

Väylähankkeen varusteiden ja laitteiden inframallinnuksen kehittäminen

Mikko Ojala

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

OJALA, MIKKO:

Väylähankkeen varusteiden ja laitteiden inframallinnuksen kehittäminen

Opinnäytetyö 72 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Toukokuu 2024

Inframallinnus on tärkeä osa tiehankkeen tiedon- sekä omaisuudenhallintaa. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin varusteiden ja laitteiden mallinnuksen nykytilaa ja mallinnukseen liittyviä haasteita tiehankkeessa, sekä selvitettiin ovatko mallinnusvaatimukset riittävät ja ajantasaiset. Saatujen havaintojen perusteella esitettiin kehittämisehdotuksia alan ohjeistuksiin ja laadittiin esimerkkiaineistoja tutkimustulosten perusteella valituille varusteiden ja laitteiden 3D-objekteille. Esimerkkiaineiston objekteiksi valittiin kaiteiden, valaistuksen ja liikenteenohjauksen objekteja.

Opinnäytetyön teoriaosuuteen hankittiin tietoa alan yleisistä ohjeista sekä julkaisuista. Nykytilaa kuvaava tutkimusosuus tehtiin alan ammattilaisille järjestettyjen kyselyiden ja haastatteluiden avulla. Tutkimuksesta saatuja tuloksia hyödynnettiin pilottivaiheessa esimerkkiobjektien kehitystyössä. Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Väyläviraston kanssa.

Varusteiden ja laitteiden mallinnuksesta sekä ohjeista löydettiin tutkimustyön perusteella kehittämisen kohteita. Suurimmat haasteet mallinnuksessa liittyivät suunnitteluohjelmien ja formaattien rajoituksiin sekä siihen, että ominaisuustietoja sisältäviä malleja ei vaadita. Ohjeistuksen osalta suurimmat haasteet liittyivät ohjeiden rakenteeseen, tulkinnanvaraisuuteen sekä päivitysväleihin.

Toimenpiteinä ohjeistuksen kehittämiseksi esitetään selainpohjaista rakenteellista tietokantaa, jossa kaikki ohjeet ovat samassa paikassa rakenneosittain ja hankevaiheittain jaoteltuina, sekä 3D-objektikirjastoa helpottamaan havainnollistamista. Koneluettavan vaatimustietokannan käyttöönottoa tulee pohtia myös, sillä se vastaa niin mallinnuksen kuin ohjeistuksenkin haasteisiin. Varusteiden ja laitteiden mallinnuksen tiedonsiirtoformaattiksi IFC (Industry Foundation Classes) on varteenotettava vaihtoehto, sillä se mahdollistaa ominaisuustietojen lisäämisen 3D-objekteihin.

Varusteiden ja laitteiden inframallinnuksessa on vielä paljon ohjelmistoihin ja formaatteihin liittyviä haasteita. Tämän tutkimuksen perusteella kehityssuunta on kuitenkin se, että ominaisuustiedot tulevat jatkossa siirtymään mallien mukana. Tilaaja on merkittävässä roolissa ominaisuustietoja sisältävien mallien käyttöönotossa. On tärkeää, että ominaisuustiedot sisältäviä malleja vaaditaan jo hankkeen tarjouspyyntövaiheessa. Mallien yleistymisen voi edistää myös ohjelmistojen ja formaattien kehitystyötä.

Asiasanat: inframallinnus, 3D-objekti, tiedonhallinta, infrahanke

ABSTRACT

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

OJALA, MIKKO:
Developing Infrastructure Modelling for the Equipment and Devices of a Road Project

Bachelor's thesis 72 pages, appendices 7 pages
May 2024

Infrastructure modelling has an important role in the information management of infrastructure projects. The objective of this study was to investigate the current state of infrastructure modelling for the equipment and devices of a road project, and to identify the challenges related to modelling and the modelling guidelines and requirements. This study was conducted in collaboration with the Finnish Transport Infrastructure Agency.

The data for this thesis was gathered from the guidelines and requirements of the Finnish Transport Infrastructure Agency and common requirements for infrastructure building information modelling. The study involved survey, and interviews with industry professionals. The observations of the study were utilised in the development work during the pilot phase.

Based on the gathered information, several areas for improvement were identified from the guidelines and infrastructure modelling. The greatest challenges with the guidelines were related to the structure and ambiguities in interpretation. The challenges of infrastructure modelling were related to design software and formats. Actions against these challenges are structured and standardised database with example images, 3D object library and open data format.

There are still several challenges associated with infrastructure modelling. Based on this study, attribute data will be transferred along with infrastructure model in the future. The project client plays a significant role in the adoption of models, and it is important, that models are already required during the bidding process of a project.

Key words: infrastructure modelling, 3D-object, information management, infrastructure project

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	INFRAMALLINNUKSEN KÄYTÄNNÖT	10
	2.1 Inframallinnus.....	10
	2.2 Mallinnusvaatimukset.....	10
	2.3 Omaisuudenhallinta	12
3	INFRAMALLINNUS ERI HANKEVAIHEISSA	15
	3.1 Esi- ja yleissuunnittelu.....	15
	3.2 Tiesuunnittelu.....	16
	3.3 Rakentamissuunnittelu.....	18
	3.4 Rakentaminen ja kunnossapito	21
4	VARUSTEIDEN JA LAITTEIDEN MALLINNUKSEN NYKYTILANNE .	23
	4.1 Kysely	23
	4.2 Kyselyn sisältö	23
	4.3 Kyselyn tulokset	24
	4.3.1 Taustatiedot.....	24
	4.3.2 Varusteiden ja laitteiden 3D-mallien hyödyntämisen nykytilanne	27
	4.3.3 Varusteiden ja laitteiden 3D-mallinnuksen nykytilanne.....	31
	4.3.4 Mallien hyödyntämisen haasteet	34
	4.3.5 Mallinnuksen haasteet.....	35
	4.3.6 Mallintamisen ohjeistuksen kehittäminen	38
	4.3.7 Objektikirjaston kehittäminen.....	39
	4.4 Haastattelujen sisältö.....	41
	4.5 Haastattelujen tulokset.....	41
	4.5.1 Nykytilanne	41
	4.5.2 Ohjeistus	44
	4.5.3 Mallien hyödyntäminen ja mallinnus	47
	4.5.4 Mallinnuksen haasteet.....	49
5	VARUSTEIDEN JA LAITTEIDEN MALLINNUKSEN KEHITYS	51
	5.1 Mallien pilotointi.....	51
	5.1.1 Ohjelmistot	51
	5.1.2 Viivamaiset objektit.....	51
	5.1.3 Pistemäiset objektit.....	55
	5.2 Pohdinta.....	58
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	60
	6.1 Tutkimuksen arviointi	60

6.2 Mallinnus ja mallien hyödyntäminen.....	60
6.3 Ohjeistus	62
LÄHTEET	64
LIITTEET	66
Liite 1. Kyselykysymykset	66
Liite 2. Haastattelukysymykset.....	71

LYHENTEET JA TERMIT

IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> on kansainvälinen ja avoin tiedonsiirtostandardi, joka määrittelee tietokonesovellusten tiedonsiirron yhteensopivuuden perustan. Käytetään myös siltojen ja taitorakenteiden tiedonsiirrossa. (BuildingSMART Finland 2021a, 8.)
InfraBIM	<i>Infra Built Environment Information Model</i> tarkoittaa rakennetun ympäristön digitaalisesti luodun tietomallin, inframallin ja siihen liittyvien rakenteiden ja ympäristön tietoja (BuildingSMART Finland 2014, 7).
Inframalli	Inframallilla tarkoitetaan Infrakohteen tietomallia (BuildingSMART Finland 2021a, 9).
Inframodel	Kansainväliseen LandXML-formaatiin perustuva avoin, Suomessa käytössä oleva tiedonsiirtoformaatti (BuildingSMART Finland 2021a, 9).
OmaisuuDENhallinta	Väylien omaisuudenhallinnalla tarkoitetaan omaisuuden pitämistä liikenteellisiä tarpeita vastaavassa kunnossa mahdollisimman taloudellisesti (Väylävirasto 2022d).
Tiedonhallinta	Tiedonhallinnalla pyritään siihen, että projektin tieto on ajantasaista ja oikeellista sekä helposti saatavilla kaikille osapuolille. Tieto on jäsennelty sovitulla tavalla ja hallinnoitu sovitussa paikassa. (Pyöriä 2024.)
Velho	Väyläviraston tiestötietojärjestelmä, sekä kaikki väylämuodot käsittävä suunnitelma- ja toteumavarasto (Väylävirasto 2020b, 7).

YIV

Yleiset inframallivaatimukset on BuildingSMART Finlandin julkaisema alan yleiset inframallintamisen vaatimusmäärittelyt (Väylävirasto 2022e, 10).

1 JOHDANTO

Tietomallipohjainen toiminta on osa Väyläviraston hankkeiden tiedonhallintaa, jota Väylävirasto kehittää jatkuvasti. Tietomallipohjaisessa toiminnassa sekä suunnittelu että toteutus tapahtuvat mallipohjaisesti. Mallipohjaisen toiminnan edellytyksenä ovat yksiselitteiset ohjeet ja vaatimukset sekä tiedonhallinnan prosessien noudattaminen. (Väylävirasto 2022e, 13.)

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää varusteiden ja laitteiden mallinnuksen tarkkuustason ja ominaisuustietojen vaatimukset tiehankkeessa eri hankevaiheissa, sekä tarkastella mallinnukseen liittyviä haasteita ja kehityskohteita. Työssä tutkitaan mallinnuksen nykytilaa ja selvitetään, miten käytössä olevat ohjelmistot sekä ohjeistukset tukevat varusteiden ja laitteiden mallinnusta. Väyläviraston omaisuudenhallintaa tutkitaan Tievelho-tiestötietojärjestelmän näkökulmasta, ja työn tavoitteena on selvittää, miten nykyiset ohjeet ja vaatimukset tukevat Väyläviraston omaisuudenhallintaa. Opinnäytetyössä tutkitaan miten varusteiden ja laitteiden mallinnusta tulisi kehittää, ja tulisiko Väylävirastolla olla esimerkkiaineistot mallinnettavista varusteista ja laitteista. Työ koostuu teoriaosuudesta ja tutkimusosuudesta. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Väyläviraston kanssa. Väylävirasto on valtion tieverkon, rautateiden ja vesiväylien kehittämisestä sekä kunnossapidosta vastaava virasto (Väylävirasto 2024c).

Opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkastellaan inframallinnuksen käytäntöjä, mallinnusvaatimuksia sekä omaisuudenhallintaa. Teoriaosuudessa käsitellään lisäksi mallinnusta eri hankevaiheissa, eli mitä Väyläviraston ohjeiden mukaan tulee mallintaa eri hankevaiheissa ja millä tarkkuudella. Aineistona teoriaosuudessa on käytetty alan yleisiä ohjeistuksia.

Tutkimusosuudessa tutkitaan inframallinnuksen nykytilaa alan ammattilaisille suunnatun kyselyn ja haastattelujen avulla. Tutkimusosuudessa selvitetään miten ja millä tarkkuudella varusteita ja laitteita mallinnetaan, sekä miten käytettävissä olevat ohjelmistot tukevat varusteiden ja laitteiden mallinnusta. Osuudessa tarkastellaan myös mitä aineistoja hankkeen aikana hyödynnetään eri hankevai-

heissa sekä onko mallinnusvaatimuksissa ja ohjeistuksissa kehitettävää. Infra-mallinnuksen haasteita ja mahdollisuuksia käytännön tasolla tutkitaan pilotoinnin avulla.

Pilotointivaiheessa mallinnetaan kyselyn ja haastattelujen perusteella valituista varusteista ja laitteista 3D-objektit. Tässä työssä esimerkkiaineistona käytetään kaiteiden, valaistuksen ja liikenteenohjauksen objekteja. Pilotoinnin aikana tehdään havaintoja ja verrataan niitä tutkimustyöstä saatuihin tuloksiin.

Työn lopputuloksena esitetään kyselystä, haastatteluista ja pilotoinnista saatujen havaintojen avulla kehitysehdotuksia mallinnusvaatimukseen. Lisäksi laaditaan esimerkkiaineistot pilotointivaiheessa mallinnetuille 3D-objekteille.

2 INFRAMALLINNUKSEN KÄYTÄNNÖT

2.1 Inframallinnus

Inframalli tarkoittaa tietyn infrakohteen tietomallia. Tietomalli on kolmiulotteinen ominaisuustiedot sisältävä digitaalisessa muodossa oleva kuvaus rakennelmasta. Termillä on yleisesti tarkoitettu suunnittelijan luomaa kolmiulotteista suunnitelmaa tai sen osaa, mutta nykyisin se on laajennettu kattamaan kaiken informaation, joka liittyy mallipohjaiseen suunnitteluun. Inframalli-termi käsittää eri hankevaiheiden mallit, kuten lähtötietomalli, suunnitelmamalli ja toteumamalli. Infran tietomallintamisessa pyritään hyödyntämään yleisiä avoimia paikkatietoaineistoja, kuten kaava- ja ympäristötietoja, aina kun mahdollista. (buildingSMART Finland 2021a, 8–9, 13.)

Inframallintamisen tavoitteena on parantaa projektin tehokkuutta, laatua, turvallisuutta ja kestävän kehityksen mukaista hanke- ja elinkaariprosessia. Malli sisältää tiedot, jotka kattavat projektin eri vaiheet suunnittelusta ja rakentamisesta ylläpitoon. Tavoitteena on, että inframalleja voidaan hyödyntää koko infrakohteen elinkaaren ajan. (buildingSMART Finland 2021a, 13.)

Väyläviraston hankkeissa tietomallipohjainen toiminta on osa tiedonhallintaa. Mallipohjaisella toiminnalla pyritään siihen, että tietoa tuotetaan ja jäsennellään yhteisesti sovitulla tavalla, tietoa hallinnoidaan yhteisesti sovitussa paikassa, tieto on ymmärrettävää ja yksiselitteistä ja tietoa on sujuva hyödyntää sekä muokata eri osapuolten tarpeisiin. Jotta tässä onnistuttaisiin, on tiedonhallinnan toimintatapojen oltava yhtenäisiä. (Väylävirasto 2022e, 13.)

2.2 Mallinnusvaatimukset

Väyläviraston inframallivaatimukset ovat osa Väyläviraston Projektien tiedonhallinnan kokonaisuutta. Niiden tavoitteena on ohjata käytännön toimintaa sekä selkeyttää tilaajan ja palveluntuottajien välistä yhteistyötä. (Väylävirasto 2022e, 13,

16.) Väyläviraston inframallivaatimukset perustuvat Yleisiin inframallivaatimuksiin. Yleiset inframallivaatimukset ovat Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta buildingSMART Finlandin ja sen Infra-toimialaryhmän julkaisema ohjeisto. Yleiset inframallivaatimukset, InfraBIM-nimikkeistö ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyt muodostavat inframallintamisen yleiset ohjeet. (buildingSMART Finland 2021a, 6.) Väyläviraston hankkeissa tietomallinnusta ohjaavat Väyläviraston omat ohjeet, jos ne ovat ristiriidassa yleisten ohjeiden kanssa (Väylävirasto 2022e, 16).

Mallipohjaisen luovutusaineiston tarkkuusvaatimukset vaihtelevat suunnitelma- vaiheen mukaan. Eri hanketyypit eroavat myös toisistaan mallinnusvaatimuksiltaan ja tavoiltaan. Tarkkuustasot voivat vaihdella, mutta suunnittelun eri tekniikkalajit kuten sillat ja maaperämallit mallinnetaan suhteellisen samanlaisena hanketyypistä riippumatta. (buildingSMART Finland 2021a, 73.)

Hankkeessa käytettävää virallista koordinaatistoa ja korkeusjärjestelmää on käytettävä kaikissa tekniikkalajeissa. Infrahankkeissa käytettävä mittayksikkö on metri. Väyläviraston hankkeissa on käytettävä EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmiä ja N2000 korkeusjärjestelmää. (Väylävirasto 2022e, 17.) Dokumentaatio on pakollinen osa luovutusaineistoa. Kaikissa inframallihankkeissa on laadittava tiedonhallintasuunnitelma, lähtöaineistoluettelo, aineistoluettelo, tietomalliselostus sekä dokumentoitu itselle luovutus. Nimeämisen on oltava yhtenäistä hankkeen tiedonhallinnan onnistumiseksi. Tiedon jälleenkäytön helpottamiseksi on aineisto jäseneltävä yhtenäisesti, ja jäsentelytapa kuvataan tiedonhallintadokumentissa. Tiedostot luovutetaan käyttäen avoimia tiedonsiirtoformaatteja. (buildingSMART Finland 2021a, 74–75, 78.)

Väyläviraston omat inframalliaineiston luovutusvaatimukset kuvataan Väyläviraston inframallivaatimusten liitteessä 2. Väyläviraston ja YIV:n ohjeessa on kummassakin esitetty vaatimuksia varusteiden mallinnukselle. Ohjeiden välillä on joi- takin eroja, jotka liittyvät esimerkiksi vaadittuihin formaatteihin. Väyläviraston inframallivaatimukset ohjaavat tekemään varusteista rakentamissuunniteluvaiheessa Inframodel-, tai IFC-malleja, kun taas YIV:n ohjeen mukaan ensisijainen luovutettava formaatti varusteiden osalta on dwg tai IFC. (Väylävirasto 2022e, 37; buildingSMART Finland 2021b.)

2.3 Omaisuudenhallinta

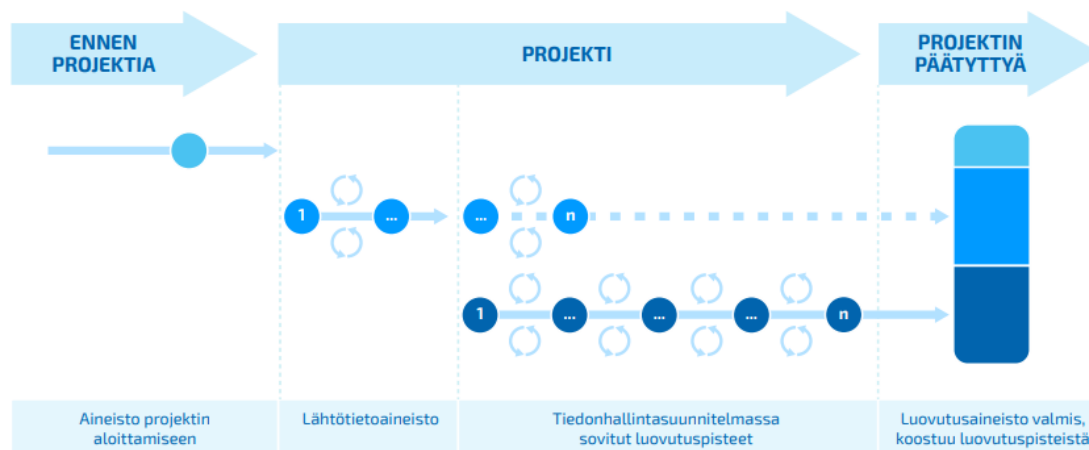
Väyläviraston tavoitteena on tuottaa tasalaatuaista tietoa eri projekteista palvelemaan Väyläviraston tietoperustaisen omaisuudenhallinnan tarpeita. Omaisuudenhallinnalla tarkoitetaan toimia, joilla organisaatio huolehtii infrastruktuuriomaisuudestaan kestävästi ja optimaalisesti koko sen elinkaaren ajan pitkäaikaiset tavoitteet huomioon ottaen. Omaisuudenhallinnassa keskeistä on tietää, millaista omaisuutta Väylävirastolla on ja missä se sijaitsee. Omaisuuden kunnon ymmärtäminen auttaa tunnistamaan, miten kunto tulee kehittymään lyhyellä sekä pidemmällä aikajänteellä. Kustannusten osalta on tärkeä tietää, paljonko kunnosapito ja korjaukset aiheuttavat kustannuksia sekä kyettävä ohjaamaan omaisuuden elinkaarta taloudellisesti. Elinkaaresta on kyettävä tuottamaan päätöksentekijälle aitoa elinkaarikustannustietoa, mikä on tärkeässä asemassa omaisuudenhallinnassa. (Väylävirasto 2022a; Väylävirasto 2022e, 14.)

Tehokkaan ja toimivan omaisuudenhallinnan edellytyksenä on, että omaisuudesta on olemassa tarkkaa ja ajantasaista tietoa. Tässä tiedonhallinta on keskeisessä asemassa. Hyvällä tiedonhallinnalla varmistetaan, että tieto on aina hyödynnettävissä ja ettei tietoa katoa. (Väylävirasto 2022e, 14.)

Väyläviraston ja ELY-keskuksen tilaamissa suunnittelu- ja toteutusprojekteissa syntyvää julkista dokumentaatiota ja inframalleja säilytetään Velho-järjestelmässä (Väylävirasto 2021b, 3). Velho muodostuu Projektivelhosta ja Tievelhosta. Projektivelhossa säilytetään suunnitelma- ja toteumatietoja. Näitä ovat hanketiedot, kuten hankkeiden, projektien ja niihin liittyvien toimeksiantojen sekä urakoiden perustiedot sekä toimeksiannoista tuotetut julkiset suunnitelma- ja toteuma-aineistot. Tievelho toimii tiestötietojen perustietovarastona ja siellä säilytetään tietoa maanteillä olevista infrakohteista sekä tiestöön liittyvistä ominaisuuksista. (Väylävirasto 2024b.)

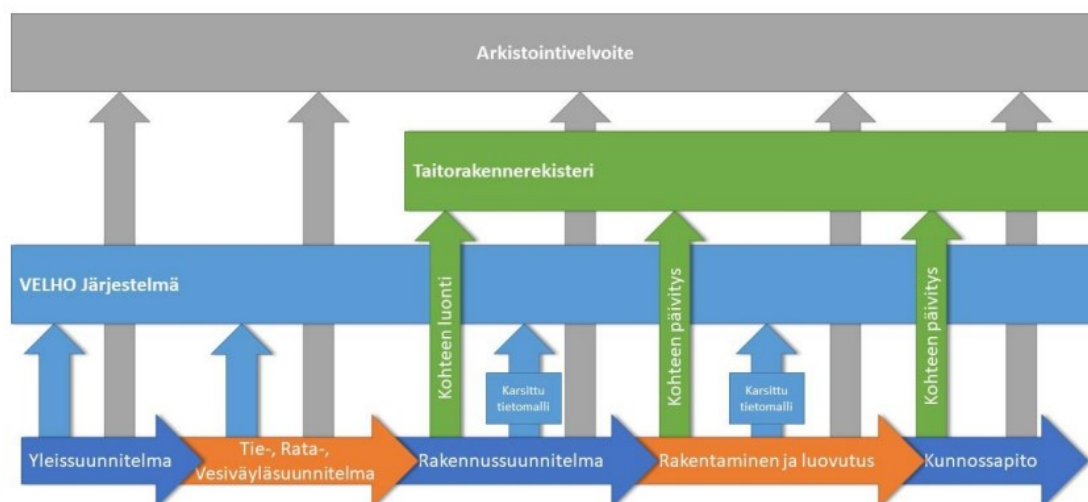
Velhossa aineistoa hallitaan hyödyntämällä tiedostojen metatietoja. Näitä ovat esimerkiksi tekniikka-ala, rakennusosa, dokumenttityyppi ja status. Metatietojen avulla aineistoa voidaan hallita ja suodattaa sekä ilmaista aineiston valmiusaste.

Julkisia aineistoja viedään Velhoon koko projektin ajan ennalta sovitussa tiedonluovutusasteissa (kuvio 1), jotta projektin lopuksi kasautuvaa työtä voidaan minimoida ja projektin aikana syntyvän materiaalin laatua voidaan valvoa jatkuvasti. (Väylävirasto 2020b, 11, 13, 26.)



KUVIO 1. Projektin luovutusasteet (Väylävirasto 2020b, 12)

Velho-järjestelmä toimii myös esi-, yleis-, ja tiesuunnitelmavaiheen taitorakenteiden suunnitelmien ja inframallien rekisterinä, jolloin ne eivät ole vielä tietoturvaluokiteltuja. Rakentamissuunnitelmavaiheessa ja sen jälkeen syntyvästä aineistosta suurin osa on tietoturvaluokiteltua, jota ei voi viedä enää Velho-järjestelmään. Tällainen dokumentaatio viedään Väyläviraston taitorakennerekisteriin. Kuviossa 2 on esitetty taitorakenteiden suunnitelma-aineiston kulku eri järjestelmiin. (Väylävirasto 2021b, 5.)



KUVIO 2. Taitorakenteiden suunnitelma-aineiston kulku eri järjestelmiin (Väylävirasto 2021b, 8)

Taitorakennerekisteri on helmikuussa 2017 käyttöön otettu taitorakenteiden omaisuudenhallintajärjestelmä, ja sen tiedot pohjautuvat aiemmin käytössä olleeseen siltarekisteriin. Rekisteri sisältää hallinnollista ja rakenteellista tietoa sekä muun muassa vaurio- ja kuntotietoa eri taitorakenteista. Taitorakennerekisterin käyttäjiä ovat Väylävirasto, ELY-keskukset ja kuntien asiantuntijat sekä palveluntuottajat. Väylävirasto hallinnoi rekisterin käyttöoikeuksia ja myöntää niitä hakemusten perusteella. Rekisterin käyttö edellyttää koulutuksen suorittamista hyväksytysti. Järjestelmän avulla voidaan välittää taitorakennetietoa muihin järjestelmiin. Nopeasti päivittyvän tietosisällön avulla voidaan tehostaa muun muassa tarkastusten ohjelmointia ja erikoiskuljetusten reititystä. Tavoitteena on, että järjestelmän avulla voitaisiin tulevaisuudessa tiedottaa väylän käyttäjiä esimerkiksi korjaamisesta tai muista väliaikaisista häiriöistä. (Väylävirasto 2018b, 4.)

Ratakohteiden omaisuudenhallintajärjestelmänä toimii ratakohteiden hallintasovellus RATKO. Järjestelmä sisältää tarkan kuvauksen rataverkon osoitejärjestelmästä tasokoordinaatistossa. Sovellus toimii tietopankkina suunnitelluista, uusista tai uudistettavista kohteista. Järjestelmän avulla kaikki eri toimijat saavat käyttöönsä saman tiedon samaan aikaan, mikä auttaa ratojen päivittäisessä kunnossapidossa, liikennöinnissä ja ratojen parannustöiden suunnittelussa. (Väylävirasto 2018a; Väylävirasto 2021a.)

3 INFRAMALLINNUS ERI HANKEVAIHEISSA

3.1 Esi- ja yleissuunnittelu

Esisuunnitteluvaiheessa tutkitaan väylähankkeen tarpeellisuutta, vertaillaan erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja sekä arvioidaan, onko suunnittelun käynnistämiseksi tai jatkamiselle perusteita. Esisuunnitteluvaiheen tuotosta kutsutaan esiselvitykseksi. (Väylävirasto 2023, 9.) Esisuunnitteluvaiheessa mallinnus tehdään pääasiassa lähtötietoaineistosta ja suunnitelmamallit ovat alustavia luonnoksia. Mallipohjaisen suunnittelun tavoitteena esisuunnitteluvaiheessa on tiedon jälleenkäyttöarvon siirtäminen seuraavaan hankevaiheeseen, visualisointi ja vuorovaikutus sekä hanketta rajoittavien reunaehtojen kartoittaminen. (Väylävirasto 2022e, 27, 31.)

Tien yleissuunnittelun tarkoituksena on selvittää hankkeen vaihtoehdot, määrittää tien arvioitu sijainti ja vaikutukset nykyiseen sekä tulevaan maankäyttöön sekä tien toiminnalliset perusratkaisut. Yleissuunnitelmavaiheessa tehdään alustava kustannusarvio sekä määritellään periaatteet ympäristöhaittojen torjumiselle. Tien yleissuunnitelma perustuu maantielakiin ja -asetukseen ja on näin ollen laakisääteinen suunnitelma. Yleissuunnitelma on laadittava, jos hankkeen vaikutukset eivät ole vähäiset tai hankkeen sijaintia ja vaikutuksia ei ole ratkaistu asema-kaavassa tai oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa riittävässä laajuudessa. Suunnittelutyötä tehdään asianosaisten, sidosryhmien ja asiantuntijoiden kesken yhteistyössä ja vuorovaikutteisesti. (Liikennevirasto 2010, 6, 8.)

Inframallien ensisijaiset käyttökohteet yleissuunnittelussa ovat tiedon jälleenkäyttöarvon siirtäminen seuraavaan hankevaiheeseen, suunnitelmavaihtoehtojen havainnollistaminen, visualisointi, vuorovaikutus eri osapuolten kesken sekä hallinnollisen päätöksenteon tukeminen. Toissijaiset käyttökohteet liittyvät kustannusten ja vaikutusten arviointiin, tekniikkalajien yhteensovitukseen ja suunnittelun laadunvarmistukseen. (Väylävirasto 2022e, 27.)

Yleissuunnitelmavaiheessa tarkennetaan esisuunnitteluvaiheessa tehtyä lähtötietoaineistoa. Olennaista on, että merkittäviä siirtokustannuksia aiheuttavat johdot ja laitteet mallinnetaan riittävällä tarkkuudella kustannuslaskentaa varten. (buildingSMART Finland 2021a, 65.) Yleissuunnitelmavaiheessa varusteiden ja laitteiden lähtötiedot mallinnetaan 2D-esityksenä. Merkittävimmät johto- ja putkulinjat sekä rummut esitetään Inframodel-formaatissa. Nykyinen valaistus, kaapeloinnit ja ilmajohdot sekä viitoitus esitetään Inframodel- tai dwg-formaatissa. (Väylävirasto 2022f.)

Varusteiden suunnittelussa käytetään yleissuunnitteluvaiheessa 2D-mallinnusta. Esitykset tehdään merkittävimmistä kuivatus- ja kunnallistekniikan ratkaisuista sekä johto- ja kaapelilinjoista ja niiden mahdollisista siirtotarpeista. Vesihuollon järjestelmät sekä lämpö- ja kaasunsiirtojärjestelmät mallinnetaan tiehankkeessa vain, jos ne ovat merkittäviä kohteita. Valaistuksen osalta tehdään karkea alue- ja rajaus valaistavista väylistä sekä esitys valaistavien väylien valaistusluokista. (Väylävirasto 2022e, 32; Väylävirasto 2022f.)

Kuivatusratkaisut, kuten rumpuputket, kaivot ja hulevesiviemärit esitetään dwg- tai Inframodel-formaatissa. Kunnallistekniikka, kuten jätevesi, vesijohdot, putket, pumppaamot sekä muut niihin liittyvät varusteet ja rakenteet esitetään Inframodel-formaatissa. Inframodel-formaattia käytetään myös johtojen ja kaapelien, valaistuksen sekä lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmien esityksessä. Kiinteästä liikenteenohjauksesta tehdään 2D-esitys dxf- tai dwg-formaatissa. (Väylävirasto 2022f.)

3.2 Tiesuunnittelu

Tiesuunnitelman laatiminen perustuu lakiin liikennejärjestelmästä ja maanteistä. Se voi perustua aiemmin laadittuihin ja hyväksytyihin esi- ja yleissuunnitelmavaiheen suunnitelmiin, joita tiesuunnittelussa tarkennetaan. Tiesuunnitteluvaiheessa tarkastellaan ja vertaillaan vaihtoehtoja riittävällä tarkkuudella päätöksentekoa varten, sekä varmistetaan, että suunnitelma on oikeusvaikutteisten kaavojen mukainen. Tiesuunnitelman on oltava esitystavaltaan havainnollinen ja selkeä, jotta hankkeen vaikutukset asianosaisille käyvät siitä ilmi. Suunnittelussa

noudatetaan Väyläviraston ohjeluetelossa mainittuja voimassa olevia ohjeita. (Väylävirasto 2022c, 8–10.)

Tiesuunnittelun tietomallilla esitetään suunnitelmaratkaisujen mitat ja tilantarve, jotka auttavat määrittämään muun muassa hankkeen kustannukset, määrät ja muut vaikutukset. Materiaalit ja muut ominaisuustiedot on kuvattava riittävällä tarkkuudella vaikutusarviota ja kustannuslaskentaa varten. Tässä vaiheessa tärkeintä on, että varmistetaan ratkaisujen toteuttamiskelpoisuus, tilavaraus ja kustannukset. Muita tavoitteita ovat suunnitelmien yhteensopivuuden varmistaminen, suunniteltavien ja olemassa olevien rakenteiden yhteensovittaminen, suunnitelmien teknisten ratkaisujen toteuttamiskelpoisuuden varmistaminen sekä ratkaisujen havainnollistaminen vaihtoehtojen vertailua ja vuorovaikutusta varten. Tiesuunnitelma toimii pohjana rakentamissuunnitelman lähtötietoaineistolle. (Väylävirasto 2022e, 33.)

Tiesuunnitteluvaiheessa tarkennetaan yleissuunnitelmavaiheen lähtötietoaineistoa (buildingSMART Finland 2021a, 65). Olemassa olevan aineiston lisäksi tehdään 3D-esitys merkittävistä yhteensovitusta edellyttävistä johdoista ja laitteista, nykyisestä valaistuksesta, kaapeloinnista ja sähkönsyötöstä sekä nykyiseen viitoitukseen ja opastustauluihin liittyvistä kaapeloinneista ja ilmajohdoista. Hankealueen nykyiset kuivatusrakenteet asetetaan tarkempaan korkoon, jos tietoa on saatavilla. 3D-aineisto esitetään johtojen ja laitteiden sekä rumpujen osalta Infra-model-formaatissa. Nykyinen valaistus, viitoitus ja opastustaulut esitetään IFC-formaatissa. (Väylävirasto 2022f.)

Tiesuunnitteluvaiheen inframalliaineisto esitetään 2D-sijaintitiedot sisältävänä taiteviivana tai pisteenä Inframodel-formaatissa. Rummut, kaivot ja putket esitetään ominaisuustiedot sisältävänä verkostomallina. Kunnallistekniikan ratkaisut esitetään 2D-muodossa. Merkittävistä yhteensovitusta edellyttävistä kohteista esitetään sijaintitietojen lisäksi myös korkeustiedot. Kiinteä liikenteenohjaus, liikennevalot ja liikenteenhallinta esitetään 3D-muodossa alustavilla sijaintitiedoilla. Valaistuksesta tehdään 2D-esitys valaistavien väylien valaistusluokista sekä karkea pylvässijoittelu. Muut varusteet esitetään tarkoituksen mukaisena pisteenä, viivana tai alueena. (Väylävirasto 2022e.)

3.3 Rakentamissuunnittelu

Ennen tien rakentamista laaditaan rakentamissuunnitelma, joka perustuu yleensä hyväksytyyn lainvoimaiseen tiesuunnitelmaan. Rakentamissuunnitelmassa määritellään hankkeessa rakennettavat tiet ja rakenteet yksityiskohtaisesti ja yksiselitteisesti. Suunnittelussa noudatetaan voimassa olevia Väyläviraston ohjeita, InfraRYL:iä (Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset), Infra Rakennusosa- ja hankenimikkeistöä sekä YIV:tä. (Väylävirasto 2022b, 11.)

Rakentamissuunnittelussa mallien tarkkuustason on oltava sellainen, että rakentaminen voidaan toteuttaa niiden avulla. Tässä vaiheessa myös tekniset yksityiskohdat ratkaistaan ja suunnitellaan. Mallinnuksen tarkkuuden on vastattava suunnitelmatilannetta ja suunnittelun valmiusastetta koko hankkeen ajan. Mallintamisen tavoitteena rakentamissuunnittelussa on tuottaa rakentamissuunnitelmamalli sekä urakoiden tarjousvaiheessa ja rakentamisessa hyödynnettävä digitaalinen aineistokokonaisuus. Mallintamisen avulla pyritään varmistamaan suunnitelmien yhteensopivuus, tukemaan kustannushallintaa sekä minimoimaan rakentamisen aikaisia riskejä. Eri osapuolten omistamien laitteiden ja rakenteiden yhteensovitus tehdään mallipohjaisesti. Suunnitelmapiiirustukset, kustannusarviot sekä muut suunnitelmadokumentit laaditaan rakentamissuunnitelmamallien pohjalta. Inframalliaineistoa käytetään omaisuudenhallinnan kohteiden muodostamiseen sekä tulevien hankkeiden lähtötietona. (Väylävirasto 2022e, 35–36.)

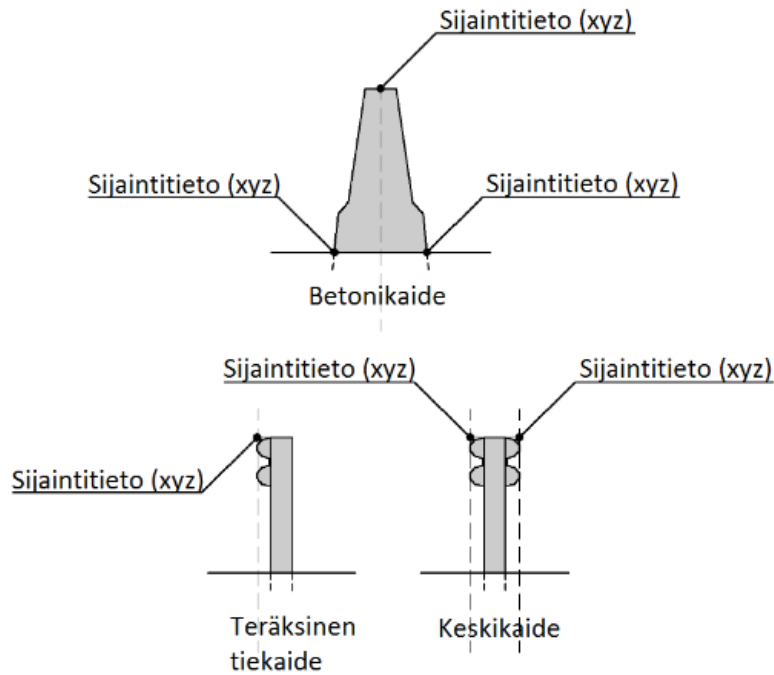
Varusteiden ja laitteiden mallit tuotetaan Väyläviraston inframallivaatimukset mukaisesti. Rakentamissuunnittelun lähtötietoaineistolla on samat vaatimukset kuin tiesuunnitteluvaiheen lähtötietoaineistolla. Rakentamissuunnitelmavaiheen luovutettavat inframalliaineistot esitetään pääosin Inframodel-formaatissa. Hulevesijärjestelmät sekä kunnallistekniikka, kuten rummut, kaivot ja putket, esitetään verkostomallina. Esitettäviä tietoja ovat kaivo- ja putkiverkosto, rumpujen päät sekä ominaisuustiedot, kuten materiaalit ja dimensiot. Johdot ja kaapelit esitetään ominaisuustiedot sisältävänä 3D-taiteviivana. Aidat ja kaiteet esitetään 3D-taiteviivana tai 3D-objekteina IFC- tai dwg-formaatissa (kuva 1). Portit ja aukot esitetään tarvittaessa 3D-objekteina IFC- tai dwg-muodossa. Kiinteästä liikenteenohjauksesta, liikennevaloista sekä valaistuksesta tuotetaan piste ja taiteviiva

sijainti- ja korkotietoineen. Tämän jälkeen mallinnetaan 3D-objektit IFC- tai dwg-muodossa. (Väylävirasto 2022f.)

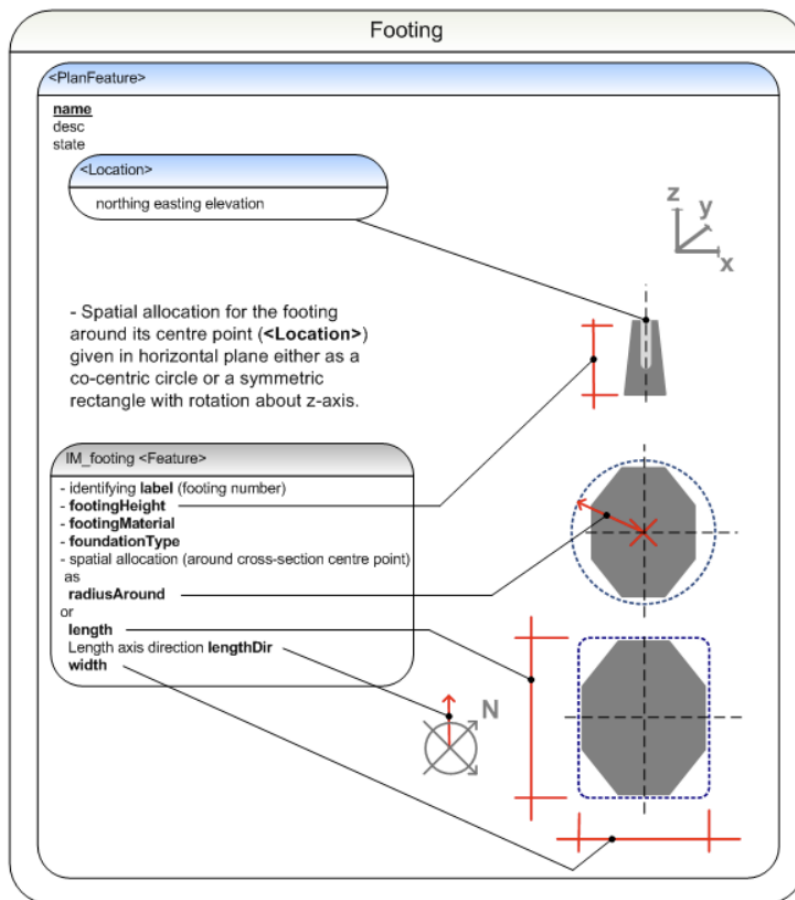


KUVA 1. Melukaide-elementin 3D-objetti IFC-formaatissa (Kuva: Mikko Ojala)

Yleisissä inframallivaatimuksissa määritellään jokaisen varusteen ja laitteen taite- sekä kiinnityspisteen sijainti. Kaiteiden mallinnuksessa 3D-sijaintitiedot sisältävän taitepisteen sijainti (xy) saadaan betonikaiteella kaiteen keskeltä ja korkeus (z) kaiteen päältä. Kaiteen ulottuman esittämiseksi voidaan betonikaiteesta mallintaa myös ylimmän yhdistelmäpinnan ja kaiteen leikkauskohta taiteviivana. Tärkeisessä tiekaiteessa ja keskikaiteessa taitepisteen sijainti (xy) saadaan johon etureunasta ja korkeus (z) kaiteen päältä. Valaisinpylväillä kiinnityspisteen sijainniksi (xy) annetaan valaisinpylvään tyven keskipiste ja korkeudeksi (z) jalustan yläpinta. Liikenteenohjauksen objekteilla käytetään samaa jalustan pistettä. (buildingSMART Finland 2019, 104, 121.) Kaiteiden taitepisteet on esitetty kuviossa 3 ja valaisimen jalustan kiinnityspiste kuviossa 4.



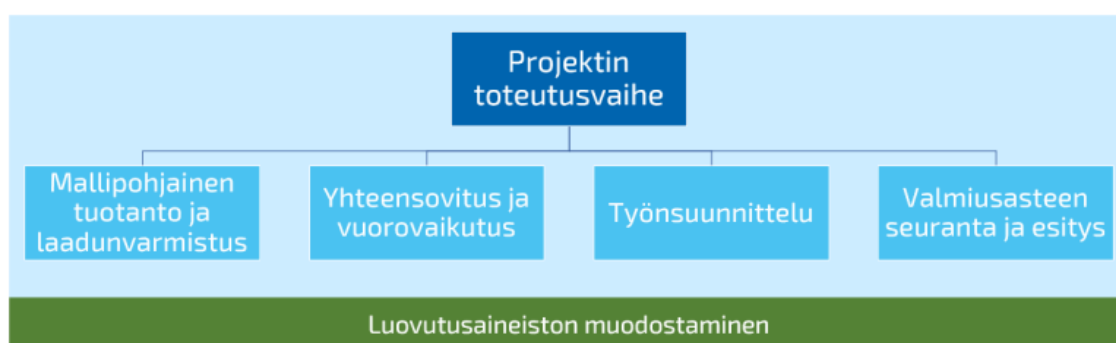
KUVIO 3. Eri kaidetyyppien taitepisteiden sijainnit (buildingSMART Finland 2019, 104)



KUVIO 4. Valaisimen jalustan kiinnityspisteiden sijainti (buildingSMART Finland 2023, 124)

3.4 Rakentaminen ja kunnossapito

Malliaineisto palvelee rakentamisen hankintaa ja rakentamista siirryttäessä rakentamissuunnittelusta rakentamiseen. Hyödynnettäviä malliaineistoja ovat lähtötietoaineisto ja toteutusmallit. Hankkeen käynnistysvaiheessa mallipohjaista aineistoa hyödynnetään hankkeeseen tutustumisessa ja eri vaihtoehtojen esittelyssä. Toteutusvaiheessa mallinnuksen tärkeimmät tehtävät esitetään kuviossa 5. Lisäksi malliaineistoja hyödynnetään toteutusvaiheessa vuoropuhelussa eri tahojen välillä, vaihtoehtojen vertailussa, työmaan aluesuunnittelussa ja perehdytyksissä, riskienhallinnassa ja niiden esittämisessä sekä luovutusaineiston muodostamisessa, tarkastuksessa ja vastaanotossa. Toteutuneesta rakentamisesta suoritetaan toteuma- ja tarkemittaukset. Mittausten perusteella muodostetaan poikkeamamallit, joiden avulla toteutuneen rakentamisen vastaavuutta suunnitelmiin seurataan mallipohjaisesti. Toteutusvaiheessa rakentamissuunnitelman mukainen malli sekä toleranssista poikettaessa poikkeamamalli yhdistetään Infra-model-muotoiseksi toteumamalliksi. Toteumamalli siirretään Väyläviraston omaisuudenhallinnan käytettäväksi ja se toimii lähtötietona kunnossapitovaiheelle. (Väylävirasto 2022e, 39, 44–46, 48.)



KUVIO 5. Toteutusvaiheen mallinnuksen tärkeimmät tehtävät (Väylävirasto 2022e, 45)

Kunnossapito on keskeinen osa omaisuuskohteen käyttövaihetta. Toteutusvaiheen päättämisen jälkeen olennainen informaatio siirretään projektin informaatiomallista omaisuuskohteen informaatiomalliin. Omaisuuskohteen hallintajärjestelmä ja informaatiomalli sisältävät toteumamallin lisäksi kunto- ja kunnossapito-

tietoja. Väylävirastolla on useita malleja eri väylämuotojen tarpeisiin, kuten varusteiden ja laitteiden osalta Tiestötietojärjestelmä Velho. (Väylävirasto 2022e, 14, 52.)

YIV:ssä ei ole kunnossapidon osalta erillistä ohjeistusta. Lähtötietojen, kunnossapidon, suunnittelun ja rakentamisen osalta voidaan soveltaa inframallivaatiuksia. Ominaisuustietoihin on tuotu esille kunnossapidon ja omaisuudenhallinnan näkökulmasta omaisuuskohdekohtaisia lisätarpeita, kuten esimerkiksi kaidetyyppi, yksilöllinen tunnus ja käyttötarkoitus. Ominaisuustiedoista osa voidaan siirtää Inframodel-muotoisena tiedostona, mutta käytännössä informaatiota tulee täydentää taulukoina, dokumentteina tai erikseen syötettävänä tietona. (Väylävirasto 2022e, 52.; buildingSMART Finland 2019.)

4 VARUSTEIDEN JA LAITTEIDEN MALLINNUKSEN NYKYTILANNE

4.1 Kysely

Työtä varten toteutettiin kyselytutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää mallinnuksen nykytilaa sekä kartoittaa mallinnukseen liittyviä haasteita ja kehityskohteita. Kyselyn tavoitteena oli tehdä myös rajaus esimerkkiaineistoksi laadittavien 3D-objektien osalta. Kysely toteutettiin Microsoft Forms-lomakkeena. Kyselylomake sisälsi monivalintakysymyksiä sekä avoimia kysymyksiä. Kysymykset laadittiin yhteistyössä työn ohjaajien kanssa hyödyntäen heidän ammattitaitoaan. Lomakkeeseen vastattiin anonymisti ja se jakautui viiteen osaan. Kyselylinkki lähetettiin sähköpostitse 78 infra-alan ammattilaiselle, jotka edustivat vaihtelevia työrooleja ja organisaatioita. Vastausaika rajattiin 12 työpäivän mittaiseksi.

4.2 Kyselyn sisältö

Kyselyn kysymykset on esitetty työn liitteessä 1. Kyselyn ensimmäisessä osassa kartoitettiin vastaajien taustatiedoiksi rooli, tehtävä ja mihin hankevaiheeseen työtehtävät tavallisesti liittyvät. Osan lopussa kartoitettiin kohderyhmän tietämystä inframallinnuksen sisällöstä itsearvion avulla.

Toisessa osassa selvitettiin kohderyhmän kokemuksia varusteiden ja laitteiden mallien hyödyntämisestä. Kysymyksillä pyrittiin selvittämään, millä tavalla varusteiden ja laitteiden 3D-malleja on hyödynnetty työtehtävissä, ja miten edellisten suunnitteluvaiheiden 3D-malleista saataisiin paras hyöty seuraavassa hankevaiheessa. Tässä osassa pyrittiin selvittämään, mitä tietoa varusteiden ja laitteiden 3D-malleista on hyödynnetty, ja millainen tieto olisi tarpeellista. Osan tavoitteena oli kartoittaa myös mallien hyödyntämiseen liittyviä haasteita.

Kyselyn kolmannessa osassa keskityttiin varusteiden ja laitteiden 3D-mallintamiseen. Kysymysten tavoitteena oli selvittää, mitä varusteita ja laitteita kohderyhmä on mallintanut 3D-muodossa, millä tarkkuudella ja kuinka usein. Kolmannessa

osassa kysyttiin myös mitä ohjelmistoja kohderyhmä on käyttänyt mallintamisessa ja missä formaatissa suunnitteluaineisto on uloskirjoitettu. Tässä osassa pyrittiin selvittämään 3D-mallintamiseen liittyviä haasteita.

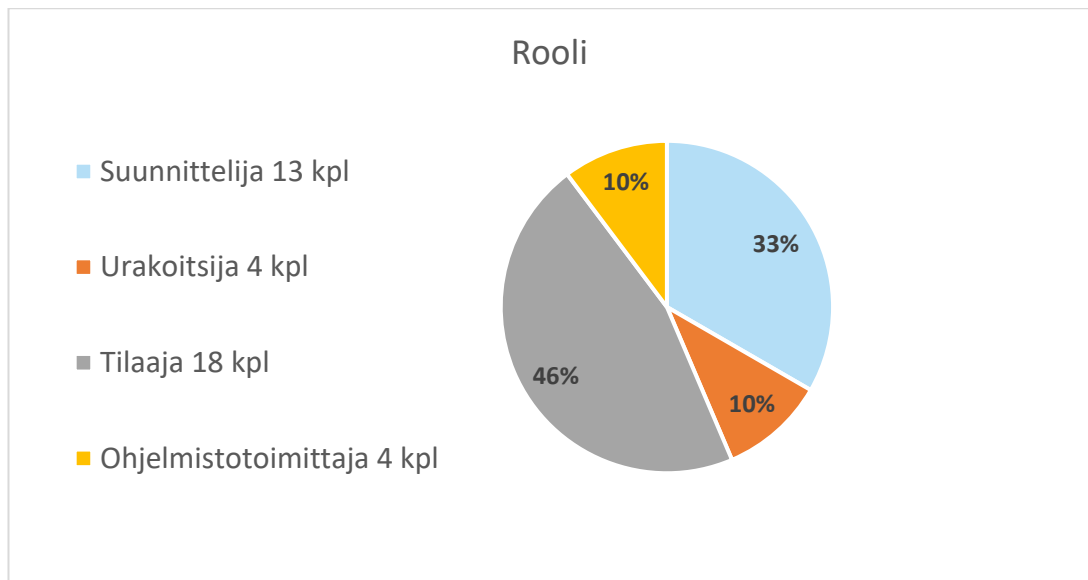
Kyselyn neljäs osa liittyi alan ohjeistuksiin eli Väyläviraston inframallivaatimukseen ja Yleisiin inframallivaatimukseen. Tavoitteena oli selvittää, kuinka ohjeistukset tukevat varusteiden ja laitteiden 3D-mallintamista sekä tiedonluovutusta suunnittelijan ja tarkastajan välillä, ja miten mallintamisen ohjeistusta tulisi kehittää. Kyselyn avulla pyrittiin selvittämään minkä tasoisesta objekti kirjastosta olisi eniten hyötyä ja mitä objekteja sen tulisi sisältää.

Viidennessä osassa kyselyyn vastanneilla oli mahdollisuus antaa vapaa palaute kyselystä sekä jättää halutessaan sähköpostiosoite myöhempää haastattelukutsua varten.

4.3 Kyselyn tulokset

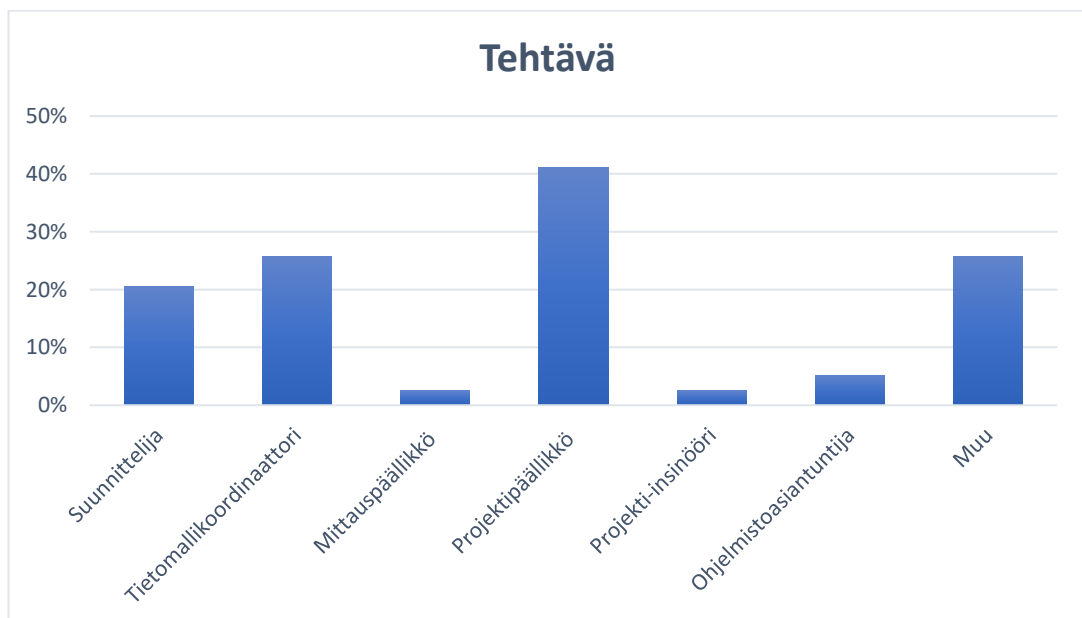
4.3.1 Taustatiedot

Kyselyyn vastasi 39 henkilöä eri organisaatioista ja työrooleista. Eri rooleihin liittyi erilaisia haasteita ja tarpeita, joten työn kannalta oli tärkeää selvittää erilaiset näkökulmat. Lähes puolet vastaajista oli tilaajaorganisaation edustajia. Suunnittelun edustajia oli noin kolmasosa vastaajista. Työroolit jakautuivat kuvion 6 mukaisesti.



KUVIO 6. Vastaajien työroolien jakauma

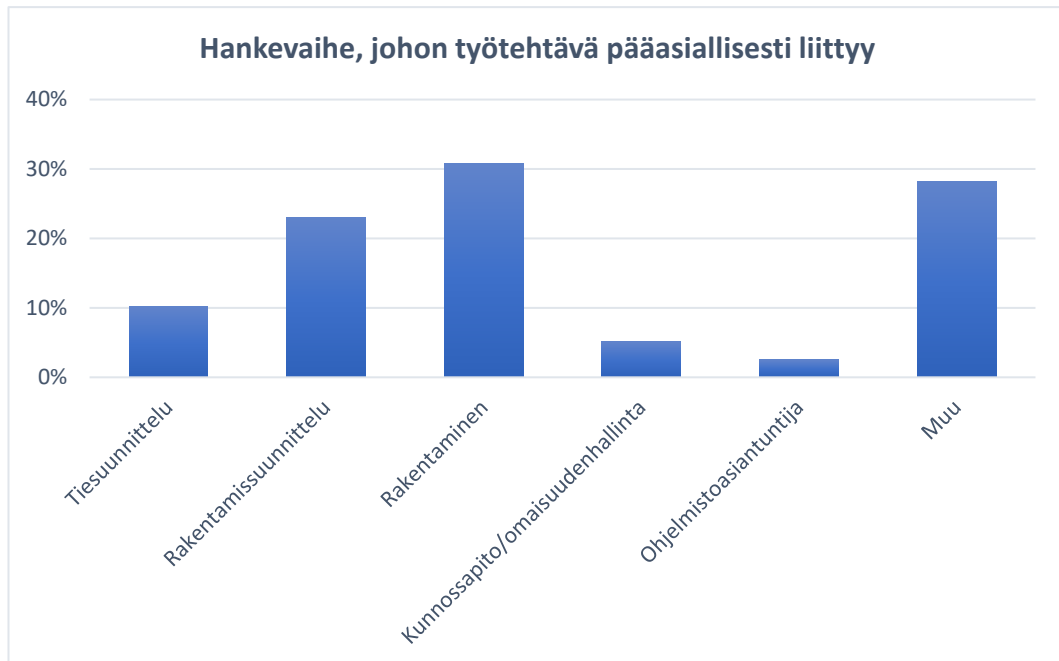
Monella vastaajalla on useita tehtäviä. Suurin osa vastaajista työskentelee projektipäällikön tehtävässä, kuten kuviosta 7 selviää. Muita tehtäviä olivat: tiestötietovastaava, toimitusjohtaja, rakennuttajakonsultti, tiestötietoasiantuntija, ohjelmistotoimittaja, tietomalliasiantuntija, BIM-asiantuntija, tilaajan asiantuntija, tilaajan rakennuttajakonsultti sekä tiedonhallinnan asiantuntija.



KUVIO 7. Vastaajien työtehtävät

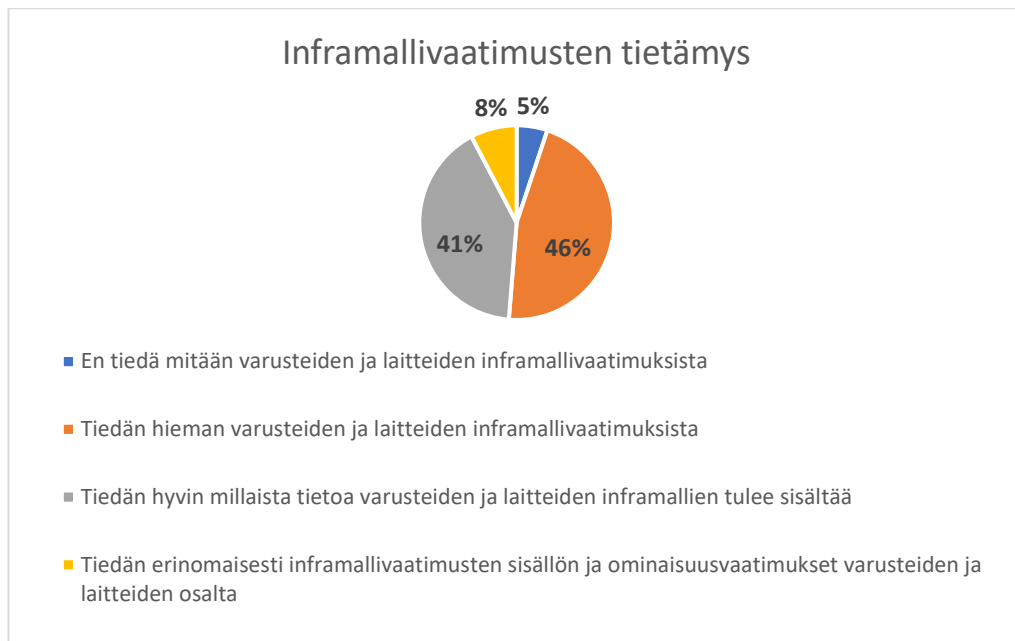
Hankevaiheet, joihin työtehtävät liittyvät, jakoutuivat kuvion 8 mukaisesti. Pääosa vastaajista työskentelee rakentamissuunnittelu- sekä rakentamistehtävissä.

Muut hankevaiheet liittyivät tiestötietojen ylläpitoon, kehitysvaiheen asiantuntija-tehtäviin, yleis-, rata- ja rakentamissuunnitteluun sekä suunnittelun lähtötietojen viemiseen järjestelmiin.



KUVIO 8. Hankevaiheet, joihin vastaajien työtehtävät pääasiallisesti liittyvät

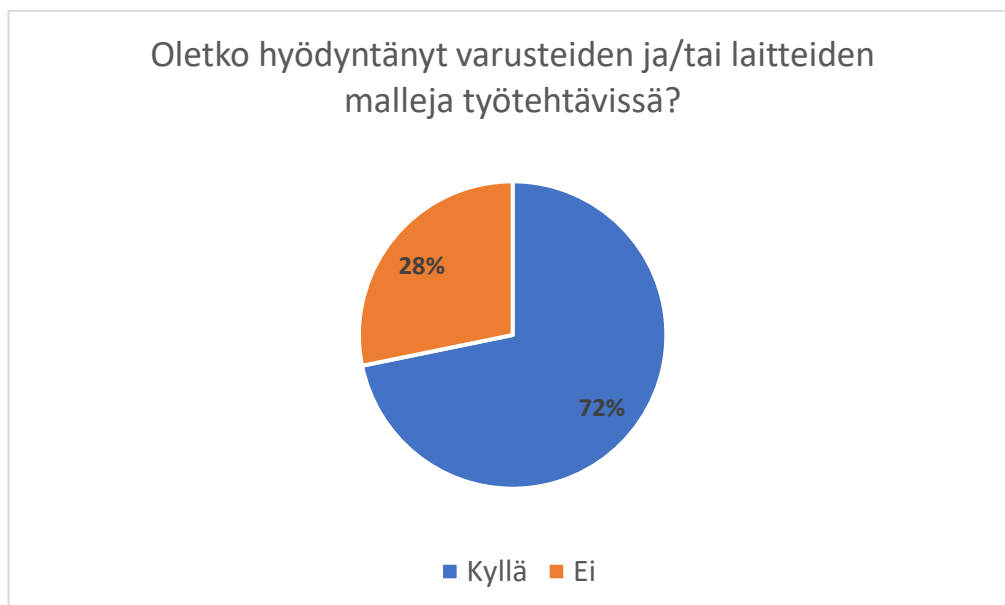
Mallinnusvaatimusten nykytilan tutkimista varten haluttiin selvittää, kuinka hyvin kyselyyn osallistujilla on tietämystä inframallivaatimuksista. Tätä varten laadittiin itsearviokysymys. Vastaajien joukossa oli erinomaisesti inframallivaatimusten sisällön tuntevia sekä sellaisia, jotka eivät tieneet mitään inframallivaatimuksista. Suurimmalla osalla vastaajista oli kuitenkin vähintään jonkinlainen tietämys inframallivaatimuksista, kuten kuvioista 9 selviää. Vastaukset jakautuivat tasaisesti eri roolien välillä ja jokaisessa roolissa oli tietämystä inframallivaatimuksista.



KUVIO 9. Vastaajien inframallivaatimusten tietämys

4.3.2 Varusteiden ja laitteiden 3D-mallien hyödyntämisen nykytilanne

Varusteiden ja laitteiden 3D-malleja on hyödyntänyt työssään lähes kolme neljäsosaa vastanneista, kuten kuviosta 10 selviää.



KUVIO 10. 3D-malleja työssään hyödyntäneet

Kyselyyn vastanneista tilaajan edustajista 61 % on hyödyntänyt varusteiden ja laitteiden 3D-malleja työssään, ja heistä lähes kolme neljäsosaa toimii projekti-päällikön tehtävissä. Urakoitsijan edustajista kaikki ovat hyödyntäneet varusteiden ja laitteiden 3D-malleja työssään. Heistä yksi työskentelee vastausten mukaan mittauspäällikön tehtävissä ja loput tietomallikoordinaattoreina. Ohjelmistotoimittajista puolet ovat hyödyntäneet varusteiden ja laitteiden malleja työssään. Työtehtävät vaihtelevat ohjelmistokehityksestä tietomallikoordinaattoriin. Kyselyyn vastanneista suunnittelijoista 85 % kertoo hyödyntäneensä varusteiden ja laitteiden 3D-malleja työssään. Heistä suurin osa työskentelee suunnittelu- tai tietomallikoordinaattorin tehtävissä.

Avoimien vastausten perusteella varusteiden ja laitteiden 3D-malleja hyödynnetään työskentelyssä monella eri tavalla. Hyödyntämistavat vaihtelevat hieman roolin mukaan. Tilaajilla, suunnittelijoilla ja urakoitsijoilla yhdistävinä tekijöinä korostuu mallien yhteensovittaminen, visualisointi ja mittauksen hyödyntäminen.

Suunnittelijat hyödyntävät 3D-malleja työtehtävissään pääasiassa suunnittelutyössä, suunnitelmien yhteensovittamisessa, yhdistelmämallissa ja piirustustuotannossa. Malleja on käytetty apuna määrälaskennassa sekä niistä on voitu tehdä mittauksia. Tilaajat hyödyntävät 3D-malleja useimmiten suunnitelmien tarkastukseen, visualisointiin sekä mallipohjaiseen laadunvalvontaan. Kyselyyn vastanneet urakoitsijat ovat käyttäneet malleja muun muassa materiaalitietojen, mittojen sekä määrien selvittämiseen. Ohjelmistotoimittajien tehtävät liittyvät 3D-mallien tukeen, kehitykseen sekä koulutukseen.

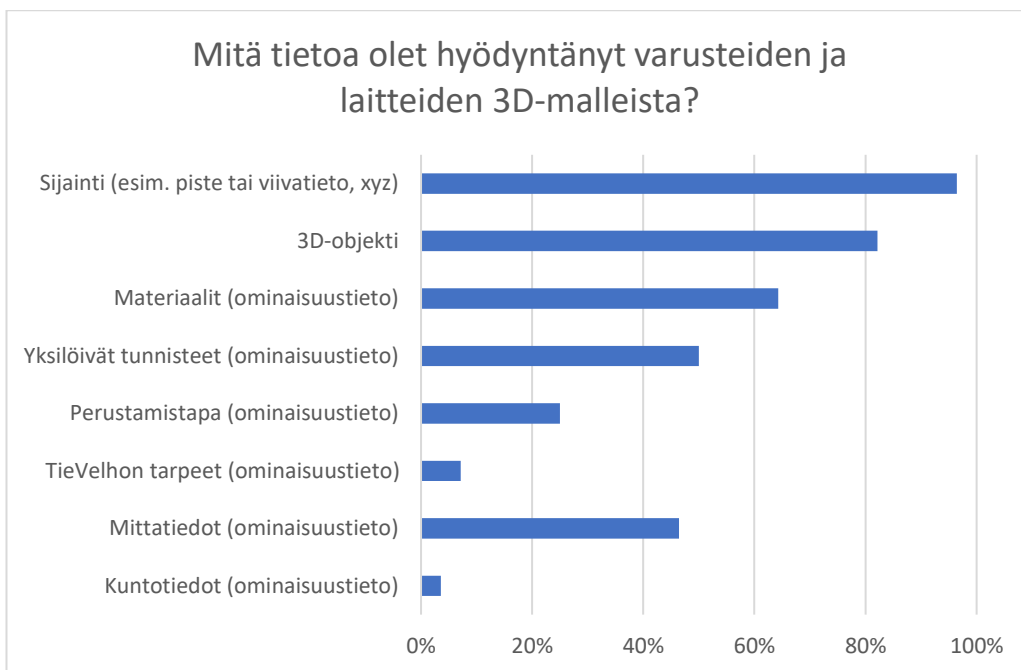
Edellisten suunnitteluvaiheiden 3D-malleja on käytetty suunnittelutyössä lähtötietona pohjana uusille suunnitelmille, apuna seuraavan vaiheen tarjouslaskentaan sekä suunnitelmaratkaisujen visuaaliseen tarkastamiseen. Malleista on voitu tarkastella laitteiden tarvitsema tila ja mallien avulla on tehty törmäystarkasteluja. Vastaaajien mukaan paras hyöty saavutetaan, kun edellisessä vaiheessa asioita on tarkasteltu huolellisesti 3D-maailmassa, eikä törmäyksiä ole jäänyt seuraavaan vaiheeseen. Malleihin on voitava luottaa, ja esimerkiksi pylvästyypit ja sijainnit on oltava oikein. Joissain tapauksissa edellisen vaiheen suunnitelmat on saatu suoraan käyttöön natiiviformaatissa eli suunnitteluohjelman omassa tallennusmuodossa, jolloin varusteet ja laitteet on pystytty hyödyntämään tehokkaasti.

Tämä edellyttää kuitenkin, että edellisen vaiheen suunnitelmat on tehty samalla suunnittelujärjestelmällä.

Tilaaajan näkökulmasta edellisten suunnitteluvaiheiden 3D-malleja on hyödynnetty määrien tarkistuksessa, toteuman varmistamisessa sekä laadunhallinnassa urakoitsijan kanssa. Myös aiemmin mitattua tietoa on hyödynnetty. Edellisten suunnitteluvaiheiden malleista on voitu tutkia esimerkiksi kuivatuksen toimivuutta nykyisistä rummuista ja putkista. Näissäkin vastauksissa korostuu se, että tietoon on voitava luottaa ja sitä on oltava tallennettuna riittävästi jatkokäyttöä varten. Toisaalta tietoa ei kuitenkaan saa olla liikaa ja tarkkuus on suunniteltava käyttötärpeen mukaan. Tietovirtauksen tulisi kulkea katkeamattomana ja sitä tulisi voida rikastaa seuraavassa vaiheessa, jotta mallinnusta ei tarvitsisi tehdä uudestaan. Tilaajan näkökulmasta paras hyöty saadaan, kun mallit tehdään rakentamissuunnitelmaa laadittaessa loppuun saakka, eikä niihin jätetä aukkoja. Erään tilaaajan edustajan mukaan tärkeää olisi, että varusteiden ja laitteiden tietosisällöt kuvataan riittäväillä tiedoilla avoimessa siirtoformaattissa, jotta objekti on mahdollista luoda oikein myös jatkosuunnittelussa. Objektin kiinnityspisteen tulee esimerkiksi olla yksiselitteinen ja vastata rakentamisessa käytettyä sijaintitietoa.

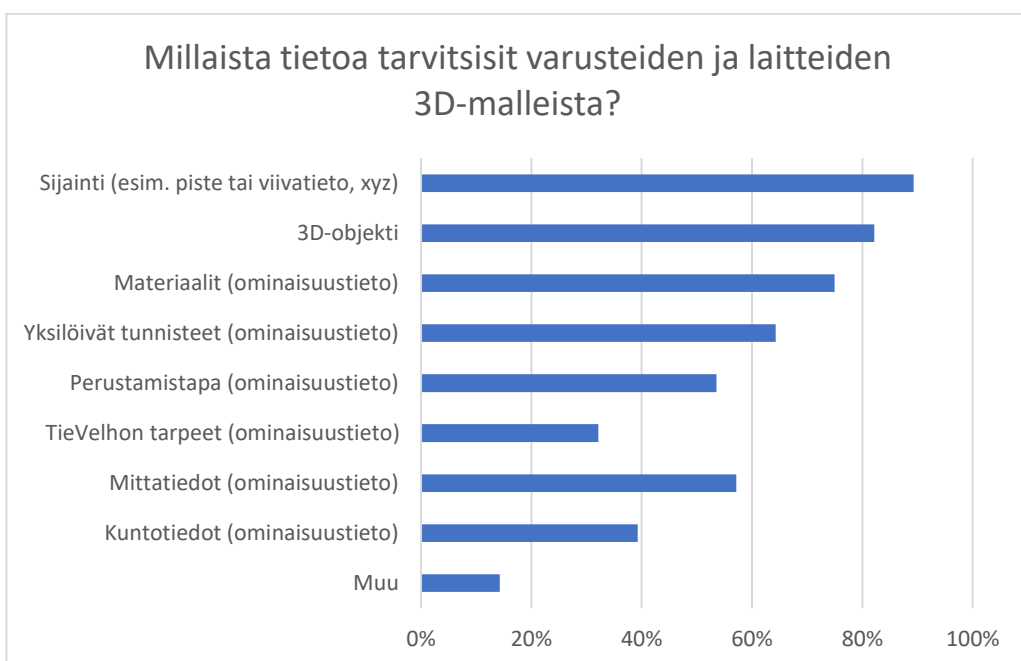
Urakoitsijat ovat hyödyntäneet edellisten suunnitteluvaiheiden 3D-malleja muun muassa materiaalitietojen, mittojen ja määrien selvittämiseen, tarjouslaskentaan sekä tarjouspyyntöihin. Mallien avulla voidaan tehdä karkea tilavaraus ja työn ennakointi sekä suunnittelu helpottuvat. Urakoitsijan näkökulmasta tietoa on oltava paljon ja sen on oltava mahdollisimman tarkkaa ja ristiriidatonta.

Eniten varusteiden ja laitteiden 3D-malleista on hyödynnetty sijaintitietoja. Niitä on hyödyntänyt lähes kaikki kysymykseen vastanneista, kuten kuviosta 11 selviää. Muita usein hyödynnettyjä tietoja ovat muun muassa 3D-objekti ja materiaalitiedot.



KUVIO 11. Varusteiden ja laitteiden 3D-malleissa hyödynnetyt tiedot

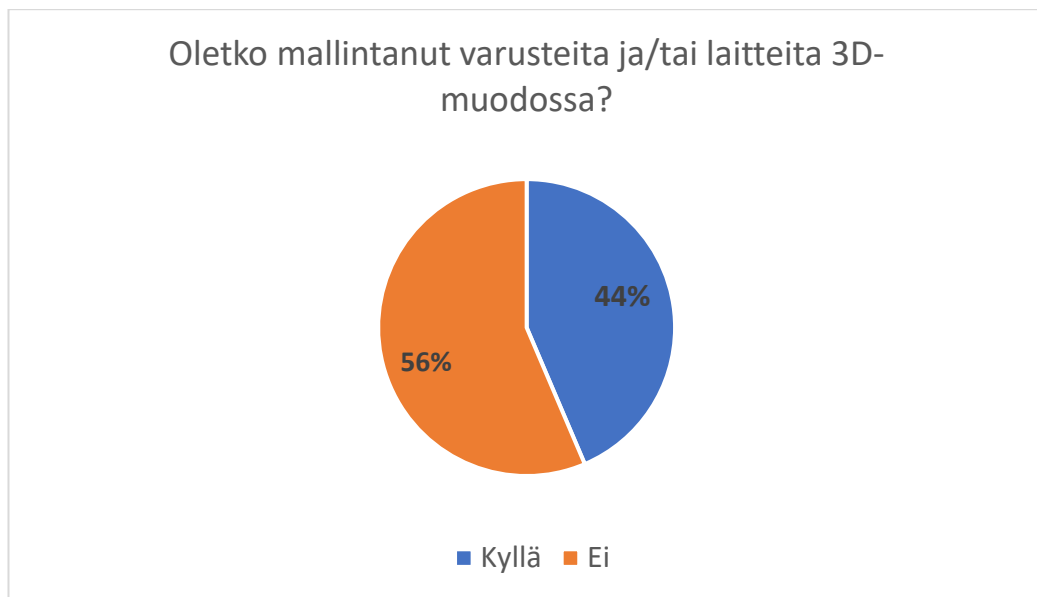
Kyselyssä kysyttiin, millaista tietoa vastaajat tarvitsisivat varusteiden ja laitteiden 3D-malleista (kuviokuva 12). Esille nousi samoja asioita, kuin yleisimmin hyödynnetyissä varusteiden ja laitteiden 3D-malleissa. Suurimpana muutoksena on TieVelhon tarpeet sekä kuntotiedot, joille olisi enemmän tarvetta kyselyn mukaan. Esille nousseita muita tarpeellisia tietoja olivat omistajatieto, tieto objektin vastuuhenkilöstä sekä erotieto suunnitellun ja toteutuneen rakenteen välillä sekä niiden vertailu.



KUVIO 12. Varusteiden ja laitteiden 3D-malleista tarvittavia tietoja

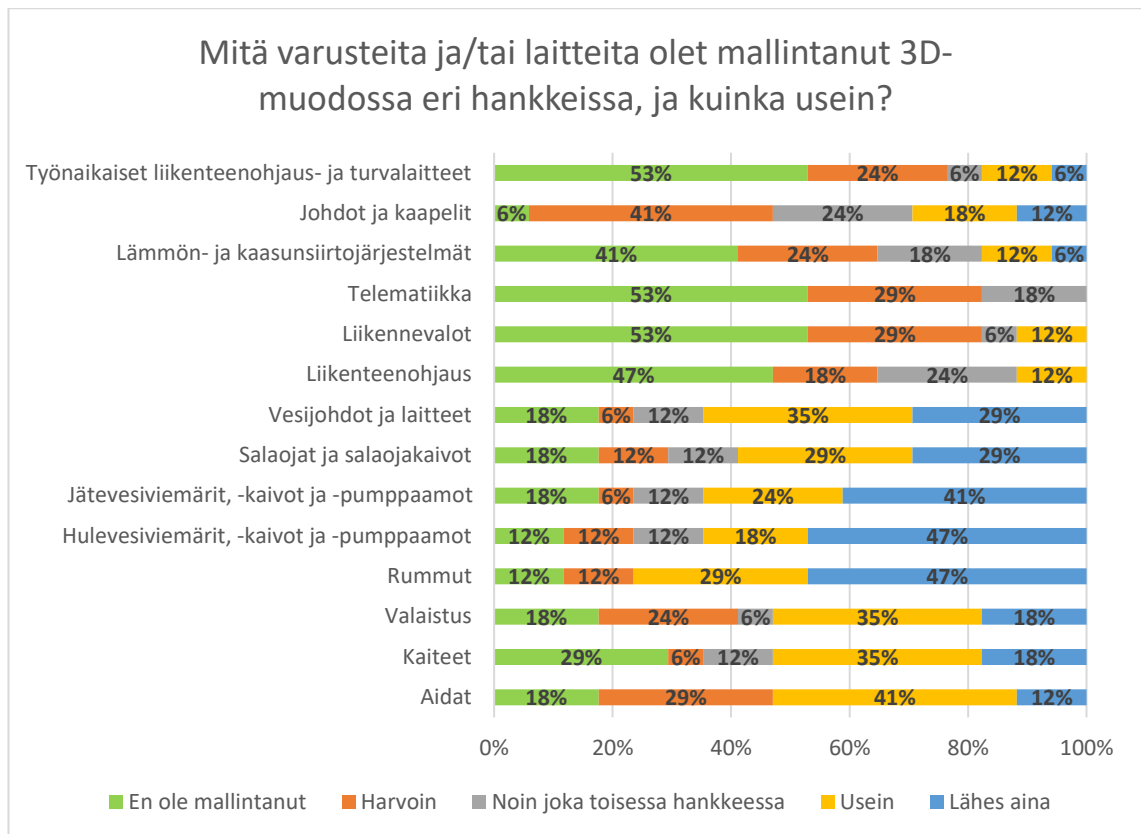
4.3.3 Varusteiden ja laitteiden 3D-mallinnuksen nykytilanne

Varusteita ja laitteita on mallintanut hieman alle puolet vastanneista, kuten kuvio 13 osoittaa. Suurin osa varusteita ja laitteita mallintaneista oli suunnittelijoita, mutta kaikista rooleista löytyi varusteita ja laitteita 3D-muodossa mallintaneita vastaajia.



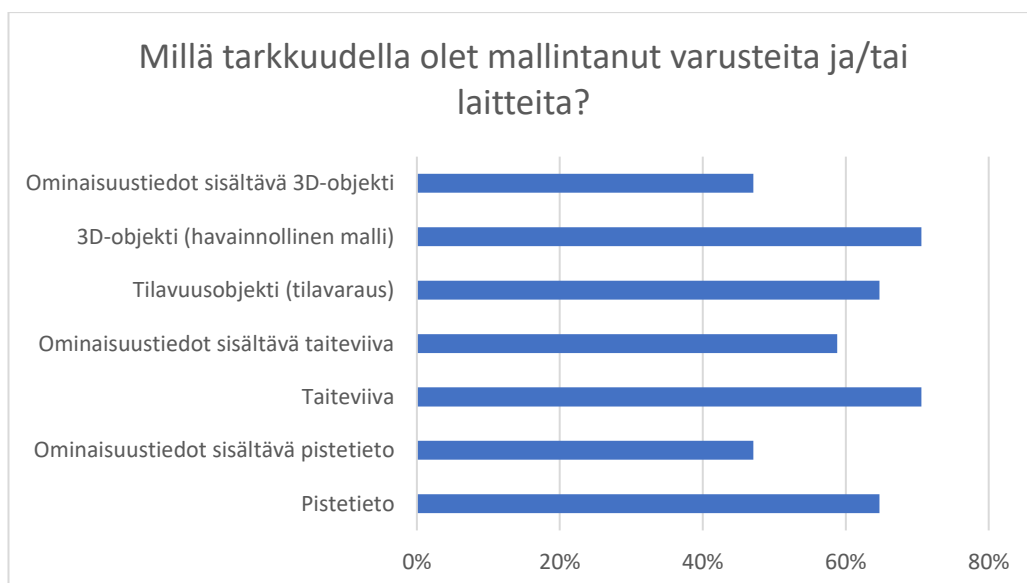
KUVIO 13. Varusteita ja laitteita 3D-mallintaneet vastaajat

Osion monivalintakysymyksillä selvitettiin, mitä varusteita ja/tai laitteita vastaajat ovat mallintaneet eri hankkeissa ja kuinka usein (kuvio 14). Vastauksista selviää, että rumpuja sekä hulevesiviemäreitä, -kaivoja ja -pumppaamoita mallinnetaan useimmin. Harvimminkin mallinnettavia varusteita ja laitteita ovat työnaikaiset liikenteenohjaus- ja turvalaitteet sekä telematiikka.



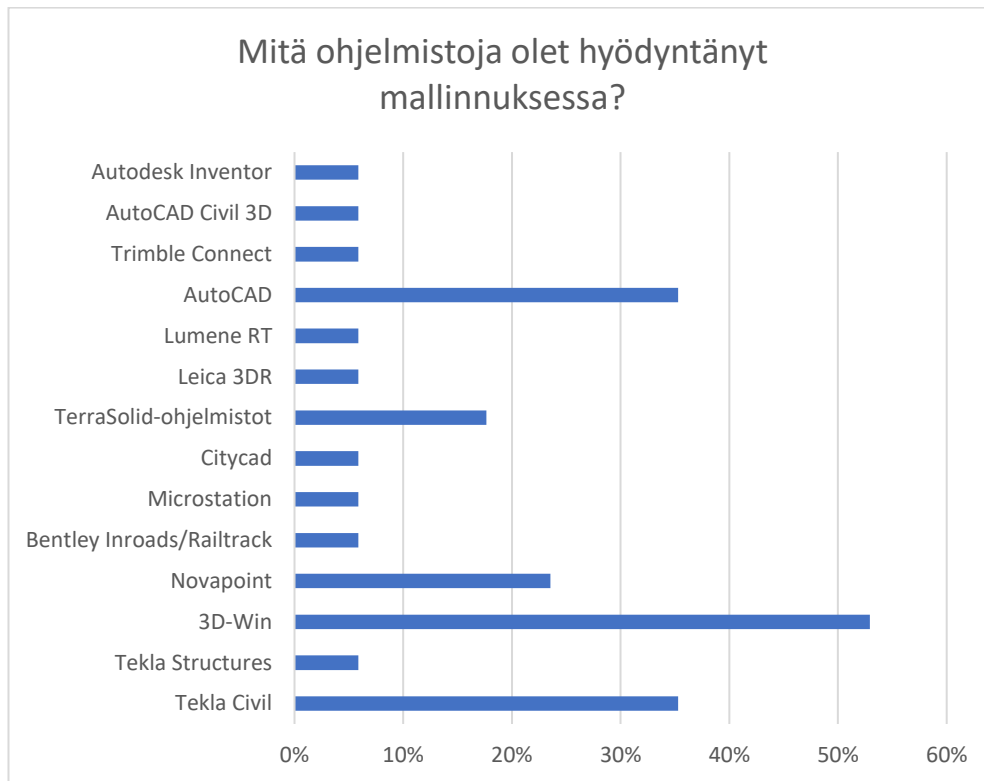
KUVIO 14. 3D-mallinnetut varusteet ja laitteet

Kuviossa 15 kuvataan, millä tarkkuudella vastaajat ovat mallintaneet varusteita ja laitteita. Vastaukset jakautuivat melko tasaisesti, mutta yleisimmät mallinnustarkkuudet ovat taiteviiva sekä havainnollinen 3D-objekti. Myös pistetieto sekä tilavuusobjekti korostuivat vastauksissa.



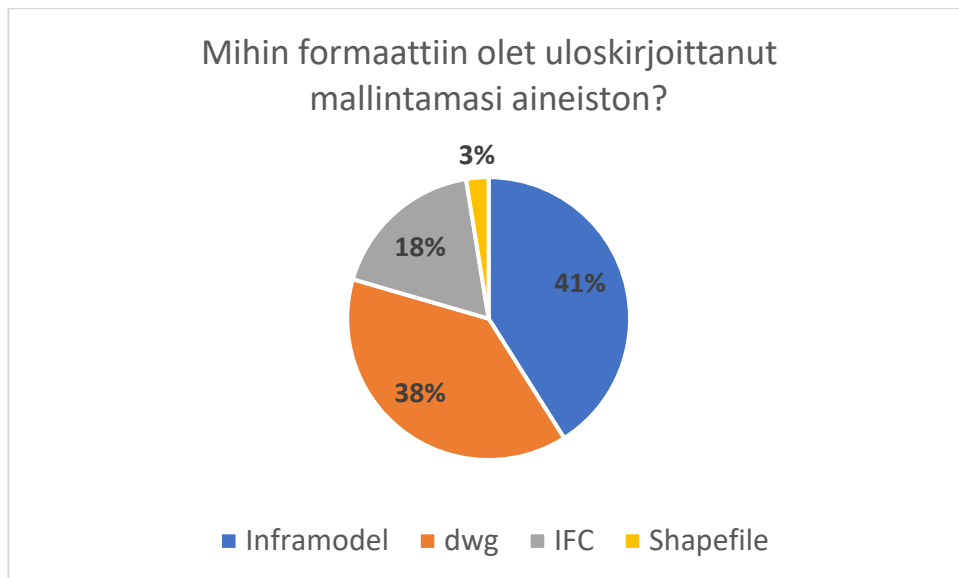
KUVIO 15. Mallintamisen tarkkuus

Vastaajat ovat hyödyntäneet laajasti eri ohjelmistoja varusteiden ja laitteiden mallinnuksessa. Yleisimmin hyödynnetty ohjelma varusteiden ja laitteiden mallinnuksessa on 3D-Win, jota on hyödyntänyt yli puolet kysymykseen vastanneista. Muita yleisesti hyödynnettyjä ohjelmia ovat Tekla Civil ja AutoCAD. Kuviossa 16 on kuvattu ohjelmistojen käytön jakauma.



KUVIO 16. Mallinnuksessa hyödynnetyt ohjelmistot

Yleisimmin käytettyjä formaatteja selvitettiin monivalintakysymyksen avulla. Vastausten perusteella yleisimmin käytetyt formaatit mallien uloskirjoituksessa ovat Inframodel ja dwg. Myös IFC -formaattia oli hyödynnetty uloskirjoituksessa jonkin verran. Kuviossa 17 on esitetty, kuinka uloskirjoitusformaatit jakautuvat.



KUVIO 17. Mallien uloskirjoituksessa käytetyt formaatit

4.3.4 Mallien hyödyntämisen haasteet

Kehitystyön kannalta oli tärkeää selvittää, millaisia haasteita varusteiden ja laitteiden malliaineiston hyödyntämisessä sekä mallintamisessa esiintyy. Tätä kartoitettiin kyselytutkimuksen avulla.

Mallien hyödyntämisen haasteita kartoitettiin avoimen kysymyksen avulla. Vastauksissa nousi esille, että mallien hyödyntämisen haasteet liittyvät usein ohjelmistojen rajoituksiin, eli kaikki suunnitteluohjelmistot eivät tue mallintamista ja objektien ominaisuustiedot eivät siirry aineistojen mukana. Suunniteltua aineistoa ei ole usein mahdollista hyödyntää seuraavassa suunnitteluvaiheessa, koska käytetyt tiedonsiirtoformaattit eivät tue objektien tietojen siirtoa. Esimerkiksi valaistusta suunniteltaessa saadaan jalustan piste, mutta ei välttämättä itse valaisinta ja sen tarkkaa suuntaa. Objektien materiaalitiedot ovat usein CAD-tasonimen varassa, jolloin virheiden mahdollisuus kasvaa, jos tasojärjestelmät eivät vastaa toisiaan. Haastavana koetaan se, että tiedot täytyy luovuttaa eteenpäin Excel-listauksena. Taiteviivojen käyttö toteumamalleissa koetaan haastavana tilaajan näkökulmasta, koska taiteviivat häviävät yhdistelmämalliin helposti.

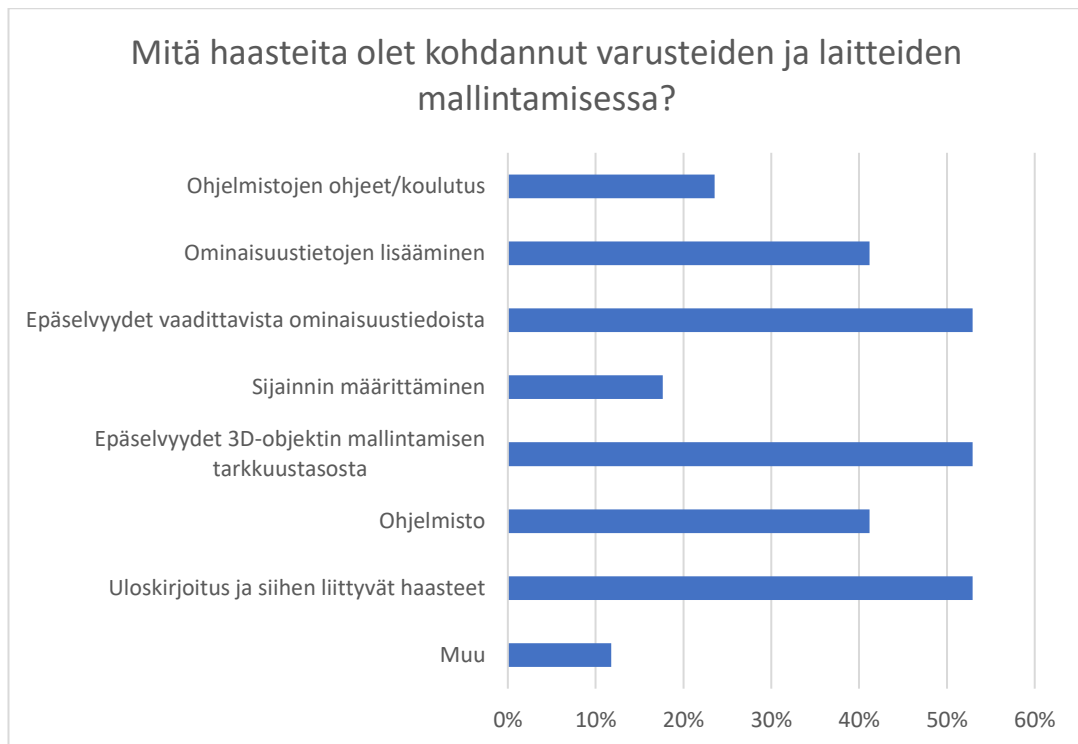
Haasteita ilmenee myös objektien sijainti- ja kiinnitystiedoissa, eivätkä ne aina vastaa ohjeistusta. Esimerkiksi kaiteen taitepiste voi olla määritetty maanpintaan

eikä kaiteen etureunaan johteen tasolle. Ominaisuustiedoissa koetaan usein olevan puutteita. Objektit eivät välttämättä vastaa todellista kokoa tai sijoittumista yhdistelmämallissa. Joskus varusteet ja laitteet jätetään mallintamatta kokonaan, jolloin niiden huomioiminen on haastavaa esimerkiksi ST-hankkeiden (suunnittele ja toteuta -hanke) tarjouslaskennassa.

OmaisuuDENhallinnassa esiintyi myös haasteita. Joidenkin vastaajien mukaan Tievelhon sisältövaatimukset eivät täsmää InfraBIM-sisältömäärittysten kanssa. Tievelho ei ole samassa koordinaattijärjestelmässä, kuin suunnitelmat ja projektivelhon sisältö, mikä aiheuttaa haasteita. Väylävirastolta toivottaisiin lisää objekteja, joita mallintamisessa voitaisiin hyödyntää. Erään vastaajan mukaan osa Väyläviraston objekteista on niin isoja tiedostokooltaan, että niitä on hankala käyttää mallintamisessa. Objektien kiinnityspisteet voivat olla väärässä kohdassa ja objektien skaalat voivat vaihdella. Objekti voi myös erota hieman todellisesta mallista.

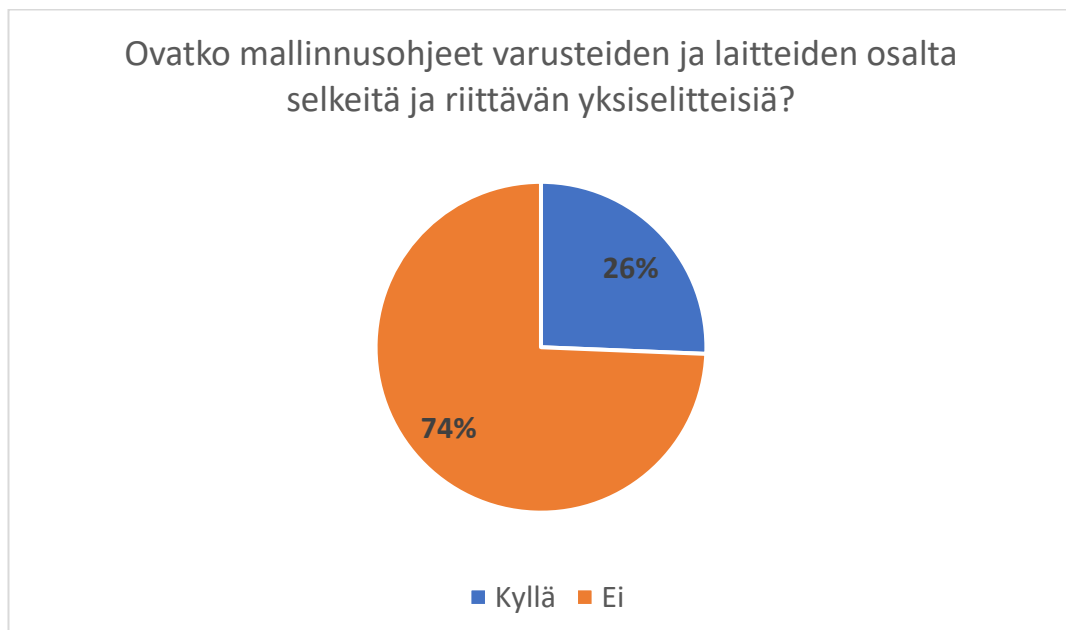
4.3.5 Mallinnuksen haasteet

Suurimmat mallinnuksen haasteet liittyivät kyselyn mukaan epäselvyyksiin vaadittavista ominaisuustiedoista ja 3D-objektien tarkkuustasosta sekä uloskirjoitukseen. Muita haasteita olivat työajan rajallisuus järjestelmän täysimääräisen hyödyntämisen opetteluun sekä lähtötietojen epäselvyydet. Kuviossa 18 on esitettyä mallinnukseen liittyvät haasteet.



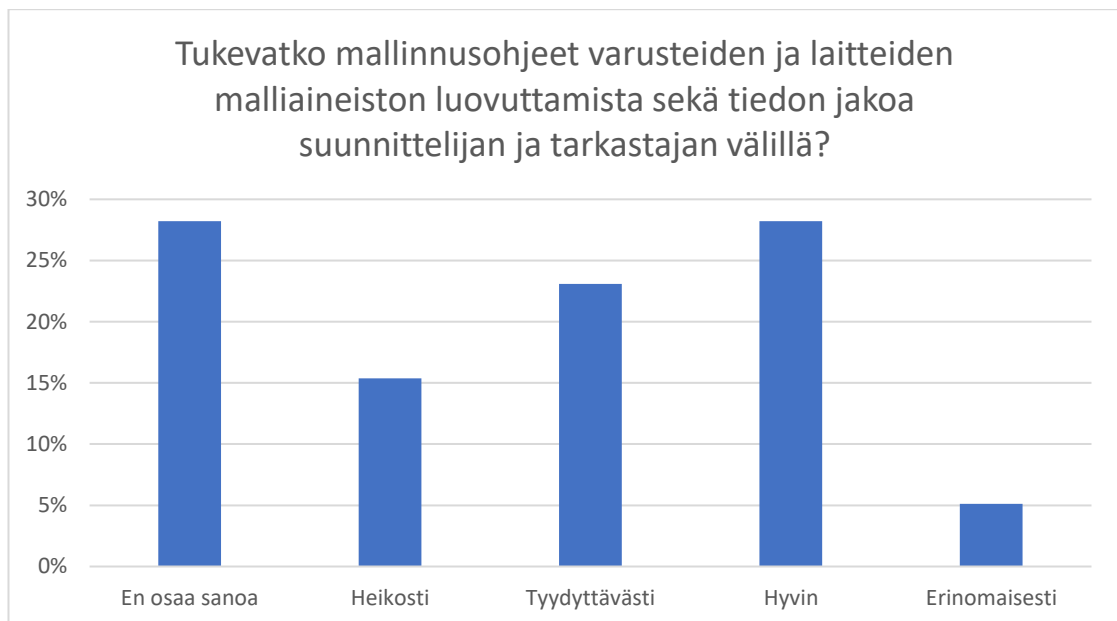
KUVIO 18. Varusteiden ja laitteiden mallinnuksen haasteet

Kaksi kolmesta yllä esitetyistä yleisimmistä haasteista liittyivät alan mallinnusohjeisiin. Lähes kolme neljäsosaa vastaajista oli sitä mieltä, että alan mallinnusohjeet eivät ole riittävän selkeitä ja riittävän yksiselitteisiä, kuten kuvio 19 osoittaa. Ei ole esimerkiksi tiedossa, mitä asioita mallista pitäisi käydä ilmi.



KUVIO 19. Ovatko mallinnusohjeet vastaajien mielestä selkeitä ja riittävän yksiselitteisiä

Vastaajilta kysyttiin, miten mallinnusohjeet tukevat varusteiden ja laitteiden malliaineiston luovuttamista sekä tiedon jakoa suunnittelijan ja tarkastajan välillä. Vajaa kolmasosa ei osannut vastata kysymykseen, ja noin kolmasosa oli sitä mieltä, että mallinnusohjeet tukevat malliaineiston luovuttamista hyvin tai erinomaisesti. Reilu kolmasosa vastaajista oli sitä mieltä, että mallinnusohjeet tukevat varusteiden ja laitteiden malliaineiston luovuttamista suunnittelijan ja tarkastajan välillä joko heikosti tai tyydyttävästi (kuvio 20).



KUVIO 20. Kuinka mallinnusohjeet tukevat malliaineiston luovuttamista suunnittelijan ja tarkastajan välillä

Muita mallinnukseen liittyviä haasteita olivat vaihtelu vaatimuksissa eri tilaajaorganisaatioiden välillä yleisistä ohjeista huolimatta. Suunnitteluyksiköiden sisäinen kehitystyö koettiin hankalaksi nykyisten mallinnusohjeiden ja vaatimusten vaihtelevuuden vuoksi.

Lähtötietojen epäselvyydet mainitaan useassa vastauksessa. Lähtötietomallin laatiminen voi olla vaikeaa, jos ei tiedetä, minkä tiedon perusteella malli tehdään. Lähtötietomalli voidaan joutua tekemään arkistotietojen perusteella, joihin on vuosien varrella saattanut tulla dokumentoimatta jääneitä muutoksia. Lähtötietoineiston varusteiden ja laitteiden ominaisuuksia voidaan myös joutua arvailemaan. Maanalaisten varusteiden ja laitteiden mallintaminen on haastavaa, koska

niistä ei saada tarkkaa tietoa ennen esille kaivamista. Mallintamisen tarkkuustaso kärsii, jos lähtötiedot eivät ole tarkkoja.

Suunnitteluohjelmistojen haasteet mainitaan myös usein. Ominaisuustietojen lisääminen ja uloskirjoitus voi olla haastavaa. Ominaisuustiedot eivät usein siirry varusteen mukana uloskirjoituksessa, vaikka ne saisikin lisättyä varusteeseen suunnitteluvaiheessa. Ohjelmistot eivät tue alan vaatimuksia täydellisesti vastaajien mukaan. Suunnittelutyö joudutaan usein viimeistelemään toisella ohjelmistolla. Myös formaatit muuttuvat ja uusia formaatteja tulee lisää. Ohjelmien täysimääräisen hyödyntämisen opettelemiseen voi mennä paljon aikaa, joka lisää kustannuksia.

4.3.6 Mallintamisen ohjeistuksen kehittäminen

Varusteiden ja laitteiden mallintamisen ohjeistuksen kehittämistä selvitettiin avoimilla kysymyksillä. Useassa vastauksessa nousi esille vaatimusten yhtenäistäminen ja selkeyttäminen sekä yksinkertaistaminen. Ohjeissa koetaan olevan liikaa yleistyksiä. Tarpeettomia asioita tulisi karsia pois, ja kohteiden tietosisällölle, kuten sijainnille, geometrialle ja ominaisuustiedoille tulisi olla selkeät vaatimukset. Ohjeet ja vaatimukset tulisi erottaa toisistaan, koska tällä hetkellä ohjeiden ja vaatimusten koetaan olevan sekaisin, mikä aiheuttaa sekaannusta. Ohjeiden päivitysvälien tulisi olla järkevän pituisia. YIV:n hankekohtaisesti sovittavat asiat jättävät liikaa tulkinnanvaraa suunnitteluvaiheiden välille, joten niitä tulisi vähentää. Useassa vastauksessa toivottiin esimerkkiaineistoa vaatimukset täyttävistä malleista. Rakennuttajien tueksi toivottiin hankinta-aluekohtaista Tievelhon pääkäyttäjää, joka voisi tukea haasteissa. Vastauksissa toivottiin myös kaikkien osapuolten sitouttamista ohjeistukseen. Mallinnuksen suhteen toivottiin työmaata palvelevaa ohjeistusta ja liiallisen mallinnuksen välttämistä.

Omaisuuksienhallinnan näkökulmasta toivottiin kiinnityspisteen määrittämistä niin, että se palvelisi myös maastoon merkintää ja toteuman mittaamista. Suunniteltu objekti tulisi saada ominaisuustietoineen toteutuneen pisteen kohdalle, jolloin se palvelisi paremmin omaisuushallintaa. YIV:n ohjeistusta tulisi kehittää niin, että otettaisiin huomioon koko elinkaari suunnittelusta kunnossapitotoimenpiteisiin

saakka. Kehitystyössä tulisi huomioida suunnittelijoiden, suunnitteluohjelmistojen ja rakentamisen lisäksi myös muut tienpitäjän roolit ja vaiheet.

Vastauksissa ehdotettiin ohjelmistojen osalta kehitystoimiksi ominaisuuksien ja geometrian vaatimusten esittämistä koneluettavassa muodossa, jotta ohjelmistot voisivat hyödyntää näitä suoraan. Vaatimustietokannan avulla vaatimukset voisi viedä suoraan ohjelmistolle. Ohjelmistojen varusteiden ja laitteiden muokkaustyökaluihin toivottiin ominaisuustietojen lisäämistä helpottavia toimintoja, kuten pudotusvalikoita, joilla vaaditut ominaisuustiedot olisivat helposti valittavissa.

4.3.7 Objektikirjaston kehittäminen

Kyselyssä kartoitettiin objektikirjaston tarvetta kolmella kysymyksellä. Aluksi kysyttiin minkä tasoisesta objektikirjastosta olisi hyötyä. Tämän jälkeen pyydettiin valitsemaan kolme tärkeintä varusteryhmää, joiden objektikirjastoista olisi eniten hyötyä. Lopuksi pyydettiin perustelut valinnoille.

Vastaajien mukaan hyödyllisin objektikirjaston tarkkuustaso olisi objekti ominaisuustietoineen, jonka valitsi yli puolet vastaajista. Toiseksi yleisin vastaus oli rajapinta suunnitteluovelluksen ja materiaalitoimittajan objektikirjaston välillä. Vastausten jakauma esitetty kuviossa 21.



KUVIO 21. Vastaajien toivoma objektikirjaston tarkkuustaso

Tärkeimmät varusteryhmät, joiden objektkirjastosta olisi vastaajien mukaan eniten hyötyä, olivat kaiteet ja valaistus. Kummankin valitsi noin kolmasosa vastaajista. Seuraavaksi hyödyllisimmät olivat hulevesiviemärit, -kaivot ja -pumppaamot sekä liikenteenohjaus (kuvio 22). Muita vastauksia olivat sähköradan komponentit ja joukkoliikennekalusteet.



KUVIO 22. Varusteryhmät, joiden objektkirjastosta olisi eniten hyötyä

Kaiteiden ja valaistuksen osalta perusteluina olivat niiden tärkeys visualisoinnin kannalta. Niiden tuottaminen on vastausten mukaan työläämpää ja niiden ominaisuuksiedoissa on vielä puutteita. Valaistukseen, kaiteisiin sekä liikenteenohjaukseen törmää lähes jokaisessa hankkeessa, joten niiden objektkirjastosta koetaan olevan paljon hyötyä.

Hulevesiviemäriin, -kaivoihin ja -pumppaamoihin liittyviä valintoja perusteltiin muun muassa sillä, että niiden ominaisuuksissa ja mittauskäytännöissä on paljon vaihtelua ja niitä tehdään eniten.

4.4 Haastattelujen sisältö

Toisena tutkimusmenetelmänä käytettiin puolistrukturoitua, eli teemahaastattelua. Haastatteluiden tavoitteena oli selvittää kyselyn vastauksia, sekä saada parempi käsitys kyselyssä esille nousseista teemoista. Tarkoituksena oli selvittää haastateltavien kokemuksia varusteiden ja laitteiden mallinnuksesta sekä saada erilaisia näkökulmia mallinnuksen nykytilasta. Haastattelukysymykset on esitetty liitteessä 2.

Haastatteluun kutsuttiin kyselyyn vastanneista henkilöistä ne, jotka olivat ilmoittaneet halukkuutensa osallistua tutkimukseen liittyvään haastatteluun. Haastattelukutsu lähetettiin kymmenelle henkilölle, joista yhdeksän osallistui haastatteluihin. Haastatteluajkojen sopimisessa hyödynnettiin tapaamisten sopimiseen tarkoitettua sivustoa, jossa jokainen sai valita itselle sopivimmat ajankohdat. Haastattelut pidettiin Microsoft Teams -sovelluksen välityksellä. Osallistujat saivat haastattelukysymykset etukäteen haastatteluajkojen sopimisen yhteydessä, jotta heillä oli mahdollisuus valmistautua etukäteen. Haastattelun kohderyhmän henkilöt edustivat suunnittelua, urakointia, ohjelmistotoimittajia sekä tilaajia.

4.5 Haastattelujen tulokset

4.5.1 Nykytilanne

Haastattelukysymykset jakautuivat neljään eri teemaan. Ensimmäinen teema käsittelee varusteiden ja laitteiden mallinnuksen nykytilannetta. Kysymyksien avulla selvitettiin, miksi ominaisuustietoja on hyödynnetty varusteiden ja laitteiden mallinnuksessa vähäisesti, vaikka niille on todettu olevan suuri tarve. Lisäksi kysyttiin tulisiko inframallintamista kehittää varusteiden ja laitteiden osalta niin, että tieto saataisiin siirtymään objektien mukana koko elinkaaren ajan. Tähän kysyttiin myös kehitysehdotuksia.

Haastateltujen mukaan ominaisuustietoja hyödynnettäisiin varusteiden ja laitteiden malleista enemmän, jos niitä olisi enemmän saatavilla. Ominaisuustietoja

olisi haastateltujen mukaan paremmin saatavilla, jos tilaaja vaatisi niitä varusteiden ja laitteiden malleihin. Joidenkin haastateltujen mukaan objektikirjasto edistäisi asiaa.

Varusteiden ja laitteiden mallinnuksesta puuttuu yksiselitteinen ja vakiintunut tapa. Nykyisten ohjeiden ja tapojen ei koeta tukevan Tievelhon tavoitteita. Tällä hetkellä haasteena on, että varusteiden ja laitteiden mallintamisesta puuttuu standardointi, ja nykyiset ohjelmistot sekä formaatit eivät tue ominaisuustietojen tiedonsiirtoa. Esimerkiksi kaivon ominaisuustietoihin ei saada sisällytettyä kaikkia Tievelhon vaatimia tietoja Inframodel-formaatissa. Tämä johtaa siihen, että tietoa ei saada kirjoitettua ulos varusteiden mukana suunnittelusta, eikä sen siirtäminen rakentamisesta Tievelhoon onnistu. Laite- ja ohjelmistokannan pitäisi uudistua, jotta objekteja voitaisiin hyödyntää myös maastossa. Joidenkin haastateltujen mukaan nykyinen tekeminen perustuu vanhoihin ohjeisiin ja toimintatapoihin. Uuden ja vanhan toimintatavan kohtaamisesta syntyy ristiriitoja. Haastateltujen mukaan ohjelmistotoimittajat kehittäisivät ohjelmistoja, jos ominaisuustiedot sisältäviä objekteja vaadittaisiin. Nykyinen toiminta ei kannusta ohjelmistotoimittajia kehittämään ohjelmistoja. Haastateltujen mukaan kehitystä parempaan suuntaan on kuitenkin tapahtunut.

Nykyisin ominaisuustiedot siirretään Tievelhoon tai seuraavaan hankevaiheeseen Excel-taulukoiden (taulukko 1; taulukko 2) ja pdf-dokumenttien välityksellä, joka koetaan työläänä työvaiheena. Haastateltujen keskuudessa vallitsi yksimielisyys siitä, että dokumenttien käytöstä tiedonsiirrossa pitäisi luopua. Jos listoja tarvittaisiin, pitäisi ohjelmistolla olla valmius kirjoittaa niitä tarvittaessa ulos suunnitteluaineistosta. Haastateltujen mukaan tavoitetilanne olisi, että tieto saataisiin siirtymään objektin mukana koko elinkaaren ajan, eikä esimerkiksi kaivokortteja tarvitsisi tulostella. Suunnittelussa tehtyjä objekteja voitaisiin rikastaa myöhemmin ominaisuustiedoilla sekä inventointitiedoilla.

4.5.2 Ohjeistus

Toinen teema käsitteli varusteiden ja laitteiden mallintamisen ohjeistusta. Tavoitteena oli selvittää mallinnusohjeisiin liittyvät haasteet ja kehitysehdotukset. Näiden selvittämiseksi haastateltavilta kysyttiin mallinnusohjeisiin liittyvistä haasteista, sekä millaista ohjeiden tulisi olla, jotta tieto saataisiin siirtymään koko elinkaaren ajan. Haastateltavilta kysyttiin mallinnusvaatimukseen ja suunnitteluohjeistukseen liittyvistä ristiriidoista, sekä miten Tievalhon ja InfraBIM-sisältömäärittysten yhteensovitus voitaisiin kehittää.

Ohjeiden haasteista kysyttäessä vastaukset jakoutuivat. Osa haastatelluista oli sitä mieltä, että mallinnusohjeisiin liittyy erilaisia haasteita. Osa taas oli sitä mieltä, että ohjeet ovat hyvät ja riittävät. Yleisesti oltiin sitä mieltä, että ohjeiden tietosisältö oli riittävä, mutta suurimmat haasteet liittyivät ohjeiden rakenteeseen sekä muotoon. Haasteista mainittiin muun muassa se, että ohjeita on monia ja ne päivittyvät eri aikoihin. Päivitysvälit saattavat olla pitkiä, eivätkä ohjeet pysy ajantasaisina. Ohjeissa koetaan olevan myös tulkinnanvaraisuutta. Tämä voi johtaa erään haastatellun mukaan siihen, että eri osapuolet voivat tulkita ohjeita eri tavoilla, mikä johtaa ristiriitoihin osapuolten välillä.

Haastateltujen mukaan varusteiden ja laitteiden suunnitteluohjeissa olisi hyödyllistä olla konkreettisia esimerkkejä rakenneosittain ja hankevaiheittain. Tiedon taso, tarkkuus ja sisältö tulisi määritellä erilaisia käyttötarkoituksia ja hankevaiheita varten. Koko tuotteen elinkaaren kannalta olisi tärkeää, että ohjeista kävisi ilmi hankevaiheesta toiseen siirryttäessä vaadittavat tiedot. Toisaalta olisi myös tärkeää, että ei suunnitella tai vaadita sellaista, mitä seuraavassa vaiheessa ei tarvitse. Ohjeiden jaottelussa voitaisiin haastateltujen mukaan ottaa mallia InfraRYL:stä ja ohjeiden tulisi olla toisiaan täydentäviä. Useassa haastattelussa nousi esille pdf-muotoisesta ohjeistuksesta luopuminen ja siirtyminen selainpohjaisiin, rakenteellisiin ohjeisiin. Linkitykset viitattuihin ohjeisiin helpottaisivat siirtymistä eri ohjeiden välillä. Ohjeiden tulisi olla sisällöltään yksinkertaiset, selkeät, toteutuskelpoiset ja tiiviit. Haastatteluissa nousi esille malliobjektit ja esimerkkiai-
neistot sekä jalostetut hankekohtaiset hankekortit suunnittelutyön tueksi. Erään

haastattelun mukaan tietomallinnuksen tehtävälisestä olisi apua projektissa. Se olisi helppo käydä läpi ja siitä selviäisi, mitä tietomallinnuksen suhteen vaadittaisiin eri hankevaiheissa. Ohjeistuksessa tulisi ottaa huomioon lisäksi eri tekniikkalajien yhteensovitus ja toteutuksen turvallisuus.

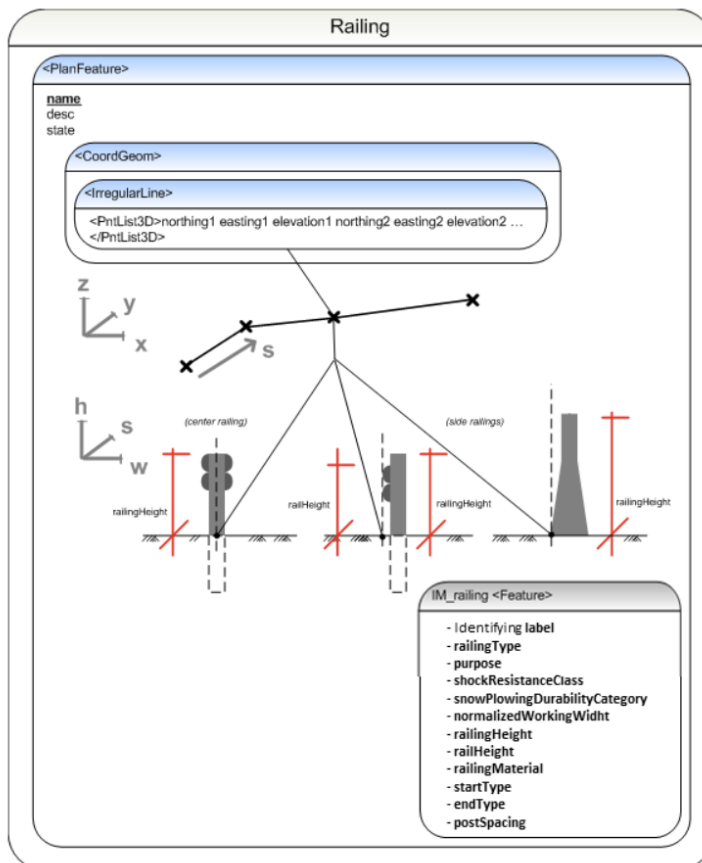
Haastatteluissa nousi esille myös kunnossapidon näkökulma, joka jää erään haastattelun mukaan ohjeistuksessa vähemmälle huomiolle. Kunnossapito on tuotteen elinkaareissa pisin ajanjakso, joten kunnossapidon näkemystä kaivattaisiin enemmän tietomalliohjeisiin. Tässä toivottaisiin yhteistyötä myös ELY:n (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) kanssa, jotta voitaisiin selvittää mitä tietoja kunnossapito oikeasti tarvitsee.

Tiedon siirtymistä koko elinkaaren ajan tukisi haastateltujen mukaan se, että luovutettiin taulukkomuotoisesta tiedonsiirrosta ja ominaisuustiedot siirrettäisiin objektien mukana. Tämän edellytyksenä olisi avoin tiedonsiirtoformaatti ja rajapinnat tuotetoimittajien välillä. Teknologian tulisi tukea saumattomasti tiedonsiirtoa sekä tiedon lukemista, ja kaikkien tulisi sitoutua noudattamaan yhteisiä toimintatapoja.

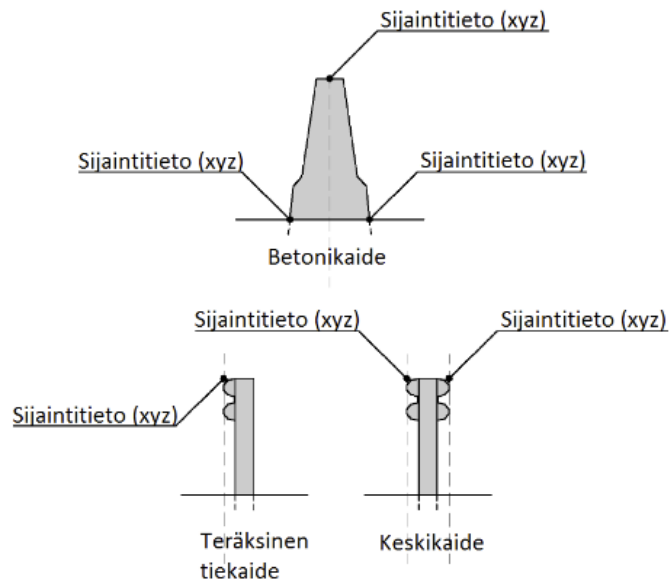
Haastattelujen perusteella Tievalon ja InfraBIM sisältömäärittysten yhteensovittamisessa olisi tärkeää, että ne tehtäisiin yhteistyössä eri toimijoiden välillä. Tässä olisi hyvä ottaa huomioon myös kunnat ja kaupungit, jotta samat sisältömääritykset kävisivät kaikille ja erilaiset omaisuudenhallintajärjestelmät saataisiin yhteensovitettua. Terminologia tulisi yhtenäistää koko elinkaaren ajalta ohjeiden synkronoinnin helpottamiseksi. Nykyiset Tievalon sisältömääritykset tulisi käydä läpi ja miettiä, millaiset tiedot ovat oikeasti tärkeitä. Esimerkkinä mainittiin muun muassa se, onko oleellista tietää sellaisia tietoja, kuten kummalla puolella tietä kaivo sijaitsee ja onko se sisä-, vai ulkoluiskassa.

Vastaajat kokivat koneluettavassa muodossa olevan vaatimustietokannan hyödylliseksi lähes yksimielisesti. Vaatimustietokannassa jokainen objekti sisältäisi vaaditut ominaisuustiedot, jotka ohjelmisto pyytäisi täyttämään suunnittelun aikana. Tiedot voisi antaa objektille pudotusvalikon avulla, joka vähentäisi kirjoitusvirheiden määrää. Samalla toivottiin InfraRYL:n ja YIV:n yhdistämistä koneluettavaan muotoon.

Suunnitteluohjeiden ja mallinnusvaatimusten koettiin olevan jossain määrin ristiriidassa keskenään. Esimerkiksi Inframodel 4 -tiedonsiirtoformaattissa kaiteen taitepiste määritetään eri kohdasta (kuvio 23) kuin YIV:ssä (kuvio 24). Haastateltujen mukaan kaikkia Tievelhon sisältövaatimuksia ei vaadita suunnitteluvaiheessa, eikä niitä ole suunnitteluohjeissa. Suunnitteluohjeen mukainen tuote ei näin ollen sisällä Tievelhon ominaisuustietojen tarpeita. Haasteena on se, että suunnittelijat tuottavat tietoa suunnitteluohjeen mukaan ja rakentajat joutuvat lisäämään rakentamistapavaiheessa puuttuvat tiedot. Ohjeisiin toivottiin myös tiheämpää päivitysväliä. Pääohjeita voitaisiin esimerkiksi päivittää vuosittain. Ristiin viittaaminen ohjeiden välillä koettiin järkeväksi, koska näin toimimalla kaikkia ohjeita ei tarvitse päivittää samaan aikaan.



KUVIO 23. Inframodel 4 määritysten mukainen kaiteen taitepiste (buildingSMART Finland 2023, 126)



KUVIO 24. YIV:n mukainen taitepsteen määrittäminen (buildingSMART Finland 2019, 104)

4.5.3 Mallien hyödyntäminen ja mallinnus

Kolmas teema liittyy varusteiden ja laitteiden mallien hyödyntämiseen ja mallinnukseen. Kysymysten avulla pyrittiin selvittämään millaista tietoa varusteiden ja laitteiden 3D-objektien tulisi sisältää, ja miten mallintamista voitaisiin kehittää. Tässä osiossa selvitettiin myös, miten suunnittelu-, rakentamis- tai mittaustyön tehokkuutta voitaisiin kehittää, ja olisiko ominaisuustiedot sisältävästä 3D-objektikirjastosta apua tässä.

Haastatellut olivat lähes yksimielisiä siitä, että varusteiden ja laitteiden 3D-objektien tulisi sisältää sijaintitiedon lisäksi myös ominaisuustiedot. Tarvittavat ominaisuustiedot riippuvat varusteesta ja mallin käyttötarkoituksesta sekä hankevaiheesta. Haastatteluissa esille nousseita tarpeellisia ominaisuustietoja olivat muun muassa materiaali, tilavuus, mitta- ja valmistajatiedot sekä liikennemerkkien koodit. Myös rakentajan sekä kunnossapidon tarpeet tulisi ottaa huomioon ominaisuustiedoissa. Kunnossapidon kannalta tärkeä ominaisuustieto haastattelijien mukaan olisi muun muassa varusteen huoltoväli.

Haastattelussa syvennyttiin kolmeen kyselyssä esille nousseeseen varusteryhmään, joiden 3D-objekteista koetaan olevan eniten hyötyä. Näitä varusteryhmiä olivat kaiteet, valaistus ja hulevesiviemäröinti. Hulevesiviemäröinnin mallintamisen koettiin yleisesti olevan hyvällä tasolla. Haastateltujen mukaan tiedot siirtyvät hyvin Inframodel-formaatissa suunnitteluvaiheesta toiseen, mutta Tievalhoon niitä ei voi siirtää suoraan, koska Tievalho ei osaa lukea tietoja mallista. Ohjelmistojen tulisi kyetä kirjoittamaan tieto ulos csv-formaatissa, jota Tievalho pystyy lukemaan. Toisaalta toivottiin myös tulosteista luopumista kokonaan ja tiedon siirtoa pelkästään 3D-objektien mukana. Erään haastatellun mukaan tavoitetilanteessa tieto saataisiin siirtymään mallien mukana suunnittelusta kaivotehtaalle ja edelleen työmaalle rakentamiseen. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi pilottihankkeen avulla.

Kehitystä toivottiin muun muassa kaivojen mallinnukseen, jossa on yleensä valmistajasta johtuvia vaihteluita. Suunnitteluvaiheessa objektien on oltava geneerisiä, mutta rakentamisvaiheessa voitaisiin käyttää tuotetoimittajien objektikirjastoja, jos sellaisia olisi käytettävissä. Tietojen käsin syöttämistä olisi vähennettävä ja tieto olisi hyvä saada 3D-objektista näkyville suoraan hiirtä osoittamalla. Erään haastatellun mukaan olemassa olevat ominaisuustiedot ovat jo melko kattavat, mutta käytettävyyden kannalta hyödyllisiä lisäyksiä ominaisuustietoihin olisivat käyttöikä, asennusvuosi ja huoltovälin pituus, jotka helpottaisivat kunnossapidon ennakoivaa tekemistä.

Valaistuksen ja kaiteiden osalta toivottiin samoja asioita, eli tieto tulisi saada siirtymään 3D-objektien mukana hankevaiheesta toiseen. Tieto tulisi myös olla luettavissa suoraan mallista hiirtä osoittamalla. Tuotevalmistajien objektikirjastoista olisi haastateltujen mukaan hyötyä, koska valaisintyyppejä on niin suuri määrä. Haasteeksi kaiteiden 3D-objekteissa koettiin se, että niillä on oltava referenssi-linja, jota ei ole saatavilla IFC-mallista.

Lähes kaikki haastatellut olivat sitä mieltä, että 3D-objektikirjastosta olisi hyötyä suunnittelutyön, rakentamistyön ja mittauksen tehokkuuden parantamisessa. Tämän edellytyksenä olisi avoin tiedonsiirtoformaatti, joka mahdollistaisi ominaisuustietojen siirtämisen hankevaiheesta toiseen. Objekti tulisi olla rikastettavissa

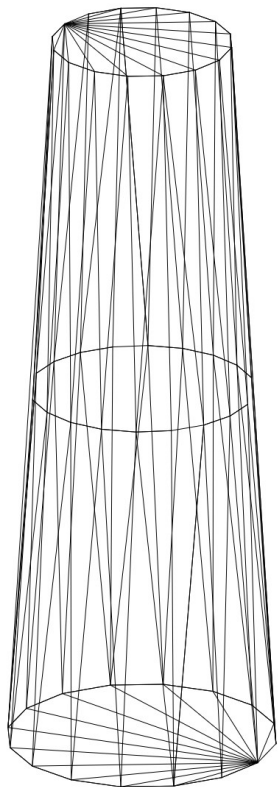
toteutuneella tiedolla, asennuspäivämäärällä, inventointipäivämäärällä ja valokuvalla. Erään haastattelun mukaan 3D-objekteja on ollut käytössä jo rata- ja maaisemapuolella ja ne on koettu hyödyllisiksi.

Vastaajien keskuudessa vallitsi lähes yksimielisyys siitä, että tyyppiirustusten rinnalla olevasta objektkirjastosta olisi hyötyä. Objektien ei välttämättä tarvitse sisältää ominaisuustietoja, vaan tarpeellisempaa olisi kuvata miltä jokin varuste näyttää. Kirjasto voi olla myös materiaalintoimittajien tai tilaajien ylläpitämä, mutta suunnitteluvaiheessa objektien on oltava geneerisiä. Tärkeintä on, että käytetään suunnitelman tarkkuustasoon nähden oikeita lähteitä, jotta ohjeen vaatimus saadaan täyttymään.

4.5.4 Mallinnuksen haasteet

Neljännän teeman kysymysten avulla selvitettiin mallinnukseen liittyviä haasteita. Haastattelukysymyksissä kysyttiin mallinnukseen, mallien uloskirjoitukseen sekä ominaisuustietojen lisäämiseen liittyvistä haasteista. Haastateltaville annettiin myös mahdollisuus kertoa vapaasti mallinnukseen liittyvistä haasteista.

Yleisimmäksi haasteeksi haastateltujen keskuudessa koettiin ohjelmistoihin, uloskirjoitukseen ja formaatteihin liittyvät haasteet. Malleissa olevat kiinnityspisteet puuttuvat usein tai ovat väärässä paikassa (kuvio 25), jolloin työmaalla ei pystytä hyödyntämään mallia maastoon merkitsemisessä. Ominaisuustietojen lisäys on ohjelmistoriippuvaista ja tietoja saattaa hävitä uloskirjoitusvaiheessa. YIV:n mukaista tietomalliaineistoa ei saada suoraan uloskirjoitettua ja tämä koetaan alalla yleiseksi haasteeksi. Suunnittelua joudutaan usein tekemään monella eri ohjelmistolla ohjelmistorajoitteiden vuoksi. Tiedon lisääminen malliin seuraavassa hankevaiheessa ei ole usein mahdollista. Haasteeksi koetaan myös se, että selkeä listaus vaadittavista ominaisuustiedoista puuttuu.



KUVIO 25. Valaisimen jalusta, josta puuttuu kiinnityspiste

5 VARUSTEIDEN JA LAITTEIDEN MALLINNUKSEN KEHITYS

5.1 Mallien pilotointi

Mallien pilotointiin valittiin tutkimustyön perusteella pistemäisiä sekä viivamaisia objekteja, koska niiden mallinnustavat eroavat hieman toisistaan. Mallinnettavia objekteja valittiin valaistuksen, kaiteiden ja liikenteenohjauksen varusteryhmistä. Pilotointivaiheen tavoitteena oli luoda näistä varusteista ominaisuustiedot sisältävät 3D-objektit sekä tehdä havaintoja mallinnukseen liittyvistä haasteista ja verata niitä tutkimuksesta saatuihin tuloksiin.

5.1.1 Ohjelmistot

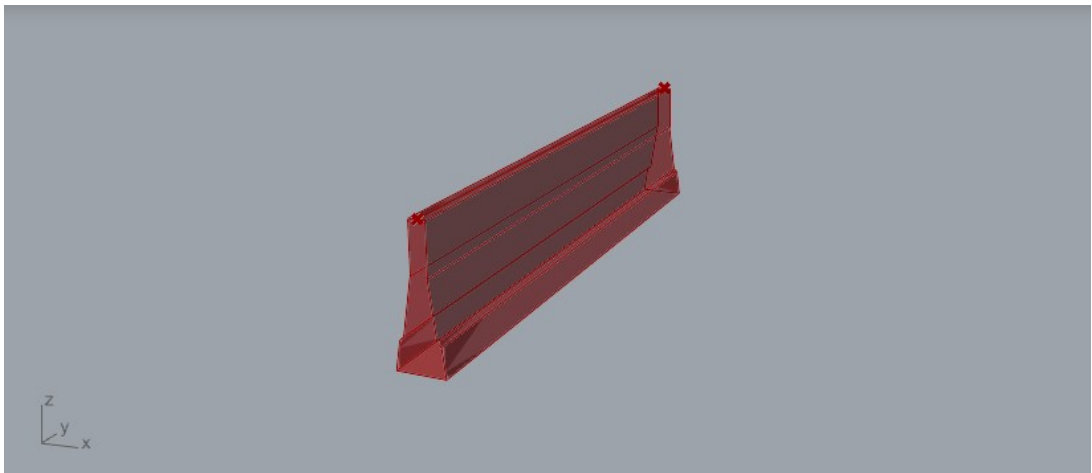
Viivamaisten objektien pilotoinnissa hyödynnettiin algoritmista suunnittelua, eli suunnitellun objektin geometria mallinnettiin matemaattisesti annettujen parametrien avulla. Algoritmiseen mallintamiseen käytettiin Grasshopper-ohjelmistoa. Grasshopper on algoritmieditori, joka on kiinteästi integroitu Rhino-ohjelmistoon. Grasshopper ei vaadi aiempaa osaamista ohjelmoinnista ja soveltui näin hyvin pilotointivaiheen mallinnukseen. Uloskirjoitusohjelmistoksi valittiin Autodeskin Civil 3D-ohjelmisto, koska se on infrasuunnittelussa yleisesti käytössä. Pistemäisten objektien mallintamiseen käytettiin Grasshopperia sekä Trimblen Novapoint-ohjelmistoa. IFC-mallien esikatselussa käytettiin Trimble Connect-ohjelmistoa.

5.1.2 Viivamaiset objektit

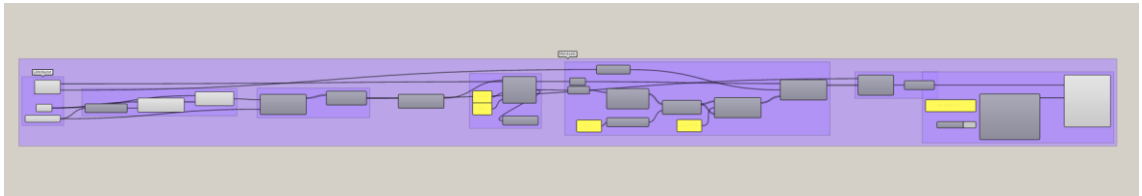
Viivamaisiksi objekteiksi valittiin kyselyn ja haastattelujen perusteella kaiteiden objektit ja näistä valittiin melukaiteen sekä tiekaiteen elementit. Melukaiteen mallinnus aloitettiin luomalla objektille xyz-koordinaatit sisältävä taitepiste, jonka avulla luotiin uusi taitepiste elementin pituuden mukaan. Näiden pisteiden välille piirrettiin viiva, jolloin saatiin kaiteen geometria määritettyä. Hankkeessa tämä vaihe voidaan toteuttaa hyödyntämällä väyläsuunnitteluohjelmistolla, kuten Tekla

Civilillä luotua xyz-koordinaatit sisältävää taiteviivaa, jolloin kaiteen geometria saadaan suoraan taiteviivasta.

Seuraavaksi objektin koodi rakennettiin Grasshopper- ja Rhino-ohjelmistojen avulla. Mallinnusta varten piirrettiin kaiteen profiili 2D-muodossa. 3D-objektin luominen tapahtui pyyhkäisemällä, eli venyttämällä kaiteen 2D-profiili viivaa pitkin, jolloin lopputuloksena syntyi kuvassa 2 esitetty kolmiulotteinen kaide-elementti. Kuviossa 26 on kuvattu melukaiteen algoritmi Grasshopper-sovelluksessa.

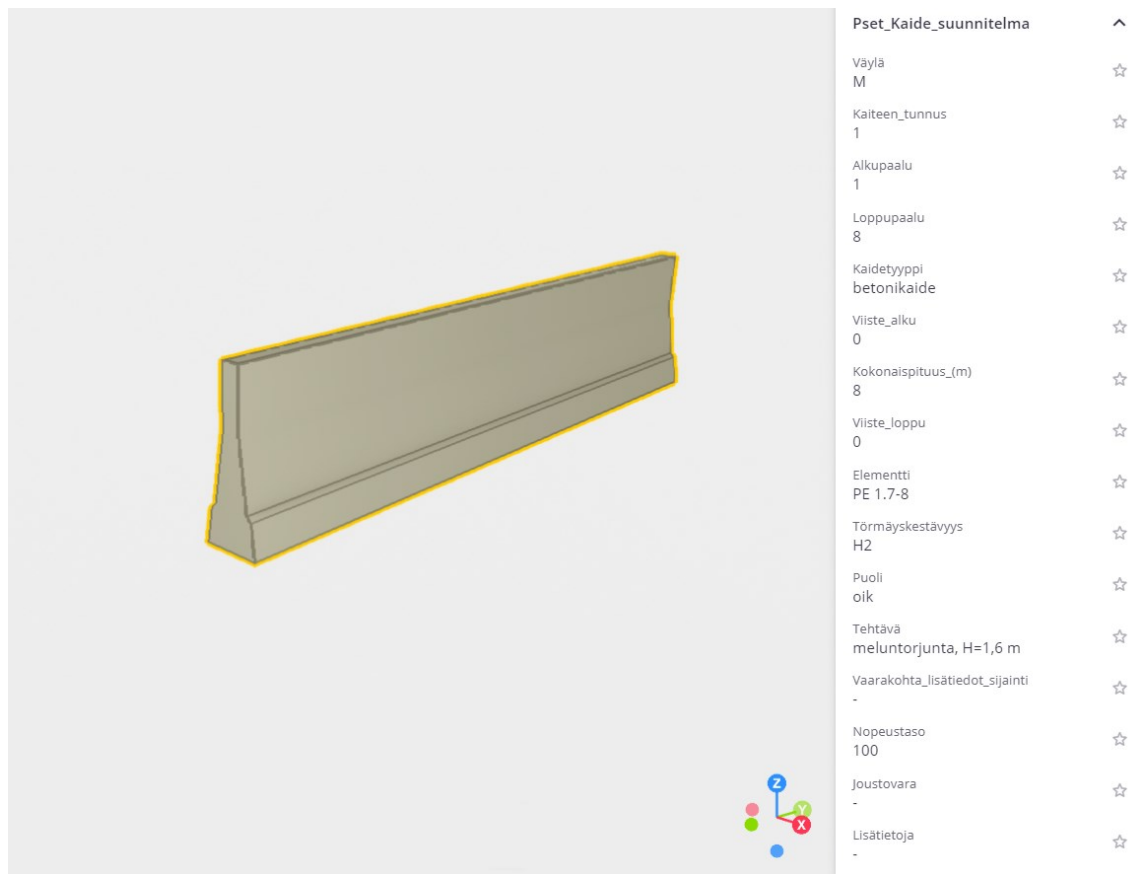


KUVA 2. Grasshopperilla ja Rhinolla luotu melukaide (Kuva: Mikko Ojala)



KUVIO 26. Grasshopperilla luotu melukaiteen koodi

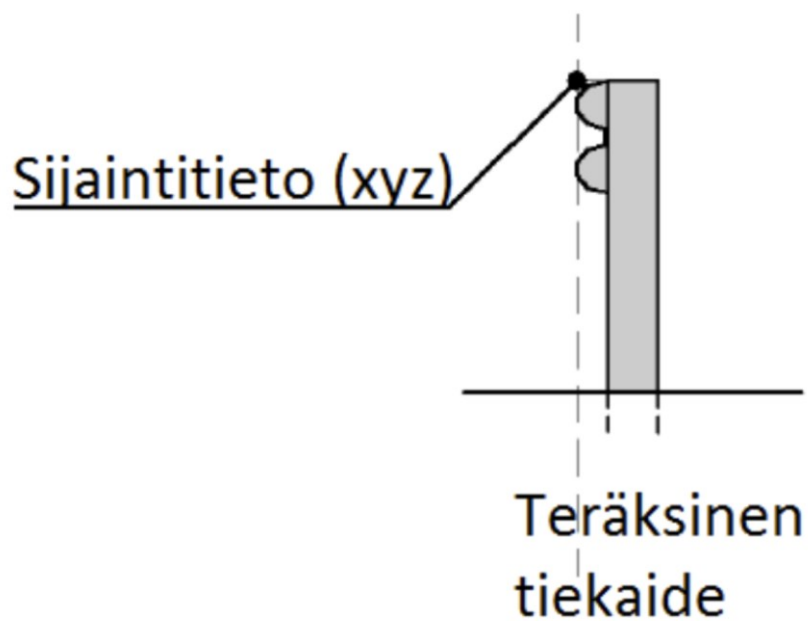
Uloskirjoitus tehtiin kirjoittamalla objekti ensin dwg-muotoon Rhino-ohjelmiston avulla, jonka jälkeen siihen lisättiin ominaisuustiedot Civil 3D-ohjelmalla. Ominaisuustiedot lisättiin Väyläviraston inframallivaatimusten mukaan, sekä hyödyntämällä kyselyistä ja haastatteluista saatua tutkimustietoa. Lopuksi 3D-objekti uloskirjoitettiin IFC-formaattiin (kuva 3).



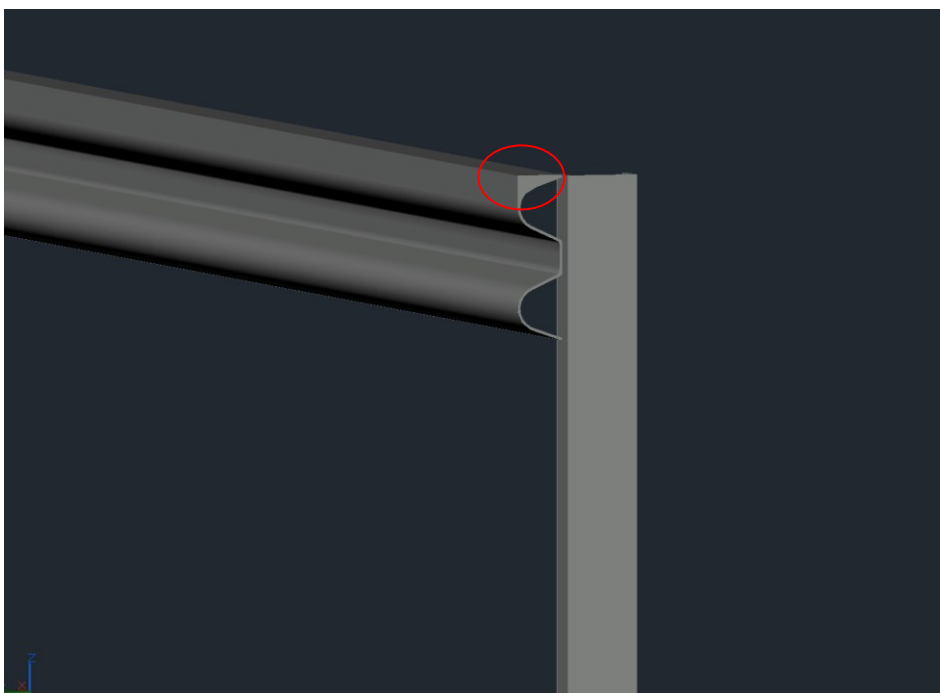
KUVA 3. 3D-objekti ominaisuustietoineen (Kuva: Mikko Ojala)

Tiekaiteen objekti luotiin samoilla periaatteilla kuin melukaiteen objekti, eli kaide-elementin pääty pisteiden avulla. Johteen profiiliin 2D-muoto pyyhkäistiin, eli venytettiin pisteiden välille luotua viivaa pitkin, jolloin syntyi johde 3D-muodossa. Kaiteen pylväille lisättiin xyz-sijaintipisteet parametrisesti neljän metrin välein. Pylväiden sijaintipisteistä määriteltiin uudet pisteet pylvään korkeuden verran z-akselia pitkin alaspäin. Näiden pisteiden välille luotiin viiva ja pylvään 2D-profiili pyyhkäistiin viivaa pitkin, jolloin saatiin oikean korkuinen 3D-muodossa oleva tiekaiteen pylväs.

Tiekaiteen mallinnuksessa piti ottaa huomioon taitepisteen sijainti, joka määritellään YIV:n ohjeen mukaan johteen etureunasta (xy) ja korkeus (z) kaiteen päältä. Tämä tarkoittaa sitä, että kaiteen muodon takia taitepisteen sijainti on elementin ulkopuolella kuten kuvio 27 osoittaa. Haaste ratkaistiin muuttamalla johteen muotoa hieman (kuva 4), jotta taitepiste saatiin mallinnettua 3D-objektiin.

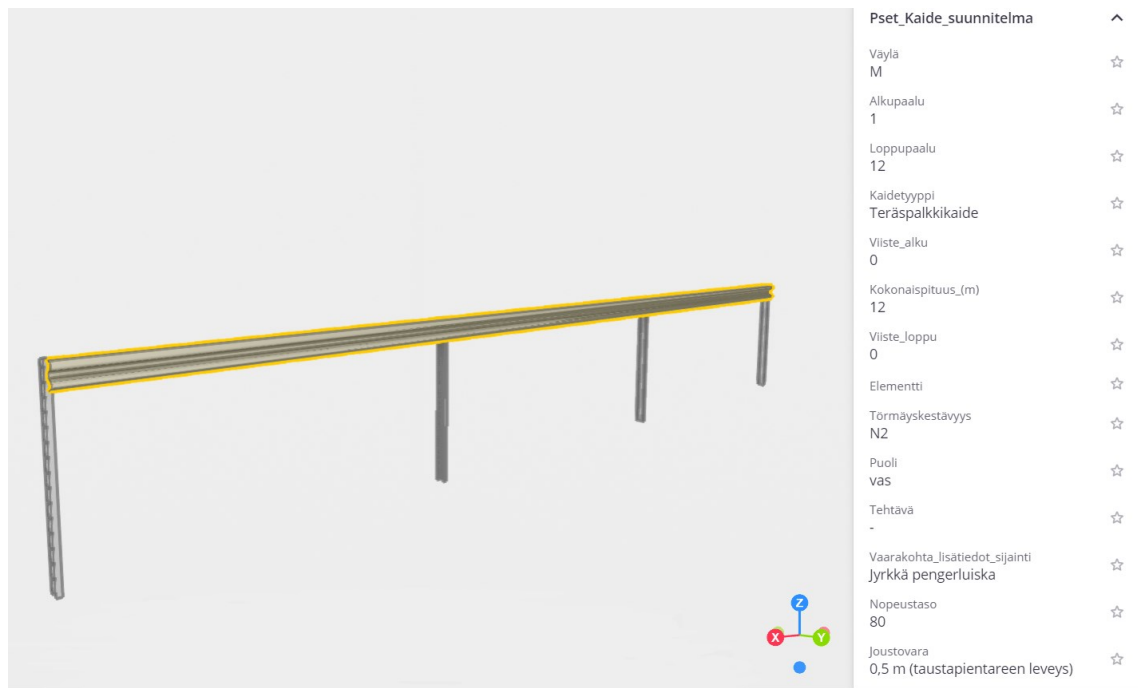


KUVIO 27. Tiekaiteen taitepiste (buildingSMART Finland 2019, 104)



KUVA 4. Muokattu kaiteen profiili (Kuva: Mikko Ojala)

Mallinnuksen jälkeen tiekaide-elementti uloskirjoitettiin samalla tavalla kuin melukaide-elementti. IFC-malliin lisättiin suunnitteluohjeiden mukaiset kohdat ominaisuustiedoille (kuva 5).

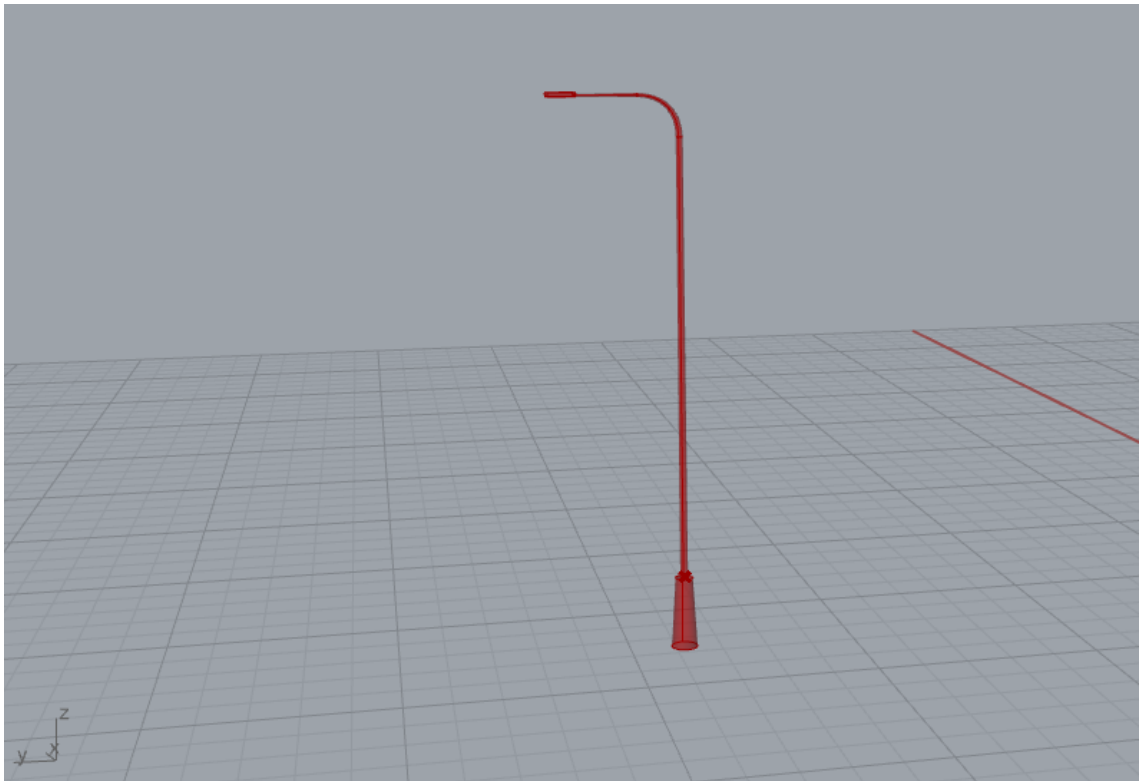


KUVA 5. Tiekaide-elementin IFC-malli ominaisuustietoineen (Kuva: Mikko Ojala)

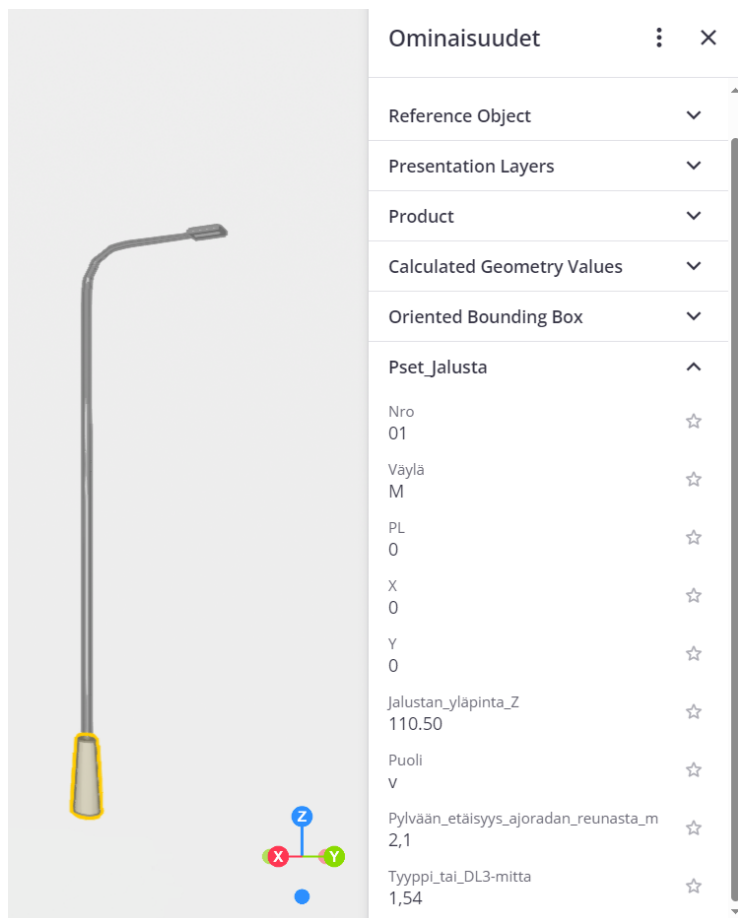
5.1.3 Pistemäiset objektit

Pistemäisinä objekteina mallinnettiin valaistuksen sekä liikenteenohjauksen objekteja. Valaistuksen objektien mallinnuksessa käytettiin Grasshopper-ohjelmistoa. Valaistuksen mallinnus aloitettiin määrittämällä objektille xyz-sijaintitiedot sisältävä piste. Hankkeessa tämä voidaan tehdä syöttämällä objektijoukon sijaintitiedot Excel-taulukkona Grasshopperiin tai määrittelemällä valaisimien sijainnit parametrien avulla suhteessa väylän mittalinjaan.

Seuraavaksi luotiin Grasshopperilla jalusta, pylväs sekä valaisin hyödyntäen luotua pistettä (kuva 6). Varusteen osat uloskirjoitettiin erillisinä objekteina dwg-muotoon ja jokaiselle osalle lisättiin yksilölliset ominaisuustiedot Civil 3D -ohjelmalla. Ominaisuustietojen lisäämisen jälkeen objektit uloskirjoitettiin IFC-muotoon (kuva 7).



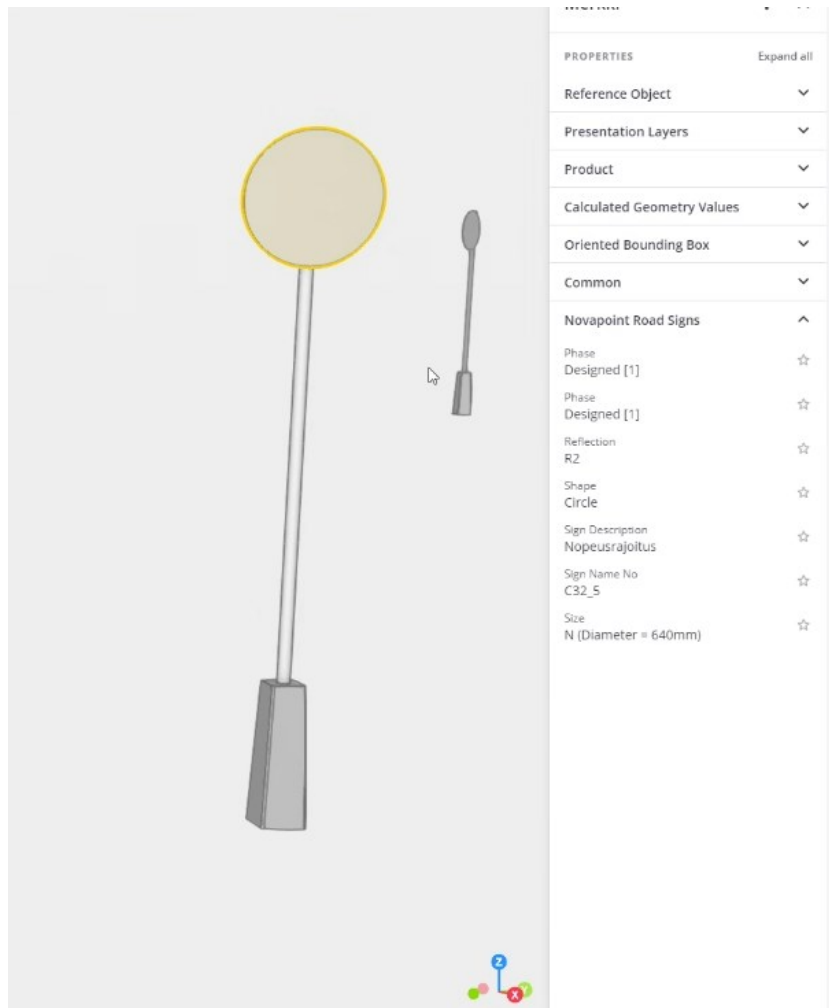
KUVA 6. Valaisimen mallinnus Grasshopperilla (Kuva: Mikko Ojala)



KUVA 7. Jalustan ominaisuustiedot (Kuva: Mikko Ojala)

Liikenteenohjauksen mallinnukseen käytettiin Trimblen Novapoint-ohjelmistoa. Niiden mallinnuksessa haluttiin tutkia vaihtoehtoista työtapaa, joten mallinnuksessa ei hyödynnetty algoritmista suunnittelua, vaan objektit luotiin ohjelmiston omalla työkalulla.

Ensimmäiseksi valittiin liikennemerkki ohjelmiston liikennemerkkirjastosta, jonka jälkeen se vietiin kartalla oikeaan sijaintiin. Liikennemerkki muutettiin 3D-muotoon ohjelman omalla toiminnolla, jonka jälkeen sille määriteltiin ominaisuudet. Lopuksi objekti uloskirjoitettiin IFC-muotoon (kuva 8). Työläintä tässä työtavassa oli luoda jalustat ja pylväät yksitellen, koska ohjelmisto ei mahdollistanut joukkomuokkausta. Työtavan etuna oli se, että liikennemerkit saatiin suoraan liikenteenohjaussuunnitelmasta ja työvaiheita oli vähemmän.



KUVA 8. Liikennemerkin IFC-malli ominaisuustietoineen (Kuva: Mikko Ojala)

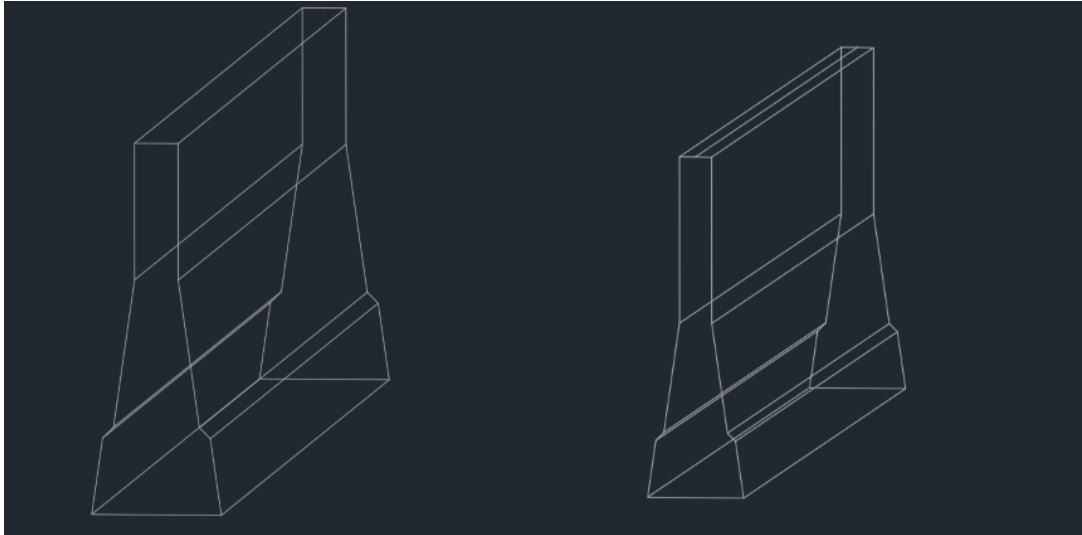
5.2 Pohdinta

Algoritminen suunnittelu soveltuu hyvin kaiteiden ja valaistuksen 3D-objektien suunnitteluun. Liikennemerkkien mallinnukseen soveltuu pilotointityön perusteella paremmin yksittäisten objektien luominen, koska liikenteenohjaussuunnitelman ja liikennemerkkien suunnittelussa voidaan hyödyntää samaa ohjelmistoa. Liikenteenohjauksessa on paljon erilaisia ja erimuotoisia objekteja, joten algoritminen suunnittelu ei ole siinä parhaimmillaan. Algoritminen suunnittelu soveltuu parhaiten samanlaisina toistuvien objektien mallinnukseen, kuten tie- ja melukaiteiden suunnitteluun.

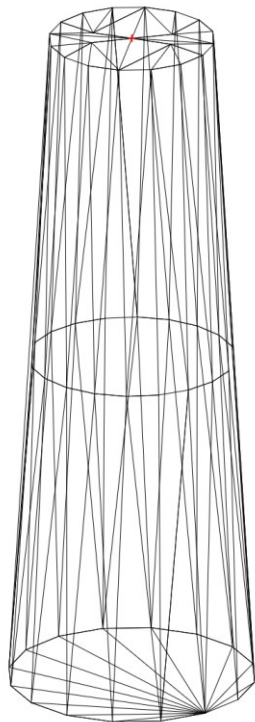
Jotta suunnittelusta saataisiin tehokkaampaa, pitäisi suunnitteluohjelmistojen välillä olla rajapinta. Näin ominaisuustiedot saataisiin lisättyä tehokkaammin suunniteltuihin objekteihin, jolloin virheiden mahdollisuus pienenesi. Tavoitetilanteessa ohjeiden mukainen materiaali pitäisi pystyä tuottamaan yhdellä suunnitteluohjelmistolla, jotta mallin luomisessa ei tarvitsisi käyttää montaa eri ohjelmistoa. Objektien rikastaminen ominaisuustiedoilla myöhemmissä hankevaiheissa helpottuisi myös, jos ne voitaisiin tehdä samalla ohjelmistolla ja samassa formaatissa kuin suunnittelu. Objektien ominaisuustietojen rikastaminen on tällä hetkellä mahdollista esimerkiksi Simplebim-ohjelmistolla, mutta työtapaa vaatii monen eri ohjelmiston käyttöä. Opinnäytetyön pilotointivaiheessa kaiteiden ja valaistuksen objektien uloskirjoitus IFC-muotoon tehtiin Civil 3D-ohjelmistolla, jolla ei ollut rajapintaa Grasshopperin kanssa.

Pilotointivaiheessa kohdattiin samoja haasteita kuin kyselyssä ja haastatteluissa tuli esille. Suurimmat haasteet liittyivät uloskirjoitukseen ja ominaisuustietojen lisäämiseen. Taite- ja kiinnityspisteet ovat tärkeitä työmaan tarpeita ja maastoon merkitsemistä varten. Niiden lisääminen IFC-malliin todettiin myös pilotointivaiheessa haasteelliseksi. Taitepisteen uloskirjoittaminen 3D-objektiin osoittautui haasteelliseksi melukaiteen tasaiselta pinnalta, josta puuttui konkreettinen taite. Taitepistettä piti nostaa yhdellä millimetrillä, jotta pintaan muodostui konkreettinen taite (kuvio 28). Tätä pienempää muutosta suunnitteluohjelma ei tunnistanut. Sama haaste esiintyi myös valaisimien jalustoja mallinnettaessa. Valaisimen jalustan kiinnityspiste saatiin muodostettua nostamalla pistettä yhdellä millimetrillä,

jolloin siihen muodostui konkreettinen pinnan taite (kuvio 29). Teräspalkkikaiteessa inframallivaatimusten mukainen taite sijaitsee mallin ulkopuolella, joten sitä ei saatu mallinnettua 3D-objektiin ilman profiilin muodon muokkaamista. Kaitteen johteen muotoa jouduttiin muuttamaan kaitteen 3D-objektissa, jotta taitepiste saatiin mallinnettua IFC-malliin. Vaihtoehtoisena tapana voisi olla taitepisteen sijaintitiedon lisääminen 3D-objektiin ominaisuustietona.



KUVIO 28. Melukaide ilman taiteviivaa ja taiteviivalla



KUVIO 29. Valaisimen jalusta kiinnityspisteellä

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

6.1 Tutkimuksen arviointi

Tutkimusta arvioitaessa on otettava huomioon se, että se on tutkijan oma tuotos käytettävissä olevilla materiaaleilla ja menetelmillä, ja joku toinen saattaisi päästä samoilla rakennusaineilla toisenlaiseen lopputulokseen. Tutkimus on siis aina yhdenlainen versio tutkittavasta aiheesta. Tutkimuksella ei voida koskaan tuottaa täysin objektiivista tietoa, mutta tuloksista voidaan tehdä joitakin johtopäätöksiä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Tämän tutkimuksen kyselyosuuteen osallistui 39 alan ammattilaista, joista yhdeksän osallistui haastatteluosuuteen. Roolien suhteen suunnittelijat ja tilaajan edustajat olivat hyvin edustettuina. Urakoitsijan ja ohjelmistotoimittajan edustajia olisi voinut olla mukana enemmän laaja-alaisemman näkemyksen muodostamiseen. Otantaa voidaan silti pitää riittävänä tutkimustyön tulosten hyödyntämiseen. Kyselyyn vastaajista suurimmalla osalla oli oman arvion mukaan vähintään jonkinlainen tietämys inframallivaatimuksista ja osalla tietämys oli erinomaisella tasolla. Työssä onnistuttiin melko hyvin kartoittamaan yleisimpiä varusteiden ja laitteiden mallintamiseen sekä ohjeistukseen liittyviä haasteita. Kunnossapitovaiheen tarpeet mallinnuksen kehittämisessä jäivät tässä tutkimuksessa hieman vähemmälle huomiolle, koska tämän vaiheen asiantuntijoita oli vastaajien joukossa vähän.

6.2 Mallinnus ja mallien hyödyntäminen

Varusteiden ja laitteiden inframallien ominaisuustiedoille on jatkuvasti enemmän tarvetta suunnittelun muuttuessa mallipohjaiseksi. Objekteja hyödynnetäänkin jomonenlaisissa työtehtävissä, kuten tutkimuksessa selvisi. Nykyisin ominaisuustietoja ei ole vielä niin hyvin saatavilla kuin niille olisi tarvetta. Tämä johtuu osaksi siitä, että niitä ei vaadita ja asiat tehdään vanhoilla totutuilla tavoilla.

Jotta mallinnusta saataisiin kehitettyä, ohjelmistojen ja formaattien tulisi tukea ominaisuustietoja sisältävien inframallien uloskirjoitusta. Ominaisuustiedot sisältävien 3D-mallien tiedonsiirtoon soveltuisi hyvin IFC-formaatti, vaikka siihenkin liittyy vielä joitakin haasteita. Formaatti mahdollistaisi ominaisuustietojen lisäämisen varusteiden ja laitteiden malleihin ja niiden siirtämisen hankevaiheesta toiseen. Tavoitetilanteessa suunniteltua IFC-mallia voitaisiin rikastaa toteumatiedoilla.

Tällä hetkellä yksi suurimmista haasteista on ohjelmistot, jotka eivät vielä mahdollista koko tuotteen elinkaaren mittaista tiedonsiirtoa. Usein saman varusteen mallinnusta joudutaan tekemään monella eri ohjelmalla, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Ohjelmistojen kehitys on avainasemassa haasteen ratkaisemisessa.

Opinnäytetyössä syvennyttiin kaiteiden, valaistuksen ja liikennemerkkien mallintamiseen, joiden ominaisuustietojen siirtäminen perustuu tällä hetkellä Excel-taulukoihin. Tiedonsiirron ja koko tuotteen elinkaaren kannalta olisi järkevää, että tieto siirtyisi suunnitellun 3D-mallin mukana hankevaiheesta toiseen ja taulukoista voitaisiin luopua. Suunnitelmapiirustuksilla on vielä tärkeä tehtävä viranomaiskäsittelyvaiheessa, mutta seuraavissa hankevaiheissa tulisi jo pyrkiä täysin mallipohjaiseen toimintaan.

Tutkimustyön perusteella ominaisuustiedot sisältäville varusteiden ja laitteiden malleille on kysyntää ja niitä hyödynnettäisiin, jos niitä olisi enemmän saatavilla. Jotta ominaisuustietojen mallinnusta saataisiin kehitettyä, täytyy tilaajan vaatia ominaisuustiedot sisältäviä objekteja jo tarjouspyyntövaiheessa. Tätä voitaisiin edistää esimerkiksi Väyläviraston pilottihankkeella, jossa ominaisuustiedot sisältävillä inframalleilla voitaisiin korvata suunnitelmadokumentit. Tilaajan vaatimuksilla voi olla positiivinen vaikutus myös ohjelmistojen kehitykseen.

IFC-mallit eivät palvele vielä rakentamista kovin hyvin, koska koneohjaus ei tue IFC-malleja. Teknologia ole vielä täysin valmis aineiston käyttämiseen ja hyödyntämiseen työmaalla. Tässä voi mennä vielä aikaa, koska laitekanta ei uusiudu kovin nopeasti. Taite- ja kiinnityspisteiden kanssa on myös usein epäselvyyksiä

niiden epäselvän sijainnin vuoksi. Pisteiden lisäämistä varusteiden ja laitteiden malleihin tulisikin kehittää ja niiden paikat tulisi yhtenäistää ohjeistuksissa.

6.3 Ohjeistus

Jotta inframallinnuksesta saadaan toimivaa ja yhtenäistä, siihen liittyvän ohjeistuksen on oltava selkeää ja yksiselitteistä. Ohjeiden ristiriidat voivat johtaa niiden tulkintaan eri tavoin, mikä hankaloittaa mallien yhteensovitusta ja tiedonsiirtoa.

Ohjeistuksen sisällön koetaan olevan pääosin riittävällä tasolla, mutta kunnossapidon tarpeet tulisi ottaa paremmin huomioon inframalliohjeissa. Inframallinnuksen kehitystyöhön pitäisi saada kunnossapidon edustusta kattavammin mukaan, jotta myös kunnossapidon näkökulmat otettaisiin ohjeistuksessa paremmin huomioon. Ohjeistusta tulisi selkeyttää ja helpottaa tiedon saatavuutta. Ohjeet ja vaatimukset tulisi erottaa toisistaan selkeästi. Päivitysvälien tulisi olla riittävän lyhyitä, jotta tieto on ajantasaista. Varusteiden ja laitteiden tietosisällölle, kuten sijainnille, geometrialle ja ominaisuustiedoille tulisi olla selkeät vaatimukset.

Selainpohjainen, rakenteellinen ja standardoitu ohjekirjasto voisi olla hyvä vaihtoehto ohjeiden esitystavalle ja tässä voitaisiin ottaa mallia esimerkiksi InfraRYL:stä. Varusteiden ja laitteiden suunnitteluohjeissa tulisi olla konkreettisia esimerkkejä rakenneosittain ja hankevaiheittain sekä esimerkkiaineistoja vaatimukset täyttävistä malleista. Objektikirjastosta olisi hyötyä suunniteltavien varusteiden ja laitteiden havainnollistamisessa, ja se voitaisiin perustaa tyyppipiirustusten rinnalle. Objektikirjastojen kehittämistä voitaisiin tehdä yhteistyössä tuotetoimittajien kanssa.

Tutkimustyössä haastatellut henkilöt olivat lähes yksimielisiä siitä, että koneluettavasta vaatimustietokannasta olisi apua varusteiden ja laitteiden objektien suunnittelussa sekä ominaisuustietojen lisäämisessä. Suunnitteluohjelman tulisi vaatia lisäämään hankevaiheessa tarvittavat ominaisuustiedot objektiin ennen seuraavaan hankevaiheeseen siirtymistä, jotta malleihin saadaan lisättyä juuri tarpeelliset tiedot. Vaaditut tiedot tulisi saada lisättyä mielellään pudotusvalikon avulla objektinmuokkaustyökalussa. Tämä pienentäisi myös kirjoitusvirheiden

mahdollisuutta ja tukisi tietojen standardointia. Tarvittaessa nämä tiedot tulisi olla tulostettavissa taulukkomuotoon.

Jotta mallinnus palvelisi paremmin Väyläviraston omaisuudenhallinnan tarpeita, pitäisi Tievelhon ja InfraBIM sisältömääritykset yhteensovittaa. Tällä hetkellä tiedot siirretään luettelomuodossa hankevaiheesta toiseen tiedostoformaattien ja ohjelmistojen rajoitusten vuoksi. Esimerkiksi suunnitteluohjeiden mukaisessa kaide-luettelossa on 11 täydennettävää saraketta kaiteen tiedoille, kun taas Tievelhon sisältömääritysten mukaisessa taulukossa on 63 saraketta. Muun muassa kaiteen korkeus puuttuu suunnitteluohjeiden mukaisesta taulukosta, mutta on Tievelhon sisältömääritysten mukaisessa taulukossa täydennettävä tieto. Kaide-luettelon tiedot saadaan siirrettyä Tievelhon taulukkoon, mutta näiden lisäksi taulukkoon pitää täydentää muut puuttuvat tiedot, kuten muun muassa kohteen sijainti tien poikkileikkauksessa, pylväsväli ja pystytystapa.

Yhteensovittamisessa tulisi pohtia mitkä tiedot ovat oleellisia ja karsia pois sellaista tietoa, jota ei mallipohjaisessa tiedonhallinnassa tarvitse. Pitäisi miettiä myös, millainen tieto palvelee varusteen tai laitteen koko elinkaarta. Valtiolla ja kunnilla on omat omaisuudenhallintajärjestelmät ja olisi kaikkien osapuolten etujen mukaista, että järjestelmät saataisiin yhteensovitettua yhteistyössä eri toimijoiden kanssa. Samalla voitaisiin yhtenäistää terminologia ja luoda standardit. Suunnitteluohjeisiin olisi hyvä lisätä osuus Tievelhon tarpeista.

Varusteiden ja laitteiden inframallintamiseen liittyy paljon haasteita, mutta vielä enemmän mahdollisuuksia. Mallipohjainen suunnittelu on jo tätä päivää, ja tulevaisuudessa IFC-mallit tulevat yleistymään myös infrarakentamisessa. Jotta mallinnus saadaan toimimaan saumattomasti, vaatii se selkeät ja yhtenäiset ohjeet sekä avoimen tiedonsiirtoformaatin. Kaikkien osapuolten on myös sitouduttava yhdessä sovittuihin toimintatapoihin. Mallinnuksen kehittäminen vaatii vielä paljon kehitys- ja tutkimustyötä, jotta varusteiden ja laitteiden ominaisuustiedot saadaan siirrettyä mallien mukana koko elinkaaren ajan.

LÄHTEET

buildingSMART Finland. 2014. InfraBIM-sanasto. Verkkosivu. Viitattu 11.4.2024. <https://drive.buildingsmart.fi/s/EzCneKd8GkNySPA>

buildingSMART Finland. 2019. Yleiset inframallivaatimukset YIV, Liite 3.1. Verkkosivu. Viitattu 5.12.2023. <https://drive.buildingsmart.fi/s/JcbLwHkqSkX2W99?dir=undefined&openfile=5393>

buildingSMART Finland. 2021a. Yleiset inframallivaatimukset YIV. Verkkosivu. Viitattu 15.11.2023. <https://drive.buildingsmart.fi/s/AAELrj83NbrHae2>

buildingSMART Finland. 2021b. Yleiset inframallivaatimukset YIV, Liite 3.2. Verkkosivu. Viitattu 25.10.2023. <https://drive.buildingsmart.fi/s/JcbLwHkqSkX2W99?dir=undefined&openfile=5394>

buildingSMART Finland. 2023. Inframodel 4.1 – Finnish Inframodel application documentation for LandXML version 1.2. Verkkosivu. Viitattu 10.4.2024. <https://drive.buildingsmart.fi/s/WmDRWtrccBNDzrf>

Liikennevirasto. 2010. Yleissuunnittelun toimintaohjeet. Viitattu 15.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2010-19_yleissuunnittelu_toimintaohjeet_web.pdf

Pyöriä, J. konsultti. 2024. Tiedonhallinnan tavoitteet hankkeissa. Sähköpostiviesti 25.4.2024.

Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 9.4.2024. https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_3_3.html

Väylävirasto. 2018a. Raiteiden kunnossapidon uusi digitaalinen tietopankki sovelluksineen parantaa täsmällisyyttä ja turvallisuutta. Verkkosivu. Viitattu 22.4.2024. <https://vayla.fi/-/raiteiden-kunnossapidon-uusi-digitaalinen-tietopankki-sovelluksineen-parantaa-tasmallisyytta-ja-turvallisuutta>

Väylävirasto. 2018b. Taitorakenteiden tiedon hallinta. Viitattu 9.1.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-36_taitorakenteiden_tiedon_web.pdf

Väylävirasto. 2020a. Mikä on tietomalli. Verkkosivu. Viitattu 23.10.2023. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli->

Väylävirasto. 2020b. Suunnittelu- ja toteutusprojektien aineiston hallinta Velhojärjestelmässä. Viitattu 8.1.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-08_suunnittelu_toteutusprojektien_web.pdf

Väylävirasto. 2021a. Ratakohteiden tietohuolto Ratainfra-tietojen hallintajärjestelmässä – Urakoitsijan ohje. Viitattu 22.4.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-25_ratakohteiden_tietohuolto_web.pdf

Väylävirasto. 2021b. Taitorakenteiden dokumenttien hallinta Velho-järjestelmässä. Viitattu 8.1.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/opas_2021-03_taitorakenteiden_dokumenttien_web.pdf

Väylävirasto. 2022a. Omaisuudenhallinnan kehittäminen. Verkkosivu. Viitattu 31.10.2023. <https://vayla.fi/tietoa-meista/tutkimus/omaisuudenhallinta>

Väylävirasto. 2022b. Tien rakentamissuunnitelma – Toimintaohjeet. Viitattu 15.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-12_tien_rs_toimintaohjeet.pdf

Väylävirasto. 2022c. Tiesuunnitelma – Toimintaohjeet. Viitattu 15.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-7_tiesuunnitelma_toimintaohjeet_web.pdf

Väylävirasto. 2022d. Väyläomaisuuden hallinta on tiedon ja taidon ketterää kunnossapitoa. Verkkosivu. Viitattu 24.4.2024. <https://vayla.fi/-/vaylaomaisuuden-hallinta-on-tiedon-ja-taidon-ketteraa-kunnossapitoa>

Väylävirasto. 2022e. Väyläviraston inframallivaatimukset. Viitattu 25.10.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-32_inframallivaatimukset.pdf

Väylävirasto. 2022f. Väyläviraston inframallivaatimukset, Liite 2. Viitattu 16.11.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-32_liite_2.pdf

Väylävirasto. 2023. Opas väylien esiselvitysten laatimiseen. Viitattu 16.11.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/opas_2023-1_esiselvitys-opas_web.pdf

Väylävirasto. Velhon tuki. 2024. Tievelhon omaisuudenhallinnan tarpeet. Sähköpostiviesti 23.4.2024.

Väylävirasto. 2024b. Velho-tiestötietojärjestelmä. Verkkosivu. Viitattu 22.4.2024. <https://vayla.fi/tietoa-meista/tutkimus/tieverkon-kunnonhallinta/velho-allianssi>

Väylävirasto. 2024c. Väylävirasto vastaa valtion väyläverkosta. Verkkosivu. Viitattu 25.4.2024. <https://vayla.fi/tietoa-meista/tapamme-toimia>

Väylävirasto. n.d. Kaideluettelo. Viitattu 10.4.2024. https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fava.vaylapilvi.fi%2Fava%2FJulkaisut%2FVaylavirasto%2Fvo_2021-32_kaideluettelo_web.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK

LIITTEET

Liite 1. Kyselykysymykset

1 (5)

Taustatiedot

1. Rooli

- Suunnittelija
- Urakoitsija
- Tilaaja
- Ohjelmistotoimittaja

2. Tehtävä

- Suunnittelija
- Tietomallikoordinaattori
- Mittauspäällikkö
- Projektipäällikkö
- Projekti-insinööri
- Ohjelmistoasiantuntija
- Muu

3. Mihin hankevaiheeseen työtehtäväsi pääasiallisesti liittyy?

- Tiesuunnittelu
- Rakentamissuunnittelu
- Rakentaminen
- Kunnossapito/omaisuudenhallinta
- Ohjelmistoasiantuntija
- Muu

4. Itsearvio inframallivaatimusten sisällön tietämyksestä

- En tiedä mitään varusteiden ja laitteiden inframallivaatimuksista
- Tiedän hieman varusteiden ja laitteiden inframallivaatimuksista
- Tiedän hyvin millaista tietoa varusteiden ja laitteiden inframallien tulee sisältää
- Tiedän erinomaisesti inframallivaatimusten sisällön ja ominaisuusvaatimukset varusteiden ja laitteiden osalta

Varusteiden ja laitteiden mallien hyödyntäminen

5. Oletko hyödyntänyt varusteiden ja/tai laitteiden 3D-malleja työtehtävissä?

- Kyllä
- Ei

6. Millä tavalla olet hyödyntänyt varusteiden ja/tai laitteiden 3D-malleja työtehtävissä?

7. Miten olet hyödyntänyt edellisten suunnitteluvaiheiden 3D-malleja, ja miten niistä saadaan paras hyöty seuraavassa vaiheessa?

8. Mitä tietoa olet hyödyntänyt varusteiden ja laitteiden 3D-malleista?

- Sijainti (esim. piste tai viivatieto, xyz)
- 3D-objekti
- Materiaalit (ominaisuustieto)
- Yksilöivät tunnisteet (ominaisuustieto)
- Perustamistapa (ominaisuustieto)
- TieVelhon tarpeet (esim. liikennemerkkin sijainti poikkileikkauksessa) (ominaisuustieto)
- Mittatiedot (ominaisuustieto)
- Kuntotiedot (ominaisuustieto)
- Muu

9. Millaista tietoa tarvitsisit varusteiden ja laitteiden 3D-malleista?

- Sijainti (esim. piste tai viivatieto, xyz)
- 3D-objekti
- Materiaalit (ominaisuustieto)
- Yksilöivät tunnisteet (ominaisuustieto)
- Perustamistapa (ominaisuustieto)
- TieVelhon tarpeet (esim. liikennemerkkin sijainti poikkileikkauksessa) (ominaisuustieto)
- Mittatiedot (ominaisuustieto)
- Kuntotiedot (ominaisuustieto)
- En osaa sanoa
- Muu

10. Millaisia haasteita olet kohdannut varusteiden ja laitteiden malliaineiston hyödyntämisessä? (esim. 3D-objektista ei ole poimittavissa sijaintitietoa, tarvittavat ominaisuustiedot puuttuvat, kuten rummun koko tai numero)

Varusteiden mallintaminen

11. Oletko mallintanut varusteita ja/tai laitteita 3D-muodossa?

- Kyllä
- Ei

3 (5)

12. Mitä varusteita ja/tai laitteita olet mallintanut 3D-muodossa eri hankkeissa, ja kuinka usein? (piste, taiteviiva tai objekti vähintään xyz-sijaintitiedoilla)

	En ole mallintanut	Harvoin	Noin joka toisessa hankkeessa	Usein	Lähes aina
Aidat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaiteet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valaistus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rummut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hulevesiviemärit, kaivot ja pumppaamot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jätevesiviemärit, kaivot ja pumppaamot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Salaojat ja salaojakaivot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vesijohdot ja laitteet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Liikenteenohjaukset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Liikennevalot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Telematiikka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lämmön- ja kaasinsiirtojärjestelmät	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Johdot ja kaapelit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Työnaikaiset liikenteenohjaukset ja turvalaitteet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Millä tarkkuudella olet mallintanut varusteita ja/tai laitteita?

- Pistetieto
- Ominaisuustiedot sisältävä pistetieto
- Taiteviiva
- Ominaisuustiedot sisältävä taiteviiva
- Tilavuusobjekti (tilavaraus)
- 3D-objekti (havainnollinen malli)
- Ominaisuustiedot sisältävä 3D-objekti

14. Mitä ohjelmistoja olet hyödyntänyt mallinnuksessa?

15. Mihin formaattiin olet uloskirjoittanut mallintamasi aineiston?

- Inframodel
- dwg
- IFC
- Muu

16. Mitä haasteita olet kohdannut varusteiden ja laitteiden mallintamisessa?

- Ohjelmistojen ohjeet/koulutus
- Ominaisuustietojen lisääminen
- Epäselvyydet vaadittavista ominaisuustiedoista
- Sijainnin määrittäminen
- Epäselvyydet 3D-objektin mallintamisen tarkkuustasosta
- Ohjelmisto
- Uloskirjoitus ja siihen liittyvät haasteet
- Muu

17. Kuvaile esiintyneitä haasteita

18. Kuinka haastavan koet ominaisuustietojen syöttämisen, ja tiedätkö selvästi mitä ominaisuustietoja tarvitaan?

Alan ohjeistukset (YIV, Väyläviraston inframallivaatimukset)

19. Ovatko mallinnusohjeet varusteiden ja laitteiden osalta selkeitä ja riittävän yksiselitteisiä?

- Kyllä
- Ei

20. Tukevatko mallinnusohjeet varusteiden ja laitteiden malliaineiston luovuttamista sekä tiedon jakoa suunnittelijan ja tarkastajan välillä? (Esim. tiesuunnitelmasta rakennussuunnitelmaan, rakennussuunnitelmasta rakentajan inframallikoordinaattorille)

	Heikosti	Tyydyttävästi	Hyvin	Erinomaisesti	En osaa sanoa
Valitse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. Miten varusteiden ja laitteiden mallintamisen ohjeistusta voisi kehittää?

22. Minkä tasoisesta objektikirjastosta olisi hyötyä?

- Objektien ominaisuustiedot
- Objekti ominaisuustietoineen
- Materiaalitoimittajakohtainen objektikirjasto
- Rajapinta suunnitteluovelluksen ja materiaalitoimittajan objektikirjaston välillä
- En osaa sanoa

23. Valitse kolme tärkeintä varusteryhmää, joiden objektikirjastosta olisi eniten hyötyä?

- Aidat
- Kaiteet
- Valaistus
- Rummut
- Hulevesiviemärit, -kaivot ja -pumppaamot
- Jätevesiviemärit, -kaivot ja -pumppaamot
- Salaojat ja salaojakaivot
- Vesijohdot ja laitteet
- Liikenteenohjaus
- Liikennevalot
- Telematiikka
- Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmät
- Johdot ja kaapelit
- Työnaikainen liikenteenohjaus ja turvalaitteet
- En osaa sanoa
- Muu

24. Perustelut valinnalle

Lopuksi

25. Vapaa sana aiheeseen tai kyselyyn liittyen

26. Haluaisitko osallistua kyselyyn liittyvään haastatteluun Teamsilla?

- Kyllä
- Ei

27. Nimi ja sähköpostiosoite (jos vastasit edelliseen "kyllä")

Liite 2. Haastattelukysymykset

1 (2)

Nykytila

- Miksi Tievelhon tarpeita on hyödynnetty varusteiden laitteiden malleista vähemmän, kuin niille olisi tarvetta?
- Miksi varusteiden ja laitteiden ominaisuustietoja on hyödynnetty malleista vähemmän, kuin niille olisi tarvetta?
- Tulisiko inframallintamista kehittää niin, että tieto saataisiin siirtymään objektien mukana koko elinkaaren ajan? Miten tätä voitaisiin kehittää?

Ohjeistus

- Millaisia haasteita mallinnusohjeisiin liittyy?
- Millaisia mallinnusohjeiden tulisi mielestäsi olla?
- Millainen tieto on tarpeellista, ja onko ohjeissa tarpeetonta tietoa?
- Kuinka ohjeistusta tai mallinnusta voitaisiin kehittää niin, että tieto saataisiin siirtymään koko elinkaaren ajan?
- Millä tavalla kehittäisit Tievelhon ja InfraBIM sisältömäärittelysten yhteensovittamista?
- Olisiko koneluettavassa muodossa olevasta vaatimustietokannasta hyötyä?
- Onko selvillä mitä mallista tulisi käydä ilmi? Miten Ohjeistusta pitäisi tämän suhteen kehittää?
- Onko mallinnusvaatimuksissa vaaditut tiedot huomioitu suunnitteluohjeissa? Onko toisessa vaadittu jotain, mitä toisessa ei ole?
- Onko jokin tietty tekniikkalaji tai varusteiden osa-alue, josta tarvitsisi kattavampaa ohjeistusta? Miten ohjeistusta tulisi tarkentaa?

Mallinnus ja mallien hyödyntäminen

- Riittääkö objektissa pelkkä sijaintitieto, vai olisiko ominaisuustiedoille tarvetta? Mitkä ominaisuustiedot olisivat tärkeitä?
- Onko hulevesiviemäröinnissä suuria haasteita tarkennusta vaativia ohjeistuksia? Miten hulevesiviemäröinnin mallintamista tulisi kehittää? Mitkä ovat olennaisia asioita, joita pitäisi olla käytettävyyden kannalta?
- Mikä valaistuksen tai kaiteiden mallintamisessa vaatii kehittämistä, mikä ei toimi?

2 (2)

- Millä tavalla suunnittelutyön, rakentamistyön tai mittauksen tehokkuutta voisi mielestäsi kehittää? Olisiko ominaisuustiedot sisältävästä 3D-objektikirjastosta mielestäsi apua tässä?
- Pitäisikö Väyläviraston täydentää voimassa olevia tyyppipiirustuksia objektikirjastolla?

Haasteet

- Millaisia haasteita mallinnukseen liittyy?
- Toistuuko jokin haaste jokaisessa tekniikkalajissa?
- Millaisia haasteita liittyy mallien uloskirjoitukseen?
- Onko ominaisuustietojen lisääminen haasteellista?