



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Marko Partanen

Mallipohjaisen tuotannon haasteet työnjohdon kannalta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Työnjohtotutkinto (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

19.10.2020

Tekijä Otsikko	Marko Partanen Mallipohjaisen tuotannon haasteet työnjohdon kannalta
Sivumäärä Aika	35 sivua + 3 liitettä 19.10.2020
Tutkinto	Rakennusalan työnjohto (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Lehtori Anu Ilander
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin YIT infralle. Työssä tutkittiin mallipohjaista tuotantoa työmaalla tuotannon työnjohdon näkökulmasta. Maanrakennustyömailla on ollut haasteita mallipohjaisessa tuotannossa ja tilannetta haluttiin tutkia case -tyyppisesti yhdellä työmaalla, joka on osa mallipohjaista infrarakennushanketta.</p> <p>Tutkimus ja haastattelut tehtiin Raide-Jokerin Varikko -työmaalla syksyllä 2020, kun alueella oli samanaikaisesti meneillään purkua, hulevesilinjojen rakentamista, pilaantuneiden maiden poistoa, rakennuskaivannon kaivuutyöt ja stabilointi. Raide-Jokeri on laaja ja pitkäkestoinen infrarakennushanke, jossa mallinnusta on käytetty suunnitteluvaiheesta alkaen.</p> <p>Työssä havaittiin, että puutteet perehdytyksen suunnittelussa tuottavat lisätyötä tuotannossa. Työn aikana havaittiin myös, että mallipohjaisessa hankkeessa tehokas työskentely edellyttää tietomallityön perusosaamista tuotannon kaikilla tasoilla, ja että työkoneiden kuljettajien osaaminen ja motivaatio mallipohjaiseen työhön on tällä työmaalla oikein hyvä.</p>	
Avainsanat	Tietomalli, koneohjaus, inframalli, YIV, YTV, 3D mallinnus

Author Title	Marko Partanen Challenges of model-based production for job management
Number of Pages Date	35 pages + 3 appendices 19 October 2020
Degree	Infrastructure Site Management
Degree Programme	Degree Programme in Construction Site Management
Professional Major	Infrastructure Site Management
Instructors	Anu Ilander, Senior Lecture, Construction and Architecture
<p>This thesis was done for YIT infrastructure. It studied model-based production at the construction site from the perspective of production management. Infrastructure construction sites have had challenges in model-based production and the situation was to be investigated on a case-by-case basis at one site that is part of a model-based infrastructure project.</p> <p>Raide-Jokeri is an extensive and long-lasting infrastructure construction project in which modeling has been used since the design stage. The study and interviews were conducted at the Raide-Jokeri Varikko site in the autumn of 2020, when there was a large amount of demolition, construction of stormwater lines, removal of contaminated land, excavation work and stabilization of the construction trench in the area at the same time.</p> <p>It was found that the shortcomings in the planning of the orientation produce additional work in production. During the study it was also been observed that effective work in a model-based project requires basic knowledge of information model work at all levels of production, and that the skills and motivation of machine operators to work on a model-based construction site are very good at this site.</p>	
Keywords	Datamodel, Machine control, Inframodel, YIV, YTV, 3D Model

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietomallinnuksen hyödyntäminen infratyömailla	2
2.1	Yleistä mallinnuksesta	3
2.2	Yleiset inframallivaatimukset ja 3D-suunnittelu	4
2.3	3D-koneohjaus	5
2.4	Mittaus mallinnetuissa hankkeissa	7
2.5	Sovelluksia työmailla	8
3	Raide-Jokeri-hanke	9
3.1	Varikko	9
3.2	Tietomallin ja mittaustiedon käyttö varikolla	14
4	Mallipohjaisen tuotannon haasteet	19
4.1	Haastattelut Varikko työmaalla	20
4.2	Koneohjausjärjestelmät Varikolla	22
4.3	Suunnittelu	22
4.4	Tuotannon perehdytykset	27
5	Mallinnettujen infrakohteiden kehittäminen ja tulevaisuus	28
5.1	Yhteenveto Varikko	29
5.2	Ehdotuksia ratkaisuksi	30
5.3	Varikon toimivat ratkaisut	31
	Lähteet	32

Lyhenteet ja käsitteet

Digitaalinen luovutusaineisto

	Toteumamallista, -piirustuksista ja laadunvarmistusaineistosta rakentamisvaiheen lopputuotteena muodostuva luovutettava aineisto, joka todentaa rakentamisen laadun ja toimii tilaajan omaisuudenhallinnan lähtötietona kunnossapitoprosessissa
InfraBIM	Building Information Model
Inframalli	Infrakohteen tietomalli
Inframodel (IM)	Kansainväliseen LandXML -formaattiin perustuva avoin tiedonsiirtoformaatti, joka on tällä hetkellä käytössä infra-alalla Suomessa
Koneohjausaineisto	Työkoneiden ohjausjärjestelmissä hyödynnettävä aineisto, jonka laatii pääasiassa hankkeen urakoitsija toteutusaineiston perusteella. Koneohjausaineisto voi sisältää pintamalleja, taustakarttoja, geometrialinjoja, pistemäisiä kohteita, linjamaisia kohteita tai verkostoja. Aikaisemmin käytetty termi on ”koneohjausmalli”.
LandXML	Yleisesti käytetty kansainvälinen maanrakentamisen XML-pohjainen määrittely infra- ja maanmittaustiedolle.
Lähtöaineisto	Hankkeen lähtöaineisto jaotellaan raaka-aineeksi ja lähtötiedoksi, jotka muodostavat lähtöaineistoluettelon kanssa lähtötietoaineiston.
Lähtötietoaineisto	Eri lähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut lähtöaineistot

digitaalisessa muodossa jäsenneiltyä. Aiemmin käytetty termi on ”lähtötietomalli”.

M-Files	Raide-Jokerin tiedonhallintajärjestelmä ja projektipankki
Nykytila-aineisto	Osa lähtötietoaineistoa, joka kuvaa kohteen nykytilaa sellaisena, kuin se todellisuudessa on, ja johon ei sisälly suunniteltua aineistoa. Nykytila-aineistoon kuuluu suunnitteluun vaikuttavat asiat, kuten nykyiset rakenteet ja rakennukset sekä suojeltavat kohteet yms.
Paikalleenmittausaineisto	Erilaisissa mittalaitteissa hyödynnettävä aineisto, jonka laatii pääsääntöisesti hankkeen urakoitsija toteutusaineiston perusteella. Paikalleenmittausaineisto voi sisältää pintamalleja, taustakarttoja, geometrialinjoja, pistemäisiä kohteita, linjamaisia kohteita tai verkostoja.
Raaka-aine	Saatu lähtöaineisto muokkaamattomana
Standardointi	Yhteisten toimintatapojen laatimista ja niiden kirjaamista, toiminnan vakiointia.
Tarkastusmittaus	Tarkastusmittauksilla tarkoitetaan rakennusvaiheen mallipohjaiseen laadunvarmistukseen liittyviä tukiasemien ja työ-koneautomaatiojärjestelmien säännöllisiä ja dokumentoituja paikannustarkkuuden seurantaan liittyviä tarkastusmittauksia.
Tarkemittaus	Erillisellä mittalaitteella, kuten takymetri, tuotannon tietomalli-koordinaattorin toimesta tai hänen valtuuttamanaan tehtävä rakenteen mittatarkkuuden todentava mittaus, jota ei voida mitata työkoneohjausjärjestelmällä.
Tiedonsiirtoformaatti	tietokonesovelluksella tulkitettava muoto tiedolle tiedon tallentamiseksi, saantiin, siirtoon ja arkistointiin.

Tietomalli	Rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikais- ten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa.
Toteumamalli	Inframalli, joka kuvaa infrarakenteen tai -järjestelmän sellai- sena kuin se on kohdekohtaisesti laatuvaatimukset huomioi- den toteutettu
Toteumamittaus	Työkoneella tehtävä toteutuneen rakenteen, järjestelmän tai taitorakenteen laadunmittaus, jolla osoitetaan kelpoisuus suhteessa suunnitelmiin. Toteumamittauksia suorittavat ko- neenkuljettajat työkoneautomaatiojärjestelmillä varustetuilla maansiirtokoneilla tai työmaan mittaushenkilöstö mittauska- lustollaan.
Virtuaalimalli	Yleisnimitys interaktiiviselle ja vapaasti navigoitavalle 3D- mallille, joka yksinkertaisimmillaan on tietomalli avattuna tie- tomallisovelluksessa. Termiä käytetään myös yleisesti esitte- lymalleista.
YIV	Yleiset inframallivaatimukset
Yhdistelmämalli	Eri osamalleista yhdistetty inframalli, jolla tutkitaan eri mallien keskinäistä yhteensopivuutta (esim. törmäystarkastelut). Inf- ran yhdistelmämalli muodostetaan tyypillisesti maastomal- lista, maaperämallista, olemassa olevien rakenteiden mal- leista sekä eri tekniikkalajien suunnitelmamalleista. Yhdistel- mämalli on tekninen malli, jota hyödynnetään erityisesti tek- niikkalajien yhteensovituksessa ja vuorovaikutuksessa
3D-mallinnus	3D-mallinnus eli kolmiulotteinen mallinnus tarkoittaa tietoko- neavusteista kolmiulotteista suunnittelua tietokoneen kuva- ruudulla

1 Johdanto

Tietomallinnuksen käyttö on lisääntynyt todella paljon infrarakentamisessa sekä suunnittelun että rakentamisen puolella ja sitä vaaditaankin useimmissa urakoissa etenkin isoissa infrahankkeissa. Suurimmat tilaajat kuten Väylävirasto ja isoimmat kaupungit vaativat urakoitsijoilta koneautomaatiota, jossa siis suunniteltu 3D-pintamalli viedään esimerkiksi kaivinkoneeseen ja kuski voi kaivaa suoraan mallin mukaan ilman mittamiehen maastoon merkitsemistä.

Tämä mallinnuksen hyödyntäminen rakentamisessa haastaa infratyömaiden työntekijät, koneenkuljettajista työnjohtajiin, erilaiseen toimintatapaan ja kommunikointiin työmailla. Tässä opinnäytetyössä keskitytään työnjohtajan kannalta esille tuleviin haasteisiin ja kuinka niitä voitaisiin ratkoa yhdenmukaistamalla toimintatapoja työmailla, hankkeissa ja jopa yrityksissä

Tässä työssä konkreettisena hankkeena on pk-seudun suuri infrahanke Raide-Jokeri ja sen Varikko työmaa Itä-Helsingissä. Varikolla on perehdytty 3D -koneohjaus-järjestelmiin työmaan toteutusvaiheessa sekä mallinnuksien aiheuttamien haasteiden selvittämisestä on tehty työmaalla haastatteleamalla maansiirtokoneiden kuljettajia ja kysymällä työnjohdon ja suunnittelijoiden näkemyksiä tilanteesta

Työn tavoitteena oli selvittää, miten tietomallinnusta on Varikolla käytetty, mitkä ovat olleet haasteita ja missä on onnistuttu, ja mitä voitaisiin jatkossa tehdä toisin.

Tämä opinnäytetyö keskittyy rakentamisen tuotantovaiheeseen. Työmaan käytäntöjä verrataan sekä YIV:n että hankkeen omiin ohjeisiin. YIV:n osalta pysytellään luvun neljä, ”Rakentaminen” sisällöissä. Muihin osiin viitataan satunnaisesti silloin, kun oletetaan että tuotannossa kompuroidaan muissa vaiheissa tapahtuneiden epäjohtonmukaisuuksien tai viestintäkatkosten vuoksi. Rakentajat, vaikkapa työnjohtaja tai mittamies, toimivat työmaalla niillä tiedoilla, joita heille on annettu. Puutteet ja epäjohtonmukaisuudet saattavat tulla esille yllättävissä tilanteissa.

2 Tietomallinnuksen hyödyntäminen infratyömailla

Jotta tietomallinnus palvelee rakentamisen koko prosessia, on tiedettävä mitä tehdään ja kuka tekee. YIV:n [2] mukaan vastuita voidaan jakaa esimerkiksi seuraavasti:

Suunnittelun tietomallikoordinaattori osallistuu mallintamisen suunnitteluun ja aika-
tauluttamiseen yhteistyössä hankeorganisaation kanssa ja valvoo, että mallinnus teh-
dään vaatimusten mukaisesti. Hän vastaa yhdessä suunnittelijoiden kanssa eri osa-
aluiden mallinnuksen yhteensopivuudesta ja mallintamisen dokumentoinnista. Muita teh-
täviä voivat olla osallistuminen projektin tietomalliohjeen laatimiseen ja jalkauttamiseen,
mallien vaatimustenmukaisuuden varmistaminen, mallien laadunvarmistukseen ja itsel-
leluovutukseen osallistuminen ja yhdistelmämallin kokoaminen ja ylläpito. Tehtäviin voi
kuulua myös tietomalliselostuksen, -lokin ja sisäisten tarkastusdokumenttien laatiminen
ja tarkastaminen ja tietomallinnusta koskevien kokousten koollekutsuminen.

Tuotannon tietomallikoordinaattori tarkastaa rakennussuunnitelmamallin, laatii ja ja-
kelee työmaalle toteutusaineiston yhdessä työnjohdon kanssa sekä laatii hankkeelle mit-
taussuunnitelman joko erillisenä dokumenttina tai osaksi rakennushankkeen tiedonhal-
linta-, laatu- tai laadunvarmistussuunnitelmaa. Tuotannon tietomallikoordinaattoriksi voi-
daan nimetä hankkeen mittauspäällikkö/-vastaava, ja tehtäviin voi kuulua vastuu raken-
tamisen aikaisesta tiedonhallinnasta ja käytettävän tiedonhallintajärjestelmän ajantasai-
suudesta, määrälaskenta, mallipohjainen laadunvarmistus, toteuma- ja tarkemittaus-
tiedon ylläpito ja dokumentointi, mittausperustan ylläpito ja työmaan mittauksien ja työko-
neohjauslaitteiden mittatarkkuuden ylläpito.

Työnjohto voi vastata mallinnuksen toteutuksen aikatauluttamisesta, ohjauksesta, to-
teutuksesta sekä mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta kokonaisuudessaan sekä
säännöllisestä valmiusasteen, toteuman ja laadunvarmistuksen seurannasta sekä hank-
keen loppudokumentoinnista. Työnjohdon vastuulla voi olla työmaaorganisaation pereh-
dyttäminen mallipohjaiseen tuotantoon ja mallipohjaiseen laadunvalvontamenettelyyn,
sekä laadunvarmistusmittauksien tarkastaminen ja hyväksyminen.

Työkoneen kuljettaja vastaa oman työkoneensa koneohjauslaitteiden toimivuuden seu-
rannasta sekä laitteella suoritettavista toteumamittauksista ja kartoituksista mallipohjai-
sen laadunvalvontamenettelyn mukaisesti. Työkoneen kuljettaja perehtyy hankkeen

koneohjausaineistoon ja laadunvarmistuskäytäntöihin tuotannon tietomallikoordinaattorin tuella.

Perinteisessä kaksiulotteisessa tietokoneavusteisessa suunnittelussa muodostetaan viivoja ja muita graafisia elementtejä, ja muodostetaan näistä piirustuksiin ja näytölle erilaisia rakennusta esittäviä kuvantoja, esimerkiksi leikkaus. Kuvanto ei itsessään sisällä informaatiota, vaan ryhmiteltyjä piirustusobjekteja, jotka ihminen tulkitsee tietosisällöksi. Tämän vuoksi esimerkiksi rakennukseen kohdistuvia voimia laskeva FEM-ohjelma ei ymmärrä rakennesuunnittelijan suunnitelmaa suoraan, vaan sille on syötettävä erikseen samat tiedot uudestaan. Toisaalta tietoa häviää suunnitteluprosessin aikana, esimerkiksi siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toisen. [6.]

Tietomalli puolestaan sisältää digitaalisesti rakennuksen muodon kolmiulotteisesti määriteltynä, lisätietoja rakennuksen, sen prosessien ja rakennusosien ominaisuuksista. Tällöin rakennusta esittävä kuvanto saadaan muodostettua automaattisesti. Tiedoista voidaan muodostaa helposti myös erilaisia kustannuslaskelmia, aikatauluja, energialaskelmia tai simulaatioita, jotka perinteisillä suunnittelumenetelmillä vaatisivat runsaasti esivalmisteluja, tiedon keruuta ja tietojen yhdistelyä. Tietomalliin voi myös tuoda ja siitä voidaan lukea rakennuksiin liittyvää tietoa.

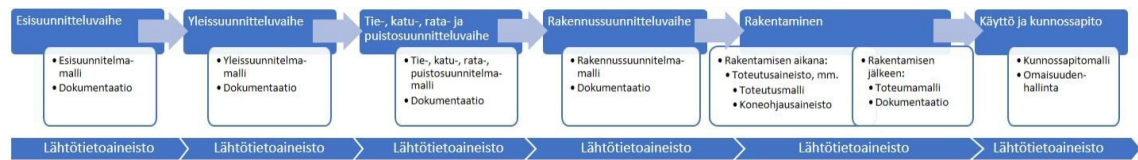
Koska tietomallin erityyppiset tulosteet ja näkymät tuotetaan samasta tietomallista, yhden tiedon päivittäminen malliin voi vaikuttaa lukuisiin piirustuksiin, laskelmiin, simulaatioihin ja mallinäkymiin. Perinteisessä suunnittelussa tieto olisi pitänyt päivittää erikseen jokaiseen näistä. Samasta syystä myös vaihtoehtojen esittäminen suunnitelmavaiheen aikana on nopeaa ja mallit ovat yhdenvertaisia. [3.]

2.1 Yleistä mallinnuksesta

Inframallinnuksella saavutetaan parhaat hyödyt, jos sitä käytetään koko hankkeen aikana. Mallinnusta tehdään aina jotakin käyttötapausta varten. Pyrkimyksenä on, että kaikilla projektin osallisilla on yhtenäinen malli ja sama tieto on kaikkien käytettävissä. [6.]

Kuvassa 1 on esitetty infraprojektin kulku, ja yleisellä tasolla eri hankevaiheissa tuotettavat mallipohjaiset aineistot. Tavoitetilanteessa mallipohjainen toiminta alkaa

mahdollisimman aikaisessa suunnitteluvaiheessa ja tämän jälkeen suunnitelma kulkee mallimuotoisena vaiheesta toiseen täydentyen. Lähtötietoaineisto päivitetään jokaisessa hankevaiheessa ajantasaiseksi [2.]



Kuva 1 Infraprojektin kulku. [2.]

Tietomallintamista käytetään tarveselvitysvaiheessa, ja hankeselvitysvaiheista suunnitteluun, rakentamiseen, käyttöpitovaiheisiin ja ylläpitovaiheisiin. Tiedot ovat digitaalisessa muodossa ja tietomalliin liittyy myös rakenteen geometrian määrittäminen ja sen esittäminen kolmiulotteisesti (3D-malli). Tietomalleja rakennusallalla kutsutaan yleisesti BIM:ksi (building information model) ja infra-alalla käyttöön on otettu termi InfraBIM, eli inframalli. [1.]

2.2 Yleiset inframallivaatimukset ja 3D -suunnittelu

Yleiset inframallivaatimukset (jatkossa YIV) on julkaisu, joka toimii inframallintamisen yleisinä ohjeina ja vaatimuksina yhdessä InfraBIM-nimikkeistön ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyjen kanssa. Julkaisusta vastaa Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta buildingSMART Finland (bSF), ja sen infra-toimialaryhmä. [2.]

Yleiset inframallivaatimukset toimivat yleisinä ohjeina ja vaatimuksina InfraBIM-nimikkeistön ja tiedonsiirtoformaattien mukaisesti. Yleisistä inframallivaatimuksista on julkaistu päivitetty versio YIV 2019. Mallivaatimukset, nimikkeistö ja formaatit muodostavat tiedonhallinnan. Niiden täytyy olla kunnossa ja yhtenäiset, jotta tiedonhallinta työmailla ja suunnittelussa toimii. Inframallintamisen tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen prosessin tukeminen [2.]

YIV kattaa suunnittelun ja rakentamisen koko elinkaaren lähtöaineistosta suunnittelun kautta rakentamiseen ja sen dokumentointiin. Tulevaisuudessa on tarkoitus sisällyttää julkaisuun myös käytön ja kunnossapidon alueet. Ohjeet perustuvat alan ajantasaisiin parhaisiin käytäntöihin ja niitä päivitetään jatkuvasti. [2.]

2.3 3D- koneohjaus

Koneohjauksella varustetun kaivinkoneen tunnistaa koneen takaosassa olevista kahdesta noin metrin pituisesta antennista (kuva 3). Käytettyjen kaivinkoneiden markkinoilla on vasta vähän 3D-koneohjausjärjestelmällä varustettuja kaivureita, mutta määrä kasvaa nopeasti. Tällä hetkellä suurin osa järjestelmistä asennetaan jo käytössä oleviin koneisiin.

Kuvassa 2 on laitevalmistaja Novatronin koneohjauksen näyttö, jossa näkyy koneen sijainti maastossa kuvana ja koordinaatteina. Kuvassa näkyy myös maastoon merkityjä linjoja ja koneohjauksen valikko.



Kuva 2 Novatronin koneohjaus näyttö [11.]

Kaivinkoneen koneohjaus maksaa tyypillisesti noin 30 000 euroa ja se pitää sisällään kaikki antennit, anturit, näytön ja älyn, jolloin mittapiste voi olla vaikkapa kauhan vasen tai oikea kulma tai automaattisesti se kulma, joka on kallistettuna alemmaksi. Lisäksi koneohjaukseen liittyy yleensä tiedonsiirto, joka mahdollistaa 3D-suunnitelmien synkronoinnin langattomasti, jolloin niitä ei tarvitse liikutella esimerkiksi muistikorteilla. Koneohjausjärjestelmä on hankintavaiheessa kallis, joka kustantaa itsensä kyllä takaisin. Järjestelmä on myös mahdollista vuokrata.

Kuvassa 3 on esitelty koneohjausjärjestelmän maanrakennuskoneeseen kuuluvat komponentit ja niiden sijainnit koneessa: G2-anturi, näyttöyksikkö, led-lisänäyttö, paikannusantenni ja ohjausyksikkö [11.]



1. G2-anturi 2. Näyttöyksikkö + LED-lisänäyttö 3. Paikannusantenni 4. Paikannusvastaanotin 5. Ohjausyksikkö

Kuva 3 Novatron koneohjausjärjestelmän komponentit [11.]

3D-koneohjauksen tehokas käyttö edellyttää hyvin yhteensopivia ohjelmistoja ja malleja, loogisesti nimettyjä suunnitelmia ja 3D-suunnitelmien liittymistä saumattomasti työmaan reunalla perinteisesti rakennettuihin putkiin, johtoihin ja pintoihin. Kannattaa myös muistaa, ettei satelliittien signaali välttämättä yllä syvään monttuun, korkeiden talojen

katveeseen tai metsään. Koneohjausjärjestelmät vaativat yleensä myös internet-yhteyden joko tarkkuussignaalia, BIM-mallien lataamista tai molempia varten.

Uusista 20-30 tonnin kaivinkoneista yli puolet on varustettu koneohjauksella jo useamman vuoden ajan. Lisäksi koneohjausta käytetään yhä useammin pyöräkuormaajissa, puskutraktoreissa, tielanoissa, poravaunuissa ja paalutuskoneissa.

Itse asiassa koneohjaus on laaja järjestelmä satelliiteista suunnittelijan työpöydälle, jossa työkone on vain yksi lenkki. Toimiva koneohjausjärjestelmä nopeuttaa työtä, säästää materiaaleja, parantaa tarkkuutta, helpottaa suunnittelua ja vähentää mittauksia sekä valvontaa.

Koneohjaus parantaa maanrakennustyön laatua, kun mitat ovat kohdallaan, ja nopeuttaa työskentelyä, kun mittaukset ja turha työ vähenee. Se mahdollistaa tehokkaan työskentelyn sumussa, pimeässä ja muissa hankalissa olosuhteissa ja parantaa turvallisuutta, kun mittamiehen ei tarvitse liikkua kaivannoissa ja työmaalla. Koneohjaus myös helpottaa tehtyjen töiden dokumentointia, kun esimerkiksi toteutumapisteet automaattisesti katusaneerauksessa, niin putket ja kaapelit löytyvät jatkossa tarkasti. [9.]

2.4 Mittaus mallinnetuissa hankkeissa

Mittausperusta on osa suunnittelun ja rakentamisen mittaustietoa. Mittausperustan avulla hankkeelle muodostetaan koordinaatisto ja se on ehdottomasti sidottava valtakunnalliseen koordinaattijärjestelmään. [1.]

Työmaan mittaaja vastaa käytettävän mittakalustonsa tarkkuudesta ja mittausten oikeellisuudesta. Hän perehtyy rakennushankkeen mittaussuunnitelmaan, toteutusaineistoon ja mallipohjaiseen laadunvalvontamenettelyyn tuotannon tietomallikoordinaattorin tuella, ja hoitaa työmaalla tarke- ja toteumamittaukset, kartoitus- ja merkintämittaukset, tukiasemien ylläpidon, työkoneiden ja tukiasemien tarkastusmittaukset sekä niiden dokumentoinnin ja taitorakenteiden mittaukset. [1.]

2.5 Sovelluksia työmailla

Infrarakentamisessa 3D-laitteet työkoneissa, GNSS-mittauslaitteet ja 3D-suunnitteluohjelmat ovat kehittyneet sellaiseen luokkaan, joka vaatii jokaiselta käyttäjältä koulutusta, ja perehdytystä projektin läpiviemiseen koko tuotantokaaren ajan.

InfraKit on kartta- ja sijaintipalvelu, jolla voi seurata työkoneiden suoritteita reaaliaikaisesti ja jälkikäteen (kuva 4). Se toimii perustietokoneilla, tableteilla ja älypuhelimilla, tarjoaa paikannukseen perustuvan kuvien tallennuksen ja pilvipalvelua, ja toimii työnjohtajan arkipäivässä perustyövälineenä. InfraKit mahdollistaa eri työkalujen integroinnin, ja on riippumaton – se pystyy lukemaan useita muita ohjelmia, sovelluksia ja tiedostomuotoja. InfraKit toimii kaikkien kaivinkoneiden koneohjausjärjestelmien kanssa. Sen tarkkuus on älypuhelimella valokuvatessa laitteen oman GPS:n tarkkuus ja koneen kauhalla mitatessa koneen mittalaitteen tarkkuus (= satelliittien määrästä riippuva).

0 Online	59.9% Koneiden	229t Työtunnit	YLEISKUVA	KONEIDEN KÄYTTÖTILASTO	KÄYTTÖTILASTOT	HALLITSE MALLIOIKEUKSIA	TARKKUUS
Hakusana	TOIMINNOT	VALMISTAJA (14 / 15)	TYYPPI	PAALU	VIIMEISIN YHTEYS	KONEIDEN KÄYTTÖTILASTO	YHTEYSAIKA (7PV)
Hitachi 135 Kinnunen	!	Novatron	Excavator	0	30.10.2020 13.01	0%	0t
Jyrki Saukko Kobelco 230	!	Leica	Excavator	0	7.11.2020 10.24	68%	49t
kobelco 260	!	Leica	Excavator	0	7.11.2020 10.24	63%	40t
Putkisen 1 Kone Komatsu	!	Novatron	Excavator	0	6.11.2020 13.27	60%	29t
RJ Volvo L90	!	Novatron	Excavator	0	5.11.2020 17.18	79%	37t
SSV_Volvo_EC250_VL	!	Novatron	Excavator	0	5.11.2020 17.21	75%	35t
SSV_Volvo_EC300E_RS	!	Novatron	Excavator	0	5.11.2020 15.35	74%	39t

Kuva 4 Yleiskuva työkoneiden käyttötilastosta (kuvakaappaus InfraKitistä)

3D-Win kertoo itsestään seuraavasti: ”Novatron Oy:n omistama 3D-Win on suomalainen korkeatasoinen ohjelmisto mittaus-, paikkatieto-, kartta- ja suunnittelutarpeisiin. 3D-Win lisäosineen on suunniteltu kattamaan paikkatiedon ammattilaisten kaikki tarpeet maanmittauksesta valmiisiin aineistoihin. 3D-Win on kotimainen maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu Windows-ohjelmisto. Ohjelmistolla voidaan suorittaa havainto-, vektori- ja rasteriaineistojen muunnoksia ja lukea niitä suoraan 3D-Win -ohjelmaan.” [12.]

AutoCAD on tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto, johon lukuisat arkkitehdit, insinöörit ja rakentamisen ammattilaiset luovat tarkkoja 2D- ja 3D-piirustuksia suunnittelussa. Ohjelmisto on yhdysvaltalaisen Autodesk:n kehittämä ja ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1982. [13.]

3 Raide-Jokeri-hanke

Raide-Jokeri on Helsingin Itäkeskuksen ja Espoon Keilaniemen väliä liikennöivä pikaraitiolinja. Radan pituus on noin 25 km, josta noin 16 km sijoittuu Helsinkiin ja 9 km Espooseen. Raideyhteys korvaa runkobussilinjan 550:n, joka on Helsingin seudun vilkkaimmin liikennöity bussilinja. Pikaraitiotie Raide-Jokerin rakentamisen yhteydessä Roihupeltoon uusi bussivarikko (valmistui ja luovutettiin 05/2020) ja toteutetaan raitiovaunuvarikko, jonka luovutus tilaajalle on kesällä 2022.

Hankkeen toteutustapa on allianssi, jonka osapuolia ovat rakennusyritys YIT Suomi, ratarakentaja NRC Group Finland, suunnittelutoimistot Sweco ja Ramboll, ja tilaajat Helsingin kaupunki ja Espoon kaupunki. Allianssimalli on rakennushankkeen eri osapuolten tiiviiseen yhteistyöhön perustuva toteutusmuoto, jossa rakentamisen keskeiset osapuolet eli tilaaja, rakennuttajakonsultti, suunnittelijat ja urakoitsija muodostavat yhteisen organisaation ja vastaavat yhdessä projektin suunnittelusta ja toteutuksesta.

Oleellista allianssimallissa on, että projektissa asetetaan yhteiset tavoitteet, jotka ovat samat kaikille allianssiosapuolille. Kun tavoitteet saavutetaan, kaikki onnistuvat yhdessä ja nauttivat myös taloudellisista hyödyistä. Vastaavasti epäonnistumisen yhteydessä kaikki epäonnistuvat ja kärsivät sanktioita. [8.]

3.1 Varikko

Rakennushanke käsittää Roihupellon raitiovaunuvarikon rakentamisen. Kyseessä on jo osittain rakennetun pihan uudelleen rakentaminen ja pihan laajennus sekä vanhojen rakennusten purkaminen ja uudisrakennuksen rakentaminen. Rakentaminen sisältää myös raiteet varusteineen, viivytysaltaan, valaistuksen ja kunnallistekniikan rakentamisen.

Työkohde sijaitsee Itä-Helsingissä, Viilarintien ja nykyisen metrovarikon välissä, kaupakeskus Lanternan pohjoispuolella. Työalueeseen kuuluu myös risteävien ja liittyvien katujen muutos- ja korjaustyöt, joka sisältää kunnallisteknisiä vahvistustöitä sekä rakenteiden liittymisien edellytyksissä laajuuksissa. Varikon kustannusarvio on 69,5 miljoonaa euroa. [9.]

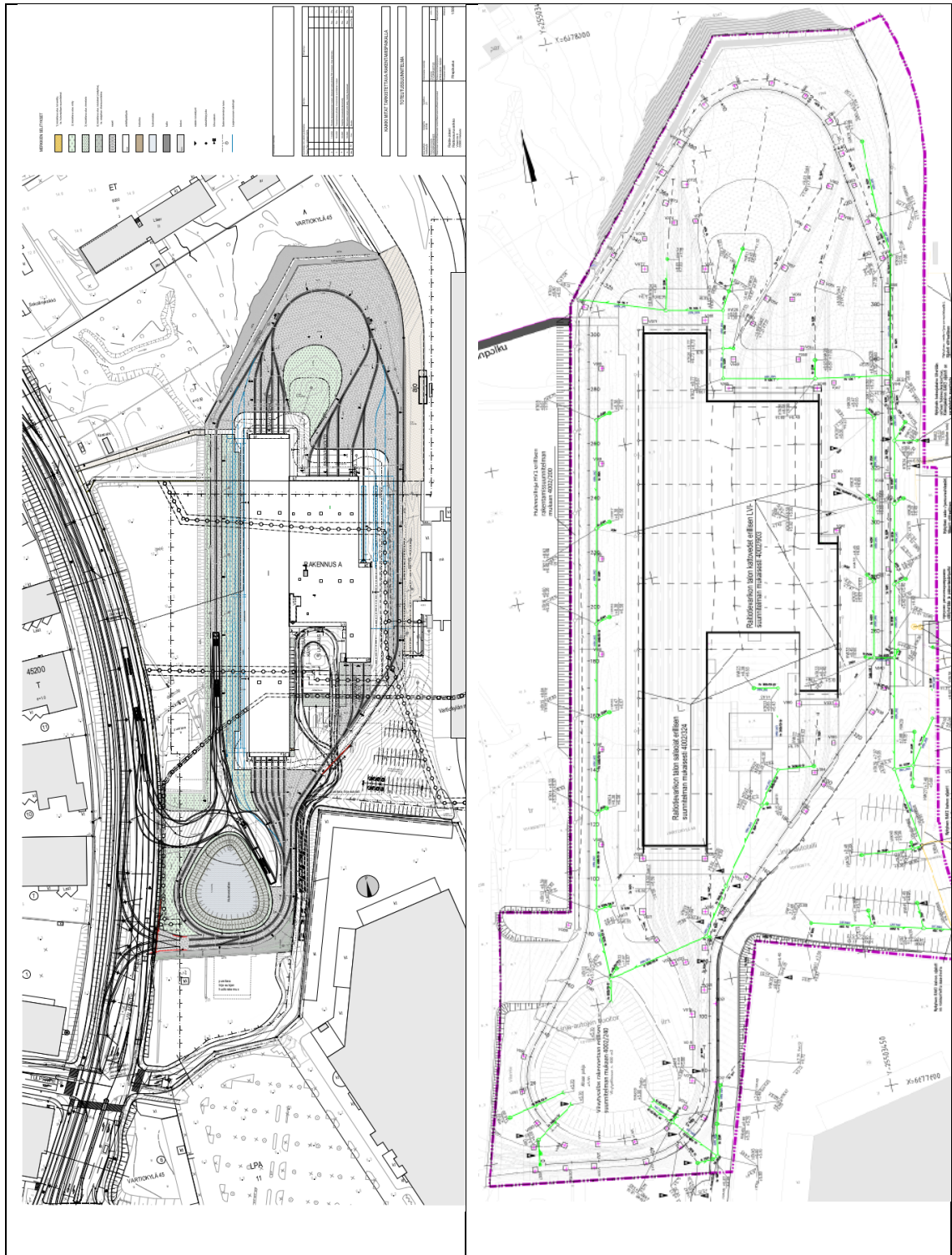
Kuvassa 5 näkyy kohteen sijainti kartalla ja kaavoitukseen liittyvää perustietoa: Koska kyseessä on yleishyödyllinen hanke, on rakentamista edeltävät selvitykset tehty huolellisesti ja tulevan Varikon sijainti mietitty kaupunkikuvaan ja alueen toimintoihin liittyen. Raide-Jokerin vaunuvarikko rakennetaan alueelle, joka on varattu teollisuus- ja liiketoiminnalle, ja joka sijainniltaan palvelee tulevaa linjaa. [9.]

Kuva 6 on suunnitteluvaiheessa mallinnettu luonnos tulevan Varikkorakennuksen ulkoasusta. Havainnekuvalla on ollut tarkoitus esitellä hanketta ja rakennusta ennakkoon, jotta voidaan havainnollistaa vaikutusta maisemaan ja ympäristöön



Kuva 6 Suunnittelijan havainnekuva tulevalta Varikolta [8.]

Kuvassa 7 on toteutussuunnitelmatasoinen Varikon pihapiirustus. Tontille tullaan rakentamaan lähes viisi kilometriä rataa ja yli kaksikymmentä vaihdetta. Varikko sijoittuu kahdelle tontille, ja tulevan Varikon tontin ala on 9573 m²



Kuva 7 Varikon pihapiirustus (vas) ja hulevesisuunnitelma (oik)

Kuva 7 osoittaa selkeästi maanrakennustyön määrän. Kuvassa näkyvät kaikki tontille rakennettavat raiteet ja hulevesilinjat

3.2 Tietomallin ja mittaustiedon käyttö varikolla

Varikolla on oma tietomallisuunnitelma, ja hankkeella on yhteinen tietomalliohje, jonka mukaisesti toteutusmallit tuotetaan. Toteutusmalleilla tarkoitetaan suunnitelmamalleista työmaan tarpeisiin jalostettuja malleja, kuten työkoneiden koneohjausmalleja sekä mittausta, maastoon merkintää ja laadunvarmistusta varten laadittuja paikalleenmittausmalleja. [M-Files.]

3.2.1 Tiedonhallinnan laajuus hankkeessa

Raide-Jokeri on mallipohjainen hanke, johon on suunniteltu mallipohjainen työskentely kehitysvaiheesta luovutukseen. Liitteessä 1 on esitetty tuotannon tiedonhallinnan perehdytys, jossa käsitellään perehdytys malleihin ja koneohjaukseen.

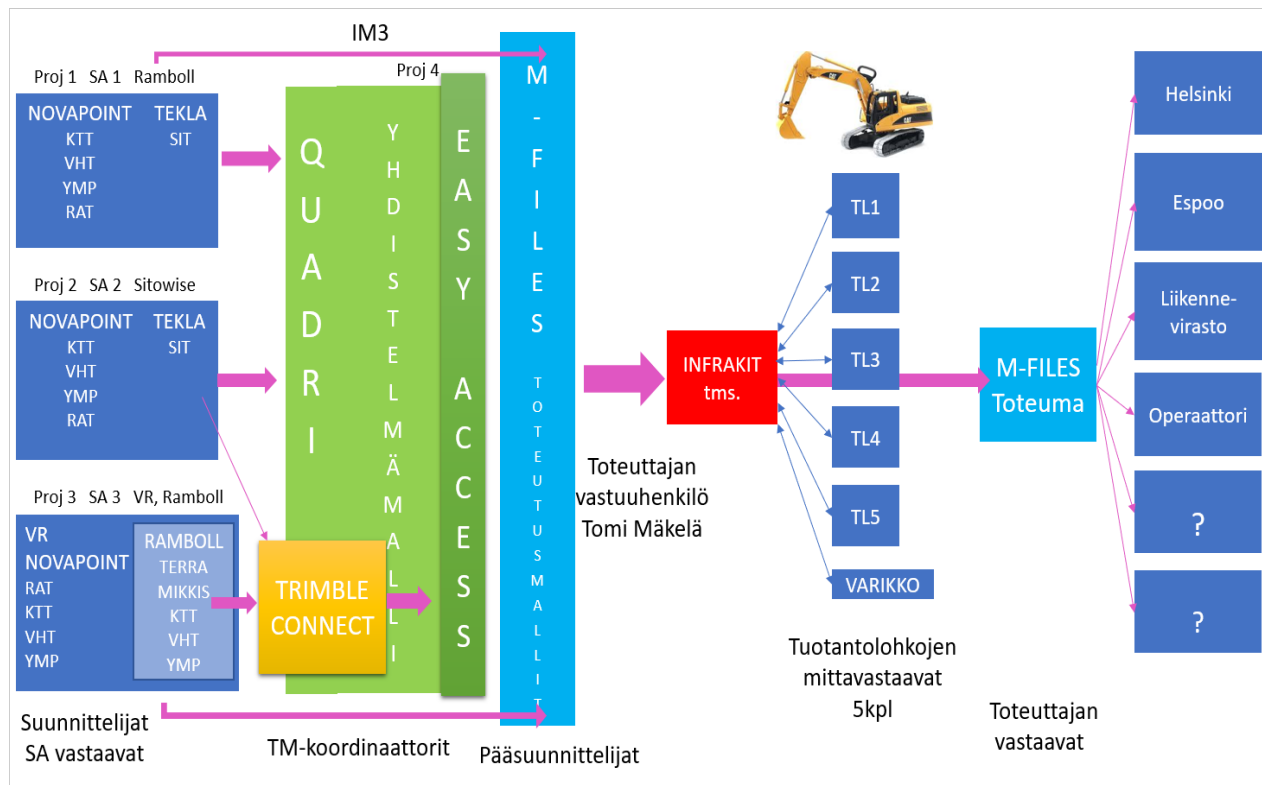
Toteutus tarkistaa ja yhteensovittaa suunnittelusta saadut taiteviiva-aineistot ja pintamallit sekä muut mittaukseen ja toteutukseen tuotetut aineistot (esim. jalustojen ja kaivojen keskipisteet). Toteutuksen vaatima aineisto on kuvattu tekniikkalajikohtaisissa mallinuskorteissa. Lähtökohtana on, että suunnittelu tekee tuotannolle toimitettavien aineistojen tarkistuksen ja itselle luovutuksen niin hyvin, että toteuttajan ei tarvitse enää korjata aineistoa ja tehdä aineistoon muutoksia. Suunnittelija kirjaa kaikki työmaalle menevät toteutusmallit toteutusaineistolokiin. Jos aineistosta löytyy puutteita tai epäselvyyksiä, on toteutus yhteydessä suunnittelun vastaaviin henkilöihin ja sopii korjaustoimenpiteet tapauskohtaisesti. Toteutus yhdistelee malleja tarvittaessa; esimerkiksi liittää eri rakennekerrosten pintoja isommiksi kokonaisuuksiksi tai yhdistelee eri tekniikkalajien malleja toisiinsa. Toteutus myös muuttaa tarvittaessa tuotantoon menevien mallien tai mittaustiedostojen nimiä. Toteutus täyttää toteutusaineiston lokin omalta osaltaan.[5.]

Toteutuksessa käytetään Infrakit-pilvipalvelujärjestelmää suunnitelmien ja toteumien projektinhallintaohjelmana. Infrakit-pilvipalvelua käytetään mallien ja mittausaineistojen tiedonsiirtoon satelliittipaikannusta hyödyntäviin työkoneisiin sekä laatuaineiston

keräämiseen. Infrakit-ohjelmassa käytetään vuonna 2019 julkaistujen YIV-ohjeiden mukaista kansiorakennetta. Toteutus huolehtii, että Infrakit-pilvipalvelussa on ajantasainen ja oikea aineisto käytettävissä. Konekuskille annetaan oma ohjeistus palvelun käyttöön, tiedonhallintaan ja toteumamittausten tekemiseen. [5.]

Tiedonsiirron mahdollistamiseksi ja virheettömyyden varmistamiseksi hankkeessa käytetään ensisijaisesti avoimia tiedonsiirtostandardeja (IFC) sekä yleisesti käytössä olevia formaatteja (-dwg, -rvt,), jotta aineisto siirtyy osapuolten ja hankevaiheiden välillä mahdollisimman tehokkaasti ja on kaikkien osapuolten hyödynnettävissä.

Kuvan 8 prosessikaaviossa on esitetty Raide-Jokerin tietomallinnetun työn eri työvaiheiden vastuutahot ja joitakin ohjelmia ja järjestelmiä.



Kuva 8 Hankkeen prosessikaavio suunnitelmamallista toteutusmalliksi. [8.]

3.2.2 Tietomallien osapuolet hankkeessa

Tietomallisuunnitelmassa otetaan erityisesti huomioon ylläpidon ja operatiivisen vaiheen tarpeet, jotta suunnitteluosapuolet pystyvät tekemään tietomallit näiden tarpeiden toteuttamiseksi. Tietomallin käyttö auttaa häiriötöntä toimintaa suunnittelu- ja rakentamisaihana.

Mallien tarkkuustaso määritellään projektin edetessä. Tavoitteena on oikea tarkkuustaso kuhunkin suunnittelupakettiinpakettiin, jotta ylimääräiseltä työltä vältytään.

Jokainen suunnitteluosapuoli omalta osaltaan:

- huolehtii siitä, että mallin sisältö vastaa suunnittelutilannetta
- vastaa siitä, että mallin oikeellisuus ja luotettavuus on dokumentoitu
- vastaa siitä, että tarvittavat lähtötiedot on huomioitu aikataulussa
- tarkastaa omat mallinsa ennen jakelua

Pääsuunnittelija:

- huolehtii, että suunnitteluryhmällä on käytettävissä tarvittavat lähtötiedot, että ne ovat ristiriidattomat ja ajan tasalla
- varmistaa, että kaikilla hankkeen suunnittelijoilla on tieto siitä, mikä osuus tietomallintamisesta on heidän vastuullaan
- huolehtii, että suunnittelijat laativat tietomallit ja että ne todetaan keskenään yhteensopiviksi ja ristiriidattomiksi

Tietomallikoordinaattori:

- laatii tietomallisuunnitelman
- kokoaa, tarkastaa ja raportoi varikkoalueen yhdistelmämallit
- johtaa tietomallien yhteensovituspalaverit

Raide-Jokeri hankkeen tietomalliasiantuntijat

- koko hankkeen tietomallintamisen ohjaus.

Laadunvarmistusta johdetaan tavalla, joka tukee jokaista hankkeeseen osallistujaa yhteistoimintaan ja avoimuuteen. *Solibri Model Checker* -ohjelmistolla varmistetaan tietomallien sisällön vaatimustenmukaisuus ennen hankintojen ja asennusten suorittamista.

Risteilytyöpajoissa varmistetaan mallin avulla, että suunnitelmat ovat toteuttamiskelpoisia ja kaikkien osapuolten hyväksymiä. [4.]

Hankkeella on erilliset ohjekortit erilaisille malleille (kuva 9). Kuvassa 9 on esitetty ohjekortti ”Geo, ympäristö: Maaperä, pilaantuneet maat ja pohjarakenteet”. Ohjekortti määrittelee mallinnusvaatimuksen ja tiedonsiirtoon käytettävät formaatit.

Mallinnusvaatimus:

Maaperämallin tulee sisältää

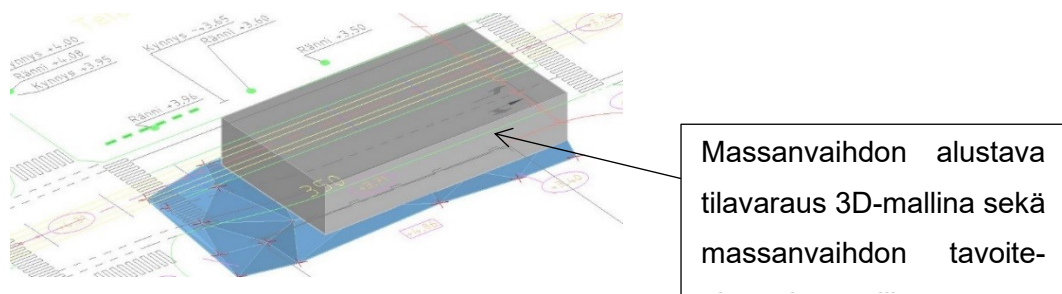
- kallionpinta pintamallina
- porakonekairauksella varmistetut-, avokallionpisteet ja arvioidut pisteet luokiteltuna tarkkuuden mukaan
- pohjavedenpinta aluerajauksena kriittisissä kohteissa (esim. kun rakennepinna menevät pohjavedenpinnan alapuolelle)
- vapaan veden pinta ja tulvavedenpinta pintamalleina kriittisissä kohteissa
- tarvittavat maakerrosrajapinnat pintamalleina
- pilaantuneet maat pisteinä, pintoina tai tilavarauksina (ympäristövaikutukset).

Suunnitellut pohjarakenteet esitetään muotoaan vastaavina kappaleina, tilavuusmallina tai pintoina seuraavin tarkennuksin:

- massanvaihtokaivanto: kaivantopinta ja tavoitepinta
- massastabilointi: tilavarauksena
- lujitteet: pintoina
- pilaristabilointi kappaleina
- paalulaatta
- paalutukset
- kevennykset: ala- ja yläpinnat
- ruoppaus: massanvaihtokaivun pinta ja täytön pinta
- pohjavahvistusten tavoitepinnat.

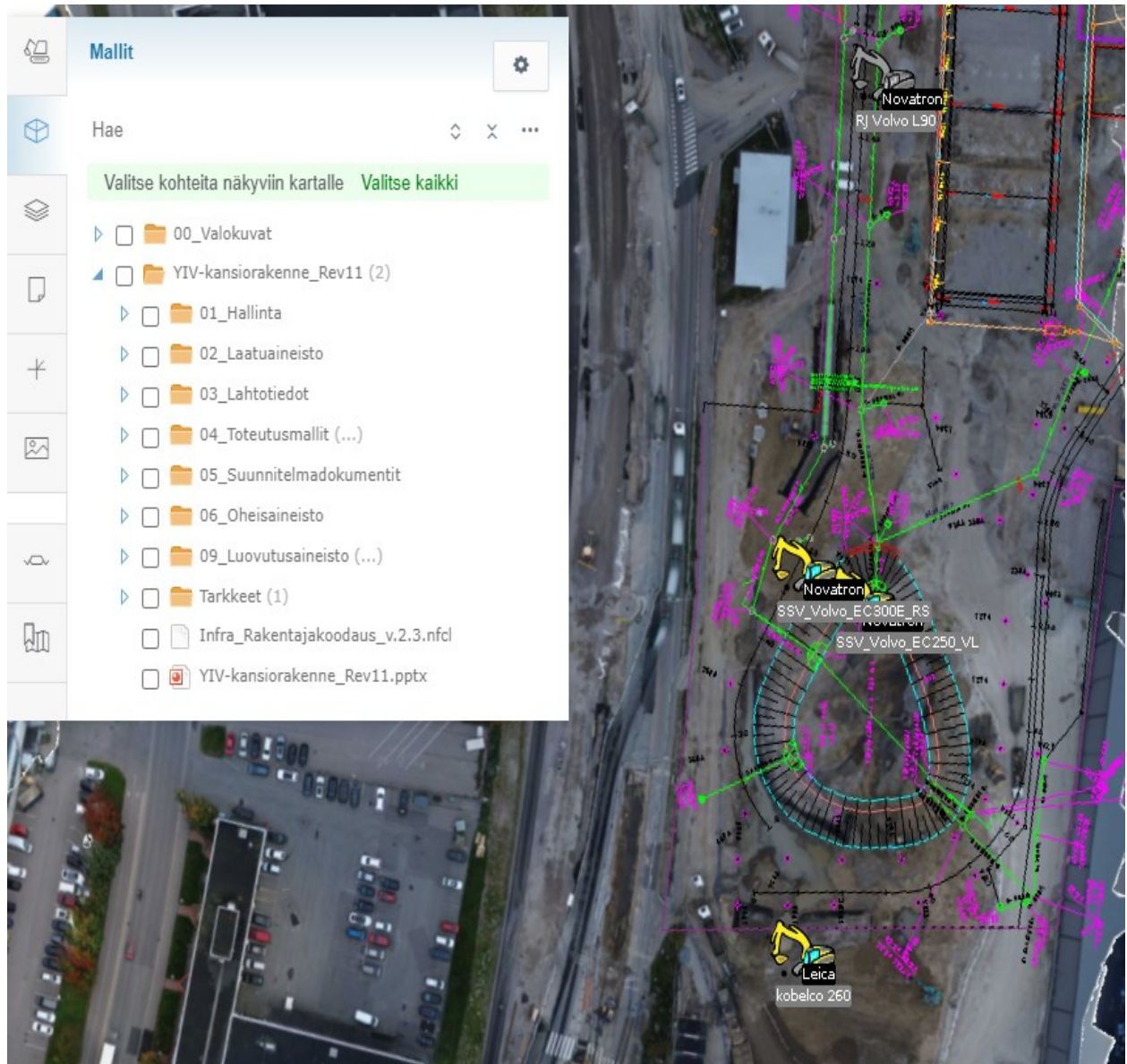
Käytettävät formaatit tiedonsiirtoon:

Inframodel 3 (pinnat), 3D-dwg



Kuva 9 Ohjekortti Geo ympäristö [4.]

Infrakitin avulla (kuva 10) työnjohto voi seurata maansiirtokoneiden työsektentelyä suhteessa toisiinsa ja malliin tietokoneella mistä tahansa. Näytölle voi valita halutun aineiston. Tässä on meneillään tulevan viivytysaltaan pilaantuneen maan kaivuu, alkavan stabiloinnin valmistelukevat työt ja hulevesilinjan asennus.



Kuva 10 Tietomallityöskentelyä Varikolla (kuvakaappaus InfraKitistä)

4 Mallipohjaisen tuotannon haasteet

Kun varsinainen työ pitäisi jo alkaa eli työmaalla ovat kaikki työkoneet jo paikalla, niin joissain tapauksissa vasta tässä vaiheessa rakennushankkeen tuotannonsuunnittelua ja tuotannonohjausta aletaan tarkastella ja pohtia. Lähtötietojen kokoamisessa, selvittämisessä ja perehtymisessä on käytetty liian vähän aikaa ja monesti työmaan johdolla on puutteellinen tehtäväsuunnittelu tai sitä ei ole ollenkaan. Työnjohdolla ei välttämättä ole tiedossa työmaa-alueen haastavia pohjaolosuhteita ja maankäytön aiheuttamia haasteita. Lähtötietojen hankkiminen ja lähtötietomallien luominen vie aikaa ja se pitäisi aloittaa hyvissä ajoin. Vasta toteutuskuvilla voidaan alkaa työstää mallia eri rakennekerroksista.

Mallinnuksen avulla saadaan parempaa laatua suunnitteluun ja rakentamiseen. Mallintamalla tehdyistä hankkeista virheiden määrä on huomattavasti paljon pienempi. Koneohjatussa työssä jokainen erillinen työvaihe tehdään suunnitelman mukaiseen sijaan – näin vältetään mittavirheiden kertymältä, joka on riskinä, jos työtä kohdistetaan edellisen työvaiheen perusteella.

Yksi suurimmista haasteista hankkeelle ovat tietojen nimeämiset. M-filesiin tiedostot on tallennettu ohjeiden mukaisesti, mutta kaikki osapuolet eivät ole jakelulistoilla. Usein tietoa on keskeneräisenä; muokkaustilassa tai ilman tilaajan hyväksyntää. Tiedostoja on satunnaisesti ”hävinnyt”, joko poistettu tai nimetty uudelleen ilman ilmoitusta.

Jos olemassa oleviin tietoihin ei voi luottaa, niin sen käyttöarvo on nolla. Epävarmoja tietoja pitää pystyä päivittämään ja myös jälleen käyttämään. Vanhoja ja virheellisiä tietoja suositellaan poistettavaksi. Vesijohtoverkot, viemärit, ympäristötiedot ja sähköjohdot kuuluvat jokaiseen rakennushankkeeseen ja näiden tietojen mallintamisella voidaan ennakoida riskejä. Kaikkia lähtötietoja ja suunnittelutietoja kuten LVI-suunnitelmat ja rakennuksen rakennesuunnitelmat eivät ole yhdessä ja samassa tietokannassa, jolloin ajantasaisten tietojen saatavuus on hankalaa.

4.1 Haastattelut Varikko työmaalla

Haastattelut toteutettiin syyskuussa 2020 ja niihin osallistui kuusi maanrakennuskoneen kuljettajaa Varikko työmaalta. Viidessä työkoneessa on koneohjausjärjestelmä, yhdessä ei ole. Taulukkoon 1 on koottu tiivistetysti tiedot siitä, millaisilla koneilla ja millaisella työkokemuksella työmaalla työskennellään. Olennaista on myös huomioida kirjavuus koneohjauksen perehdytysten käytännöissä

Taulukko 1 Haastattelun tuloksia kone-ohjauksen käytöstä

kone jolla työskentelee	30 tn, volvo EC250EL	35 tnvolvo 300EL	35 tn, cat 329	pyöräkone volvo L90H	30 tn Kobelco 260	15 tn Hitachi 2axis 135US
koneohjaus; laite ja tiedot	Novatron Xsite-Pro	Novatron Xsite-Pro	ei ole	Novatron Xsite-Pro	Leica icon, ei ole asentaja tullut, pyörittäjän anturia ei ole	Novatron Xsite-Pro
kokemusvuodet infrarakentamisessa	33	11	30	30	30	5
kokemusvuodet koneohjauksessa työskentelyssä	6	6	ei ole	1	6	3 kk
perehdytys koneohjaukseen	novatron kurssi (8h), etätuki ongelmatilanteissa	alkuopastus laitteen asentajalta, etätuki	ei ole	käyttöönottokoulutus, Novatron koneohjauskoulutus, etätuki	Leican perehdytys (riittämätön), itsenäinen opettelu työn ohessa	Novatron pika-koulutus, etätuki
perehdytys tämän työmaan malleihin	työnjohto, omatoimisesti	lähes omatoimisesti, joskus mittamies auttanut	paperiversiot	Paikallaan olevien haasteellista jotta voisi keskittyä "malleihin"	itsenäisesti	omatoimisesti
kehitystarve	aina on parannettavaa	pitäisi kehittyä koko ajan	halukkuutta kokeilla koneohjattua työskentelyä	mittalaitteen kanssa käyttämiseen tarvitsisi enemmän harjoittelua	ei halua opetella uutta merkkiä	tarvitsee käyttökokemusta (perusasiat ok)
osaaminen	on tietoa ja osaamista	keskinkertainen, parantamisen varaa	perinteisellä tavalla erittäin hyvä	ei heikko, pärjää > lisää käyttöä	halukkuutta oppia luomaan omat mallit (kun laitteessa kapasiteettia)	yksinkertainen peruskäyttö ok

Haastattelut toteutettiin suorana nimettynä henkilöhaastatteluna yhtenäisen lomakkeen pohjalta (liite 2), ja kaikilta haastateltavilta kysyttiin sekä numeerista perustietoa työkoneesta ja työkokemuksesta, että vapaaseen sanalliseen arviointiin perustuvaa tietoa omasta osaamisesta ja mahdollisista oppimistarpeista. Haastattelujen tarkoitus oli saada

käsitys koneohjauksen käytön ja osaamisen tilanteesta, ja osoittaa millaista infrarakentamisosaaamista työmaalla tässä rakentamisvaiheessa on suorittavalla tasolla. Haastattavilta kysyttiin myös perehdytyksestä ja kehitystarpeista koneohjatun työn suhteen

Haastatteluissa tuli esille ongelmat mallien ja tiedostojen nimeämiset. Kaivinkoneen kuljettajalla on käytössä 7” näyttö (kuva 11), jossa tiedoston nimestä näkyy vain osa. Joskus harmillisesti se osa, joka ei auta kohdentamaan tietoa oikein.



Kuva 11 Kaivinkoneenkuljettajan 7 tuuman näyttö

Haastatteluissa todettiin, että kun kuljettaja on opetellut käyttämään jotakin järjestelmää, ei välttämättä ole suurta halua opetella jotain uutta järjestelmää. Opeteluun käytetään paljon aikaa ja se nopeuttaa työskentelyä. Järjestelmän vaihtaminen tuottaisi lisätyötä.

4.2 Koneohjausjärjestelmät Varikolla

Varikon työmaan koneissa on kahta eri koneohjausjärjestelmää eli Novatron ja Leica. Novatron on kotimainen ja se toimii suoraan Infrakitin kanssa. Se on riippumaton muista palveluista, eikä tarvitse erillisiä lisenssejä. Yhteiskäyttö mahdollista kaikkien tunnettujen järjestelmien kanssa.

Leica on amerikkalainen järjestelmä, jonka oma palvelin ConX. Yhteiskäyttö on mahdollista lisenssien avulla. Lisenssit ovat maksullisia.

Varikolla neljässä koneessa on Novatron ja kahdessa Leica. Yhdessä koneessa ei ole koneohjausta ollenkaan.

4.3 Suunnittelu

Mallipohjaisen tuotannon suunnittelumallin siirtäminen eri tuotevalmistajan koneohjausjärjestelmiin ja tiedostojen siirtäminen erilaisiin formaatteihin vaatii tietoa, taitoa ja osaamista. Nykyaikana suunnittelu- ja koneohjausmalli ovat kaksi aivan eri asiaa, joita ei tule sekoittaa keskenään. Suunnittelumalli selittää rakenteen, nimeää ja antaa taustatietoa, kun taas koneohjausmalli on koneohjausjärjestelmään muokattu tiedosto. Koneohjausmalli muokataan suunnittelumallista kolmioimalla

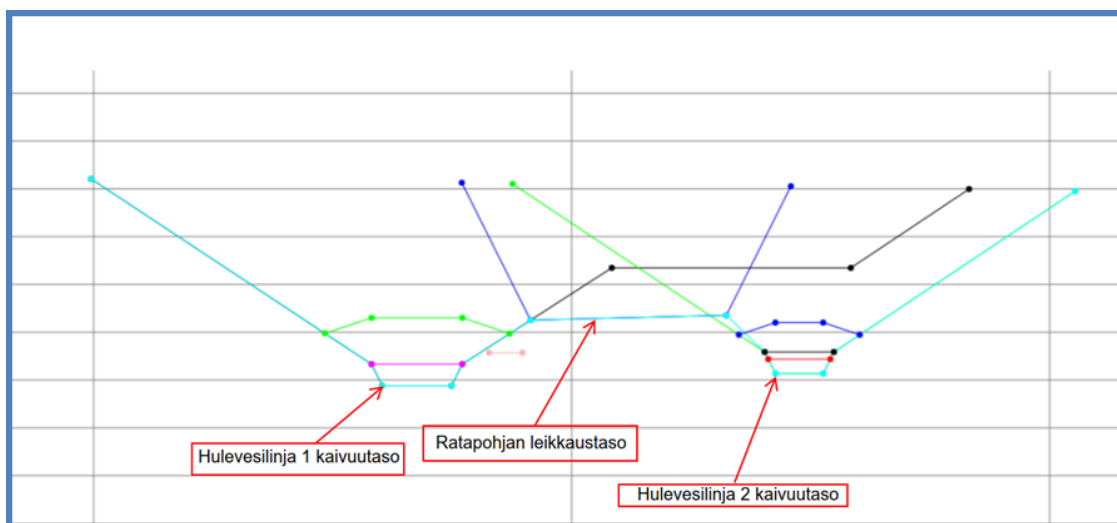
Parhaimmillaan mallin laatija yhdistää suunnittelumalleista koneohjausmallin, jossa on huomioitu kaikki kaivantoon tulevat asiat. lisää luvussa 4.3.1

Mallipohjaisessa suunnittelussa on huomioitava:

- hankkeen sijainti
- hankkeen nykytila ja tavoitteet
- paikkakunta-kohtainen koordinaatti ja koordinaattijärjestelmä
- suunnitelma kartta
- toteutuskuvat (useimmiten on ainoastaan urakkalaskentaa varten)
- lähtökohdat

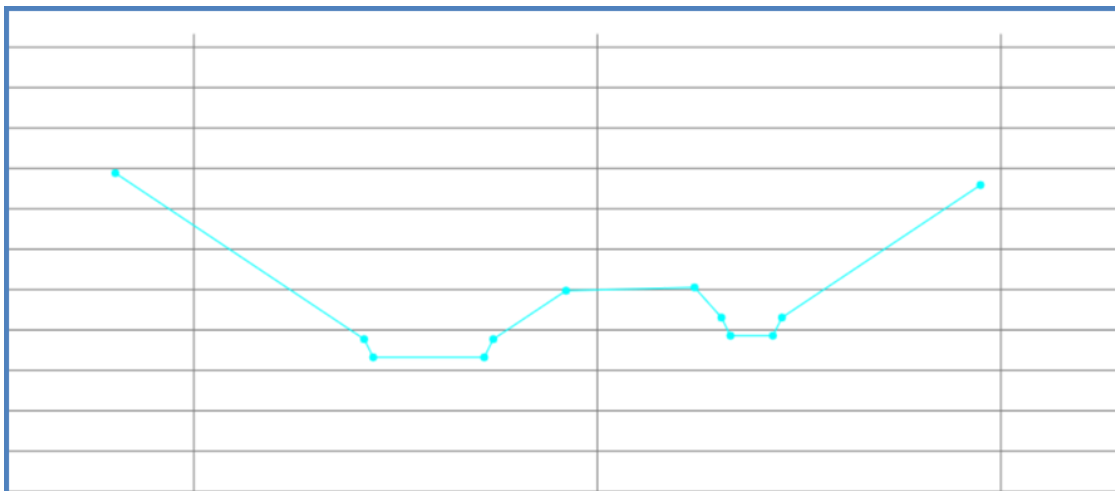
4.3.1 Osaaminen

Kuvassa 12 on Varikon HV1, HV2 ja raiteen pohjan leikkaustaso eli kaivutaso. Malliin on pyydetty korkotaso tuotannolle, ja siitä puuttuu kuitenkin leikkaustaso ja tulevan arina-kerroksen vahvuus eli paksuus. Nämä tulisi ilmetä joko työselostuksesta tai perehdytysmateriaalista. Työkoneen kuljettajalle ei riitä työselostuksessa oleva maininta ”InfraRYL-mukaisesti”.



Kuva 12 Radan ja hulevesilinjoiden poikkileikkaukset (kuvakaapattu InfraKitistä)

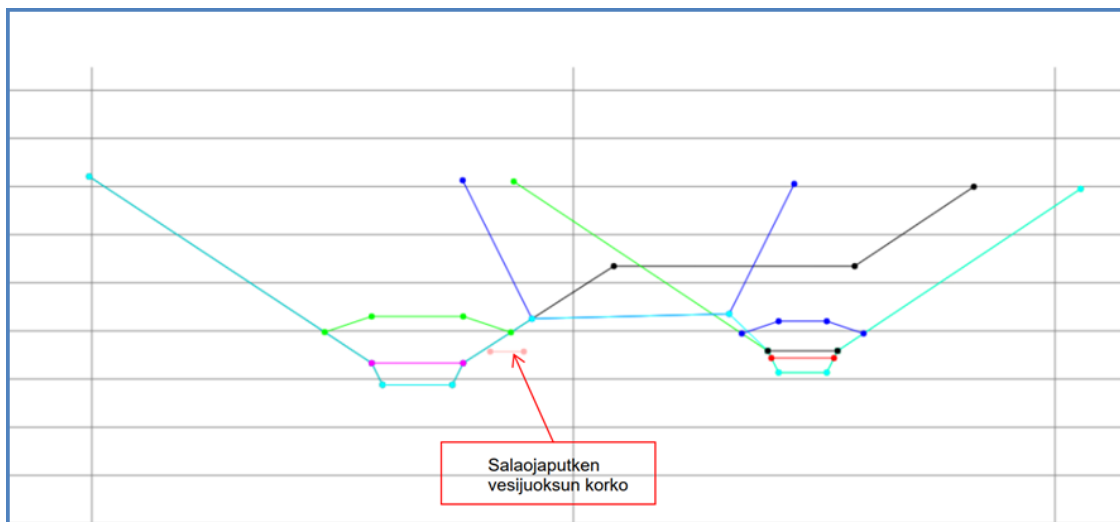
Kuvassa 13 on yhdistetty hulevesilinja 1, hulevesilinja 2 ja radan rakennekerrosten leikkaustasot. Mallit on yhdistetty yhdeksi malliksi ja näin ollen tuotannossa on säästetty paljon aikaa, kun kolme eri työvaihetta on saatu tehtyä samaan aikaan.



Kuva 13 Yhdistetty poikkileikkaus malli (kuvakaapattu InfraKitistä)

4.3.2 Tuotannon mallit

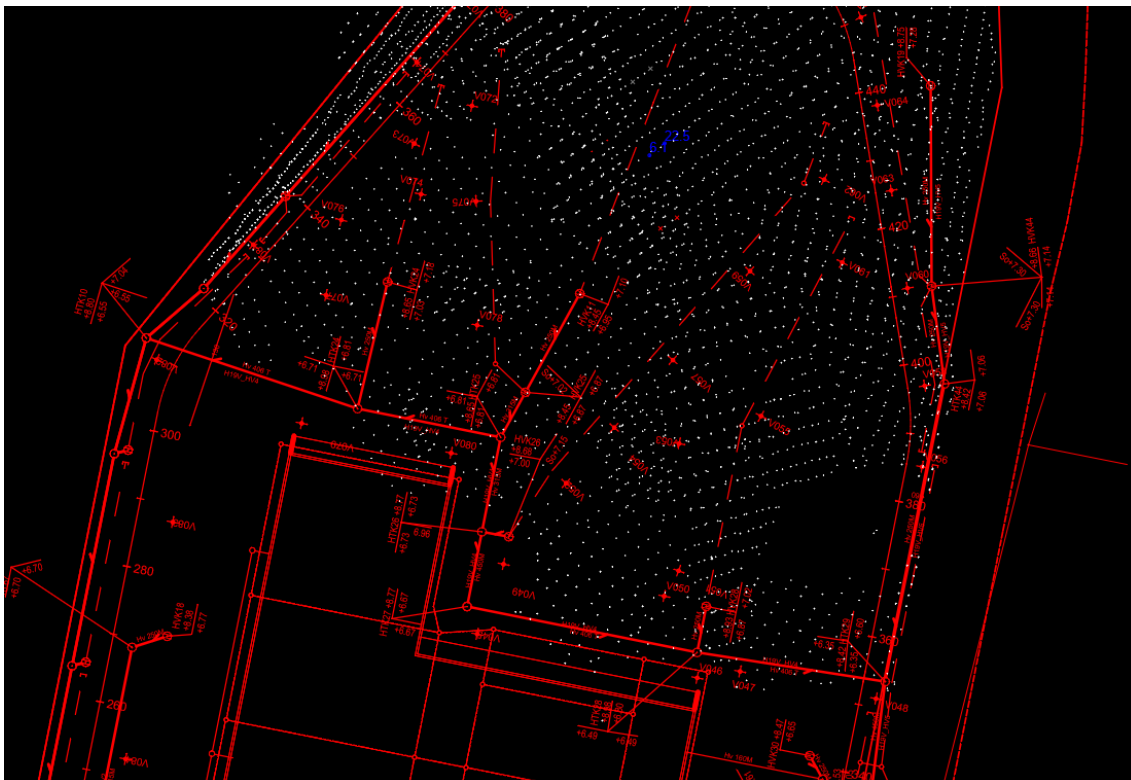
Tuotannon vaatimilla korkotasolla tarkoitetaan, että haluaako työnjohto vai koneen kuljettaja mallinnuksessa esimerkiksi putkikaivannon leikkaustasoksi putken arinan vai putken vesijuoksun taso vai arinasta -20 cm taso. Tästä on tullut toteutusvaiheessa ongelmia, kun ei enää ole muistettu minkä korkotason on halunnut. Kuvassa 14 on esitetty salaojaputken vesijuoksun korko. Tästä salaojaputkesta ei ole mitään tuotantomallia leikkaustasosta, arinatasosta ja asennusalustasta mikä tarkoittaa, että kaivinkoneen kuljettajalle on erikseen annettu paperinen versio poikkileikkauksesta infraRYL:in mukaisesti.



Kuva 14 Salaojaputki radan poikkileikkauksessa (kuvakaappaus InfraKitistä)

Tämä on jopa vaatinut kyseisen mallinnuksen uudelleen tekemisen. Tuotannon mallin laatija, joka on yleensä mittaus suunnittelija, on aina vastuussa tietojen, korkojen ja toteumatarkkeiden oikeellisuudesta.

Kuvassa 15 on kallionpinnan poraustarkkeet yhdistettynä hulevesisuunnitelmaan. Kallion reuna on kartoitettu poraustarkkeiden mukaisesti mahdollisten louhekiilauksien mallintamiseen seuraavaa työvaihetta varten. Kuvat yhdistetty työmaalla geosuunnittelijalle, jotta tämä pystyisi kartoittamaan olemassa olevan kallion ja näin ollen myös luomaan louhekiilausmallin hulevesilinjalle. Louhekiilausmallin myöten välttyttiin ylimääräisiltä työvaiheilta eikä hulevesilinjan kohdalla tarvinnut leikata ylimääräistä maa-ainesta.



Kuva 15 Louhinnan poraustarkkeet hulevesisuunnitelmassa (kuvakaappaus 3D-win ohjelmasta).

4.3.3 Luovutettavat aineistot

Liitteessä 3 on kuvailtu luovutusvaiheen kulkua Raide-Jokeri hankkeessa. Työnjohdon kannalta tehdään hankkeelle ehdollinen käyttöönotto tai itselleluovutus pöytäkirja, joka sisältää ohjekortit, työ- ja laadunvarmistussuunnitelmat, materiaalitodistukset, pöytäkirjat, vastaanottokaavakkeet, mittausdokumentit, poikkeamaraportit, tarkkeet ja valokuvat (InfraKit). Monesti nämä tärkeät seikat jäävät viimeinkin. Luovutusvaiheessa tilaajalle luovutetaan hankkeessa sovitut tiedonhallintasuunnitelman sekä sovellettujen ohjeiden ja vaatimusten mukaan laaditut aineistot. Hankkeen alussa sovitaan, miten ja missä laajuudessa aineistot luovutetaan ja halutaanko sitä julkaista kolmansille osapuolille esimerkiksi verkkoon tai pilvipalveluun. Aineistoja ei suositella jaettavaksi sähköpostivälityksellä, koska tieto ei välttämättä saavuta kaikkia osapuolia.

4.4 Tuotannon perehdytykset

Raide-Jokeri on mallipohjainen hanke. Tietomallityössä on noudatettu tällä hetkellä voimassa olevia ohjeita ja suosituksia. Suunnitteluprosessi on toteutettu ainakin teoriatasolla alan parhaiden käytäntöjen mukaisesti, ja tietomallien hyödyntäminen on ollut mukana hankevaiheesta luovutukseen, käyttöönottoon ja tuleva ylläpitovaihe on huomioitu.

4.4.1 Vastuunjako Varikon työmaalla

Raide-Jokerissa noudatetaan hankkeen yhteistä, suunnitteluvaiheessa sovittua nimeämistapaa tietomalleille. Koordinaatistot on sovittu (ETRS-GK25 N2000), ja mittaukset tehdään 3D -järjestelmällä ja mittaajan mittalaitteella. Työnjohdon käytössä olevalla mittatikulla (kuva 16) voidaan ottaa toteumatarkkeita esimerkiksi vesiputkista.



Kuva 1612 Työnjohdon käytössä oleva mittalaite.

Mittaaja antaa koneohjaukselle tarkistuspisteet, merkkää putkilinjat ja tekee paikalleenmittaukset. Mittaaja täydentää tarvittaessa malleja ja viivamalleja, kuten esimerkiksi rakennuksen alle tulevista salaojaputkista, joita ei ole suunnittelijalta saatu.

Työnjohtaja pyytää malleja suunnittelijoilta, tekee pinta-alamittauksia ja loadman-mittauksia (kantavuusmittaus), hakee malleja M-filesista ja tallentaa niitä InfraKitiin ja nimeää ne niin, että ne ovat koneohjauksella käytettävissä. Työnjohtaja tekee työmaalla tarkastuksia suunnitelmien yhteensopivuudesta ja pyytää tai ehdottaa tarvittaessa muutoksia suunnitelmiin

Koneenkuljettaja vastaa oman työkoneen koneohjauksen sidonnasta paikalliseen koordinaatistoon (tieto mittaajalta / työnjohtajalta / suunnitelmakuvista) ja siitä että omat järjestelmät ovat toimintakuntoisia. Koneenkuljettaja suorittaa kaivuutyötä annetun mallin / suunnitelman mukaisesti, ottaa toteumatarkkeet sovitusti ja tiedottaa työnjohtoa välittömästi havaitessaan ristiriitoja tai poikkeamia

Aluevastaava ja lohkopäällikkö osallistuvat suunnittelunohjaukseen ja suunnittelukoukuihin. Lohkopäällikkö osallistuu pitkän aikavälin suunnitteluun ja yhteensovitukseen, ja aluevastaava yhteensovittaa tehtävät työmaalla ja naapurilohkon kanssa.

Kaikki mallit ja digitaaliset dokumentit luovutetaan sopimuksen mukaisesti tilaajalle, jolla on oikeus käyttää malleja vastaavin ehdoin kuin hankkeen perinteisiä dokumentteja. Ennen luovuttamista ja jakamista kolmansille osapuolille malleista poistetaan varsinaiseen suunnitelmaan kuulumattomat tasot ja komponentit.

5 Mallinnettujen infrakohteiden kehittäminen ja tulevaisuus

Teoriassa suuri osa työmaista pystyisi käyttämään laaja-alaisesti tietomallinnusta tuotannossa. Perusedellytyksistä mallinnus, laitteet ja järjestelmät ovat teknisesti riittävällä tasolla esisuunnittelusta käyttöön ja kunnossapitoon. Tietomallinnuksen käytön aste vaihtelee runsaasti sekä hanke-, yritys- että henkilötasolla.

Jotta jokin väline tai menetelmä saadaan käyttöön, tarvitaan välineiden ja laitteiden lisäksi osaamista, ohjausta, yhtenäisiä toimintatapoja ja yhteensopivuutta. Lisäksi uuden menetelmän tulee korvata opettelemisen vaiva käyttäjälleen jollain tavalla.

Uuden toimintatavan tulee helpottaa työtä ja olla käytettävissä nyt opetellulla tavalla mielellään myös seuraavassa hankkeessa ja seuraavalla työmaalla.

5.1 Yhteenveto Varikko

5.1.1 Motivaatio

Työn aikana on havaittu, että työkoneiden kuljettajien motivaatio koneohjauksen käyttöön on hyvä; oma-aloitteisuutta ja halua kehittyä oli haastattelujen mukaan runsaasti, ja tämä on näkynyt myös käytännössä työmaalla. Työnjohdon motivaatiosta ei ole erikseen kysytty, koska tällä työmaalla vain yksi työnjohtaja, joka toteuttaa käytännössä mallipohjaisen työn ohjausta.

5.1.2 Perehdytykset

Haastatteluiden perusteella ja itse työmaan aikana havaittiin eroja mallipohjaisen hankkeen suunnitellun ja toteutuneen tietomalliperehdytyksen välillä. Teoriassa tieto siirtyi tehokkaasti tuotantoon saakka, käytännössä tietoa ei siirtynyt tarpeeksi tuotantoon. Perehdytys sekä koneohjauksen järjestelmiin että työmaan mallipohjaiseen työskentelyyn vaihtelee paljon.

5.1.3 Osaaminen, yhteistyö ja käytännöt

Työmaalla ja haastatteluissa havaittiin haasteita tiedostojen nimeämisessä, koska hankkeen tiedonhallinnan ohjeen mukainen nimeämistapa siirtyy InfraKitiin ja tiedostonimet jäävät liian pitkiksi työkoneiden näytöille. Tuotannossa työkoneessa tarvittaisiin yhdistelmämalli, jotta koneenkuljettaja voi huomioida kaikki kaivuutyöhön vaikuttavat seikat – mallien yhdistäminen on kuitenkin ollut suunnittelun osaamisalueen ulkopuolella. Tietojen hakeminen eri tiedostoista työn aikana hidastaa työtä ja heikentää motivaatiota.

Työmaan vastuuhenkilöillä ei ole käytännön tietomalliosaamista, ainoastaan perustiedot, joten mallipohjainen työskentely on yhden henkilön osaamisen varassa. Tämä vaikuttaa suunnittelunohjaukseen, kun ei osata pyytää oikeita asioita oikeaan aikaan tuotannolle.

Tässä yhteydessä voitaisiin esittää kysymys, kenen vastuulla on laajassa hankkeessa yksittäisten työmaatoimihenkilöiden perehdyttäminen hankkeen tietomallityöhön ja -käytäntöihin, ja kuinka voidaan varmistua siitä, että työtä helpottamaan tarkoitetut yhteiset käytännöt ja ohjeet ovat tarvittavien henkilöiden saatavilla.

Voitaisiin myös pohtia, ketä kaikkia hyödyttäisi ja kenen työtä helpottaisi mallien tallentaminen työvaihekohtaisesti nimettyihin kansioihin – ja kenen tehtäviin tämä kuuluisi.

5.2 Ehdotuksia ratkaisuksi

5.2.1 Osaaminen

Tietomallipohjaisessa hankkeessa olisi hyvä varmistua, että tekijöillä on riittävä osaaminen kaikilla tasoilla; työkoneissa tulee olla koneohjaus, työnjohtajalla osaamista mallipohjaisen työn ohjaamisesta ja työmaan vastuuhenkilöillä ymmärrystä mallipohjaisen hankkeen suunnittelunohjauksesta.

Suunnittelun ja tuotannon aikana voidaan pitää erillisiä yhteensovituspalavereja useammin, joihin osallistuvat vähintään tietomallikoordinaattori ja tekniikkalajivastaava. Palaverissa käydään läpi suunnittelun ja työmaan nykytilanne ja yhteensovittamisen ongelmat. Sovitut toimenpiteet nimetään tekijöille ja aikataulutetaan ja varmistetaan tuotetun tiedon käytettävyys ja löytäminen.

5.2.2 Perehdytys

Tietomallinnetuissa infrahankkeissa, joissa hyödynnetään aktiivisesti kone-ohjausta työmaalla pitää varmistaa ajoissa perehdytysketju keskeisten työvälineiden suhteen kaikissa portaissa. Tämä tarkoittaa tuotannon suorittava taso eli varsinaisia työntekijöitä, kyseisen työmaan työnjohtoa, koko Raide-Jokerin lohkon johtoa ja hankkeessa toimivia asiantuntijoita ja suunnittelijoita sekä hankkeen ylintä johtoa. Perehdytyksen osalta tulee

mieltä mitä kunkin portaan henkilöstön tulee hallita mallintamisen asioiden suhteen. Luonnollisesti ylimmän johdon ei tarvitse osata ja tietää koneohjauksen asioita.

5.3 Varikon toimivat ratkaisut

Varikolla on päästy testaamaan käytännössä koneohjauksen hyötyjä, ja vertailemaan koneohjattua ja perinteistä konetyötä. Maanrakennustyötä on ollut runsaasti, joten myös yhteensovitusta on tehty paljon. Muutamia huomioita, joilla työ on saatu sujumaan:

- työnjohdolla on ollut valmiudet tuottaa koko alueen pohjakartta mittamiehen avulla InfraKitiin, jolla maanrakennuskoneiden kuljettajat ja maanrakennustyöntekijät saavat kokonaiskuvan alueesta ja tehtävistä töistä.
- työnjohdolla on ollut valmiudet järjestellä ja nimetä malleja uudelleen työvaihekohtaisesti, jotta koneiden näytöillä löydettävyyks ja käytettävyyks parantuvat
- loholla on ollut motivaatiota opetella käytössä olevat järjestelmät ja sovellukset
- yhteensovitusta on tehty sekä työnjohdon että työntekijöiden toimesta
- malleja on tarkastettu työmaalla – ja korjauksia saatu pääasiassa kohtuullisessa ajassa
- työkoneiden kuljettajilla on ollut osaamista ja halua ymmärtää työmaa kokonaisuutena, ja näin on voitu antaa vapautta itsenäisiin tehtäväkohtaisiin ratkaisuihin

Lähteet

- 1 Väyläviraston nettisivut www.julkaisut.vayla.fi luettu 15.7.2020
- 2 YIV yleiset inframallivaatimukset 2019/1
- 3 YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012
- 4 RaideJokeri Varikko tietomallisuunnitelma luettu 14.10.2020
- 5 RaideJokeri Varikko tietomalliohje luettu 15.10.2020
- 6 Infrabim nettisivu www.buildingsmart.fi/infrabim luettu 15.10.2020
- 7 Nettiartikkeli Tommi Pitenius https://www.nettikone.com/artikkeli/3d_koneohjaus_alkaa_olla_arkea_maansiirtokoneissa 24.6.2019
- 8 RaideJokeri info www.raidejokeri.info
- 9 RaideJokeri varikko piha alueen työselostus
- 10 YIT Suomi Rakennus Oy:n verkkosivu www.yit.fi allianssihankkeen toteutusmuotona luettu 20.10.2020
- 11 Novatron nettisivu www.novatron.fi Luettu 22.10.2020
- 12 3D-Win nettisivu www.3d-system.fi Luettu 22.10.2020
- 13 AutoCad nettisivu www.autodesk.fi Luettu 22.10.2020
- 14 M-Files

Tiedonhallinnan kokonaisuus



Marko Partanen, opinnäytetyö

haastattelun pvm	
nimi	
kaivinkone; koko, vuosimalli, muut tiedot	
koneohjaus; laite ja tiedot (kapasiteetti, näytön koko, muu?)	
kokemusvuodet infrarakentamisessa (millaisia töitä)	
kokemusvuodet koneohjatussa työskentelyssä (millä koneilla / laitteilla)	
perehdytys koneohjaukseen (kuka, milloin, miten)	
perehdytys RJ malleihin (perehdyttäjän työtehtävä, materiaalit, kesto, muuta)	
mielipide omasta kehitystarpeesta	
mielipide omasta osaamisesta	

Luovutuksen vaiheet

