



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Joonas Juuso

# 3D-mallinnuksen parempi hyödyntäminen maarakennusurakoitsijan näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työjohto

Opinnäytetyö

1.3.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Joonas Juuso 3D-mallinnuksen parempi hyödyntäminen maarakennusurakoitsijan näkökulmasta 30 sivua, 1 liite 1.3.2021
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalanjohto
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Toimisto- ja kehityspäällikkö Lauri Bragge Lehtori Anu Ilander
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee 3D-mallintamista ja mallien käyttöä maarakentamisessa. Työ toteutettiin STM Infra Oy:lle. Opinnäytetyö käsittelee myös 3D-koneohjausjärjestelmiä kaivinkoneessa, joilla on tärkeä merkitys mallien hyödyntämisessä työmaalla.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli koota tietoa mallintamisesta ja koneohjausjärjestelmistä. Tässä työssä käytiin lävitse mallien perusperiaatteita, käyttötapoja, ohjelmistoja, formaatteja jne. Työssä tutustuttiin myös koneohjauksen toimintaan ja käyttöön työmaalla. STM Infran siirtyessä tekemään malleja itse laskentavaiheessa ja hyödyntämään niitä koneohjausjärjestelmissä työmaalla on hyvä perehtyä mahdollisiin kehityskohtiin heti alussa.</p> <p>Suunnittelun siirtyessä 3D-suunnitteluun tulee tärkeäksi hallita myös suunnitteluohjelmistoista ulos kirjoitettava data ja sen käyttökohteet. Data voidaan muokata edelleen erilaisiin käyttötarkoituksiin kuten esittelykäyttöön sopiviin malleihin tai mittausaineistoihin urakoitsijoille.</p>	
Avainsanat	3d-mallinnus, 3d-koneohjaus, maarakentaminen

Author Title Number of Pages Date	Joonas Juuso Better utilization of 3D Modeling from the perspective of a construction contractor 30 pages, 1 annex 1 March 2021
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Infrastructure Construction
Instructors	Lauri Bragge, Office and Development Manager Anu Ilander, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to study 3D modeling and how it is used in construction. The thesis was done for STM Infra Oy. This thesis regards 3D modeling systems in excavators on a construction site.</p> <p>The thesis gathers information on modeling and machine control systems. The work introduces the basic principles of models, operating methods, software, formats, etc. It also describes the operation of machine control system and how is used on construction site. When STM Infra starts to make own models in the calculation phase of a contract and use them in machine control systems on site, it is good to concentrate on possible development targets at the very beginning.</p> <p>As design shifts to 3D design, the data from the design software and its application will be important to manage. The data can be converted to various practical purposes, such as for demonstration models or measurement purposes for the contractors.</p>	
Keywords	3D modeling, machine control system

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	3D-mallinnus infrarakentamisessa	2
2.1	Inframallintamisen periaatteet	2
2.2	Inframallinnuksen tavoitteet	4
2.3	Lähtötietomalli	4
2.4	Suunnittelumalli	5
2.5	Yhdistelmämalli	6
2.6	Toteutusmalli	7
2.7	Esittelymalli	8
2.8	Tiedonsiirto ja formaatit	9
2.8.1	LandXML ja Inframodel	10
2.8.2	IFC (Industry Foundation Classes)	11
2.8.3	FBX	12
2.9	Ohjelmistot	12
2.9.1	Autodesk ReCap	13
2.9.2	Autodesk Civil3d	13
2.9.3	Autodesk 3dsMax	14
2.9.4	3D-Win	15
3	3D-koneohjaus	17
3.1	Komponentit	17
3.2	Koneohjausmalli	18
3.3	Valmistajat	19
3.3.1	Novatron	19
3.3.2	Leica	21
4	Koneohjauksen hyödyntäminen	22
4.1	Aikataulusuunnittelu	22
4.2	Laadunhallinta	22
4.3	Kustannusseuranta	23
4.4	Työturvallisuus	23
5	3D-mallinnus STM Infra Oy:ssä	24

5.1	Tarjouslaskenta	24
5.1.1	Lähtöaineisto	25
5.1.2	Massalaskenta	25
5.1.3	3D-malli - (havainnollistaminen, esittelymallit)	25
5.2	Urakkaneuvottelu	26
5.3	Työn toteutus	26
5.4	Jälkilaskenta	27
5.5	Henkilöstölle teetetty kysely	28
5.6	Kehitettävää	29
6	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
Liite 1	STM Infran henkilöstölle teetetty kysely	

## Lyhenteet

DXF	Drawing Interchange Format, Drawing Exchange Format. CAD-tiedostomuoto.
Geo	Ruotsalainen Geo-formaatti.
FBX	Tiedostomuoto. Lyhenne sanasta Filmbox. Kaydara:n kehittämä.
IFC	Industry Foundation Classes on kansainvälisen buildingSMART-organisaation kehittämä standardi. Tiedostomuoto.
InfraBIM	(BIM = Building Information Model), jossa esitetään infrarakenteiden ja -mallien elinkaaren kattavat numerointi- ja nimeämiskäytännöt.
LAS/LAZ	Tiedostomuoto, jonka pakattu versio kantaa nimeä LAZ. LAS-tiedosto on yhteinen standardi kaukokartoituksessa syntyneen pistepilven tallennusmuodoksi.
MML ETRS	tiedonsiirtoformaatti ETRS89-koordinaattijärjestelmille.
STM	STM Infra Oy.

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee tietomallintamista ja siihen liittyviä 3D-järjestelmiä, kuten suunnitteluohjelmistoja ja koneohjausta infran rakentamisessa. Järjestelmien yleistymisen on johtanut siihen, että urakoitsijallakin on oltava tietotaitoa ja osaamista mallintamisesta. Työ tehdään STM Infra Oy:lle, joka ottaa mallintamisen ja koneohjausmallien teon omiin käsiin ja osaksi urakkalaskentaa. Tämän työn tavoitteena käydä lävitse suosituimpia 3D-mallinnus ja koneohjausjärjestelmiä, sekä selvittää miten niitä voidaan käyttää maarakentamisen erivaiheissa. Lisäksi työssä perehdytään mahdollisiin kehittämiskohteisiin STM Infran osalta jo alkuvaiheessa mallintamista. Kehityskohteita etsiessä toteutettiin STM Infran henkilöstölle kysely (liite 1). Kyselyyn osallistui STM Infran urakkalaskennan koko henkilöstö sekä työnjohtaja ja konekuskeja.

STM Infra on pääkaupunkiseudulla toimiva infrarakennusyritys. Yrityksen tavoitteena on aloittaa 3D-koneohjausmallien teko itse 3D-mallinnuksen lisäksi jo laskentavaiheessa ja saada näin työmaalle rakennusvaiheeseen toimiva koneohjausmalli. Tähän asti mallien teosta on vastannut ulkopuolinen yritys. Kaikissa yrityksen käytössä olevissa koneissa on koneohjausjärjestelmät. Ilman koneohjausjärjestelmää olevia aliorakoitsijoiden koneita ei yleensä oteta töihin, joten mallin käyttö on mahdollista jokaisessa työmaalla olevassa koneessa.

STM Infra perustettiin vuonna 2004 nimellä STM Etelä-Suomi Oy Savon Kuljetuksen ja Vantaan Rahtikeskuksen toimesta. Historia yltää kuitenkin 1980-luvulle, missä Savon Kuljetuksen tytäryhtiöksi perustettiin Savon Teollisuus- ja Maarakennus Oy (STM). Yhtiö muutti nimensä vuonna 2019 STM Infra Oy:ksi. Yrityksen asiakkaat ovat yleensä rakennusliikkeitä ja kiinteistön omistajia sekä julkisen sektorin toimijoita. Yritys työllistää noin 30 henkeä ja yhteistyökumppaneita noin 50.

Teknologian kehittyessä löytyy uusia tapoja hyödyntää mallintamista ja koneohjausta maarakentamisessa. Työtekniikat, laadunvalvonta ja kustannuksien seuranta helpottuu, joka johtaa selkeisiin kustannus säästöihin. Olemassa olevan tekniikan hyödyntäminen, kuten 3D-teknologia on järkevää jokaisen osapuolen suunnalta.

## 2 3D-mallinnus infrarakentamisessa

Infrarakennetta kuvaavasta tietomallista voidaan käyttää nimitystä inframalli. Hankkeen ympäristö, suunnitelmat ja ratkaisut kootaan yhdeksi kolmiulotteiseksi kokonaisuudeksi. Malli on vapaasti liikuteltava ja näin helppo tarkastella. Malleja voidaan käyttää suunnittelussa, tarjouslaskennassa, rakentamisessa ja myös ylläpidossa.

Inframallit voidaan jakaa 5 eri luokkaan:

- lähtötietomalli
- suunnittelumalli
- yhdistelmämalli
- toteutusmalli
- esittelymalli.

Inframallien käytön lisääntyminen on tuonut hyötyjä niin tilaajalle kuin rakentajillekin. Merkittävimpiä hyötyjä ovat: laadunparantuminen, tuottavuuden kohoaminen, aikataulun- ja laadun parempi hallinta, työvaiheiden nopeutuminen, tehokkaampi kilpailuttaminen, tuote- ja ohjelmistoriippuvuuden väheneminen, parempi tiedonhallinta ja infra-alan vetovoimaisuuden lisääntyminen.[2.]

### 2.1 Inframallintamisen periaatteet

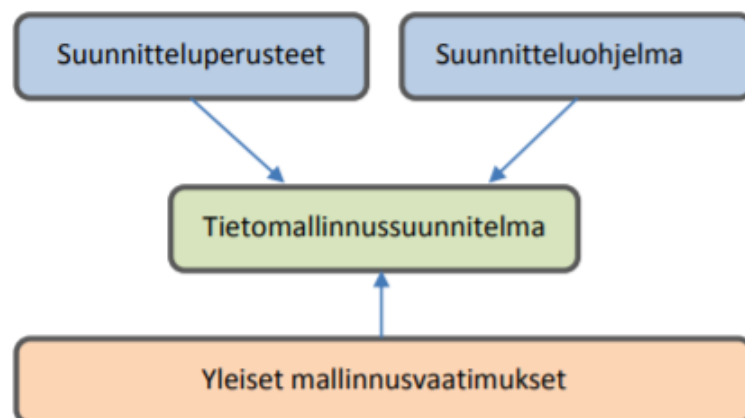
Infrarakenteiden suunnittelu tehdään yhä enemmän tietomallintamalla eli rakenteet luodaan 3D-suunnitteluohjelmistolla, jolloin niillä on enemmän tietoa kuin pelkkä viiva kuten perinteisessä AutoCAD-suunnittelussa. Hankkeen alussa sovitaan tilaajan vaatimusten mukaan mallintamisen taso ja tavoitteet eli tehdään tietomallisuunnitelma (kuva1), joissa hyödynnetään BuildingSmartin julkaisua ”Yleiset inframallivaatimukset YIV2019”.



Näiden mukaan dokumentoitavat ja läpikäytävät asiat ovat:

- mallintamisen tavoitteet
- inframallin käyttötarkoitukset
- mallintamisen laajuus, tarkkuustaso ja noudatettavat ohjeet
- mallin dokumentointi
- prosessin kuvaus: organisointi, yhteistyö ja tiedonvaihto, aikataulu
- määrälaskennan ja kustannushallinnan menettelyt
- laadunvarmistus.

Mallin tarkkuustasoon tai laajuuteen vaikuttavat tekijät voidaan määrittellä ja dokumentoida esim. suunnittelu ohjelmassa tai erillisessä tietomallisuunnitelmassa. Tietomallisuunnitelmassa tehtävän lähtökohdat määrittellään kolminapaisesti suunnitteluperusteiden, suunnitteluohjelman ja tietomallinnussuunnitelman avulla (kuva 1). [1.]



Kuva 1. Suunnittelemisen ja mallintamisen määrittely [1.]

## 2.2 Inframallinnuksen tavoitteet

Infrahanke itsessään antaa Inframallille erinäisiä tavoitteita, jotka kirjataan tietomallisuunnitelmaan. Yleisiä tavoitteita voi esimerkiksi olla hyöty hankkeen toteutettavuuden varmistamisessa, rakentamisen tuottavuuden ja tehokkuuden parantaminen, suunnittelun ja toteutuksen laadun parantaminen, hankkeen parempi kustannusseuranta- ja suunnittelu, mallin tarjoama etu kohteen sisällön ja ulkonäön ymmärtämisessä.

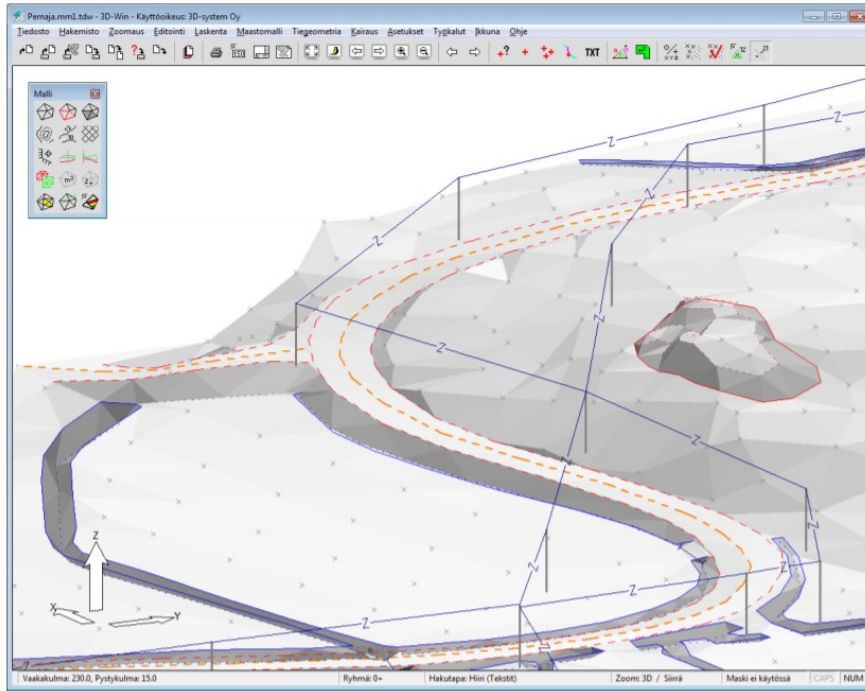
Inframalleja käyttäessä suunnitelmien ymmärrettävyys paranee ja riskit pienenevät, näin tilaaja saa selkeämpiä ja laadukkaampia tarjouksia.

## 2.3 Lähtötietomalli

Lähtötietomalli on toiminnan, tuotteiden ja palveluiden lähtötietojen keräämistä digitaaliseen muotoon eri tietolähteistä. Tavoitteena on mahdollisimman tarkka kaikkia suunnittelun osapuolia, tilaajaa sekä rakentajaa hyödyttävä malli, joka tarkentuu seuraavassa suunnittelu-/ toteutusvaiheessa. Malli siis täydentyy koko ajan hankkeen edetessä. Lähtötietomalleja ovat esimerkiksi kaavamalli, maastomalli (kuva 2), maaperämalli, kalliopinnan malli olemassa olevien rakennuksien mallit ja viiteaineistot kuten viranomaisluvut ja päätökset.

Lähtötietomalli on hyvä koota mahdollisimman aikaisin hankkeen aloitusvaiheessa. Lähtöaineiston ja alkuperätietojen tarkka dokumentointi on tärkeää. Malli kannattaa tehdä mahdollisimman pitkälle sellaiseen muotoon, joka tukee tulevan hankkeen tietomallipohjaista suunnittelua.

Lähtöaineistoa on yleensä paljon (erilaisia tiedostoja voi olla yli 3000 kappaletta). Aineisto koostuu esimerkiksi sovelluksien eri formaateista, piirustuksista, ilmasta otetuista pistepilvistä tai maanpinnalta mobiilisti.[3.]



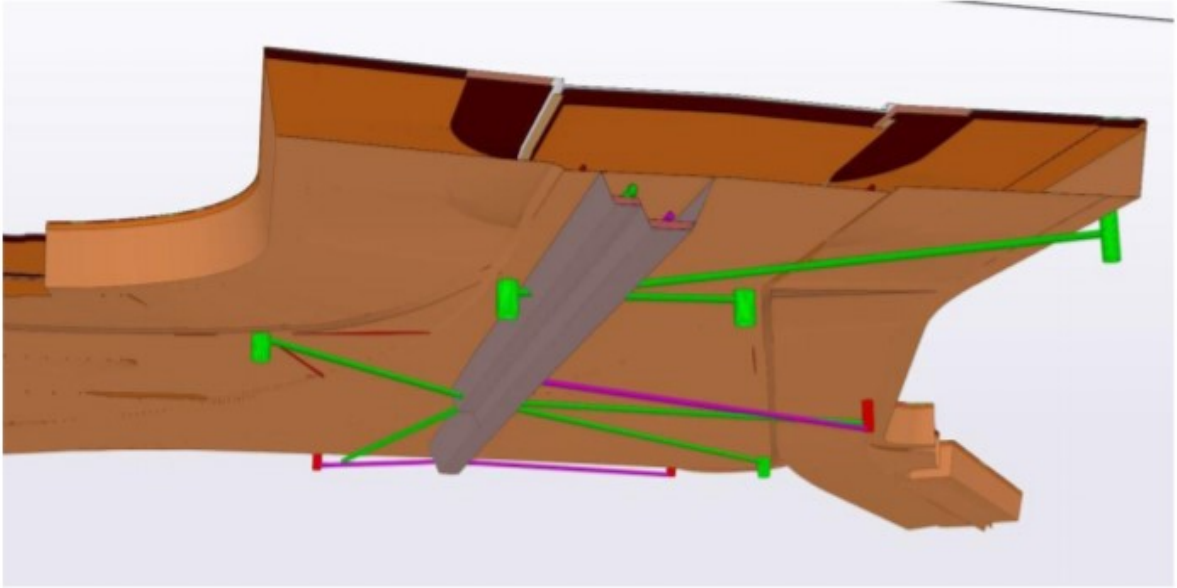
Kuva 2. Maastomalli toimii lähtötietona [3D-win maastomalliohje 6.5.]

## 2.4 Suunnittelumalli

Suunnittelumallin runkona toimii lähtötietomalli. Malliin kootaan infrarakenteen tai järjestelmän suunnittelijoiden tekemät suunnitelmat ja ratkaisut. Näin saadaan luotua käsitys suunnitellusta tilanteesta. Suunnittelumallin voi myös jaotella vaiheisiin esimerkiksi esi-, yleis-, väylä- ja rakennus- tai rakentamissuunnittelumalleihin, jotka siis viittaavat hankkeen eri suunnitelmavaiheisiin. [4..]

Jokainen tekniikkalajin suunnittelija tekee oman suunnitelmansa mallintaen. Tekniikkalajeja ovat esimerkiksi väylä-, kunnallistekniikka, geo- ja siltasuunnitelmat. Nämä yhdistämällä saadaan aikaan Yhdistelmämalli. Esimerkiksi Tekla Structures, Revit Structures ovat rakennesuunnittelijoille kehitettyjä ohjelmistoja.

Tilanteen paremman havainnoinnin takia suunnittelumallissa pyritään värejä käyttämällä erottamaan eri rakenneosia ja pintoja toisistaan (kuva 3). Mallit tulevat yleensä suoraan suunnitteluohjelmista katselusovelluksen kautta tarkasteltavaksi. Ohjelmistoista on mahdollista tulostaa suoraan suunnittelumalleja, jotka ovat katselukelpoisia.



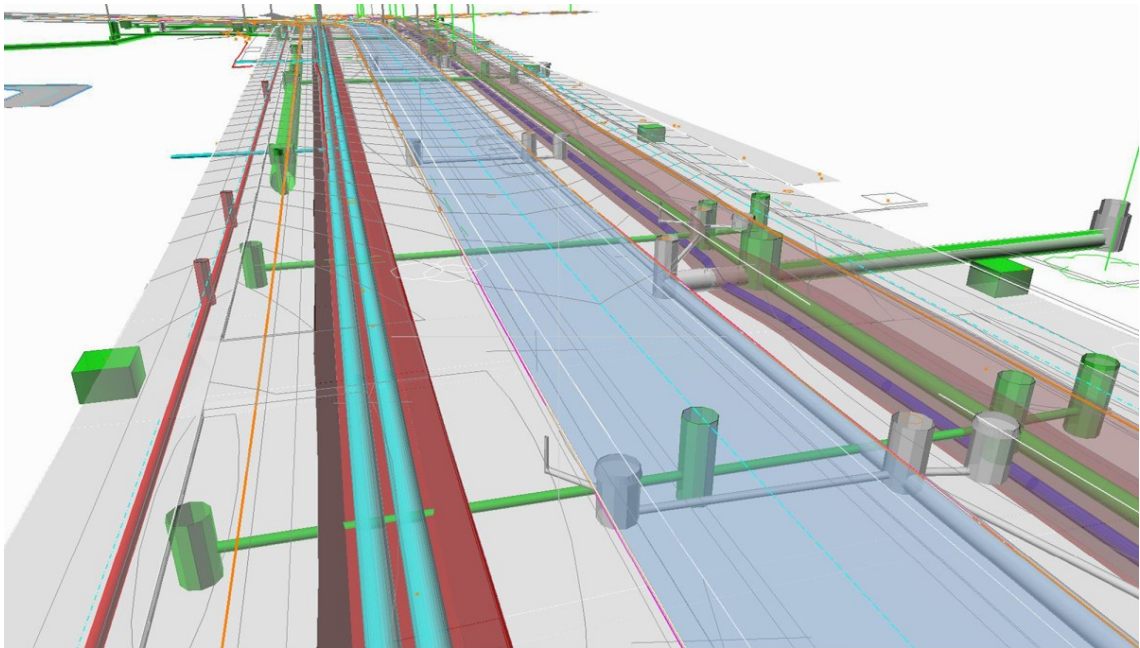
Kuva 3. Esimerkki suunnittelumallista, jossa mukana kunnallistekniikan, kaivu- ja rakennesuunnitelmat [4.]

## 2.5 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämalli on nimensä mukaisesti yhdistelmä lähtötietomallista ja suunnittelumallista. Mallista nähdään kaikki suunniteltu data hankkeessa. Halutessaan malliin voi lisätä dokumentteja ja määrätietoja kohteesta. Mallia voidaan myös jatkojalostaa eri käyttölustoille. Yhdistelmämallin tavoite on varmistaa suunnitelmien yhteensopivuus (esim. törmäystarkastelut).

Yhdistelmämallilla on erilaisia näkökulmia riippuen hankkeen koosta, ohjelmistosta tai käyttötarkoituksesta (kuva 4). Tällaisia ovat esimerkiksi:

- ”Väylähankkeessa erilliseen katseluohjelmaan eri tekniikkalajien mallit kokoava yhdistelmämalli.
- Suunnittelussa eri tekniikkalajit ovat pääosin yhteisessä mallissa, jota täydennetään lähinnä silloilla ja taitorakenteilla, jotka suunnitellaan eri ohjelmistolla.
- Laaja aluerakennuskohde, jossa yhdistellään usean eri toimijan tuottamia rakennusten, infran ja taitorakenteiden malleja.” [1.]



Kuva 4. Yhdistelmämalli, jossa näkyvillä katuhankkeen kunnallistekniikan järjestelmiä. [18.]

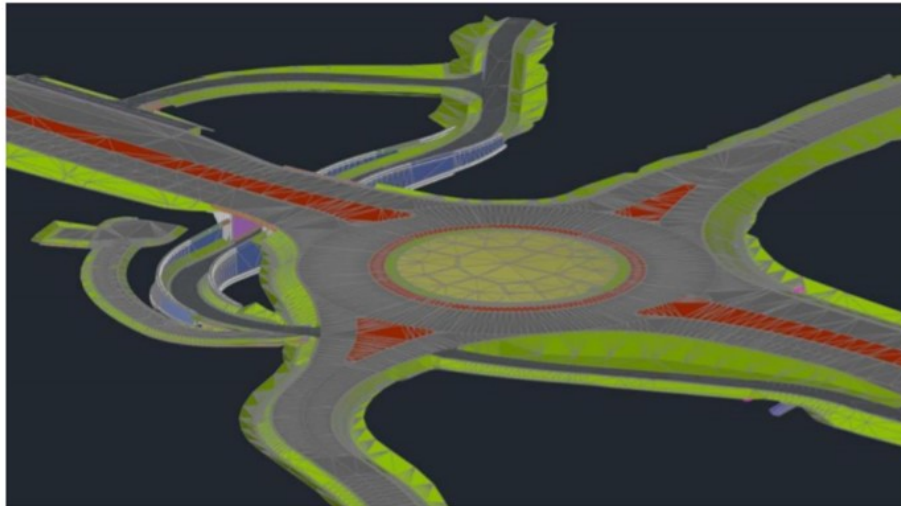
## 2.6 Toteutusmalli

Toteutusmalli on riisuttu versio suunnittelumallista. Se sisältää rakennepinnat ja muodot 3D-taiteviivoina sekä kolmioverkkomalleina. Näin esille jää oleellisin data kohteen kannalta. Tätä dataa voidaan hyödyntää esimerkiksi mittauksessa ja koneohjauksessa (kuva 5). Taiteviiva-aineistot, joita koneohjauksessa käytetään yksinään ilman kolmioverkkomallia voivat olla esimerkiksi putki- tai kaapelilinjoja. Kolmioverkkomallit ovat puolestaan rakenteiden pintoja ja yhdessä niitä voidaan käyttää esimerkiksi tilanteessa, jossa halutaan nähdä samanaikaisesti putkikaivannon rakennepinnat kolmioverkkona ja sinne tulevat putkilinjat taiteviivoina.

Mikään suunnitteluohjelmisto ei tällä hetkellä tuota suoraan vaatimusten mukaisia toteutusmalleja, joten niihin vaaditaan muokkausten tekemistä vaatimusten täyttämiseksi. Muokkaus voi olla esimerkiksi taiteviivojen lisäämistä, ylimääräisten taiteviivojen poistamista tai aineistojen nimeämistä InfraBIM-nimikkeistön mukaiseksi.

InfraBIM-nimikkeistö on julkaisu, jossa esitetään väylärakenteiden ja mallien numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Nimikkeistön tavoitteena on yhtenäinen numerointi- ja nimeämiskäytäntö, joka palvelee mallien käyttöä jokaisessa hankkeen vaiheessa

Koneohjauksen kannalta toteutusmallin tekeminen on välttämätöntä. Mallissa on syytä keskittyä työnteon kannalta oleelliseen dataan esimerkiksi valmiit pinnat. Toteutusmallin luonti jää näin monesti urakoitsijan omalle vastuulle.



Kuva 5. Kiertoliittymän kolmioverkkomalli [19.]

## 2.7 Esittelymalli

Esittelymallien luomisen lähtökohtana on inframallintamisen tuottama kolmiulotteinen tietosisältö. Esittelymalli on jalostettu edellä mainituista malleista. Mallin tarkoitus on olla havainnollistava ja esittelykäyttöön soveltuva. Muista edellä mainituista malleista poiketen esittelymalli sisältää valoa, varjoa, tekstuureja ja muita yksityiskohtia, jotka tekevät mallista näin mahdollisimman todellisuutta vastaavan. Esittelymalleissa materiaalien piirteitä ovat väri, läpinäkyvyys, heijastavuus ja kiiltävyys. Visualisointiohjelmistossa määritellään rasterikuvatiedostoilla eli esimerkiksi materiaalien pinnoista otetuilla valokuvilla luonnonmateriaalien tekstuurit todenmukaiseksi. Esittelymalleja, havainnekuvia sekä animaatioita voidaan tehdä, kun geometria, materiaalit ja valaistus ovat toimivia. Valaistus on yleensä yksinkertainen yhdistelmä hajavaloa ja auringon valoa. Mallin laatuvaatimukset ovat usein korkealla, ja ne määritellään yleensä erikseen hankkeen tarjouksessa ja sopimuksessa.

Malli voidaan toteuttaa 3D-sovelluksella, joka on vapaasti liikuteltavissa tai valokuvarenderöintinä (Kuva 6), esittely- ja markkinointitarkoituksiin. Tätä mallia hyödynnetään myös tilaajan ja suunnittelijoiden kokouksissa hahmottamaan paremmin tulevaa kohdetta.



*Kuva 6. Valokuvarenderöinti Haagan liikenneympyrästä, joka Vihdintien kaupunkibulevardin myötä muuttuu täysin. [20..]*

## 2.8 Tiedonsiirto ja formaatit

Inframallien toteuttamiseen käytetään yleisesti monia eri suunnittelu- ja aineistonkäsittelyohjelmistoja. Näin ollen erilähtötietojen muuttaminen yhtenäiseen formaattiin on tärkeää. Käytettävien sovelluksien formaatit vaihtelevat paljon. Talorakennuspuolen formaatit poikkeavat usein infrapuolen formaateista. Keskeisimpiä formaatteja mallintamisessa ovat LandXML, inframodel, IFC sekä yksi monista lopputuoteformaateista FBX. Muita infra-alalla käytettäviä formaatteja ovat esimerkiksi DXF, LAS, FBX. [5..]

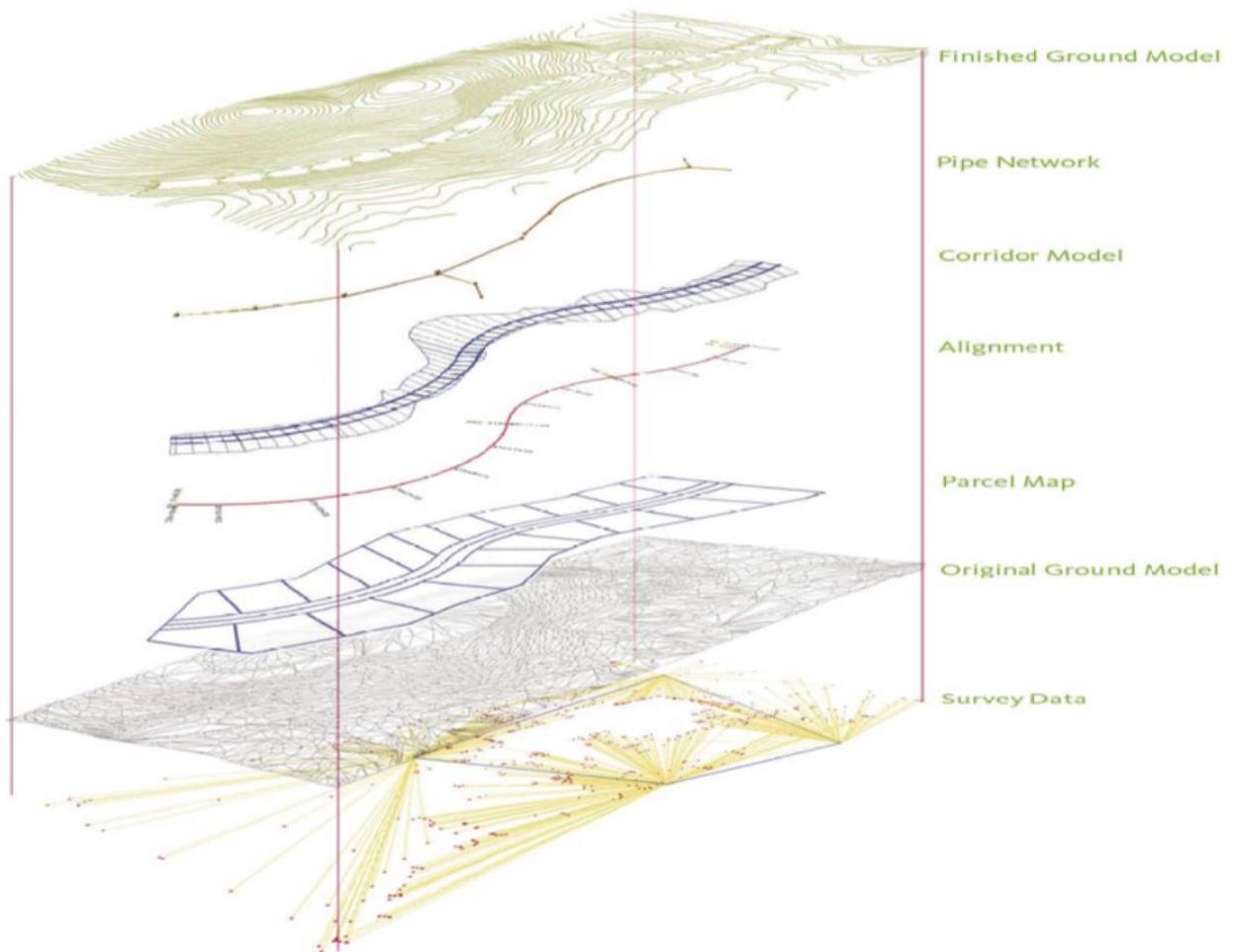
### 2.8.1 LandXML ja Inframodel

LandXML on mittaus - ja suunnitelmätiedon siirtämiseen suunniteltu XML-pohjainen tiedostomuoto, joka on suunniteltu infra-alan käyttöön. LandXML kuvaa infratiedon eri päätasojen ja alitasojen mukaan. LandXML-formaatti sisältää tiedot tasoina, 3D-taiteviivoina sekä kolmioverkkopintoina. XML-tiedostoille on tyypillistä mahdollisuus tarkastella niitä tekstieditorilla tai selaimella, joten sama pätee LandXML-tiedostoon. Tyypillinen tiedostorakenne on hyvin hierarkkinen ja yleensä monimutkainen. Kuvassa 7 on esitelty LandXML-formaatin päätasot.[6..]

Inframodel on LandXML-standardiin perustuva Suomen oloihin tarkennettu määrittely. Tiedosto voi sisältää koko työmaan kaikki suunnitelmat, joten iso osa käsittelystä on osioiden erottelemista isommasta tiedostosta. Formaatin tarkoitus on antaa yhtenevä muoto mittausaineistolle sekä suunnitelluille väylille, putkistoille ja alueille. Inframodel-malli sisältää suunnitelmien yleistiedot, kuten yksiköt ja koordinaattijärjestelmät, maastomallin ja maaperämallin pinnat. Lisäksi se sisältää liikenneväylät kolmiopintoina, vesihuoltoverkostot ja aluesuunnittelun, jota voidaan soveltaa esimerkiksi maisemoinneissa.

Esimerkiksi siltasuunnittelijat väyläsuunnittelijalta saatavia lähtötietoaineistoja siltojen suunnittelussa, mutta tiedonsiirto väyläsuunnittelun ja siltasuunnittelun välillä ei vielä onnistu niin hyvin kuin voisi olettaa. Siltasuunnittelussa käytetyt ohjelmistot eivät pysty suoraan hyödyntämään LandXML ja Inframodel -formaattia vaan vaaditaan lähtötietojen muokkaamista muotoon, joita siltasuunnittelussa käytetty ohjelmisto tukee.





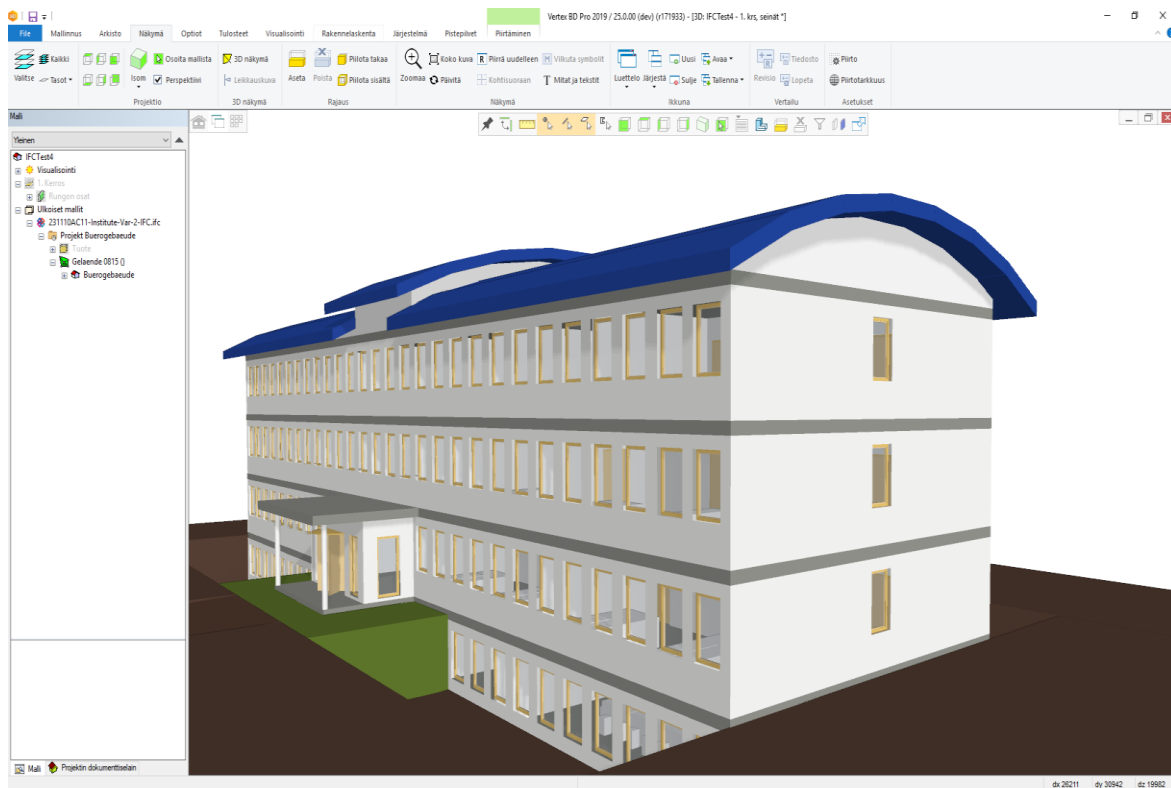
Kuva 7. LandXML-formaatin havainnekuva. [6.]

### 2.8.2 IFC (Industry Foundation Classes)

IFC on kansainvälisen buildingSMART-organisaation kehittämä standardi. IFC on referenssimalli eli sitä ei voida suoraan avata muokattavaksi ohjelmistoissa. Sitä voidaan kuitenkin käyttää mittojen ottamiseen, simulaatioiden tekemiseen ja moneen muuhun. Ohjelmistoissa on kuitenkin myös toimintoja, jotka voivat muuttaa IFC-mallin muokattavaan muotoon. IFC-malliin voidaan tallentaa paljon erilaista tietoa rakennettavasta kohteesta, kuten tietoa rakennelman osista ja teknisistä järjestelmistä. IFC-tietomallia käytetään yleisesti siirrettäessä tietoa hankkeen osapuolelta toiselle.

Mittaamiseen nämä mallit sopivat hyvin, koska niitä ei tarvitse, eikä voi muokata perinteisen tapaan. Niissä on kaikki olennainen tieto mitä työmaalla täytyy hyödyntää, ja ne avaavat mahdollisuuden uudenlaisten sovellusten käyttöön. Formaattia käytetään pää-

asiallisesti talonrakentamisessa, mutta sitä on myös mahdollista käyttää esimerkiksi väylärakentamisessa kuten siltarakenteissa ja tukimuureissa.



Kuva 8. Esimerkki IFC-mallista.[21.]

### 2.8.3 FBX

FBX on lyhenne Kaydaran kehittämästä Filmbox-formaatista. Nykyään formaatin omistaa Autodesk. Formaatti sisältää 3D-objektit, tekstuurit ja mallin sisäisen valaistuksen. FBX-formaatti mahdollistaa inframallien valmistuksessa lopputuotteiden viennin ulos eri jatkojalostuskohteisiin. [7.]

## 2.9 Ohjelmistot

Infrarakenteiden suunnitteluun on useita eri suunnitteluohjelmistoja. Koko hankkeen ajan on suositeltavaa käyttää vain yhden ohjelmistovalmistajan sovelluksia. Näin vältetään formaattimuunnoksien tekemiseltä. Tässä luvussa käydään tarkemmin läpi Autodeskin sovelluksia, joka on vain yksi useasta suunnittelusovelluksien valmistajista. Lisäksi infrasuunnittelussa käytetään hyvin paljon esimerkiksi Tekla-sovellusperheen

ohjelmistoja rakennesuunnitteluun ja Novapoint-ohjelmistoa väylien suunnitteluun. Tekla-ohjelmistoja ovat esimerkiksi: Tekla Structures, Tekla Model Sharing, Trimble connect, Tekla Civil sekä Vico-ohjelmistot.

### 2.9.1 Autodesk ReCap

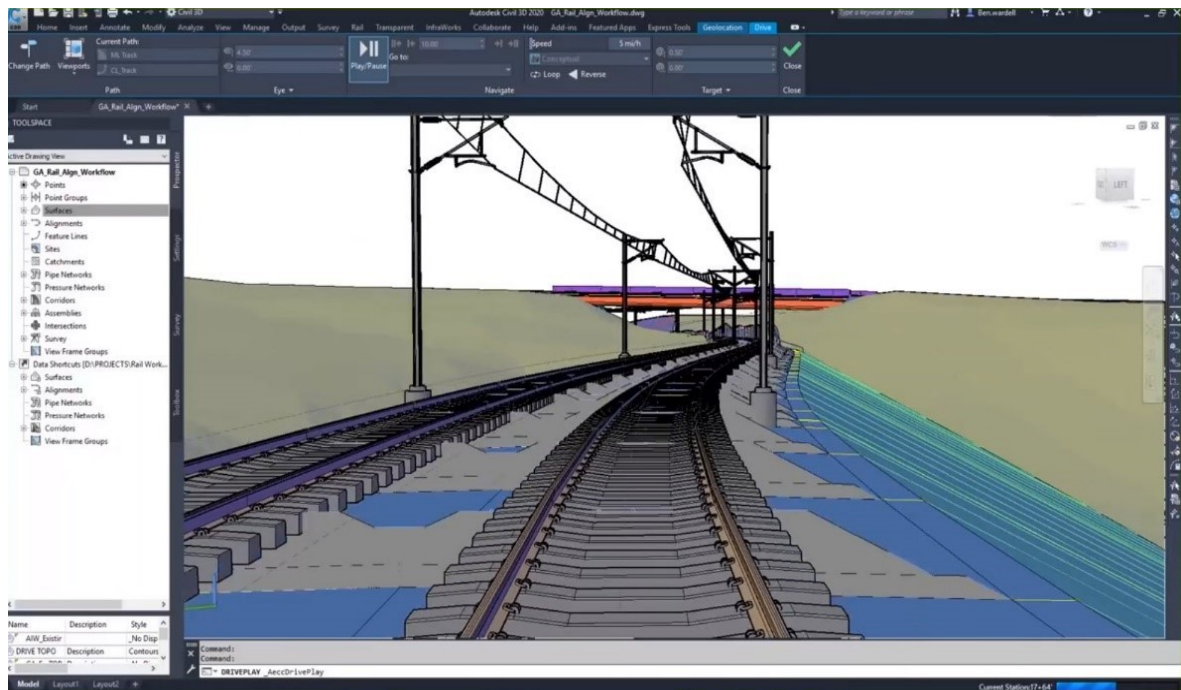
Sovellus perustuu laserskannaustulosten editointiin ja katseluun. Usein inframallia tehtäessä nykytilanteesta on dataa laserskannauksen tuloksena. Mittalaitteista tuleva data on hyvin tarkkaa. Inframallin on tarkoitus olla kevyt ja yksinkertainen jatkokäsittelyä varten, joten tarkepisteiden määrä neliömetriä kohden on hyvä pitää aisoissa.

Sovelluksessa mittausaineistosta voi ottaa pisteiden välisiä etäisyysmittoja, joita voidaan hyödyntää tietona myöhemmin sijoitettavaan aineistoon kuten olemassa oleviin rakennuksiin ja niiden mallintamiseen. On myös mahdollista rajata tai harventaa haluttua aluetta esimerkiksi maastomalliksi. [8.]

### 2.9.2 Autodesk Civil3d

Civil3d on tie-, putki- ja aluesuunnitteluun tehty ohjelmisto. Ohjelmistoa voidaan käyttää aiemman suunnitteludatan koontiin sekä maastomallin luomiseen jatkokäsittelyä varten. Ohjelmalla voidaan myös tehdä pääasialliset suunnitelmat mallia varten.

Recapilla luotu ja rajattu pistemalli voidaan tuoda Civil3d:n sisälle ja näin luoda kolmiomilla nykyinen maanpinta. Maanpintaa luodessa on mahdollista valita algoritmi, joka poistaa korkean aseman pisteet, eli toisin sanoen puut, sähköjohdot ja virheelliset mitaustulokset. Jos suunnittelun käytössä on ollut Civil3d voi kaiken yhdyskuntasuunnittelun tehdä edellä mainitun maanpintamallin päälle. On myös mahdollista tuoda muu aineisto LandXML-muodossa Civil3d:hen ja yhdistää maanpintamalliin, mutta tämä tehdään pelkästään mallin tullessa visuaaliseen käyttöön. [9.]



Kuva 9. Civil3d malliesimerkki, jossa nähdään suunniteltu rautatie [22.]

### 2.9.3 Autodesk 3dsMax

3dsMax on luotu mallinnukseen, renderointiin ja animointiin. Sovelluksella saadaan korkealuokkaisia renderöintejä suunnitelluista tai kuvitteellisista rakennuksista ja suunnitelmista. Perinteisen valokuvarenderöinnin lisäksi saadaan aikaiseksi halutessaan animaatiorenderöintejä kamera-ajoineen.

Ohjelmalla on mahdollista luoda erilaisia rakennuksia tai muita rakenteita havainnollistavia 3D-komponentteja mallin sisälle. Esimerkiksi väylähankkeen renderointiin saadaan valopylväät, maalimerkinnot, autot, kasvustoja sekä muita objekteja, jotta mallista saadaan mahdollisimman todellisuutta havainnollistava. [10.]



*Kuva 10. 3dsMaxilla tehty valokuvarenderointi kuvitellusta valtatiehankkeesta. [23.]*

#### 2.9.4 3D-Win

3D-Win on kotimainen mittaus- ja suunnitelmatiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu ohjelmisto, joka voidaan asentaa yksittäisiin tietokoneisiin tai mihin tahansa Windows-verkkoon. Tarkastus-, editointi- ja laskentaominaisuuksiensa vuoksi 3D-Win soveltuu monen ammattiryhmän työkaluksi. Ohjelmisto sisältää laajan formaatinmuunninvalikoiman aineistojen sisään lukuun ja uloskirjoitukseen. Aineistoa voidaan katsella eri suunnista ja kohteiden editointi on mahdollista myös kolmiulotteisesti. Pisteiden koodauksen käsittelyyn on useita toimintoja ja pisteille voidaan tallentaa rajattomasti ominaisuustietoa.

Tiedostojen luku ja kirjoitus tapahtuu ensisijaisesti ohjelman omassa tiedostomuodossa, mutta ohjelma tukee 50 vektoriformaattia, 20 rasteriformaattia ja 10 tiegeometriaformaattia, esimerkiksi LandXML, InfraModel 4, LAS/LAZ, MML ETRS, Excel, Geo, Trimble, Leica ja Geonic.

3D-Win pitää sisällään myös raportin tulostus ominaisuuden. Tulostiedostosta näkee esimerkiksi vektoritiedostojen pisteiden ja tekstien määrät, viivojen pituudet koodeittain eroteltuna, käytetyt pinta- ja lajikoodit sekä ominaisuustiedot. Ohjelma sisältää myös automaattisen korjaustyökalun, joka korjaa vektoritiedostosta virheitä.



### 3 3D-koneohjaus

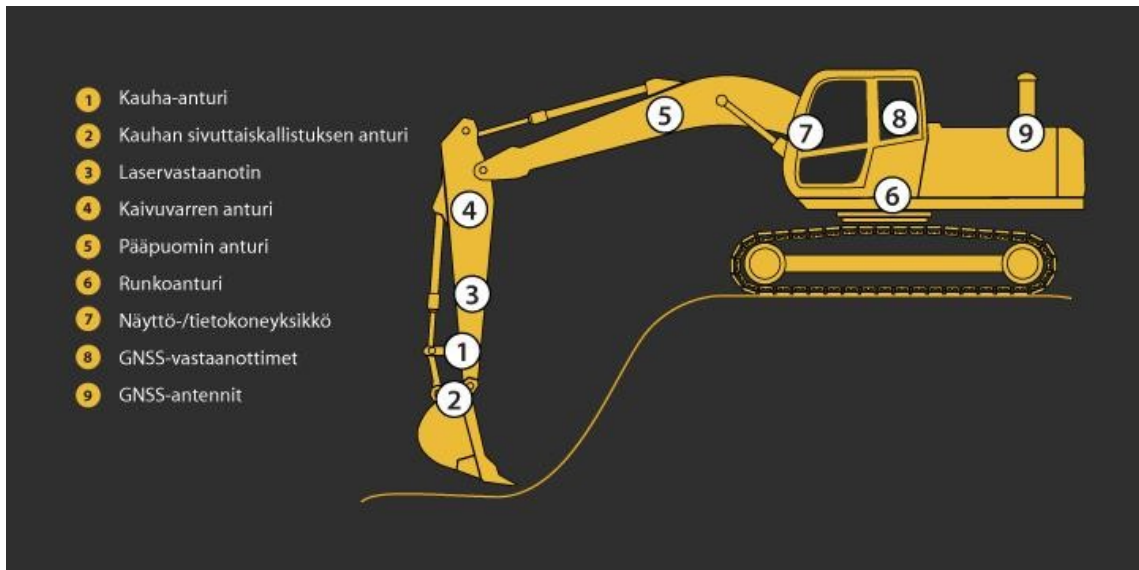
Koneohjauksella tarkoitetaan esimerkiksi kaivinkoneeseen asennettavaa mittalaitteistoa, joka kertoo koneen kuljettajalle työssään tarvittavia tietoja (kuva 12). Koneohjaus on kuitenkin osa isompaa kokonaisuutta ja tarvitsee näin 3D-suunnitelmamallit. Kaivinkoneen osalta kuljettajalle hyödyllisiä tietoja ovat sijainti ja korko asema sekä suunnitellut rakenteet esimerkiksi salaojat, sadevesikaivot, rakennekerrokset ja kaivupinnat. Kuljettaja voi siis nähdä suunniteltujen rakenteiden sijainnin. Kaivinkoneen 3D-koneohjaus perustuu RTK-GNSS-satelliittipaikannukseen. Tukiaseman tai verkkokorjauspalvelun tuottaman korjaussignaalin avulla työkonen järjestelmällä saavutetaan senttimetriluokan tarkkuus. 3D-koneohjauksella työkonesta itsestään tulee tarkka mitalaite. [11.]



Kuva 12. Novatron-valmistajan koneohjausjärjestelmän näyttö, josta nähdään kauhan sijainti ja haluttu kaivu taso[24.]

#### 3.1 Komponentit

3D-koneohjauksella varustetun kaivinkoneen tunnistaa parhaiten takana olevista satelliittiantenneista (kuva 13). Koneen ohjaamosta löytyy kuljettajalle suunnattu näyttöpääte sekä puomin ja koneen rungosta antureita.



Kuva 13. Kaivinkoneeseen asennettavat anturit, antennit ja vastaanottimet [14.]

D-järjestelmissä yhdistetään koneohjaus ja paikkatieto. Koneeseen sijoitettu anturijärjestelmä määrittää tietoa puomien asennosta jonkun koneessa olevan pisteen suhteen. Kun tunnetaan koneen sijainti kolmiulotteisessa koordinaatistossa, voidaan kauhalle määrittää yksiselitteinen sijainti XYZ-avaruudessa. [12..]

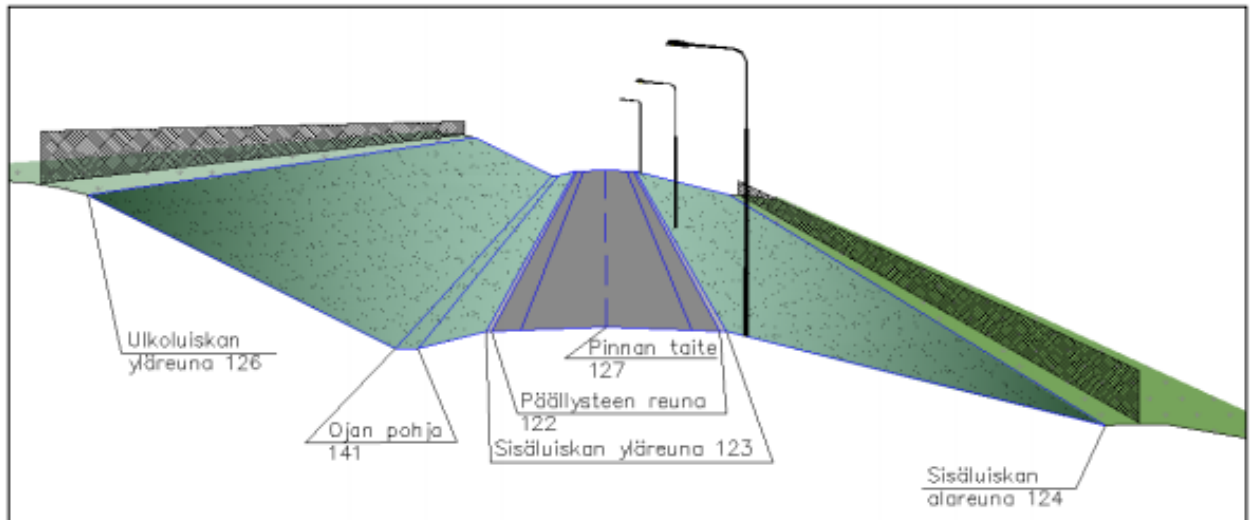
### 3.2 Koneohjausmalli

Suunnitelmat ovat hyvin harvoin suoraan koneohjausjärjestelmille sopivia, joten niitä joudutaan muokkaamaan. Tällaisia malleja voi kutsua koneohjausmalleiksi. Koneohjausmallissa taso- ja poikkileikkauskuvien sisällöt yhdistetään, antamalla suunnitelmassa esitetyille tiedoille x-, y- ja z-koordinaatit. [13..]

Koneohjausmalli voi olla pintamalli, viivamalli tai pistetietoa. Pintamallia käytetään esimerkiksi mallinnettaessa tiealueen rakennekerroksia, viheralueita, luiskia tai perustuskaivantoja. Pintamallit luodaan käyttämällä taiteviivoja tai kolmiointia. Viivamalleja voidaan hyödyntää esimerkiksi putkirakenteita mallinnettaessa, jolloin kaikilta sijaintikoordinaateiltaan tunnettu viiva on riittävä osoittamaan rakennettavan putken sijainnin. Pistetietona malleissa voidaan esittää esimerkiksi kaivoja, valaisimia ja liikennemerkkejä. [13.]



Jokaisesta yksittäisestä rakennettavasta rakennepinnasta on oma toteutusmalli, johon lähtökohtaisesti mallinnetaan ainoastaan ne viivat, joiden kohdalla rakenteen pinnassa on taite tai viiva, joka muulla tapaa merkittävä. Taiteviivalla tarkoitetaan useiden suorien muodostamaa jatkuvaa ketjua, joilla kaikilla on keskenään samat x-, y- ja z-koordinaatit edellisen viivan loppupisteen ja seuraavan viivan aloituspisteen kanssa. Rakennettavan väylän mittalinjan taiteviiva mallinnetaan aina, vaikka väylä olisi yksipuoleisesti kallistettu. [13.]



Kuva 13. Toteutusmallin ylimmän yhdistelmäpinnan taiteviivojen nimet ja koodit InfraBIM-nimikkeistön ohjeiden mukaisesti.[5..]

### 3.3 Valmistajat

Koneohjausjärjestelmiä on useita. Suomessa vakiintuneita järjestelmiä ovat esimerkiksi Novatron ja Leica. Jokaisella valmistajalla on omat hyvät ja huonot puolensa. Koneohjausjärjestelmän valintaan vaikuttaa esimerkiksi koneenkäyttäjän aikaisemmat kokemukset tai tilaajan toiveet valmistajan palveluista esimerkiksi tiedonsiirto etänä kaivinkoneeseen.

#### 3.3.1 Novatron

Novatron on suomalainen infrarakentamisen automaatioon erikoistunut teknologiayritys, joka perustettiin 1991. Yritys työllistää Pirkkalassa n.100 työntekijää. Novatronin kehittämä Xsite-tuoteperhe on kehitetty yhdessä suomalaisten infrarakentajien kanssa. Novatronin toiminta kattaa myös laitteiden huoltoja tukipalvelut. Novatronin järjestel-

missä sovelletaan internetin yli tapahtuvaa langatonta tiedonsiirtoa. Suunnitelma aineistoja voidaan siirtää työkoneen järjestelmään toimistolta verkkoyhteyden avulla. Langaton tiedonsiirto mahdollistaa myös helpon käyttäjätuen järjestämisen, kun työkoneessa sijaitsevaa järjestelmää voidaan etäkäyttää. Kuvassa 14 on kerrottu Xsite PRO 3D -koneohjausjärjestelmän ominaisuuksia. [14.]

 <h3>Kauhan kulmien nuoli-indikaattorit</h3> <p>Koneohjausjärjestelmä näyttää korkoeron valittuun pintaan yhtäaikaaisesti kauhan vasemmasta sekä oikeasta reunasta mitattuna. Tavoitesyvyyttä esitetään selkeästi nuolilla sekä numeroarvoilla. Kauhan kallistusindikaattori opastaa kääntämään kauhan tarvittavaan kallistukseen, jolloin säästät aikaa ja työsi valmistuu nopeammin!</p>	 <h3>Automaattinen kauhan mittapisteen vaihto</h3> <p>Kun kauhan mittapiste on asetettu automaattiseksi, järjestelmä vaihtaa kauhan mittauspisteen paikan kauhasi asennon perusteella. Kauhan ollessa suorassa mittauspiste on kauhan keskellä, ja kun kallistat kauhaa oikealle tai vasemmalle, mittapiste siirtyy automaattisesti kauhan alimpänä olevaan kulmaan.</p>	 <h3>Kerää toteumatietoa helposti</h3> <p>Xsite® PRO 3D:llä keräät toteumatiedot nopeasti ja helposti, vain yhdellä kosketuksella. Koneohjausjärjestelmä tallentaa toteumatiedon ja sitoo sen automaattisesti valittuna olevaan rakennekerrokseen. Sinun ei siis itse tarvitse määrittää pisteelle koodia, vaan järjestelmä tekee sen puolestasi!</p>
 <h3>Käytä 3D-malleja tehokkaasti</h3> <p>Suunnitelma-aineistot koostuvat monesti useista erityyppisistä malleista. Xsite® PRO 3D:lla saat kaikki pintamallit, linjat, pisteet ja taustakartat ruudulle näkyviin samanaikaisesti. Myös mittaaminen useampaan kohteeseen yhtäaikaaisesti on mahdollista, esimerkiksi tienrakentamisessa pintamalliin ja mittalinjaan.</p>	 <h3>Ota hyöty irti tietomalleista</h3> <p>Xsite® PRO 3D:n helppokäyttöisten toimintojen ansiosta voit nopeasti selata aineiston eri rakennekerroksia ja linjoja, nähdä kohteiden nimikkeet ja koodit sekä valita näkyväksi tai piilottaa eri kohteita. Xsite® PRO 3D on kehitetty tukemaan tietomalleja (BIM) kokonaisvaltaisesti.</p>	 <h3>Luo omia 3D-malleja</h3> <p>Opastavan mallityökalun avulla voit luoda omia 3D-malleja suoraan työkoneesi hytissä. Voit mm. luoda linjoja jo olemassa olevien tai itse syöttämiesi pisteiden väliin kaapeli- tai putkikaivantoja helpottamaan. Haluat tehdä meluvallin? Helppoa; syötä luiskien pituudet ja kaatoarvot järjestelmään, Xsite® PRO luo kohteesta pintamalliin, ja voit alkaa työskentelyn.</p>

Kuva 14. Novatron Xsite PRO 3D ominaisuudet. [14..]

### 3.3.2 Leica

Leica Geosystems on Hexagoniin kuuluva mittaus- ja tutkimusyriitys. Leica valmistaa myös ilmailun ja puolustuksen ratkaisuja. Leican koneohjausjärjestelmä on nimeltään Leica iCON iXE3 - 3D.

iXE3-koneohjausratkaisu ohjaa käyttäjää viitemallien ja GNSS:n avulla 3D-ympäristössä. Suunnittelumalli ja reaaliaikainen leikkaa/täytä-näkymä ohjaamossa mahdollistaa työskentelyn suoraan oikeaan tasoon. Järjestelmä mahdollistaa monien yleisten tiedostomuotojen (LandXML, DXF, GEO, KOF, L3D, LMD, LIN, MBS ja TRM) käytön sovelluksissa ja työkuluissa. Luo malli -toiminnon avulla käyttäjä voi luoda malleja. [15.]



Kuva 15. Leican iCON iXE3 - 3D -koneohjausjärjestelmän näyttöpaneeli koneeseen.[15.]

## 4 Koneohjauksen hyödyntäminen

Koneohjausjärjestelmiä on syytä hyödyntää mahdollisimman paljon. Järjestelmästä on hyötyä monessa maarakentamisen osa-alueessa kuten kustannusseurannassa ja laadunhallinnassa. Monet tilaajat eivät välttämättä ota aliurakoitsijaa, jolla ei ole koneohjausjärjestelmää.

### 4.1 Aikataulusuunnittelu

Aikataulu on tärkeässä asemassa, oli kyseessä sitten infra- tai talonrakennustyömaa. Infrarakennustyömaalla käytetään pääosin jana-aikataulua ja paikka-aikakaaviota. Aikataulu on aina esillä työmaatoimistossa ja se käydään läpi työmaan perehdytyksessä.

Koneohjausta käyttäessä aikataulu asettaa erilaisia vaateita ja hyötyodotuksia esimerkiksi työkonoiden tekemän työn määrän mittaaminen tehtävittäin jatkuvasti, tehtävien reaaliaikaisen valmiusasteen määrittäminen reaaliaikaisesti, automatisoitujen tehtävien reaaliaikainen seuranta, projektihallintaan liittyvän tiedonkeruuprosessin helpottaminen, odotusten ja seisokkien minimointi, reaaliaikainen toteutumattomuuden tuottaminen työjohtoon käyttöön, valmistumisajankohdan tietäminen sekä nopeampi ja joustavampi ylläpitäviin tilanteisiin reagointi. [17.]

### 4.2 Laadunhallinta

Koneohjausta hyödyntämällä saadaan esimerkiksi rakennekerrosten suunnitelmien mukaisuus todettua tarkemittauksia tekemällä. Useat tilaajat vaativat tarkemittauksia todentamaan työn laadun. Koneohjausjärjestelmällä saadaan mittaus suoritettua nappia painamalla. Järjestelmä tallentaa kyseisen pisteen malliin. Tarkkeista voidaan koota toteumamalli. Toteumamalli päivitetään aina toteutuksen jälkeen vastaamaan toteutunutta rakennusta. Toteumamallin tärkeimpänä tarkoituksena rakennuksen elinkaariajattelun kannalta on tukea rakennuksen ylläpidon tarpeita. Toteumamalli on tavallisesti yhdistelmämalli kaikista suunnittelualojen malleista, jotka on yhdistetty yhdeksi IFC-tiedostomuotoiseksi malliksi.

Näin saadaan toimitettua tilaajalle suoraan toteumamalli josta näkee toteutuneet rakenteet.

#### 4.3 Kustannusseuranta

Infrarakentamisessa, kuin myös talorakentamisessa suurin puheenaihe on raha. Kustannukset ovat suuria ja niitä valvotaan tarkasti. Infrarakentamisessa suurimmat kustannukset muodostuvat massojen siirtelystä eli maa-ainesten kaivaminen, tasoittaminen ja tiivistäminen sekä maa-ainesten kuljetus.

Työmaan kustannuksia voitaisiin seurata tarkasti, jos työkokonaisuuksien toteutuneita kustannuksia voisi määrittää luotettavammin ja näin verrata tavoitebudjettiin. Kone ohjaus mahdollistaa kaivuiden ja materiaalsiirtojen seurannan melkein realijassa. Tiedot on mahdollista tallentaa päivittäin ja mittausjärjestelmistä voidaan luoda suorat yhteydet myös laskutukseen.

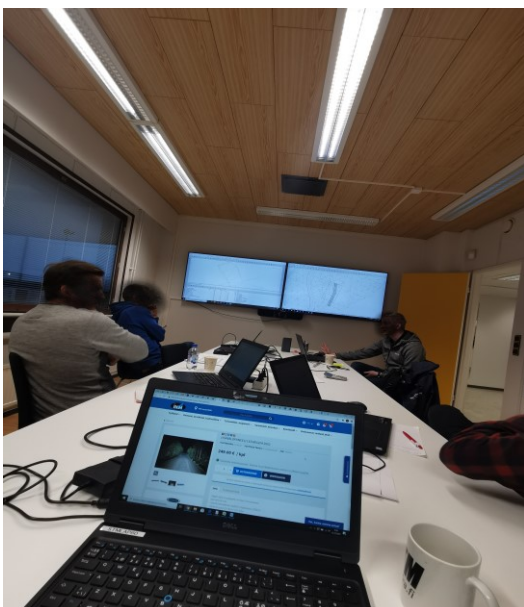
#### 4.4 Työturvallisuus

Koneohjauksen käyttö näkyy myös työturvallisuuden paranemisena. Sortumiset ja kauhahan ja penkan väliin litistymiset ovat tyypillisiä tapaturmia. Koneohjausta hyödyntäessä lapiomiehen tarve seurata korkoa montun pohjalla vähenee olemattomaan ja näin myös kaivamisen aikainen seisoskelu montun pohjalla jää pois. Lapiomiehen ollessa muualla koneohjausta käyttämällä ei myöskään koneen kuljettajan tarvitse hypätä koneesta ulos tarkistamaan korkomaailmaa. Mittamies on yleinen näky myös työmaalla. Liikkuvat koneet ja sotkuiset työmaat lisäävät riskitilanteita töitä tehdessä. Mittamiehen tarve vähentyy myös merkittävästi, kun käytetään koneohjausta.

## 5 3D-mallinnus STM Infra Oy:ssä

3D-mallinnus on otettu omiin käsiin STM Infrassa hiljattain. Mallien tekeminen omin voimin helpottaa urakoiden laskemista ja välikäsien jäädessä pois hyöty näkyy myös työmaalla. Malleja hyödyntäen saadaan merkittäviä kustannussäästöjä. Ennen koneohjausmallien teosta vastasi aliurakoisija. STM palkkasi hiljattain myös oman mittamiehen, jonka on tarkoitus osallistua yhtenä mallien tekoon. 3D-mallinukseen käytetään STM:llä 3D-Win-ohjelmistoa.

3D-Win-ohjelmiston käyttöönotto on sujunut hyvin. Kuvassa 16 on STM infran tiloissa järjestetty käyttökoulutus koneohjausmallien pohjalta. Koulutukseen osallistuivat kustannuslaskijat, mittamies ja tämän työn tekijä.



*Kuva 16. STM tiloissa järjestetty 3D-Win-koulutus.*

### 5.1 Tarjouslaskenta

Urakka saa alkunsa tarjouslaskentavaiheesta. Tarjouspyyntö voidaan saada tutuilta rakennusliikkeiltä tai STM voi halutessaan osallistua tarjouskilpaan itse esimerkiksi Hilman kautta. Tarjouspyyntöjä satelee paljon, mutta yleisesti alalla on kova kilpailu, joten tehokkuuteen ja laskentatarkkuuteen kiinnitetään huomiota.

### 5.1.1 Lähtöaineisto

Lähtöaineisto on isoissa hankkeissa hyvin koottu, mutta pienemmissä hankkeissa voi lähtötieto olla hyvin alkeellista. Tiedostomuotona toimii yleensä PDF tai DWG. Lähtöaineisto ei sellaisenaan käy 3D-mallinnukseen. Joten lähtöaineisto on vietävä mallin pohjalle ja rakennettava näin itse. Lähtötietojen tukena voi käyttää Maanmittauslaitoksen tarjoamaa vapaata tietoa. Maanmittauslaitos tarjoaa palvelussaan dataa niin maa-lajeista ja korkotiedoista.

### 5.1.2 Massalaskenta

Kun lähtöaineisto on käyty lävitse ja ruvetaan mallintamaan, on urakkalaskennan tärkein osuus massalaskenta. Massojen väärin laskeminen koituu urakan epäonnistumiseen taloudellisesti. Maarakennus on suurimmilta osin massojen pyörittelyä, joten tarkkuus massalaskennassa on hyvän urakan pääsääntö.

Massalaskenta pohjautuu kaivu-, täyttö- ja louhintasuunnitelmiin. Suunnitelmista nähdään haluttu kaivutaso ja olemassa oleva maanpinta. Perustamistapalausunto ja maakairaustuloksista voidaan yhdessä maanmittauslaitoksen datan kanssa arvioida maalajit. Maalajien merkitys kustannuksissa on suuri. Työtavat ja maa aineksen hyödyntäminen esimerkiksi muissa kohteissa tai myöhemmässä rakennusvaiheessa täyttöihin on oleellinen tieto.

Kanaalien kaivu on osa melkein jokaista projektia. Ja massoja laskiessa on hyvä kiinnittää huomiota myös niihin. Tekniikan rakentaminen ja sovittaminen vanhaan ei aina mene niin kuin on suunniteltu. Laskentavaiheessa tekniikan tarkastelu ja kanaalikaivun suunnittelu tehdään huolellisesti, ettei tule yllätyksiä. Laskemisessa huomioidaan myös luiskaukset ja mahdolliset korkoerot.

### 5.1.3 3D-malli - (havainnollistaminen, esittelymallit)

Itse 3D-malli muodostuu edellisten vaiheiden saattalemana kokonaisuudeksi, josta urakan hahmottaminen helpottuu. Mallista saadaan helposti ulos erilaisia tietoja esimerkiksi massakuutioista. Värejä käyttäen saadaan realistinen kuva mallista. Malli voidaan käydä lävitse työmaapäällikön kanssa ja suunnitella työvaiheet, millä urakka saataisiin toteutettua. Näin laskenta on jo aika pitkällä tarjouksen luovuttamista varten.

## 5.2 Urakkaneuvottelu

Urakkaneuvottelussa käydään mallia apuna käyttäen tilaajan kanssa työtapoja lävitse ja saadaan tilaajallekin käsitys projektin kokonaisuudesta infran osalta. Neuvotteluissa voidaan kiinnittää huomioita ilmenneisiin ongelmakohtiin ja muuttujiin. Neuvotteluihin osallistuu yleensä toimitusjohtaja, työpäällikkö, työmaapäällikkö ja laskija.

## 5.3 Työn toteutus

Jos urakkaneuvotteluissa onnistaa on sopimus syntynyt ja päästään aloittamaan työt. Jo heti urakan alkuvaiheessa päästään todentamaan lähtötietojen paikkansapitävyys. Tietojen pitäessä paikkaansa voidaan jatkaa suunnitelmien mukaisesti ilman ongelmia. Työmaan päivittäisestä johtamisesta vastaa nimetty työmaapäällikkö. Työmaapäällikön tehtävä on huolehtia, että työntekijöillä on edellytykset työntekoon. Työmaapäällikön on myös seurattava aikataulun pitävyyttä ja budjetissa pysymistä. Koneohjauksen tehokas hyödyntäminen työmaalla on kiinni työmaapäälliköstä, sillä mallien hankkiminen koneisiin on työmaapäällikön tehtävä.

Urakan edetessä ovat suunnitelmat varmasti tarkentuneet ja niitä on mahdollista saada DWG-muodossa, joka on helppo muuntaa koneohjausmalliksi. Koneohjaus malleja käytetään jokaisessa projektissa paljon tehokkuuden parantamiseksi. Esimerkiksi rakennekerroksia tehdessä tai vaikka kaapelikaivantoja kaivaessa ovat sijainnit ja korot tiedossa (kuva 17).





*Kuva 17. STM Infran työmaalla Olarissa kaivinkoneella voidaan koneohjausta hyödyntämällä tasoittaa suoraan oikeaan kuvien mukaiseen korkoon.*

Kun STM tekee itse mallit koneisiin, vältetään turhilta välikäsiltä ja kustannuksilta. Malli on usein työvaihekohtainen, mutta yleisin malli on kaivumalli. Konekukset ovat päteviä vaihtamaan dataa koneen näyttöpäätteeltä, joten taustakartalle voidaan mallintaa/asettaa mm. salaojia, kaivoja ja linjoja jne.

Julkisissa hankkeissa yleistynyt pakollisten tarkkeiden otto onnistuu koneohjausjärjestelmällä. Näin koneenkuljettaja saa napattua valmiista rakenteesta toteutuneet korot. Toteutuneita tarkkeita voidaan verrata suunnitelmiin ja todentaa valmistuneen rakenteen paikkansapitävyys.

Kun lähtötiedot eivät pidä paikkaan on lisä ja muutostyöt käsiteltävä puheenaiheena. Tarkkeiden otto ja 3D-mallien ja järjestelmien käyttö mahdollistaa tarkan datan toimitamisen esimerkiksi ylimääräisistä kaivuista massanvaihdossa. Vertailu lähtötietoon on helppoa ja aukotonta. Tällä tavoin on rakentaminen reilua kummallekin osapuolelle.

#### 5.4 Jälkilaskenta

Kun urakka on saatu päätökseen ja taloudellisen loppuselvitys on tehty, suoritetaan jälkilaskenta, jossa verrataan laskettuja määriä toteutuneisiin. Jälkilaskennan tuloksista voidaan hyödyntää seuraavissa urakkalaskennoissa.

## 5.5 Henkilöstölle teetetty kysely

Kehitettävää etsiessä teetettiin STM Infran henkilöstölle kysely. Kyselyssä pyrittiin selvittämään, miten mallien teko onnistuu ja onko urakkalaskenta todellisuudessa helpottunut. Kyselyyn vastasi kaikki urakkalaskennassa ja mallienteossa mukana olevat henkilöt (yhteensä 3). Kyselyyn vastasi myös 2 kaivinkoneen kuljettajaa, jotta saataisiin koneohjausmalleista mielipide niitä käyttäviltä henkilöiltä. Kysymykset muotoiltiin siten että pyritään rajamaan mahdollisimman tarkasti 3D-Win-ohjelmiston tuovia ongelmakohtia. Kysymyksiä oli yhteensä 12 kappaletta joista 3 oli kaivinkonekuljettajille. Kyselylomake liitteenä (liite 1)

Tuloksia läpikäydessä on otettava huomioon, että mallien teko on vasta aloitettu. Johdopäätösten tekeminen oli helppoa sillä vastaukset olivat hyvin yhtenäisiä. positiivisena henkilöstö näkee 3D-Win-ohjelmiston nopeuden urakkalaskentaa suorittaessa. ennen massoja laskettiin käsin, joka oli hidasta ja suhteellisen epätarkkaa. Nyt ohjelmistolle tehdään laskettavista pinnoista mallit, joiden avulla 3D-Win laskee määrät.

Negatiivisena asiana koettiin eri koneohjausjärjestelmille tehtävät koneohjausmallit. Leican ja Novatronin järjestelmiin malleja tehdessä täytyy huomioida järjestelmien eroavaisuudet mallien formaateissa ja itse mallin muodossa. Leican järjestelmälle taustakuvat tulee tehdä dwg-formaattiin kun novatronille dxf-formaattiin. Lisäksi esimerkiksi kaivomalleissa Novatronille pitää tehdä kaivolinjoille viivamalli suunnitelmasta putkilinjaa hyödyntäen. Leicalle samanlaisen mallin voi tehdä vain syöttämällä kaivolle keskipisteen ja korot lähtöjen mukaan. Tämä hieman hidastaa mallien tekemistä, koska käytännössä tehdään yksi malli kahteen kertaan. Taustakuvien teossa tulee huomioida järjestelmien eroavaisuudet tiedoston lukuvaiheessa. Useasti tekovaiheessa tasoja piilotetaan, mutta koneessa ne tulevat kuitenkin esille.

Teetetyn kyselyn perusteella suurimmaksi kulmakiveksi muodostuu selkeästi eri koneohjausjärjestelmien mallien teko. Kyseiseen ongelmaan ruvetaan pohtimaan kannattavaa ratkaisua, mutta alkuun tehdään ohje, minkä mukaan menetellään kunkin laitevalmistajan osalta mallia tehtäessä.

## 5.6 Kehitettävää

Kehittämistä mallintamisessa on vielä paljon. Mallien teko omin voimin on aloitettu vasta hiljattain ja näin henkilöstö oppii kustannuslaskemista mallista ja koneohjauksen mallin tekoa koko ajan. Koska mallin tekijöitä on useita malleihin hyvä saada yhtenäinen linjaus tekotavoista ja periaatteista. Tämä mahdollistaa sen, että mallia voi halutessaan jatkaa joku toinen henkilö kuin alun perin mallin luonut henkilö. Yhteinen käytäntö tulisi huomioida myös koneohjausmalleja tehtäessä. Moni konekuskeista on totunut tiettyyn ja samaan tyyliin malleja saadessaan, mutta jokaista ei voi miellyttää. Esimerkiksi vakiintuneet taustakartat ja merkitsemistapa estävät väärinkäsityksien syntyä mallin tekijän ja käyttäjän välillä. Taustakartalle saadaan näkyviin paljon erilaista tietoa. Konekuskien tietotaito ja käytössä oleva koneohjausjärjestelmä määrittelevät pitkälti kuinka paljon dataa voidaan koneohjausmalliin laittaa. Kultaisen keskitien löytäminen on aluksi hankalaa, mutta käytännön kannalta suotavaa.

Yksi haasteista on myös suunnitelmien jatkuva päivittyminen. Koneisiin on saatavilla etäyhteyksiä jolla saataisiin aina kuvan päivittyessä ladattua uusi malli koneeseen. Mallien tekijän pitäisi pysyä kärryillä mallien paikkaansa pitävyydestä. Mallin nimeämiseen voisi valita yhteisen linjauksen, jotta kuskit kuin tekijätkin olisivat samalla aaltopituudella.

Laskennan yhteydessä tehdyn mallin vertaaminen toteutuneeseen on tehtävä jälkilaskennan yhteydessä. Tällä tavoin saadaan palautetta mallin tekijälle ja pystytään puuttumaan tarvittaviin epäkohtiin jo alkuvaiheessa ja kehitettyä laskentaa mahdollisimman tarkaksi jo alkuvaiheessa.

Järjestelmien tehokkaaseen käyttöön ja jatkokehittämiseen päästään parhaiten henkilöstön yhteisillä koulutuksilla, joissa käsitellään järjestelmissä/malleissa havaittuja puutteita tai kehitysehdotuksia.

## 6 Yhteenveto

Tämä opinnäytetyö perehtyi 3D-mallintamisen perusasioihin ja sen käyttämiseen urakalaskennassa sekä työmaalla. Työ käsitteli myös koneohjausjärjestelmiä ja niiden käyttöä. Näkökulma työssä on hyvin urakoitsijan puolella. Näkökulma painottui työnjohtajan arkeen.

Opinnäytetyöprosessin aikana sain oppia koneohjausjärjestelmän toimintaperiaatteesta ja sen tuomista huomattavista käytännön hyödyistä kaivinkoneenkuljettajalle, sekä koko maanrakennusprosessille. Sekä käsitys tietomallintamisen hyödyistä ja perusperiaatteista syveni huomattavasti.

Mallintamisen hyödyntäminen on kannattavaa. Olemassa olevat 3D-mallintamisohjelmistot ovat pitkälle vietyjä ja helppoja käyttää. Jokaisen urakoitsijan, joka suorittaa itse urakalaskentaa kannattaisi harkita perehtymistä mallien käyttöön. Tehokkuus osaamisen lisääntyessä paranee. Kuten myös STM Infran tapauksessa käyttöönotto vaihe vie aikaa ja vaatii ponnisteluja. Hyödyt kuitenkin rupeavat näkymään jo nopeasti. Kyselyn tuloksena saatiin yrityksen kannalta tärkeää informaatiota esille nousseista ongelmista 3D-Win-ohjelmiston kanssa.

3D-koneohjausjärjestelmät eri valmistajien toimesta eivät enää katoa maanrakennustyömailta, vaan ovat oleellinen osa koko maanrakennustyömaan läpiviemistä. Laitteistoja kehitetään koko ajan, jotta ne palvelevat entistä enemmän koko rakentamisen ketjua. Koneohjausjärjestelmä on yksi osa koko rakennusprosessin tietomallintamista, jolla pystytään palvelemaan koko hankkeen elinkaarta.

## Lähteet

- 1 Niskanen, J. /WSP Finland Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa1 Tietomallipohjainen hanke.  
[https://buildingsmart.fi/wpcontent/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA1\\_Tietomallipohjainen\\_hanke\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wpcontent/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf)
- 2 Kylmälä, A. /Liikennevirasto. 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Tietomallien hyödyntäminen tien yleissuunnittelussa.  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts\\_2015-03\\_tietomallien\\_hyodyntaminen\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2015-03_tietomallien_hyodyntaminen_web.pdf)
- 3 Lähtötietomalli 26.1.2016 RIL ekskursion. Tommi Turkka.  
[http://www.ril.fi/media/files/tietomallit/ri\\_exc\\_3\\_lahtotietomalli\\_ttu\\_20160126.pdf](http://www.ril.fi/media/files/tietomallit/ri_exc_3_lahtotietomalli_ttu_20160126.pdf)
- 4 Mäkinen, E. Tieaho, I. Parkkari, J. /buildingSMART Finland. 2016. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 8 INFRAMALLIN LAADUNVARMISTUS.  
[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/02/YIV-2015\\_OSA\\_8\\_Inframallin-laadunvarmistus\\_20160211.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/02/YIV-2015_OSA_8_Inframallin-laadunvarmistus_20160211.pdf)
- 5 Liukas, J. Kemppainen, L. /Sito Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 2 YLEISET MALLINNUSVAATIMUKSET.  
[https://buildingsmart.fi/wpcontent/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA2\\_Yleiset\\_Vaatimukset\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wpcontent/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf)
- 6 3-D Win Wiki  
<http://www.3d-system.net/wiki/index.php/tiedosto/formaatit/20-landxml-tiedostojen-luku>
- 7 FBX binary file format specification. 2013.  
<https://code.blender.org/2013/08/fbx-binary-file-format-specification>
- 8 Autodesk Recap Overview.  
<https://www.autodesk.com/products/recap/overview>
- 9 Autodesk Autocad Civil 3D Yleiskatsaus.  
<https://www.autodesk.fi/products/autocad-civil-3d/overview>
- 10 Autodesk 3DS MAX Yleiskatsaus.  
<https://www.autodesk.fi/products/3ds-max/overview>

- 11 Novatron Internet-sivut  
<https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>
- 12 Nieminen, J-M. 2011. Koneohjaus maanrakennustyössä. Opinnäytetyö. Saimaan Ammattikorkeakoulu
- 13 Matti Hankkusela, 3D- KONEOHJAUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO JYVÄSKYLÄN KAUPUNGILLA  
<https://core.ac.uk/download/pdf/84793841.pdf>
- 14 Novatron Internet-sivut  
<https://novatron.fi/>
- 15 Leica internet-sivut  
<https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/machine-control-systems>
- 16 <https://3d-system.fi/ohjelmisto/>
- 17 Veijo Rasanen 3D-koneohjaus kaivinkoneenkuljettajan näkökulmasta. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu
- 18 <https://kuntateknikka.fi/lehtiarkisto/04-2015/inframalleilla-tehoa-suunnitteluun-ja-tyomaille>
- 19 [https://buildingsmart.fi/wpcontent/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA5\\_2\\_Vaylarakenteen\\_toteutusmallin\\_laatimisohe\\_V\\_1\\_0.pdf.\]](https://buildingsmart.fi/wpcontent/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_toteutusmallin_laatimisohe_V_1_0.pdf.)
- 20 <https://www.lansivayla.fi/paikalliset/1348304>
- 21 <https://kb.vertex.fi/bd2019fi/mitae-uutta-vertex-bd-2019/uudistettu-ifc>
- 22 <https://knowledge.autodesk.com/support/civil-3d/getting-started/caas/simplecontent/content/use-civil-3d-to-design-rail-alignments.html>
- 23 <https://me3d.myportfolio.com/civil-3d>
- 24 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/koneet-autot/artikkeli-1.214015>

STM Infran henkilöstölle teetetty kysely

## **3D-Win käyttö ja hyödyntäminen**

### **Kysymyksiä**

1. Miten 3D-winin käyttö on lähtenyt käyntiin?
2. Tuottaako 3D-winin käyttö ongelmia, jos tuottaa niin mitä?
3. Nopeuttaako 3-winin käyttö työtehtäviäsi, jos nopeuttaa niin miten?
4. Miten koet eri koneohjaus järjestelmille tehtävien mallien teon?
5. Onko koneohjausmallin teossa jotain kehitettävää?
6. Onko laskennassa käytettävien mallien teossa kehitettävää?
7. Onko lähtötietoaineisto riittävää?

8. Toimittaako tilaaja mielestäsi tarvittavan selkeät tiedot, jos ei niin mitä tulisi tarkentaa?

### Kaivinkoneen kuljettaja täyttää:

9. Onko koneohjaus malli tarpeeksi selkeä?

10. Onko koneohjaus malleissa jotakin kehitettävää?

11. Saatko koneohjusmallin tarpeeksi nopeasti työmaalle sitä halutessasi?