käytöstä rakentamisessa urakoitsijat kokevat työn tehokkuuden kasvamisen ja työn tarkkuuden parantumisesta johtuvan kustannustehokkuuden. Haasteiksi inframallin käytössä koettiin malleissa olevat virheet ja puutteet, sekä mallin oikeellisuuden todentamisen. Epävarman tiedon mallintamisesta tai mallintamatta jättämisestä toivottiin selkeää mainintaa tietomalliselostukseen.

Haastateltavat uskoivat vahvasti inframallipohjaisen rakentamisen lisääntyvän työmailla tulevan viiden vuoden kuluessa. Urakoitsijat toivovat, että teknologiat ja tietomallintaminen kehittyvät, jotta inframallien käyttö osana rakentamistyötä olisi sujuvampaa ja tarjoaisi uudenlaisia ratkaisuja ja tapoja tehdä asioita. Inframallin käyttämisen myötä työmaan henkilökunnan ammattitaito ja osaaminen tulee kasvamaan, jolloin inframallin käyttö on tulevaisuudessa yhä isompi osa työmaahenkilökunnan päivittäisiä työtehtäviä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia millaisia kokemuksia ja näkemyksiä urakoitsijoilla on inframallin käytöstä työmaalla. Työn tutkimusmenetelmiksi valittiin kirjallisuusselvitys ja haastattelut. Valitut tutkimusmenetelmät osoittautuivat toimiviksi selvitystyön kannalta.

Työn teoriaosuus tehtiin tutustumalla inframallinnusta ohjaaviin keskeisiin ohje-julkaisuihin ja tutkimalla inframallinnuksen nykyhetkeä ja tulevaisuutta Internetin avulla ja erilaisiin seminaareihin osallistuen. Työn teoriaosuus on kirjoitettu kuvaamaan urakoitsijoille ja suunnittelijoille esitettyjen kysymysten taustoja.

Urakoitsijoiden haastattelututkimus tehtiin avoimilla kysymyksillä, jolloin haastateltavien vapaata ajatusvirtaa inframalliin liittyen saatiin yli 30 sivua. Vastausprosentti urakoitsijoille tehtyyn haastattelututkimukseen oli 54 %, joka on varsin onnistunut tulos. Urakoitsijoiden hyvään vastausprosenttiin vaikutti varmasti urakoitsijoiden tavoittelu puhelinsoitoilla kysymysten lähettämisen jälkeen, sekä etäyhteydellä tehtävän Microsoft Teams-haastattelun mahdollisuus. Useimmat haastattelututkimukseen osallistuneista urakoitsijoista kokivatkin aiheen mielenkiintoiseksi ja puhuivat siitä mielellään.

Suunnittelijoille tehtyjen haastatteluiden avulla pystyttiin luomaan käsitys siitä, miten suunnitelma muodostuu saadusta lähtötiedosta työmaalle luovutettavaksi rakennussuunnitelmamalliksi. Samalla saatiin tietoa siitä, millaisia haasteita suunnitelmamallin laatimiseen liittyy. Suunnittelupuolelle tehtävien haastattelujen kattavuutta olisi ehkä voitu parantaa tekemällä haastattelu myös inframallihankkeessa toimivalle projektipäällikölle.

Inframallinnus aihealueena on varsin laaja, joten opinnäytetyön viitekehystä täytyi pohtia ja selventää monta kertaa työn edetessä. Työn teoriaosuuteen on kirjoitettu kappale inframallin elinkaaresta, koska on tärkeää ymmärtää, miten suunnittelu- ja rakentamisvaihe asettuvat osaksi koko elinkaarta. Inframallin elinkaari-ajattelu on myös osa tulevaisuutta, joten sen tiedostaminen tulee kohtaamaan tulevaisuudessa jokaisen inframallin parissa työskentelevän niin suunnittelussa kuin työmaallakin. Kokonaisuudessaan työn aihealueen rajauksessa onnistuttiin melko hyvin.

Korona-aika sekä helpotti että vaikeutti opinnäytetyön tekoa. Useimmat inframallinnukseen liittyvät seminaarit järjestettiin etänä, joten niihin osallistuminen oli helppoa. Ilman koronaa urakoitsijakohtaiset haastattelut olisi ainakin osittain py-

rittä tekemään työmaalla vieraillemalla, jolloin mahdollisuus nähdä inframalli konkreettisesti työmaakäytössä olisi ollut parempi. Tämä ajatus jouduttiin kuitenkin hylkäämään koronarajoitusten vuoksi. Toisaalta haastattelut onnistuivat todella hyvin myös Microsoft Teams-ohjelman välityksellä, jolloin urakoitsijoiden kanssa pystyttiin sopimaan heille parhaiten sopiva haastattelu-aika.

Urakoitsijoille tehtävään haastattelututkimukseen olisi ehkä voitu laittaa enemmän valinnaisia vastausvaihtoehtoja avoimien vastausten sijaan. Tämä siksi, että jo pienestä määrästä haastatteluvastauksia saatiin todella iso sivumäärä, joten isomman vastausprosentin myötä myös saatu vastausaineisto olisi kasvanut merkittävästi. Tällöin vastausten läpikäyminen olisi vienyt huomattavasti enemmän aikaa. Lisäksi joistakin haastattelukysymyksistä saatujen vastausten yhteenvedon tekeminen oli haastavaa, koska vastaukset jakaantuivat niin laajalle alueelle.

Urakoitsijoille tehdyssä haastattelututkimuksessa on myös huomioitava, että haastateltavia yrityksiä ei jaettu erillisiin ryhmiin yritysten kokoluokan perusteella, vaan sekä pienten että isompien yritysten vastauksia tulkittiin samassa yhteydessä. Tämä siksi, että vastausmäärät per kokoluokka jäivät alhaisiksi ja aihealuetta lähestyttiin yleisen kehittämisen kannalta. Tämä saattaa osin vaikuttaa saaduista vastauksista tehtyyn yhteenvetoon. Lisäksi haastateltavien yritysten valinta olisi voitu suorittaa selkeämmin ja suoraviivaisemmin, jos aikaa haastattelujen tekemiselle olisi ollut enemmän.

Opinnäytetyön aloitus venyi helmi-maaliskuun vaihteeseen vuodelle 2021, koska ensin oli tärkeää saada töissä valmiiksi ensimmäinen oma inframallinnusprojekti. Jälkikäteen voi todeta, että koko inframalliprosessin omakohtainen läpikäyminen ennen urakoitsijoille ja suunnittelijoille tehtäviä haastatteluja, auttoi ymmärtämään paremmin inframallinnukseen liittyvää prosessia ja aiheita, joista haastateltavien kanssa keskusteltiin. Opinnäytetyön lopputulos olisi varmasti hyvin paljon erilaisempi, jos alla ei olisi ollut yhtä itse tehtyä inframallihanketta. Lisäksi selvitystyö -pohjaisen opinnäytetyön tekeminen vaati myös uuden opettelua ja epämukavuusalueelle menemistä.

Tulevaisuudessa inframallien käytön lisääntyessä rakentamistyömailla voitaisiin räätälöidä malleja paremmin tilaaja tai urakoitsija -kohtaisiksi. Haastattelututkimuksesta käy ilmi, että urakoitsijoilla on melko vahva näkemys siitä, millaisia malleja he työmaillaan tarvitsevat. Urakoitsijoiden osallistaminen mukaan inframallin laatimiseen jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa voisikin edistää inframallin laadun paranemista sekä työmaan läpivientiä. Suunnittelijan ja urakoitsijan olisi myös hyvä pyrkiä yhteistyöhön inframallin hankkeissa ymmärtäen toistensa työhön liittyvät rajaavuudet ja reunaehdot.

LÄHTEET

BuildingSMART Finland a. n.d. BuildingSMART Finland. Luettu 21.4.2021.
<https://buildingsmart.fi/>

BuildingSMART Finland b. n.d. Tietomallinnuksen avaimet haltuun. Luettu 21.4.2021.
<https://buildingsmart.fi/liity-jaseneksi/>

BuildingSMART Finland c. InfraBIM-nimikkeistö. Päivitetty 2019. Luettu 28.4.2021.
<https://buildingsmart.fi/infrabim/infrabim-nimikkeisto/>

BuildingSMART Finland 2014. Liikennevirasto edistää inframallintamisen käyttöönottoa. Julkaistu 20.3.2014. Luettu 30.4.2021.
<https://buildingsmart.fi/liikennevirasto-edistaa-inframallintamisen-kayttooottoa/>

BuildingSMART Finland 2021. YIV2019 pienet päivitykset julkaistu – kommentteja kerätään 16.4.2021 saakka! Julkaistu 30.3.2021. Luettu 28.4.2021.
<https://buildingsmart.fi/yiv2019-pienet-paivitykset-julkaistu-kommentteja-kerataan-16-4-2021-saakka/>

Dahlbacka, O. työnjohtaja. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 26.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Hannuksela, M. vastaava työnjohtaja ja tietomallikoordinaattori. 2021. Sähköpostiviestin liite. Haastattelu urakoitsijoille. Luettu 26.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Hattula, A. suunnittelija. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 15.4.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Heikkilä, R. kehitysinsinööri. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 16.4.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

InfraBIM-nimikkeistö 2019. BuildingSMART Finland. Päivitetty 19.8.2019. Luettu 8.5.2021.
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/08/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_721.pdf

InfraBIM-sanasto 2014. BuildingSMART Finland. Päivitetty 2014. Luettu 29.4.2021.
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_Sanasto_0-7.pdf

Inframodel 4 -käyttöohje 2019. BuildingSMART Finland. Julkaistu 1.4.2019. Luettu 28.4.2021.
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF_Infra_Inframodel4_kayttoohje_01042019.pdf

Juujärvi, J. tietomallikoordinaattori. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 29.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Kivelä, J. liiketoimintajohtaja. 2021. Älykäs tiedonhallinta suunnittelu- ja rakennushankkeissa. Assetpoint Oy. Luento. DigInfra 2.021-etäkoulutus.

Lahikainen, J. lähtötieto- ja tietomalliasiantuntija. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 15.4.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Lehkonen, H. tietomalliasiantuntija. 2021. Sähköpostiviestin liite. Haastattelu urakoitsijoille. Luettu 31.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Liikenneviraston ohje 2017. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Julkaistu 2017. Luettu 29.4.2021.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf

Lönnerberg, K. mallinnuspäällikkö. 2021. Sähköpostiviestin liite. Haastattelu urakoitsijoille. Luettu 26.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Maanrakennus T. Haavisto Oy. 2021. Sähköpostiviestin liite. Haastattelu urakoitsijoille. Luettu 25.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Mäkelä, S. mittausyönjohtaja. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 23.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Palkama, M. mittauspäällikkö ja tietomallikoordinaattori. 2021. Sähköpostiviestin liite. Haastattelu urakoitsijoille. Luettu 8.4.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Porvoon kaupunki, Kuntatekniikka. 2021. Sähköpostiviestin liite. Haastattelu urakoitsijoille. Luettu 9.4.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Pura, H. mittausyönjohtaja. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 7.4.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Raimo Asikainen Oy. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 1.4.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Tampere. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Savon Kuljetus Oy. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 25.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Tampere. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Schenkwein, M. tietomalliasiantuntija. 2021. Kansainvälisen standardoinnin uudet tuulet – mitä muutoksia ja mahdollisuuksia infra-alalle? Väylävirasto. Luento. DigInfra 2.021-etäkoulutus.

TerraWise Oy. 2021. Sähköpostiviestin liite. Haastattelu urakoitsijoille. Luettu 21.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Tampere. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Vaismaa, K. 2020. Infra-alan tuottavuusloikka vaatii elinkaariajattelua. Rakennuslehti. Luettu 29.4.2021.

<https://www.rakennuslehti.fi/blogit/infra-alan-tuottavuusloikka-vaatii-elinkaariajattelua/>

Virtanen, A. toimitusjohtaja. 2021. Microsoft Teams-haastattelu 26.3.2021. Haastattelija Liukkonen, S. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Väylävirasto a. n.d. Inframallit. Luettu 17.3.2021.

<https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit>

YIV 2019. Yleiset inframallivaatimukset 2019. BuildingSMART Finland. Julkaistu 2.5.2019. Luettu 22.4.2021.

https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf

LIITTEET

Liite 1. Haastattelu urakoitsijoille

Haastattelukysymykset koostuvat kolmesta eri osiosta. **OSIO 1.** on kaikille haastateltaville sama, jossa selvitetään perusasioita yrityksestä. **OSIOSSA 2.** vastataan joko kysymysosioon A, B tai C riippuen toteutusmallin käytöstä yrityksessänne. **OSIOSSA 3.** on mahdollista jättää vapaa sana.

OSIO 1. PERUSTIEDOT

Yrityksen nimi:

Haastateltavan nimi:

Asema:

Yrityksen liikevaihto:

Henkilöstön määrä:

1. Onko BuildingSMART Finland-sivusto teille tuttu?
2. Kuinka hyvin tunnette YIV2019-mallinnusohjeet?
3. Tunnetteko InfraBIM- nimikkeistön?
4. Kuinka hyvin tunnette tietomallipohjaisen inframallin elinkaaren vaiheet?

OSIO 2.

Kysymysoasio A. YRITYS KÄYTTÄÄ TYÖSSÄÄN TOTEUTUSMALLIA

Yleistä

1. Kuinka kauan olette käyttäneet toteutusmallia työssänne?
2. Kuinka monella työmaalla teillä on keskimäärin käytössä toteutusmalli?
3. Millaisia erityispiirteitä on tyypillisellä toteutusmallilla rakennettavalla työmaalla?

(Esim. tilaajakohtaiset vaatimukset, työmaan kokoluokka, urakkamuodon vaikutus toteutukseen jne.)

Yrityksen resurssit, ammattitaito ja muutoksen vaatima työ, rajapinnat, työnjohto

4. Onko teillä oma tietomallikoordinaattori vai käytättekö ulkoista palvelua?
5. Miten toteutusmallin käyttö ja tietomallintamisen tarjoamat uudet työkalut näkyvät yrityksenne työmaajohtamisessa? (Esim. tilannekuvan luominen, perehdytykset, työsuunnittelu, työnaikainen liikenteenohjaussuunnittelu jne.)
6. Mitä ohjelmistoja teillä on käytössänne inframallin myötä?
7. Miten toimivana näette tiedonsiirron eri ohjelmistojen välillä?
8. Palveleeko InfraModel 4 -tiedonsiirtoformaatti työmaan tarpeita riittävästi? Miten kehittäisitte?

Koneohjausaineisto, tarke- ja toteumamittaukset

9. Tarvitseeko urakoitsija ja työmaa koneohjausmallin lisäksi pdf-muotoiset suunnitelmakuvat? Mitkä suunnitelmakuvat ovat tärkeimpiä?
10. Kenen kuuluisi laatia koneohjausmalli työmaalle, urakoitsijan vai suunnittelijan?
11. Onko vaarana, että koneohjausmalli heikentää koneenkuljettajan ammattitaitoa, koska kuljettaja luottaa liikaa malliin eikä osaa enää katsoa tilannetta tapauskohtaisesti paikan päällä?
12. Kuinka hyvin tarkkeiden ottaminen onnistuu koneenkuljettajalta, ja millaisena koneenkuljettajat ovat uuden roolinsa kokeneet?

Haasteet ja hyödyt

13. Mitä hyötyjä toteutusmallin käyttäminen rakentamisessa tuo?
14. Mitä haasteita toteutusmallin käyttäminen rakentamisessa aiheuttaa?
15. Missä työvaiheissa tietomallipohjaisuudella saadaan aikataulu- ja kustannussäästöjä?

Yhteistyö suunnittelijan kanssa

16. Mihin asioihin suunnittelija voisi kiinnittää enemmän huomiota toteutusmallia tehdessään?
17. Mitä suunnittelijan ei kannata mallintaa?
18. Kuinka epävarman mallintamistiedon kanssa tulisi toimia? Tulisiko se mallintaa vai jättää kohta työmaan päätettäväksi?
19. Tulisiko tietomalleissa mallintaa paremmin myös yläpintaan liittyvä ominaisuustieto (esim. kiveykset, puiden tarkat koordinaattitiedot, nurmi, pensasalueet jne.)? Toisiko ominaisuustieto lisäarvoa työn toteutukseen?
20. Millaista yhteistyötä ja keskustelua kaipaisit suunnittelijalta mallintamishankkeissa?

Ajatukset tulevaisuudesta

21. Millaisena näette tietomallin käytön työmailla 5 vuoden päästä?

OSIO 2.**Kysymysoasio B. YRITYS ON SIIRTYMÄSSÄ TIETOMALLIPOHJASEEN RAKENTAMISEEN**

1. Mitkä asiat vaikuttavat tietomallipohjaisuuteen siirtymiseen yrityksessä?
sänne?
2. Onko yrityksenne tarkoituksena tehdä koneohjausmallit itse vai käyttää ulkoista palvelua?
3. Minkälaisia panostuksia yrityksenne mallipohjaisuuteen siirtyminen vaatii? (Esim. koulutus, rekrytoinnit, laitehankinnat jne.)
4. Oletteko kokeneet painetta urakoiden tilaajilta toteutusmalliin siirtymisestä?
5. Millaista yhteistyötä ja keskustelua kaipaisit suunnittelijalta mallintamishankkeissa?
6. Millaisena näette tietomallin käytön työmailla 5 vuoden päästä?

OSIO 2.**Kysymysosio C. YRITYKSELLÄ EI OLE KÄYTÖSSÄ TOTEUTUSMALLIA RAKENTAMISESSA, EIKÄ YRITYS OLE SIIRTYMÄSSÄ TIETOMALLIPOHJASEEN RAKENTAMISEEN**

1. Jos yrityksenne ei vielä käytä koneohjausmallia rakentamisessa, niin miksi ette käytä?
2. Oletteko harkinneet siirtymistä tietomallipohjaiseen rakentamiseen?
3. Mitä pitäisi tapahtua, että tietomallin käyttö urakoissa olisi teille mahdollista?
4. Koetteko painetta urakoiden tilaajilta tietomalliin siirtymisestä?
5. Millaisena näette tietomallin käytön työmailla 5 vuoden päästä?

OSIO 3.

Tähän voit kirjoittaa vapaan kommenttisi aiheeseen liittyen:

Kiitos vastauksistanne!

Haastattelu voidaan toteuttaa esim. Microsoft Teamsin välityksellä (jaan näytön ja kirjoitan vastaukset ylös) tai voitte palauttaa vastaukset myös sähköpostitse täyttämällä mukana ollut word-tiedosto.

Vastaathan viimeistään 1.4.2021.