

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Infratekniikka

2017

Tuomas Turpeinen

TIETOMALLIPOHJAINEN INFRARAKENTAMINEN VARSINAIS-SUOMESSA

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Infratekniikka

2017 | 61 + 67

Ohjaaja: DI Pirjo Oksanen

Tuomas Turpeinen

TIETOMALLIPOHJAINEN INFRARAKENTAMINEN VARSINAIS-SUOMESSA

Rakennusprojekteissa kulkee paljon tietoa rakentamisen eri vaiheissa ja eri osapuolien välillä. Tiedonhallinta on varsinkin isoilla rakennuskohteilla tärkeä osa hankkeiden onnistumisessa. Tietomalli on digitaalinen tietosisältö, jonka avulla voidaan tehostaa tiedon havainnollisuutta, jäsentelyä ja käytettävyyttä. Malleilla voidaan tehdä suunnitteluvaiheessa erilaisia analyysejä, joilla pyritään parempaan lopputulokseen esimerkiksi kustannusten, laadun ja rakennettavuuden osalta. Laadukkaampi suunnittelu vähentää myös rakentamisen aikana syntyvien ongelmien ja virheiden määrää.

Infrarakentamisen tietomalleja kutsutaan *inframalleiksi*, joita voidaan käyttää työkonien koneohjausjärjestelmien kanssa tietomallipohjaiseen infrarakentamiseen. Koneohjausta käytettäessä ei ole tarvetta käyttää mittapaaluja työmaan merkintään, koska työkonienkuljettaja näkee koneohjausjärjestelmän näytöltä rakentamiseen tarvittavat asiat digitaalisesta mallista. Menetelmä tuo infrarakentamiseen tehokkuutta, joustavuutta ja tasaisempaa laatua.

Turun Kiinteistöliikelaitos on siirtymässä vaiheittain tietomallipohjaiseen toimintatapaan, jolloin syntyi tarve tietää Varsinais-Suomen infraurakoitsijoiden valmiudesta kyseiseen menetelmään. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää tietomallipohjaisen rakentamisen edellytyksiä sekä maanrakennusurakoitsijoiden valmiuksia, kokemuksia ja näkemyksiä tietomallirakentamiseen liittyen. Kyselyn ja haastatteluiden kohteeksi valikoitui paikalliset pienet ja keskisuuret yritykset.

Selvityksessä kävi ilmi koneohjauksen käytön vähäisyys ja kokemattomuus urakoitsijoiden keskuudessa, sillä tiedossa oli vain muutamia tietomallipohjaisesti toimivia yrityksiä. Urakoitsijat kertoivat koneohjauksen tuovan huomattavaa taloudellista ja laadullista etua. Perinteisellä rakennustavalla toimivat yritykset näkivät ongelmia toimintatavan käyttöönotossa, investointikustannuksissa, mallipohjaisessa suunnittelussa ja koulutustarjonnan puutteessa. Osa ongelmista on jo aiemminkin tunnistettu, ja eri osapuolet ovat lähteneet hakemaan pulmiin ratkaisuja. Toimintatavan käyttöönottamiseksi vaaditaan toimenpiteitä kuitenkin myös paikallisella tasolla.

ASIASANAT:

tietomalli, inframalli, koneohjaus, tiedonhallinta, infrarakentaminen, Varsinais-Suomi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Community Infrastructure Engineering

2017 | 61 + 67

Instructor: Pirjo Oksanen, M.Sc.

Tuomas Turpeinen

MODEL-BASED INFRASTRUCTURE CONSTRUCTION IN SOUTHWESTERN FINLAND

There is a lot of information flowing between various personnel on several phases of construction project. Successful construction sites, especially large ones, are significantly based on information management. Information model is a digital data content which is able to improve visualization, structure and usability of information. Models enable different types of analysis in design phase which have impact on cost, quality and practicability of construction. The amount of complications and defections in construction work will also be decreased by better design quality.

Information models of infrastructure construction are called infrastructure information models, which can be used for model-based construction with machine control systems. Machine control systems show all information needed for model-based construction, which ceases the need for survey stakes at construction sites. Machine controlled construction method produces more efficient and flexible output along with more consistent quality.

Property Management Division of the City of Turku is phasing in model-based operation method during the next few years. Implementation of the new system involves a study of model-based infrastructure construction in Southwestern Finland, which indicates the abilities of local small and medium-sized contractors in the field of model-based infrastructure construction. Purpose of the thesis was to report the requirements of model-based construction along with experiences and points of view contractors had concerning model-based construction method.

The results of this thesis showed that machine control was utilized only by few contractors in the area. Contractors who had used model-based construction method reported significant advantages in economy and quality, which were achieved by machine controlled construction. Conventionally operating companies saw problems in implementation of the method, required investment costs, quality of model-based design and lack of education provision. Part of these problems are already taken care of, but the others will also require actions on local level in order to put the model-based operation method into practice.

KEYWORDS:

Building Information Model, infrastructure information model, machine control, information management, infrastructure construction, Southwestern Finland

SISÄLTÖ

SANASTO	8
1 JOHDANTO	11
2 TIETOMALLINTAMINEN INFRATEKNIKASSA	13
2.1 Tietomallin määrittely	13
2.1.1 Rakennusalan tietomalli	13
2.1.2 Tietomalli infratekniikassa	14
2.2 Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015	18
2.3 Inframallien avoimet tiedonsiirtoformaatit	19
2.3.1 Avoimien formaattien käyttötarkoitus	19
2.3.2 Inframodel	20
2.3.3 IFC	21
2.4 InfraBIM-nimikkeistö	21
2.5 Inframallinnus hankkeen eri vaiheissa	22
2.5.1 Lähtötietomalli	22
2.5.2 Suunnitelmamalli ja yhdistelmämalli	24
2.5.3 Toteutusmalli	26
2.6 Infrakit-pilvipalvelu rakennushankkeen tiedonhallinnan ja -jakamisen välineenä	28
2.7 Digitaalinen luovutusaineisto	31
2.7.1 Digitaalisen luovutusaineiston pilottihanke	31
2.7.2 Toteutumamalli digitaalisessa luovutusaineistossa	31
3 3D-KONEOHJAUS	34
3.1 Koneohjauksen määrittely	34
3.2 Satelliittipaikannus koneohjauksessa	34
3.2.1 Satelliittipaikannuksen toimintaperiaate	34
3.2.2 Satelliittipaikannuksen virhelähteet ja paikannuksen korjaustieto	36
3.2.3 Tukiasema-RTK-paikannusjärjestelmä	37
3.2.4 Verkko-RTK-paikannusjärjestelmä	38
3.3 3D-koneohjausjärjestelmän toiminta satelliittipaikannuksella	39
3.3.1 3D-koneohjausjärjestelmän komponentit	39
3.3.2 Opastavat ja ohjaavat koneohjausjärjestelmät	41
3.4 Takymetripohjainen koneohjaus	42

3.4.1 Takymetrimittaus	42
3.4.2 3D-koneohjaus takymetrillä	43
3.5 Työkoneohjauksella saavutettavat edut	43
3.5.1 Koneohjauksen vaikutus laatuun	43
3.5.2 Tehokkuuden kasvu ja kustannussäästö koneohjauksella	44
3.5.3 Työturvallisuusnäkökulma koneohjauksessa	44
3.5.4 Caterpillarin perinteisen ja koneohjatun tierakentamisen vertailututkimus	45
4 TIETOMALLIPOHJAINEN INFRARAKENTAMINEN VARSINAIS-SUOMESSA	47
4.1 Yleistä selvityksestä	47
4.2 Tietoa kyselyyn vastaajista	48
4.2.1 Yritysten luokittelu ja toimintatavat	48
4.2.2 Yritysten tietomalliosaaminen	48
4.3 Kokemukset ja hyöty tietomallipohjaisesta rakentamisesta	49
4.3.1 Tietoa tietomallipohjaisesti rakentavista yrityksistä	49
4.3.2 Toimintatavan käyttöönotto ja ongelmat	50
4.3.3 Kokemukset koneohjauksen ja tietomallien hyödyistä	51
4.3.4 Vaikutukset henkilöstöresursseihin ja ostopalveluihin	52
4.4 Investoinnit tietomallipohjaiseen infrarakentamiseen	53
4.4.1 Investoinnit koneohjaus- ja paikannusjärjestelmiin	53
4.4.2 Muut investoinnit	54
4.5 Mielipiteet ja näkemykset tietomallipohjaisesta infrarakentamisesta	54
4.5.1 Tietomallintamisen tilanne tällä hetkellä	54
4.5.2 Tietomallipohjaisen rakentamisen edut	55
4.5.3 Toimintatavan käyttöönoton esteet	55
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	57
5.1 Tietomallipohjaisen toimintatavan käyttöönoton edistäminen	57
5.2 Käyttöönoton ongelmien ratkaiseminen ja esteiden ylitsepääseminen	57
5.3 Ehdotuksia toimintatavan käyttöönottoon	58
LÄHTEET	60

LIITTEET

Liite 1. Tietomallikysely urakoitsijoille – Perusraportti.

Liite 2. Tietomallikysely urakoitsijoille – Perusraportti liikevaihdon mukaan.
Liite 3. Tietomallikysely urakoitsijoille – Perusraportti tietomallirakentamisen mukaan.
Liite 4. Tietomallikysely urakoitsijoille – Perusraportti tietomallirakentamisen kokemuksen mukaan.

KUVAT

Kuva 1. InfraBIM-nimikkeistössä esitetään rakennusosia kuvaavien taiteviivojen ja pintojen nimeämiskäytäntöjä.	22
Kuva 2. Esimerkki sillan ja pohjanvahvistuksen rakenteiden esittämisestä tiesuunnitelmavaiheen yhdistelmämallissa. Eri rakenteita kuvataan eri väreillä.	25
Kuva 3. Esimerkki esittelymallista.	26
Kuva 4. Toteutusmallin väylien liittymiskohta, jossa näkyy myös sallittu rako taiteviivojen välillä.	26
Kuva 5. Infrakitin karttanäkymä.	29
Kuva 6. Infrakitin poikkileikkausnäkö.	30
Kuva 7. Toteutunut hulevesiviemäri esitettynä Tekla Civil –ohjelmistossa.	33
Kuva 8. Trilateraation periaate havainnollistettuna 3D- ja 2D-ympäristössä.	35
Kuva 9. Tukiasema-RTK-menetelmässä työkoneet ja tukiasema vaativat yhteyden samoihin satelliitteihin.	37
Kuva 10. Verkko-RTK-järjestelmän toimintaperiaate käyttäen virtuaalista tukiasemaa.	39
Kuva 11. Kaivinkoneen koneohjausjärjestelmän komponentit.	40
Kuva 12. Novatronin koneohjausjärjestelmä Landnova näyttää mm. työkoneen ja kauhan sijainnin 3D-näkymänä, sijainnin valitun mittalinjan suhteen, kauhan terän korkeuseron mallinnettuun pintaan, korkeuden merenpinnasta ja työkoneeseen yhteydessä olevien satelliittien määrän.	41

KUVIOT

Kuvio 1. Tilaajalle toimitettavien dokumentti- ja tietomallipohjaisten aineistojen vertailu perinteisen dokumenttipohjaisen pääurakan ja tietomallipohjaisen yhteistoimintamuotoisen infraprojektin välillä.	16
Kuvio 2. Yleinen kuvaus tiedon liikkumisesta mallien ja osapuolten välillä rakennusvaiheessa.	17
Kuvio 3. Tietomallintamisen tiedonhallinnan kolmikanta.	18
Kuvio 4. Lähtötietomallin päivittämisen prosessi.	23
Kuvio 5. Vastaaajien tietomallipohjaisen rakentamisen kokemus.	48
Kuvio 6. Tietomalli- ja koneohjausosaamisen jakautuminen yrityksen henkilöstön välillä.	49
Kuvio 7. Yritysten käyttämien koneohjausjärjestelmien toimivuus.	50
Kuvio 8. Tietomallipohjaisen toimintatavan vaikutus ostopalveluiden määrään.	52

TAULUKOT

Taulukko 1. Lähtöaineistoluetteloon kirjattavat tiedot.	23
Taulukko 2. Materiaalimenekki verrattuna suunniteltuun, missä 100 % vastaa suunniteltua määrää.	46
Taulukko 3. Koneohjauksen ja tietomallien hyöty yrityksille.	51
Taulukko 4. Vastaajien mielipiteet taloudellisista panostuksista hyötyihin nähden siirryttäessä tietomallipohjaiseen rakentamiseen.	53
Taulukko 5. Vastaajien mielipiteet koneohjauksella toteutetun rakentamisen laadusta.	56

SANASTO

Sanasto on muodostettu InfraBIM-työryhmän InfraBIM-sanastosta (Serén 2014, 4–49) niiltä osin kuin lähteitä ei ole mainittu:

BeiDou/Compass	Kiinan satelliittipaikannusjärjestelmä (Paikkatietokeskus 2017)
BIM	<i>Building Information Model</i> ; lyhenne tietomallin englanninkielisestä termistä
CAN-väylä	<i>Controller Area Network</i> ; automaatiöväylä, jota voidaan käyttää erilaisten laitteiden järjestelmien tiedonsiirtoon (Alanen 2000, 1)
Digitaalinen luovutusaineisto	Hankkeen aikana suunnittelussa ja rakentamisessa tuotetusta, muokatusta ja mitatusta tiedosta muodostettu urakan luovutusaineisto digitaalisessa muodossa, jolla todennetaan rakentamisen laatu. Toimii myös kunnossapitovaiheen omaisuudenhallinnan lähtötietona. (Partiainen & Suntio 2017, 3.)
Dokumenttipohjainen	Tiedon soveltamistapa, jossa tietoa käsitellään ja siirretään dokumentteina, jonka sisältöä ihminen pystyy tulkitsemaan, mutta tietokonesovellus ei. Vrt. mallipohjainen.
Galileo	Euroopan unionin ja Euroopan avaruusjärjestö ESA:n satelliittipaikannusjärjestelmä (Paikkatietokeskus 2017)
Glonass	<i>Globalnaja navigatsionnaja sputnikovaja sistema</i> ; Venäjän käytössä oleva satelliittipaikannusjärjestelmä (Paikkatietokeskus 2017)
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i> ; yleisnimitys maailmanlaajuiselle satelliittipaikannusjärjestelmälle (Paikkatietokeskus 2017)
GPS	<i>Global Positioning System</i> ; Yhdysvaltojen käyttämä satelliittipaikannusjärjestelmä (Paikkatietokeskus 2017)
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> ; kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön
IFC-tiedonsiirtoformaatti	IFC-spesifikaation määrittelemä tiedonsiirron tiedostomuoto
Infrakit	Selainpohjainen rakentamisen pilvipalvelu tiedonhallintaan ja -jakamiseen (Infrakit 2016)
Inframalli	Infrarakenteen tietomalli

Inframodel	Kansallinen XML-pohjainen tietomäärittely, joka perustuu kansainväliseen LandXML-määrittelyyn
Koneohjaus	Työkoneiden ohjaus mallipohjaisesti
Koneohjausmalli	Työkoneiden ohjausjärjestelmissä tarvittava jatkuva pinta- ja/tai linjamalli. Voi sisältää myös yksittäisiä pisteitä, joita voidaan hyödyntää työkoneiden ohjauksessa
LandXML	Erikoistettu XML-pohjainen formaatti, joka sisältää määrittelyt infra- ja maanmittaustiedoille, jota käytetään yleisesti maanrakennuksessa ja väylien rakentamisessa ja ylläpidossa
Lähtötietomalli	Eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut lähtötiedot jäsennehtynä digitaalisessa muodossa
Mallipohjainen	Tiedon soveltamistapa, jossa kohdetta kuvataan tietokonesovelluksilla mallina ja sen muodostavina osina, ja sovellukset pystyvät automaattisesti tulkitsemaan mallin sisältämiä tietoja. Vrt. dokumenttipohjainen.
Metatieto	Tietoa kuvaileva tieto
Natiiviformaatti	Tietyn sovellusohjelman sisäinen tallennusmuoto
Objekti	Tiettyä asiaa kuvaavien tietojen kooste, jota sovelluksissa käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Esim. tien rakenneosat kuvataan malleissa objekteilla, joilla on ominaisuuksia sekä yhteyksiä tien inframallin muihin objekteihin
Radiosignaali	Radioaaltojen aallonpituudella kulkeva signaali (Laurila 2012, 308)
RTK	<i>Real Time Kinematic</i> ; reaaliaikainen kinemaattinen mitausjärjestelmä, jota käytetään satelliittipaikannuksen tarkentamisessa (Laurila 2012, 315)
Suunnitelmamalli	Infrarakenteen tai -järjestelmän tietomallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut. Voidaan tarvittaessa vaihteistaa tarkemmin esim. esi-, yleis-, väylä- (tie/katu/rata) ja rakentamis- ja rakennussuunnitelmamalleihin, ja se voidaan jakaa kussakin suunnitteluvaiheessa esim. eri tekniikkalajien mukaan.
Takymetri	Mittauskoje, jolla mitataan vaakasuuntia, pystykulmia ja etäisyyksiä (Laurila 2012, 13)
Tietokanta	Jäsennetty ja hallittu tietojen kokoelma, jota sovellus voi käyttää ja päivittää
Tietomalli	Tiettyä tuotetta/kohdetta kuvaavat tiedot 3-ulotteisena esityksenä digitaalisessa muodossa

Toteumamalli	Tietomallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa suunnitelmien ja toteutuksen lopullisen toteuman
Toteutusmalli	Tietomallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa toteutuksen näkökulman, eli rakentamisen tehtävät, resurssit, ajoitus jne.
Yhdistelmämalli	Eri tietomalleista yhdistetty tietomalli. Esim. lähtötietomallista ja tekniikkalajimalleista muodostettu yhdistelmämalli, jota voidaan käyttää törmäystarkasteluihin nykyisten ja suunniteltujen objektien välillä.
Ylläpitomalli	Tietomallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa ylläpidon näkökulman. Sisältää esim. kohteen käytön ja ylläpidon aikaiset tehtävät ja muutokset. Käytetään myös synonyyminä <i>kunnossapitomallille</i> .

1 JOHDANTO

Rakennushankkeiden elinkaaren aikana eri osapuolien välillä kulkeva tiedon määrä on valtava. Erilaiset lait ja asetukset, rakennusalan yleisesti hyväksytyt ohjeet sekä hankekohtaisesti sovitut käytännöt määrittelevät, kuinka paljon informaatiota hankitaan ja tuotetaan projektin aikana, jotta hankkeelle asetetut vaatimukset täyttyvät. Asiasisältö projektin toteuttamiseksi hankitaan vaiheistetusti ja eri osapuolien kautta, jolloin se on sijoitettu usein hyvin hajautetusti. Isot rakennustyöt ovat hyvin pitkäkestoisia, jolloin tietoa katoaa projektiorganisaatioiden muuttumistenkin myötä. Apua tiedonhallintaan on lähdetty hakemaan digitaalisista tietojärjestelmistä.

Rakennusalan työtehtävissä digitalisaatio on tarkoittanut 2000-luvulle asti lähinnä suunnittelun muuttumista paperille piirtämisestä nykyiseen tietokoneavusteiseen digitaaliseen muotoon. Muutos on ollut iso, mutta toisaalta suunnittelun lopputulokset ovat usein edelleen kaksiulotteisia paperitulosteita, joiden antama informaatio on ehkä selkeämpää kuin ennen, mutta tiedon määrä on pysynyt lähes samana. Suunnittelu on jo pitkän aikaa tapahtunut kolmiulotteisesti tietokoneella, mutta informaatio on lopulta yksinkertaistettu tasopiirustuksiksi. Työmaahenkilöstön tehtävänä on ollut tehdä omat tulkintansa siitä, miltä suunnitelmat näyttävät valmiina rakenteina.

Tietomallintamisen ideana on säilyttää projektin aikana kerätty aineisto koko hankkeen ja mahdollisesti koko kohteen elinkaaren ajan. Mallit esittävät rakennettavaa kohdetta kolmiulotteisena kuvauksena, kuten suunniteltu rakennelmakin valmistuessaan. Tietomallipohjainen suunnittelu mahdollistaa suunnitteluaineiston suuremman tietomäärän ja havainnollisemman suunnittelun lopputuloksen. Tieto pitäisi olla kaikkien sitä tarvitsevien käytettävissä, jolloin se tulee olla selkeää ja yksiselitteistä. Tiedonhallinta on avainasemassa mallipohjaisen hankkeen onnistumisessa, kun mallien ja muiden tiedostojen määrä on suuri.

Tiedonhallinnan lisäksi mallipohjainen suunnittelu mahdollistaa työkoneiden ohjauksen mallien avulla. Tutkimuksissa ja opinnäytetyöissä on selvitetty paljon erilaisia koneohjauksen liittyviä hyötyjä infrarakentamisessa. Koneohjausjärjestelmien käyttöönoton syyt ovat laadun, tehokkuuden ja työturvallisuuden paraneminen sekä kustannusten väheneminen pidemmällä aikavälillä. Taloudellisen ajattelun lisäksi koneohjaus mahdollistaa entistä mielekkäämmän työn teon esimerkiksi kaivinkoneen kuljettajille, kun työtä voi

tehdä itsenäisemmin ilman mittamiehen tai työnjohdon odottelua. Tällä hetkellä infrarakennustyömailla tehdään perinteisin menetelmin paljon hukkatyötä esimerkiksi huonon kaivutarkkuuden vuoksi, mikä heijastuu lisääntyneiden massamäärien lisäksi ylimääräisiin kuljetuskustannuksiin ja käytettyihin työtunteihin. Perinteisellä menetelmällä myös mittaustöitä tehdään koneohjattuun työmaahan verraten paljon enemmän. Nämä lisäkustannukset yhdessä muodostavat suuren kuluerän, joka voitaisiin käyttää parempiin tarkoituksiin.

Infraurakoiden tilaajat ovat usein julkisia yhteisöjä kuten kuntia, joiden tavoitteena on tuottaa mahdollisimman hyviä palveluja budjettiin sidotuilla kustannuksilla. Infrarakentamiseen liittyvät palvelut kuntasektorilla muodostuvat lähinnä uuden kunnallistekniikan rakentamisesta ja nykyisen ylläpidosta, jotka ovat molemmat tärkeitä investointeja kasvavien yhteisöjen näkökulmasta. Näihin tavoitteisiin sopivat hyvin myös kustannusten enustettavuus ja laadun tasaisuus, jotka tekevät rakentamisesta helpommin hallittavaa ja yhtenäisempää. Tietomallit mahdollistavat myös entistä tehokkaamman kunnossapitovaiheen tiedonhallinnan, jonka avulla voidaan käyttää mallinnettuja tietoja hyödyksi esimerkiksi kohteiden jatkosuunnittelussa.

Opinnäytetyön tavoitteena on antaa tietoa urakoitsijoiden valmiudesta tietomallipohjaiseen toimintatapaan. Opinnäytetyön tilaajana on Turun Kiinteistöliikelaitos, jolla on tarkoituksena siirtyä tulevaisuudessa rakennuttamaan hankkeita tietomallipohjaisesti. Uuteen toimintamalliin siirtymisen ajoitus on tärkeää, jolloin urakoitsijoiden valmius tietomallipohjaiseen rakentamiseen tulee merkittäväksi osaksi suunniteltaessa vaiheistettua järjestelmän käyttöönottoa. Työn avulla voidaan uudistaa Kiinteistöliikelaitoksen infrapalveluiden rakennuttamisyksikön toimintasuunnitelmaa tietomallintamisen osalta.

Suurien infraurakoitsijoiden asiantuntemus tietomalleista ja koneohjauksesta on oletettavasti hyvällä tasolla resurssien vuoksi. Viime vuosina Suomessa on toteutettu useita inframallinnukseen ja koneohjaukseen liittyviä pilottihankkeita, joissa valtakunnallisesti merkittävät yritykset ovat olleet mukana ja saaneet kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta. Tästä syystä opinnäytetyössä keskityttiin paikallisiin pieniin ja keskisuuriin yrityksiin, joiden valmiutta uuteen toimintatapaan ei ole selvitetty aiemmin.

2 TIETOMALLINTAMINEN INFRATEKNIKASSA

2.1 Tietomallin määrittely

2.1.1 Rakennusalan tietomalli

Tietomalli on digitaalisessa muodossa oleva tietosisältö, joka muodostuu tuotteen (esimerkiksi rakennuksen tai infrakohteen) ja rakennusprosessin tietojen kokonaisuudesta. Tietomalli voidaan ajatella myös tietokantana, johon kerätään kaikki tarvittava informaatio havainnoitavaan muotoon. Se ei siis ole pelkkä visuaalinen malli, vaan siihen liittyy aina myös näkymätöntä sisältöä. Muilla teollisuuden aloilla, joista tietomalliajattelu on lähtöisin, käytetään samasta asiasta termiä *tuotemalli* tai *tuotetietomalli*. (RIL 2017.)

Rakennusosalalla tietomallilla tarkoitetaan useimmiten kolmiulotteista mallia, joka koostuu useista rakennusosista. Mallin oleellinen tehtävä on havainnollistaa tulevaa lopputulosta. Geometriatiedon lisäksi tietomallin sisältö koostuu rakennusosien ominaisuuksista ja niiden välisistä yhteyksistä. Tietomallien tietosisältö muodostetaan palvelemaan rakennettavan kohteen suunnittelijoita, toteuttajia, käyttäjiä ja ylläpitäjiä. Tietomallit ovat digitaalisessa muodossa, mikä mahdollistaa mallin muodostuksen ja sen sisältämän tiedon muokkauksen, tarkastelun ja jakamisen helposti tietotekniikan avulla. (Jäväjä & Lehto-viita 2016, 12–15.)

Tietomalleista käytetään englanninkielistä lyhennettä BIM (*Building Information Model* tai *Building Information Modeling*). Lyhenteen merkitys on muuttunut tietomallintamisen kehityksen aikana kuvaamaan pelkän mallin sijasta tapaa luoda, käyttää ja jakaa tietoa rakennuskohteesta sen elinkaaren aikana. Tietomallit muuttavat tapaa käyttää tietotekniikkaa kohteen elinkaaren eri vaiheissa ja eri osapuolien tehtävissä. (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston 2011, 15–17.)

Rakennuskohteiden tietomallinnuksen tavoitteena on parantaa suunnittelun ja rakentamisen laatua, tehokkuutta ja turvallisuutta sekä tukea kestäväen kehityksen mukaisia periaatteita. Suunnittelun laadun parantaminen vaikuttaa pitkälle rakentamiseen ja ylläpitoon asti. Tietomalleja voidaan käyttää hankkeiden alussa mm. eri ratkaisuvaihtoehtojen toimivuuden, laajuuden ja kustannusten vertailussa, energia-, ympäristö-, rakennetta-

vuus- ja elinkaarianalyysien tekemisessä sekä havainnollistamisessa. Mallit mahdollistavat myös tasokkaan laadunvarmistuksen ja tiedonsiirron parantamisen hankkeen aikana. Näillä toimenpiteillä voidaan vaikuttaa etukäteen siihen, että yllätyksiä sattuu rakennusvaiheessa entistä vähemmän. Lopputuloksena rakentamisen aikainen kiireellinen suunnittelu ja hätäratkaisut voidaan minimoida, kun suunnittelu on tehty laadukkaammin. (Henttinen 2012, 5.)

Tietomallinnus eroaa perinteisestä suunnittelusta informaatiota sisältävillä objekteilla, jotka yhdessä muodostavat tietomallin. Geometriatiedon lisäksi objektit sisältävät sääntöjä ja ominaisuuksia, jotka tekevät mallista helposti muokattavan. Osien sisältöihin liittyvät säännöt muokkaavat yhdistettävien objektien geometriatietoja ja tekevät ne yhteensopiviksi. Objektit muodostavat myös toisiinsa yhteydessä olevia rakennusosia, jolloin muuttamalla yhden objektin ominaisuutta se vaikuttaa koko rakennusosan ominaisuuksiin samalla. Objektien muokattavia tietosisältöjä ovat esimerkiksi metatiedot, materiaalitiedot ja rakennusosaluokitus. Muutokset, jotka tekevät rakennusosista käyttökelvottomia tai muuten yhteensopimattomia, voivat olla tunnistettavissa automaattisesti erilaisien sääntöjen avulla. (Eastman ym. 2011, 17–18.)

Pelkkä malli ei usein riitä kertomaan riittävästi kohteesta, vaan lisätiedoksi tarvitaan tietomalliselostus, jonka avulla rakennettavan kohteen eri osapuolet pystyvät ymmärtämään mallin sisällön ja käyttötarkoituksen. Malliselostus on tärkeä osa tietomallinnusta, joka kertoo, mitä malliaineisto sisältää ja miten se poikkeaa hankkeen vaiheen oletetusta sisällöstä. Tietomalliselostus toimii eräänlaisena käyttöohjeena, joka kertoo mallinnuksen eri osa-alueiden tarkkuuden tasosta ja mallinnusmenetelmistä. Selostus laaditaan jokaiselle hankkeen ja suunnittelun vaiheelle erikseen, ja se pidetään päivitettyinä tietomallin mukaisena. Hankkeen elinkaaren aikana malliselostuksen sisältö vaihtelee tarpeen mukaisesti. (Janhunen, Pienimäki & Parantala 2015, 11.)

2.1.2 Tietomalli infratekniikassa

Infra- ja talonrakentaminen ovat hyvin eriluonteisia, ja siksi myös tietomallit aloilla eroavat toisistaan. Talonrakennuksessa mallit muodostuvat suurilta osin suunnitteluohjelmistojen tietokantakirjastoista löytyvistä valmiista objekteista, jotka sisältävät paljon yksityiskohtaista ominaisuustietoa. Talopuolen tietomallit sisältävät usein vain yhden rakennuksen tai rakennusten kokonaisuuden, jolloin mallinnettava alue on kohtuullisen pieni ja rajattu. Samasta syystä rakennettavan alueen lähtötiedot tunnetaan tarkasti, oikeastaan

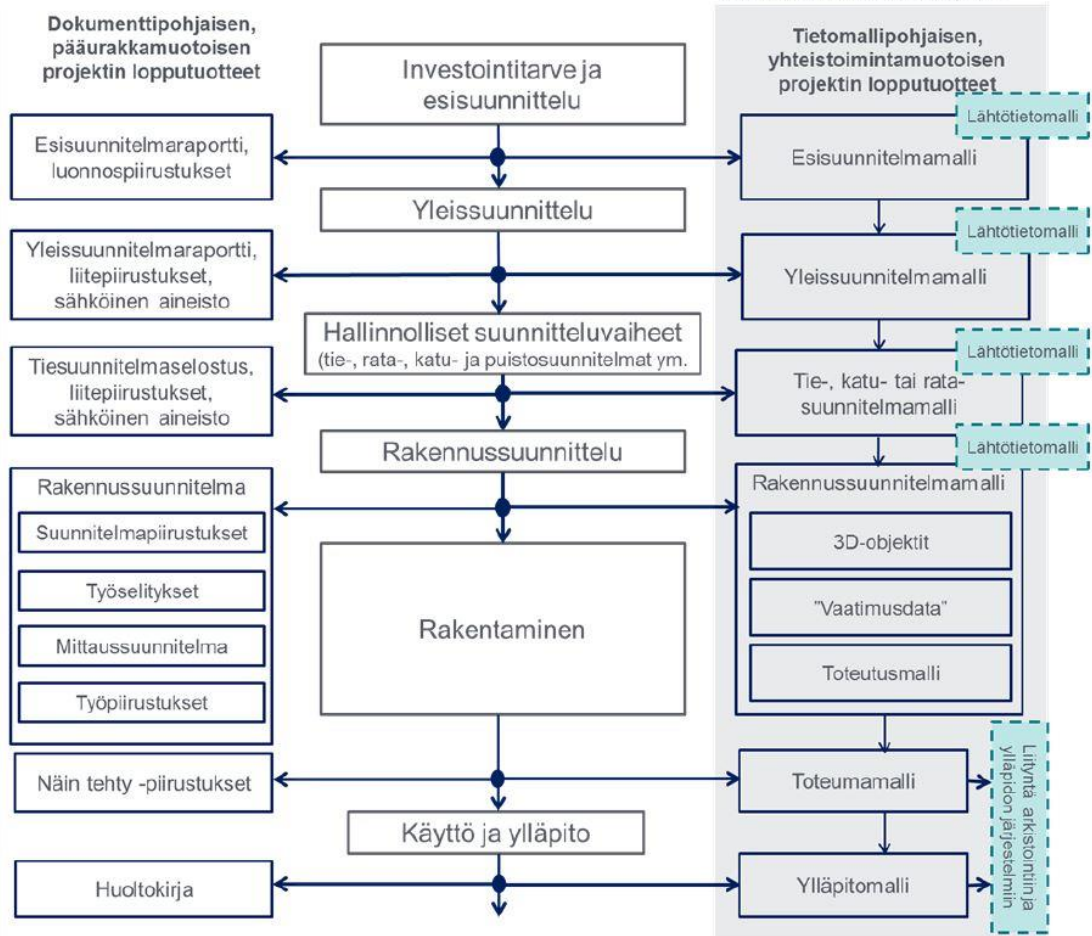
vain talon pohjamaa on tutkimusperäistä tietoa. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

Infrarakentamisessa tietomallit koostuvat talonrakennuksessa käytettyjen valmiiden objektien lisäksi taiteviivoista ja pinnoista, jotka muodostavat rakennusosien geometrian. Infrarakentamiskohteet usein levittäytyvät laajalle alueelle ja monipuolisille maaperäolosuhteille talonrakennuskohteisiin verraten. Pohjatutkimukset ja muut rakennettavan kohteen lähtötiedot ovat infra-alan suunnittelussa merkittävämmässä asemassa. Lähtötietojen epävarmuuskin on paljon suurempaa, jolloin tarkat maaperäolosuhteet tai maanalaisien verkostojen sijainnit saadaan selville vasta rakennusvaiheessa. Tällöin suunnitelmiin joudutaan tekemään muutoksia rakentamisen aikana. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

Infrahankkeissa suunnittelu järjestetään vaiheistettuna, mikä mahdollistaa eri vaiheiden päätöstentien ja vuorovaikutuksen eri osapuolien välillä. Perinteisessä dokumenttipohjaisessa suunnittelutavassa jokaiselle hankkeen vaiheelle tuotetaan omat dokumentit, jotka sisältävät kohteeseen liittyvää tietoa, kuten erilaiset selvitykset, vaikutusarvioinnit ja varsinaiset suunnitelmat. Mallipohjaisessa suunnittelussa suunnitelmapiirustuksia voidaan korvata kunkin vaiheen suunnitelmamallilla (kuvio 1). (Niskanen 2015, 4.)

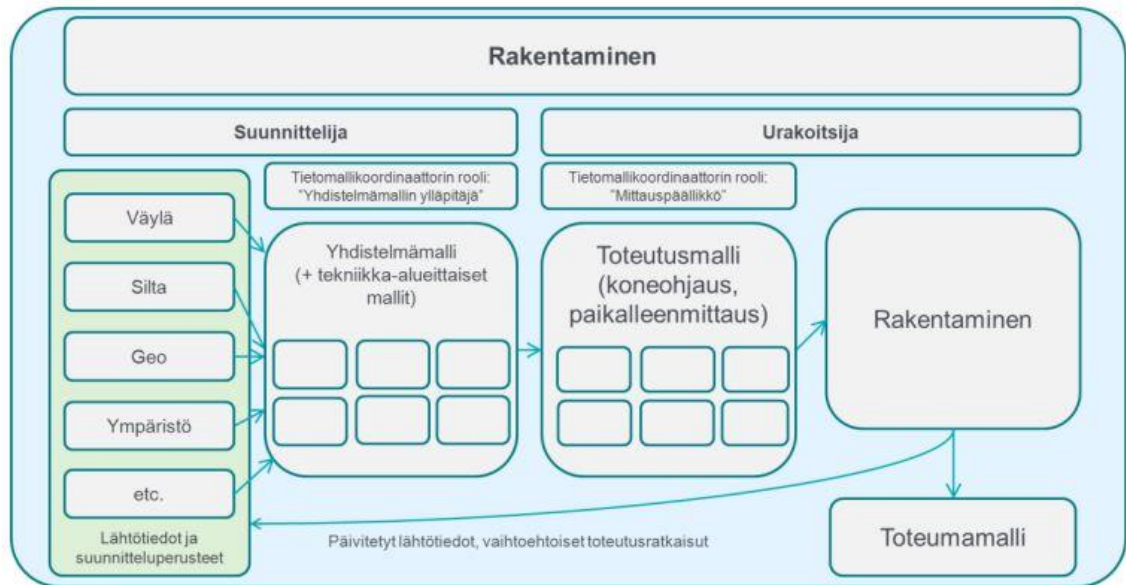
Tilaaajalle toimitettavat aineistot infraprojektissa

Muokattu lähteestä: Lehtovirta, 2012



Kuvio 1. Tilaaajalle toimitettavien dokumentti- ja tietomallipohjaisten aineistojen vertailu perinteisen dokumenttipohjaisen pääurakan ja tietomallipohjaisen yhteistoimintamuotoisen infraprojektin välillä (Niskanen 2015, 4).

Hallinnollisten suunnitteluvaiheiden jälkeen rakennussuunnitteluvaiheessa ratkaistaan ja suunnitellaan tekniset yksityiskohdat sekä sovitetaan eri tekniikkalajien mallit yhdistelmämalliksi. Kuviossa 2 on esitetty, miten tieto liikkuu eri mallien ja osapuolien välillä rakentamisen aikana. Esimerkiksi kun rakennettaessa saadaan selville tarkempaa maaperätietoa, se päivitetään lähtötietoihin. Tietojen perusteella suunnittelija tekee tarvittavat muutokset ja päivittää mallit ajan tasalle urakoitsijan käytettäväksi. (Niskanen 2015, 15.)



Kuvio 2. Yleinen kuvaus tiedon liikkumisesta mallien ja osapuolten välillä rakennusvaiheessa (Niskanen 2015, 16).

Infrarakentamisessa tietomallintamisen synonyyminä voidaan käyttää termiä *inframallinnus* ja tietomallista termiä *inframalli*. Rakennusosien lisäksi 3D-malleina voidaan esittää myös infraan olennaisena osana liittyvät paikkatietoaineistot kuten ympäristötiedot ja kaavat. Yleisesti voidaankin ajatella, että tietoja haetaan monen muotoisista aineistoista, jotka pitäisi malleissa esittää yhdenmukaisella tavalla. Inframallinnus onkin tiedonhallintaa, jossa järjestelmän toimimiseksi kaikkien osien tulee olla yhteensopivia. Tiedonhallinnan välineiksi on kehitetty mallinnusvaatimuksia, nimikkeistöä ja formaatteja, jotka muodostavat yhdessä tiedonhallinnan ”kolmikannan” (kuvio 3). Näiden kaikkien tulee olla kunnossa ja yhteneväiset keskenään, jotta tiedonhallinta toimii. (Kempainen & Liukas 2015, 4–9.)



Kuvio 3. Tietomallintamisen tiedonhallinnan kolmikanta (Kemppainen & Liukas 2015, 9).

Inframallintamisessa kolmikanta on muodostettu Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 -ohjeista, Inframodel-tiedonsiirtoformaattista ja InfraBIM-nimikkeistöstä.

2.2 Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015

Suuret infratilaajat ovat siirtyneet tai siirtymässä tietomallintamisen käyttöön, jolloin tarvitaan inframallivaatimuksia yleiseksi ohjeistukseksi. BuildingSMART Finland on rakennustietosäätöön erityispäätoimikunta, joka on julkaissut vuosien 2015 ja 2016 aikana Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 osat 1–12. Inframallivaatimuksissa on esitetty ohjeet miten ja mitä pitäisi mallintaa hankkeen eri vaiheissa. YIV 2015 -ohjeet on tarkoitettu käytettäväksi hankintojen teknisinä asiakirjoina ja tietomallintamisen ohjeina. (Niskanen 2015, 3.)

Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 -ohjeiden valmistelutyöstä ovat vastanneet Liikennevirasto sekä suuri osa Suomen infra-alan muista toimijoista. Lisäksi kehitysryhmään on kuulunut kaupunkijäsenenä Helsinki, Espoo, Vantaa, Turku, Tampere, Lahti ja Oulu, jotka ovat vastanneet muiden infra-alan toimijoiden ja organisaatioiden kanssa ohjeiden lausuntojen ja palautteen antamisesta. (Niskanen 2015, 3.)

Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 -ohjeet koostuvat seuraavista osista:

1. Tietomallipohjainen hanke
2. Yleiset mallinnusvaatimukset
3. Lähtötiedot, Liite1, Liite 2
4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
5. Rakennemallit; 5.1 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällyys- ja pintarakenteet, 5.2 Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje, 5.3 Maarakennustöiden toteutumamallin laadintaohje, 5.3 Liite 1
6. Rakennemallit; 6.1 Järjestelmät
7. Rakennemallit; 7.1 Rakennustekniset rakennusosat
8. Inframallin laadunvarmistus
9. Määrälaskenta, kustannusarviot
10. Havainnollistaminen
11. Infran hallinta; 11.1 Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa
12. Inframallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa; 12.1 Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä (buildingSMART Finland 2017a).

YIV 2015 -ohjeet ovat vasta ensimmäinen versio inframallinnuksen ohjeistuksesta, joita tullaan kehittämään ja päivittämään jatkossakin buildingSMART Finlandin toimesta (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017).

2.3 Inframallien avoimet tiedonsiirtoformaatit

2.3.1 Avoimien formaattien käyttötarkoitus

Käyttäjiä ajatellen tietomalleihin tallennettu data tulee olla sellaisessa muodossa, että sitä voidaan hyödyntää. Avoimet standardit ja tietomallinnusta tukevat formaatit edistävät tiedon monikäyttöisyyttä ja säilyttävät hankkeen aikana yksityiskohtaisempaa tietoa. Formaatit ovat myös siitä syystä tärkeitä, että ne mahdollistavat mallintamisen käytetyn

ohjeistuksen ja nimikkeistön mukaisesti. Suunnittelun tehokkuus paranee, kun suunnitteluohjelmien tuottamat mallit ovat yhteensopivia avointa mallinnustapaa käyttämällä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 18.)

Suunnitteluohjelmien sisäiset tietomallinnusalgoritmit eroavat toisistaan infra-alalla käytetyissä ohjelmissa. Tiettyjen tekniikkalajien mallinnus tapahtuu eri ohjelmistojen välillä samankaltaisesti, mutta esimerkiksi väylän maarakenteiden mallinnus on suunnitteluohjelmistojen välillä erilaista. Tästä syystä siirrettäessä mallia ohjelmistosta toiseen joidenkin objektien ja rakennusosien mallintaminen onnistuu ja toisten ei. (Kempainen & Liukas 2015, 8.)

Avoimien formaattien käyttöön on joskus pakko tehdä poikkeuksia, esimerkiksi pohjatutkimusten tietomallinnuksessa käytetään Infra-pohjatutkimusformaattia, koska avoimet formaatit eivät vielä täysin kata kaikkia tietomallinnuksen tarpeita. Poikkeuksia tehdessä tulee käyttää muita yleisesti käytössä olevia tiedostomuotoja tai ohjelmistojen natiiviformaatteja. Tiedon alkuperäisformaatti tulee ottaa huomioon mallia julkaistaessa tai luovutettaessa niin, että kaikki tarvittava tieto säilyy. Tiedon yleisessä jakelussa tulee käyttää avointa muotoa yhteensopivuuden varmistamiseksi. Mallin avoimen tiedostomuodon lisäksi tietoa arkistoidessa käytetään natiiviformaattia, jotta mallista säilyisi alkuperäisenkin versio. (Kempainen & Liukas 2015, 8.)

2.3.2 Inframodel

Inframodel on Suomen infrarakentamisen mallinnuksen tarpeisiin kehitetty avoin tiedonsiirtoformaatti, joka perustuu LandXML-standardiin. Avoimista tiedostomuodoista LandXML-formaattia käytetään kansainvälisesti inframallintamiseen. LandXML on dokumentoituva formaatti, minkä vuoksi se mahdollistaa myös metatiedon välittämisen muun varsinaisesti käytettävän tiedon ohella. Metatietoa ovat esimerkiksi tietomalliaineiston yleistiedot, kuten hankkeessa käytettävä koordinaatisto ja yksiköt. Inframodel sisältää laajennuksia LandXML-standardin sallimalla tavalla. Laajennukset mahdollistavat tiedonsiirron, jota varsinaisessa LandXML-standardissa ei ole mahdollista siirtää, esimerkiksi rakennusosien lajiluokitukseen liittyvä tieto ja vesihuoltoverkoston kaivojen ominaisustiedot. Inframodel-tiedostoa pystytään avaamaan ja katselemaan myös selaimella tai tekstieditorilla, koska se on tekstimuotoinen. (Liukas 2013, 5–6.)

Tällä hetkellä infrarakentamisen avoimessa tiedonsiirrossa käytetään Inframodel 3 -versiota, joka on julkaistu 2013. Vuonna 2016 julkaistu Inframodel 4 on tavoitteena saada käyttöön vuoden 2017 aikana. Inframodel 4 tuo uusia ominaisuuksia muun muassa koordinaattijärjestelmiin, metatietoihin, maaperämalleihin, geometrialinjoihin ja varusteisiin. Täysin uusia elementtejä ovat toteumatieto sekä pilari- ja massastabilointi. (BuildingSMART Finland 2017b.)

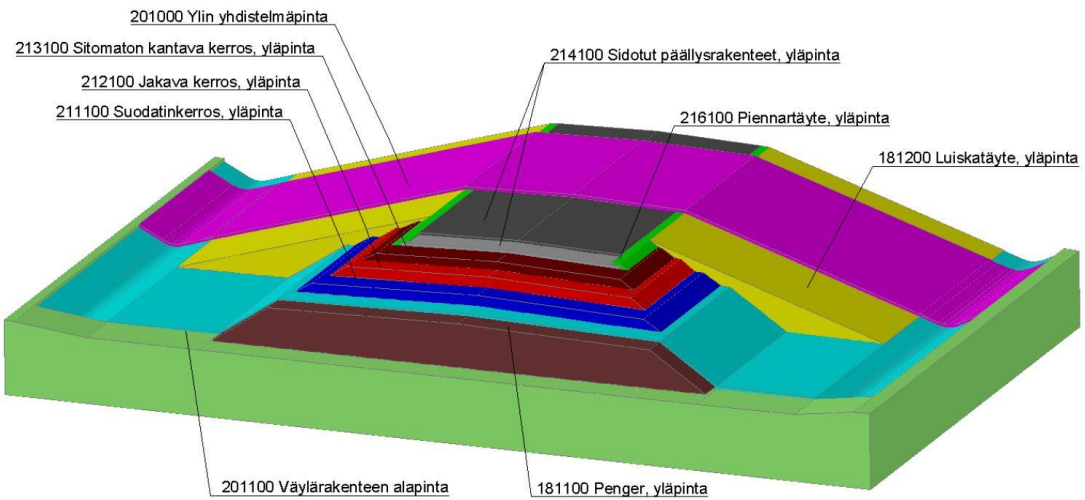
2.3.3 IFC

IFC-standardia (*Industry Foundation Classes*) pidetään avoimen tiedonsiirron lähtökohdana, joka määrittelee yhteistä tapaa miten ohjelmistojen tulisi kuvata malleja. IFC-lyhenteellä tarkoitetaan myös tiedonsiirtoformaattia, jota käytetään yleisesti talonrakennus-alalla avoimeen tiedonsiirtoon ja yhdistelmämallien luomiseen. Geometriatiedon lisäksi IFC-tiedostoon saa tallennettua rakennusosien ominaisuustietoja vielä Inframodelia yksityiskohtaisemmin. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 21.)

Siltojen, laitureiden, perustus- ja tukirakenteiden, ympäristörakenteiden ja muiden rakennusteknisten rakennusosien tiedonsiirtoformaattina käytetään infrarakentamisessa IFC-muotoa, koska näiden rakenteiden suunnitteluohjelmat eivät suoraan tue Inframodel-formaattia. (Liikennevirasto 2014, 36.)

2.4 InfraBIM-nimikkeistö

InfraBIM-nimikkeistössä, joka perustuu Infra-rakennusosanimikkeistöön, esitetään käytäntöjä, joita käytetään infrarakenteiden ja -mallien numeroimiseen ja nimeämiseen. Nimikkeistöä voidaan käyttää eräänlaisena yhteisenä kielenä, jota alan henkilöstö ja järjestelmät ymmärtävät. Nimikkeistö on rakennettu palvelemaan infrarakentamista sen kaikissa vaiheissa lähtötietojen hankinnasta toteutuksen loppuun ja kunnossapitoon asti. InfraBIM-nimikkeistössä käsitellään tie-, katu-, rata-, vesiväylä- sekä vesihuolto- ja kuivatusrakenteiden rakennepintoja (kuva 1), muut rakennepinnat numeroidaan ja nimitään Infra-rakennusosanimikkeistön mukaisesti. (BuildingSMART Finland 2016, 4–5.)



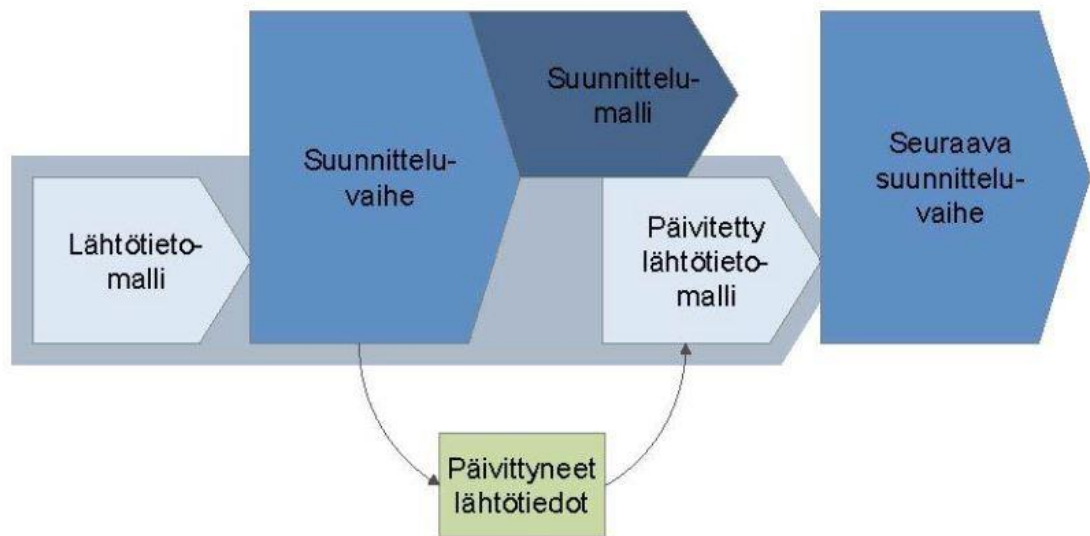
Kuva 1. InfraBIM-nimikkeistössä esitetään rakennusosia kuvaavien taiteviivojen ja pintojen nimeämiskäytäntöjä (buildingSMART Finland 2016, 9).

2.5 Inframallinnus hankkeen eri vaiheissa

2.5.1 Lähtötietomalli

Ennen varsinaisen kohteen suunnittelun aloittamista on tärkeää saada tietoa rakennuspaikasta ja sen nykytilanteesta, jolla luodaan pohja suunnittelulle. Lähtötietoihin lukeutuu infrakohteissa usein maastosta, maaperästä, kaavasta, rakennuspaikan nykyisistä rakenteista ja erilaisista viiteaineistoista, kuten viranomaisluvista ja -päätöksistä saadut tiedot. Näistä kaikista hankituista tiedoista luodaan lähtötietomalli, joka on aineistokoelman lisäksi myös hankkeen lähtöaineiston kokoamisen, muokkaamisen ja hallinnan prosessikäytäntö. (Liukas & Virtanen 2015, 4.)

Lähtötietomallin kokoamisessa aineistojen alkuperä- ja metatietojen sekä aineistoille suoritettavien muokkaustoimenpiteiden dokumentointi on tärkeää. Erilaisista aineistoista kerätyt tiedot pyritään harmonisoimaan sellaiseen muotoon, joka palvelee tietomallipohjaista suunnittelua. Lähtötietojen hankinnan jälkeen suunnitteluvaiheessa kerätyt tiedot päivitetään lähtötietomalliin. Tästä menettelystä syntyy jatkuva käytäntö, jossa lähtötietomallia päivitetään hankkeen eri suunnitteluvaiheissa aina seuraavaa suunnitteluvaihetta varten (kuvio 4). (Liukas & Virtanen 2015, 4.)



Kuvio 4. Lähtötietomallin päivittämisen prosessi (Liukas & Virtanen 2015, 4).

Hankitusta lähtötiedoista muodostetaan mallin lisäksi lähtöaineistoluettelo (taulukko 1), johon kirjataan kullekin tiedolle metatiedot; yksilöity aineistotunnus, nimi, aineiston tilaukseen ja tallennukseen liittyvät tiedot, lähde, koordinaattijärjestelmä, kuvaus aineistosta ja erityishuomiot. (Liukas & Virtanen 2015, 9–10.)

Taulukko 1. Lähtöaineistoluetteloon kirjattavat tiedot (Liukas & Virtanen 2015, 10).

Tieto	Selite
RAAKA-AINE	Sarakkeet alkuperä- ja metatiedoille
Osa, eli aineistotunnus	Kirjaimesta ja numeroista koostuva, aineiston tai aineistokokonaisuuden yksilöivä aineistotunnus.
Aineisto	Aineistoa kuvaava nimi
Pyydetty/saatu	Koska aineisto on tilattu / Koska aineisto on vastaanotettu ja tallennettu projektiansioon.
Vastaanottaja	Kuka aineiston on tilannut/vastaanottanut.
Lähde	Mistä ja keneltä aineisto on saatu: Yritys tai taho, henkilö ja henkilön yhteystiedot, rekisteri tai palvelu.
Koordinaattijärjestelmä	Missä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä aineisto on vastaanotettaessa ollut.
Saatu aineisto	<p>Lyhyt kuvaus aineistosta: Tiedostot ja tiedostoformaattit.</p> <p>Ohje</p> <p>Jos aineistokokonaisuus koostuu lukuisista tiedostoista, voi näistä kirjata tarkemman kuvauksen lähtöaineistoluettelon muille välilehdille. Tavoitteena on pitää itse lähtöaineistoluettelo suhteellisen yksinkertaisena ja helppolukuisena, mutta kuitenkin luotettavana.</p>
Kommentit	Tilattuun lähtöaineistoon liittyvät erityishuomiot ja riskit.

Lähtötietoaineistoja voidaan joutua myös muokkaamaan, kun tietoja yhdenmukaistetaan käytettävyyden eduksi. Muokkaustoimenpiteitä ovat esimerkiksi koordinaattimuutokset,

tiedostoformaattien muutokset, aineistojen rajaus, useampien aineistojen yhdistäminen yhdeksi tiedostoksi ja 2D-aineiston mallintaminen kolmiulotteiseksi. Kaikki muokkaustoimenpiteet tulee esittää lähtöaineistoluettelossa. Näillä tiedoilla pyritään dokumentoimaan lähtöaineistojen luotettavuus ja tarkkuus, joilla on suurta painoarvoa tietomallipohjaisessa hankkeessa. (Liukas & Virtanen 2015, 13–14.)

2.5.2 Suunnitelmamalli ja yhdistelmämalli

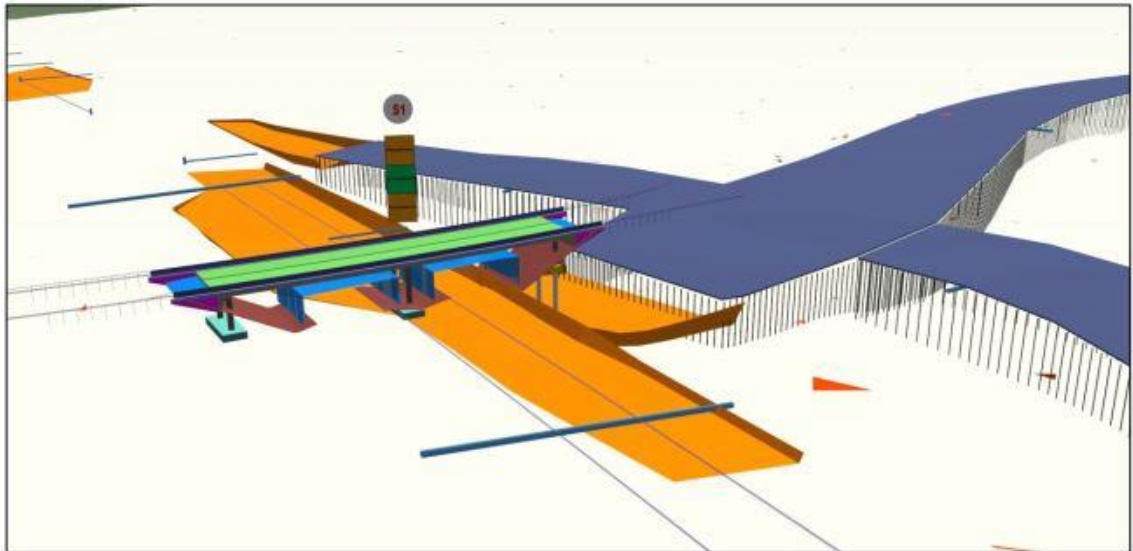
Suunnitelmamallien alustana toimii hankkeen lähtötiedoista koottu lähtötietomalli, jonka pohjalta voidaan suunnitella eri tekniikkalajeja. Suunnitelmamallit sisältävät varsinaiset suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut, joten ne vastaavat dokumenttipohjaisen hankkeen suunnitelmapiirustuksia, esimerkiksi yleis-, tie- ja rakennussuunnitelmia. Suunnitelmamallit ovat samaan tapaan vaiheistettuja hankkeen eri suunnitteluvaiheisiin (kuviot 1 ja 4) kuin perinteisessä dokumenttipohjaisessa hankkeessa, jolloin niiden sisältö ja tarkkuustaso ovat riippuvaisia suunnitteluvaiheesta. (Niskanen 2015, 4.)

Suunnitelmamallit jaetaan useimmiten tekniikkalajikohtaisiin osamalleihin; esimerkiksi väylä, valaistus, sillat ja vesihuoltojärjestelmät mallinnetaan usein erikseen. Tyypillisesti väyläsuunnittelijan ylläpitämä väylämalli ohjaa muiden tekniikkalajimallien suunnittelua ja toimii keskeisenä osana suunnitteluun liittyvissä analyyseissä ja simuloinneissa. (Janhunen ym. 2015, 4–7.)

Suunnitelmamalleja käytetään eri suunnitteluvaiheissa eri tavoin. Varhaisemmissa vaiheissa malleja voidaan hyödyntää teknisen toteuttamiskelpoisuuden selvittämisessä, kustannusten määrittämisessä ja suunnitelmien hyväksyttävyyden varmistamisessa. Suunnitelmamalleja voidaan käyttää myös tilavarausten muodostamisessa ja suunnitelmien ympäristöön sovittamisessa. (Niskanen 2015, 5.) Väyläsuunnitteluvaiheessa väylien sijainnit, käyttötarkoitus, korkeusasema, poikkileikkaukset ja kuivatus suunnitellaan sillä tarkkuudella, että vaikutuksia voidaan arvioida ja olla varmoja suunnitelmien ratkaisuista. Väylät pitää pystyä myös merkitsemään maastoon väyläsuunnitteluvaiheen suunnitelmamallin avulla. (Janhunen ym. 2015, 24.)

Suunnitteluvaiheiden ratkaisujen toteutettavuuden varmistamista tukee yhdistelmämalli (kuva 2). Yhdistelmämalliin yhdistetään lähtötietomalli sekä eri tekniikkalajien suunnitelmamallit, ja sen tarkoituksena on varmistaa nykytilanteen ja tekniikkalajien keskinäinen yhteensopivuus ja ristiriidattomuus. Eri tekniikkalajien mallien väliset selkeät rajapinnat

helpottavat yhteensovitustyötä, kun mallien välillä ei ole päällekkäisyyksiä. (Janhunen ym. 2015, 10.)



Kuva 2. Esimerkki sillan ja pohjanvahvistuksen rakenteiden esittämisestä tiesuunnitelmavaiheen yhdistelmämallissa. Eri rakenteita kuvataan eri väreillä. (Janhunen ym. 2015, 10.)

Yhdistelmämallista voidaan jalostaa havainnollistavia esittelymalleja (kuva 3), joiden päätehtävä on visuaalisesti esittää kohdetta sellaisena kuin se maastossa tulee näyttämään. Esittelymalleja voidaan käyttää esimerkiksi vuorovaikutuksessa sidosryhmien ja asukkaiden kanssa sekä päätöksenteon tukena. (Niskanen 2015, 11–12.)



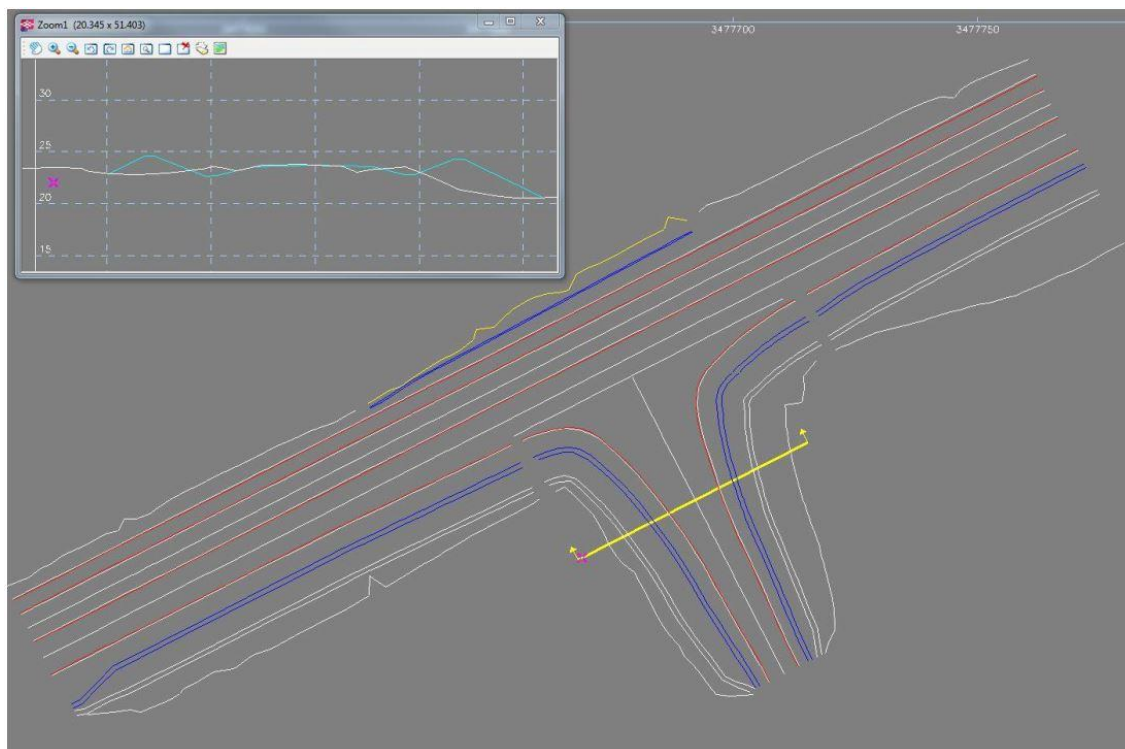
Kuva 3. Esimerkki esittelymallista (Luoma 2015, 9).

2.5.3 Toteutusmalli

Inframallinnuksessa toteutusmallilla tarkoitetaan suunnitelmamallista tehtävää rakennettavan kohteen mallia, jonka mukaan kohde rakennetaan. Dokumenttipohjaisissa hankkeissa rakennussuunnitelmapiirustukset vastaavat toteutusmallia. Rakennepinnoista tehtävät toteutusmallit muodostuvat taitepisteiden kautta kulkevista taiteviivoista ja niitä yhdistävistä kolmioverkkomalleista. YIV 2015 -ohjeiden mukaan kaikki rakentamiseen vaadittavat pinnat tulee mallintaa, jollei muuta ole hankekohtaisesti erikseen sovittu. Väylistä mallinnetaan tien keskilinan lisäksi vain ne viivat, joiden kohdalla on taite, eli kallistuksen muutos. Taiteviivat, pinnat ja pisteet nimetään ja numeroidaan InfraBIM-nimikkeistön mukaisesti. (Snellman & Suntio 2015, 3–6.)

Toteutusmallissa taiteviivojen ja pintojen tulee olla mahdollisimman jatkuvia ja saumattomia. Mallin pinnoissa ei saa olla pystysuoria muutoksia, eikä samassa pinnassa saa olla useita taiteviivoja päällekkäin. Väylien liittymiskohdassa sallitaan taiteviivoissa korkeintaan 1 m rako (kuva 4), jossa pitää kolmioitaessa muodostua yhtenäinen pinta väylien välille, eli raon kohdalle ei saa ilmestyä äkillistä korkeuseroa. Kolmioitaessa taiteviivojen välille muodostuva rakennepintojen kolmioverkko tulisi olla mahdollisimman säännömukainen, eli kolmiot kiinnittyvät tasaisin välein taiteviivoihin. Säännömukaisella

kolmiomallilla helpotetaan rakennepintojen hahmottamista. (Snellman & Suntio 2015, 10–15.)



Kuva 4. Toteutusmallin väylien liittymiskohta, jossa näkyy myös sallittu rako taiteviivojen välillä (Snellman & Suntio 2015, 12).

Rakennekerroksissa, pengerrakenteissa ja muissa täytöissä mallinnetaan vain yläpinta, koska rakennusosien pinnat rajoittuvat niiden alla oleviin rakennepintoihin. Vastaavasti leikkauksissa ja kaivannoissa mallinnetaan vain alapinta. Rakennusosien lisäksi mallinnettavia pintoja ovat ylin ja alin yhdistelmäpinta, jotka koostuvat useiden rakennusosien pinnoista. (BuildingSMART Finland 2016, 4–5.)

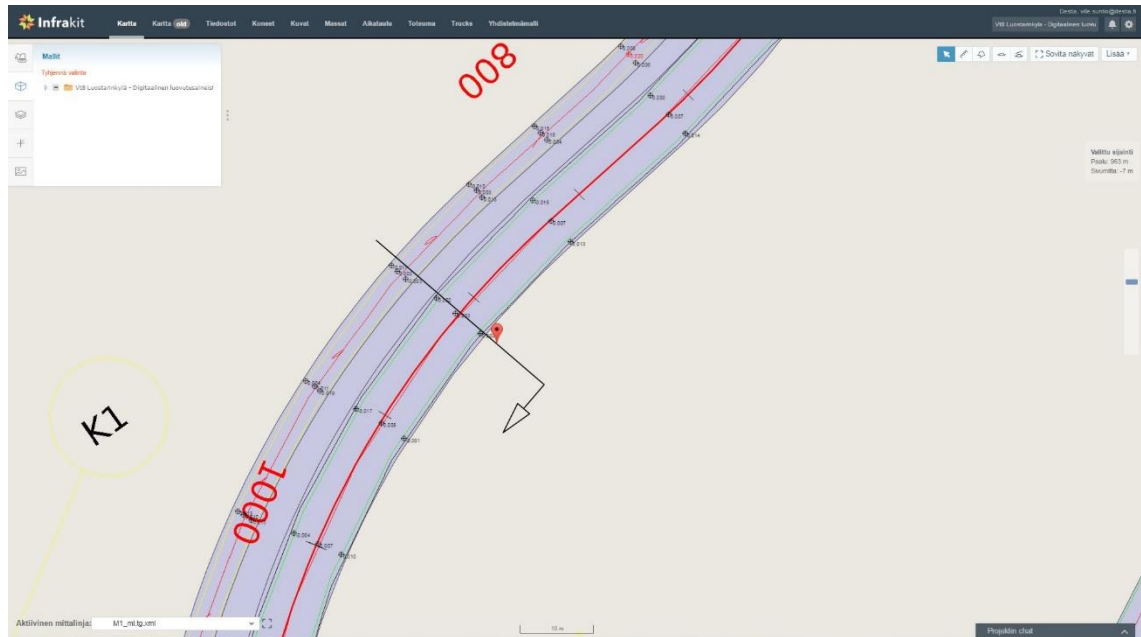
Kohteen maarakenteiden geometrian lisäksi toteutusmalli voi sisältää myös rakennusteknisiä rakenneosia, tekniikkajärjestelmiä, aikataulu-, määrä- ja kustannustietoa tai muita kohteen toteutukseen liittyviä asioita urakoitsijan työnjohdon käytettäväksi. Tällaisia aineistoja voivat olla esimerkiksi maanomistustiedot, kaavat, työrajat, haltuunottoalueet tai liikenteenohjaussuunnitelma. Toteutusmallista johdettuun koneohjausmalliin on sisällytetty kaikki maanrakentamiseen vaadittavat taiteviivat, pinnat ja pistemäiset kohteet, mutta niistä on jätetty pois työnjohdon välineiksi tarkoitetut tiedot. Suunnittelun tuottamassa toteutusmallissa olevat rakennusosien geometriat voivat olla suoraan koneohjaukseen kelpaavia, mutta mallin formaattiin voi joutua tekemään muunnoksia käytetystä

järjestelmästä riippuen, jolloin myös mahdolliset metatiedot usein katoavat muunnoksen yhteydessä. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

2.6 Infrakit-pilvipalvelu rakennushankkeen tiedonhallinnan ja -jakamisen välineenä

Tietomallipohjainen toimintatapa vaatii ja mahdollistaa uudenlaista tiedonjakamista rakentamisen eri osapuolien välillä. Perinteisiä suunnitelmia ja dokumentteja voidaan säilyttää ja lähettää fyysisinä kansioituina kokonaisuuksina, mikä ei onnistu tietomalleja käytettäessä. Dokumenttipohjaisissa hankkeissa on alettu suosia suunnitelmien jakamista sähköisessä muodossa ja käyttää erilaisia projektipankkeja tiedonhallinnan ja -jakamisen työkaluna. Vielä pidemmälle kehityksessä päästään tietomallintamalla, kun mallipohjainen aineisto tekee esimerkiksi tiedon paikallistamisen mahdolliseksi. Tätä ominaisuutta käytetään hyödyksi yleisesti käytössä olevassa Infrakit-sovelluksessa.

Infrakit-pilvipalvelu on tietoaalusta tietomallipohjaisen infrarakennushankkeen tilaajan, työmaan työnjohdon, mittaushenkilöstön, työkoneiden kuljettajien ja suunnittelijoiden väliseen tiedon jakamiseen. Infrakitin avulla voidaan hallinnoida, tarkastella ja jakaa suunnitelma- ja toteumatietoja pilvipalvelun kautta käyttäen avoimia tiedonsiirtoformaatteja, esimerkiksi Inframodelia. Pilvipalvelu käyttää karttanäkymää työmaan koordinaatistossa tiedon paikallistamiseen (kuva 5). Karttanäkymään voidaan liittää myös valokuvia ja kommentteja. Selainpohjaisen järjestelmän käyttöön vaaditaan internetyhteys ja sitä hyödyntävä älypuhelin, tabletti tai tietokone. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)



Kuva 5. Infrakitin karttanäkymä (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 27.3.2017).

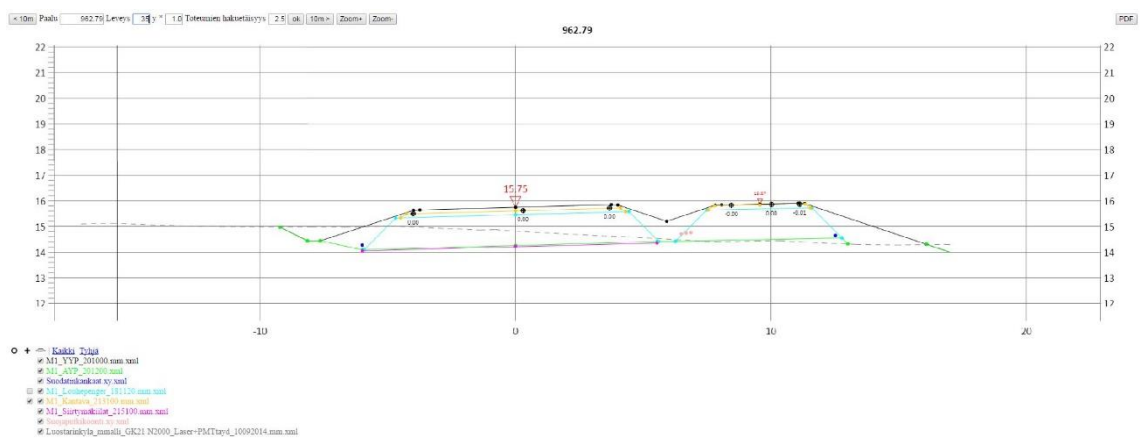
Infrakitin käyttö hankkeessa voidaan aloittaa jo hyvin varhaisessa vaiheessa, jolloin sitä voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi tietoimituksessa. Tiealueiden haltuunotossa voidaan sidosryhmille näyttää tarvittavia tietoja, kuten suunniteltavan tien poikkileikkauksia tarkemmin kuin perinteisellä tavalla. Varsinkin alaan perehtymättömät havainnoivat malleja paremmin kuin kaksiuotteisia suunnitelmia, jolloin palvelua voidaan käyttää eräänlaisena kommunikaatiovälineenä. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

Suunnittelijan näkökulmasta Infrakitiä voidaan käyttää suunnitteluprojektissa monin tavoin. Hankkeen maastokäynneillä suunnittelija näkee paikannuksella varustetulla mobiililaitteella palvelun karttanäkymässä oman sijaintinsa ja pystyy tarkastelemaan suunniteluaineistoa. Ennen rakentamista ja sen aikana suunnittelija lähettää toteutusmallit pilvipalveluun, jolloin ne ovat kaikkien osapuolien käytävissä. Järjestelmään tallennetusta mallin revisiosta on mahdollista tehdä päivitysilmoitus työkoneille, jotta käytetään aina mallin uusinta versiota. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

Urakoitsijan työnjohto näkee sovelluksella työkoneiden sijainnin koordinaatistossa ja paalulukemana mittalinjalla, aktiivisuuden, koneen ohjaajan yhteystiedot ja koneohjausjärjestelmän käytössä olevan mallin. Työkoneiden mallien päivitys näkyy sovelluksessa liikennevaloperiaatteella. Vihreä väri työkoneen nimen vieressä tarkoittaa, että päivitys on onnistunut, ja punainen väri kertoo, ettei päivitys ole vielä valmis. Jos työkoneen malli on päivittynyt, mutta se ei ole ollut yhteydessä järjestelmään 15 minuuttiin, näkyy sen tila

keltaisella värillä. Tällä tavalla työnjohto voi aina varmistaa, että työmaalla olevien koneiden mallit ovat päivittyneet. (Infrakit 2016.)

Rakentamisen pilvipalvelun kartalla voidaan esittää työkoneiden mittaamien toteumapisteiden tietoa, jotka siirtyvät työkoneilta suoraan palveluun kuljettajan toteumamittauksen jälkeen. Mittapisteet vertautuvat toteutusmalliin, jolloin nähdään toteumapisteen ja mallin suunnitellun tason välinen korkeusero suoraan kartalta ja poikkileikkausnäkymässä (kuvat 5 ja 6). Toteumapisteitä voidaan hallita myös siihen tarkoitukseen suunnitellulla työkalulla, joka mahdollistaa mittapisteiden suodatuksen ja hakemisen luettelosta eri ominaisuuksien perusteella. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)



Kuva 6. Infrakitin poikkileikkausnäkymä (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 27.3.2017).

Määräseurantaa ja toteumatiedonhallintaa pystytään tekemään siihen soveltuvilla ohjelmissa, kun ladataan tarvittavat toteumapisteet pilvipalvelusta. Infrakit sisältää myös itsessään massojen hallintaan soveltuvan ominaisuuden, jossa palveluun voi tehdä paalu-kohtaisen massaluettelon. Massaluettelo päivittyy joko suoraan työkoneiden mittaamien toteumapisteiden mukaan tai manuaalisesti massaluettelosta vastaavan henkilön toimesta. Palvelu sisältää urakoitsijoiden käyttöön myös aikataulutoiminnon, jolla voidaan mitata rakennusosien valmiusastetta joko käsin syötetyillä tiedoilla tai suoraan toteumapisteiden antamien tietojen mukaisesti. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

Infrakitiä voidaan käyttää myös projektipankkimaisena työkaluna. Esimerkiksi tarjousvaiheessa suunnittelijan tekemät mallit sekä muut kilpailuttamiseen ja urakkalaskentaan vaadittavat aineistot voidaan sijoittaa pilvipalveluun tarjoajia varten. Mallit havainnollis-

tavat rakennettavaa kohdetta paremmin kuin tasopiirustukset, joten tarjoaja pystyy tarkastelemaan kohdetta ja suunnittelemaan toteutusta todenmukaisemmin. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

2.7 Digitaalinen luovutusaineisto

2.7.1 Digitaalisen luovutusaineiston pilottihanke

Liikennevirasto sisällytti vuosina 2015–2016 toteutettuun VT8 Luostarinkylän kohta -hankkeeseen digitaalisen luovutusaineiston pilotoinnin. Pilotin tarkoituksena oli tuottaa tilaajalle luovutusaineisto sähköisessä muodossa kokonaan mallintamalla tehdystä hankkeesta. Siihen kuului rakentamisen laadun todentaminen inframalleja hyödyntämällä ja toteumamallin tekeminen kunnossapidon lähtötiedoiksi. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

Erityisen tärkeänä pidettiin sitä, että keskityttiin hankkeen elinkaaren myöhempien vaiheiden kannalta oleelliseen ja tärkeään tietoon, jolloin jatkokäyttäjät pystyvät hyödyntämään kerättyä tietoa tehokkaasti. Dokumenttipohjaisella tavalla tehty luovutusaineisto olisi koostunut useista kansiollisista paperitulosteista, mutta digitaalisessa muodossa tarvittava tieto on helposti löydettävissä ja tarkasteltavissa. Hankkeen aikana erilaisiin tietokantoihin kerääntyi rakentamiseen liittyvää aineistoa tuhansia tiedostoja, jotka lopulta saatiin karsittua luovutusaineistoon noin 1 200 tiedostoon. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

Digitaaliseen luovutusaineistoon sisältyi aineistoselostus luovutusaineiston käyttöohjeeksi, suunnitellut geometriatiedot, toteumamalli, toteumapiirustukset ja laatuaineisto. Luovutusaineistoon sisällytettiin myös aineistoluettelo, aineistot käytetyn ohjelmiston tietokantamuodossa ja muuta sisältöä täydentävä viiteaineisto. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 6.2.2017.)

2.7.2 Toteumamalli digitaalisessa luovutusaineistossa

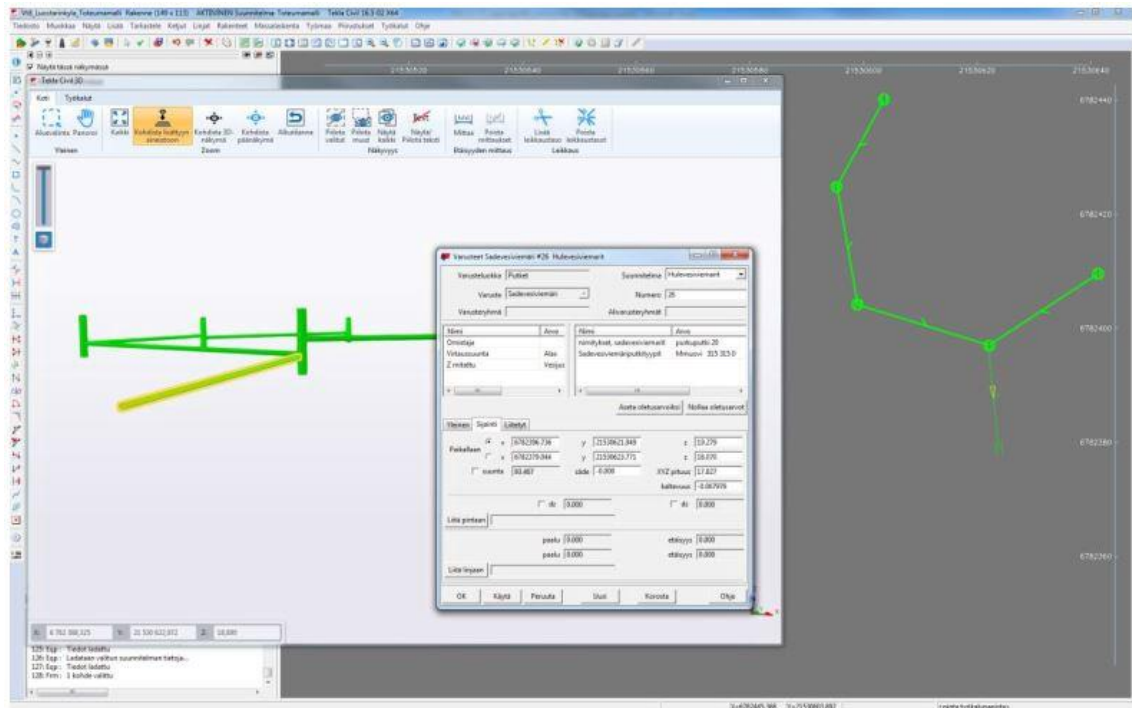
Toteumamalli on osa infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallia, jossa on esitetty suunnitelmien ja toteutuksen lopullinen toteuma. Hankkeen mittauksissa ja työkoneturmauksessa käytetty tietosisältö kootaan sovittujen käytäntöjen mukaisesti toteumamalliksi.

Koko kohteen toteumamalli muodostuu useista rakennusosien itsenäisistä toteumamalleista. Rakenteiden geometrisen laadun ja vaatimustenmukaisen toteutuksen todentaminen ovat toteumamallin keskeisiä tavoitteita. (Palviainen 2015, 4–6.)

Pilottihankkeen toteumamalli sisältää maarakenteiden geometrisen toteumatiedon ja sijainti- ja ominaisuustiedot muista rakenteista, kuten rummuista. Väylärakenteiden pintojen nimeämisessä ja koodauksissa on sovellettu laajennettua InfraBIM-nimikkeistöä, jolloin on voitu huomioida rakennekerrosten materiaalitiedot siten, että käytetty materiaali tunnistetaan pinnan koodista. Esimerkiksi eri pintoja ja materiaaleja voidaan visualisoida eri väreillä. Luovutusaineiston toteumamallia selkeytettiin jaotteleamalla rakentamisen aikaiset pintamallit väylittäin. Jaottelu yhtenäistää pintamallien järjestelytapaa muiden luovutusaineiston osien kanssa ja palvelee eri väylien omistajia. Aineistot pystytään helposti erottelemaan tienpitäjien mukaisesti, kun pintamallit on pilkottu väylittäin osiin. (Partiainen & Suntio 2017, 22–24.)

Mikäli rakenteiden toteutus on toleransseissa, voidaan toteutusmallia käyttää pintojen osalta toteumamallina. Niissä kohdissa, missä rakenteet eivät ole pysyneet toleranssien sisällä, sekä siirtymäkiiloissa ja massanvaihdossa pinta on mallinnettu toteutuksen mukaisesti. Hankkeen luiskien viimeistelyssä laadittu ylimmän yhdistelmäpinnan malli toimi viimeistelytyön pohjana, mutta luiskien viimeistelyssä hyödynnettiin hankkeella syntyneitä ylijäämämassoja. Osa luiskista on toteutettu loivempina kuin toteutusmallissa on esitetty, jolloin toteumamalli ei siis vastaa täysin kaikkia toteutuneita luiskakaltevuuksia. Tarkan mallin laatiminen edellyttäisi luiskien kartoitusta työn päätteeksi. (Partiainen & Suntio 2017, 24.)

Järjestelmien mallinnuksessa käytetään useimmiten pisteitä ja viivoja, joilla voidaan esittää esimerkiksi rummut, hulevesijärjestelmät, vesijohdot, salaojat ja kaukolämpöputkistot verkostomalleina (kuva 7). Pilotin toteumamallin kokoamisessa tuotiin esille Inframodelformaatin puutteet ominaisuustiedoissa. Esimerkiksi pistekohteiden numeroiminen ei ole vielä luotettavasti mahdollista, joten järjestelmien pistetietojen vuoksi aineisto luovutettiin tarvittavin osin myös gt-formaatissa. (Partiainen & Suntio 2017, 24–27.)



Kuva 7. Toteutunut hulevesiviemäri esitettynä Tekla Civil -ohjelmistossa (Partiainen & Suntio 2017, 25).

Hankkeeseen sisältyvät taitorakenteet suunniteltiin muiden rakenteiden tapaan mallipohjaisesti. Taitorakenteiden luovutusaineistossa sovellettiin hankekohtaisia vaatimuksia ja ohjeita, Liikenneviraston taitorakenteiden tietomalliohjeita sekä taitorakennerekisterin vaatimuksia. Siltojen toteutumamallit tallennettiin siltakohtaisiin kansioihin, joihin tuli jokaiseen kolme erillistä IFC-mallia: näkyvän pinnan malli, raudoitusmalli ja inframalli, jossa on esitetty siltapaikan maarakenteiden yläpintojen mallit. (Partiainen & Suntio 2017, 27–28.)

3 3D-KONEOHJAUS

3.1 Koneohjauksen määrittely

Infrarakentamisessa koneohjauksella, jota voidaan kutsua myös *työkoneautomaatioksi*, tarkoitetaan 3D-ohjausjärjestelmien käyttöä työkoneissa. Koneohjausjärjestelmä muodostuu koneen liikkuvissa osissa sijaitsevista antureista, paikannusjärjestelmästä, näytöstä ja näitä yhdistävästä tietokoneyksiköstä. Digitaalinen suunnitelmatieto, kuten koneohjausmalli, tuodaan työkoneen tietokoneyksikölle, jolloin koneen kuljettaja näkee näytöltä mallipohjaiseen työskentelyyn tarvittavat tiedot ilman työmaalle sijoitettuja mittapaaluja. (Snellman & Suntio 2015, 3.)

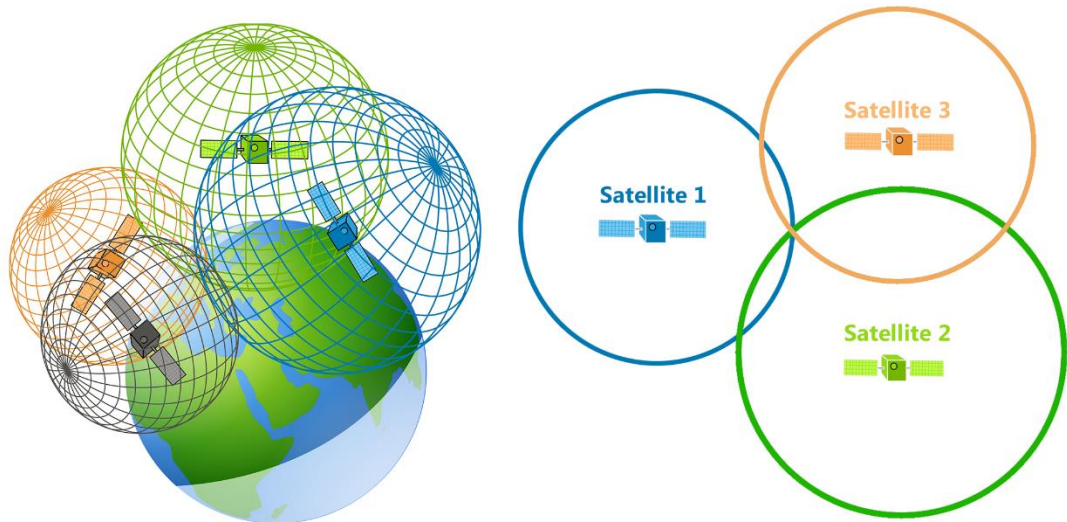
Koneohjaus on tärkeä osa rakennusvaiheen tietomallipohjaista toimintatapaa, jossa saadaan kaikki hyöty irti mallipohjaisesta suunnitteluaineistosta. Koneohjauksen toimintaedellytyksenä on kuitenkin tarkka paikannusjärjestelmä. Yleisimmin 3D-koneohjauksessa käytetään satelliittipaikannusta työkoneiden sijainninmäärityksessä, mutta takymetri-pohjainenkin paikannus on vielä käytössä tietyillä työkoneilla.

3.2 Satelliittipaikannus koneohjauksessa

3.2.1 Satelliittipaikannuksen toimintaperiaate

Koneohjausjärjestelmien paikannus perustuu satelliittipaikannukseen. Satelliittipohjaisessa paikannuksessa satelliitit lähettävät radiosignaaleja, joita vastaanottimet havainnoivat ja käyttävät sijainnin määrittelyyn. Vastaanotin laskee signaalin kulkuajan, joka määritetään radiosignaalin lähetysajankohdan ja vastaanottoajankohdan erotuksesta. Kulkuajan avulla pystytään laskemaan etäisyys satelliitin ja vastaanottimen välillä. (Paikatietokeskus 2017.) Kun tiedetään etäisyys vähintään kolmeen satelliittiin, voidaan tehdä trilateraalilaskelmat. Trilateraatio tarkoittaa sijainnin määrittelyä kolmen tunnetun pisteen avulla. Pisteiden ympärille piirretään kehät, joiden säde on etäisyys vastaanottiin, jolloin kolmen kehän leikkauspisteessä on vastaanottimen sijainti (kuva 8). Paikannuksen tarkoituksena on 2D-sijainnin lisäksi saada vielä korkeustieto, jolloin tarvitaan

neljättä satelliittia virheiden poistamiseen ja tarkistamaan vastaanottimen korkeuskoordinaatti, kun 2D-kehät muutetaan palloiksi vastaamaan todellista tilannetta maapallolla. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2017.)



Kuva 8. Trilateraation periaate havainnollistettuna 3D- ja 2D-ympäristössä (GIS Geography 2017).

GNSS-järjestelmiä (*Global Navigation Satellite System*) on rakennettu eri tahojen käyttötarkoituksiin. Tällä hetkellä käytössä olevista ensimmäisinä toimintaan tulivat alun perin sotilaskäyttöön tarkoitetut Yhdysvaltojen GPS ja Venäjän Glonass, joita alettiin hyödyntää 1990-luvulla. Muita satelliittipaikannusjärjestelmiä ovat Euroopan unionin ja Euroopan avaruusjärjestö ESA:n yhteishanke Galileo sekä Kiinan BeiDou/Compass, joita varten on lähetetty useita satelliitteja kiertoradalle, mutta ovat tällä hetkellä vielä testausasteella. Satelliittipaikannusta tarvitsevien laitteiden ja sovellusten määrän kasvu, vaatimustason nouseminen ja häiriöiden ehkäiseminen pakottavat vanhojen järjestelmien uudistamiseen. GPS- ja Glonass-järjestelmiä tullaan modernisoimaan, jolloin ne toimivat paremmin vaikeissakin olosuhteissa lisäämällä lähetystaajuuksia ja signaalien komponentteja. Galileo- ja BeiDou/Compass-järjestelmien tuleminen yleiseen käyttöön lisää satelliittipaikannuksen toimintavarmuutta, luotettavuutta ja tarkkuutta järjestelmien yhteiskäytössä. (Paikkatietokeskus 2017.)

3.2.2 Satelliittipaikannuksen virhelähteet ja paikannuksen korjaustieto

GNSS-järjestelmien paikannusvirheisiin voivat vaikuttaa monet asiat. Suurimpia virhelähteitä muodostavat kellojen tarkkuus, matemaattiset pyöristysvirheet, ilmakehän muutokset, satelliittien lentoratamuutokset, huono satelliittigeometria, heijastukset rakennuksista ja muista pinnoista sekä puuston vaikutus signaalin heikentymiseen. Maapallon koordinaatistotkaan eivät ole täydellisiä, jolloin mittavirheitä muodostuu myös mittauksessa käytettävästä maapallon pinnan muotoja kuvaavasta geoidimallista. (Laurila 2012, 135–136, 305–306.)

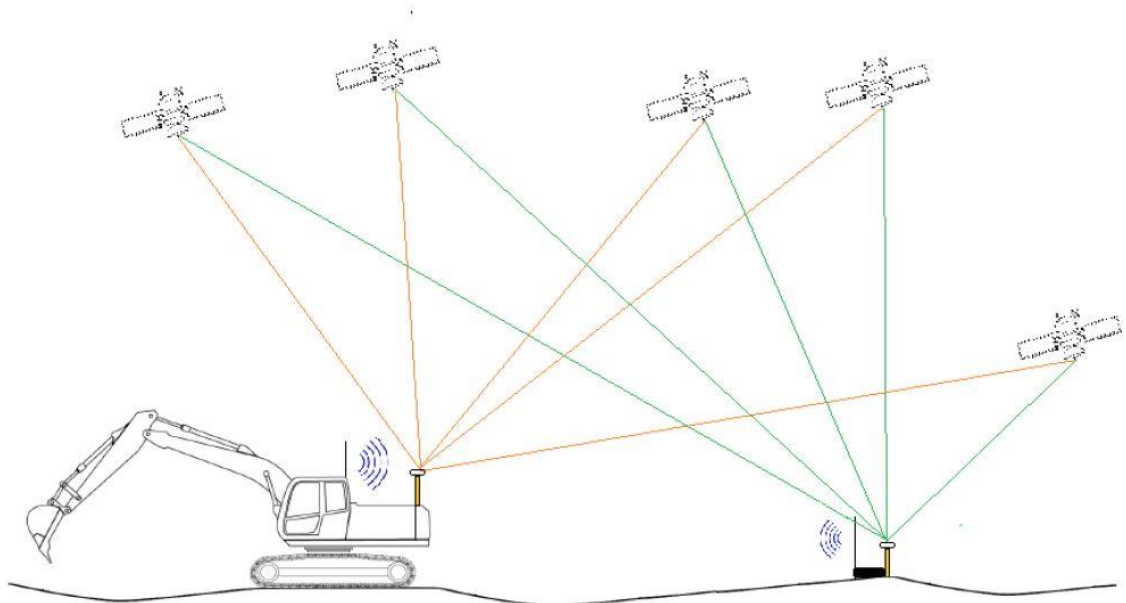
Tarkkaan ja luotettavaan satelliittipaikannukseen tarvitaan korjaustietoa, jota välitetään satelliittipohjaisten ja maanpäällisten tukiasemien avulla, jolloin puhutaan differentiaalisesta paikannuksesta. Satelliittipohjaista korjaustietoa on mahdollista saada geostationäärisiltä satelliiteilta, jotka havainnoivat ilmakehän vaikutusta mittauksiin. Maanpäälliset tukijärjestelmät koostuvat tarkkaan paikannetuista kiinteistä tukiasemista, jotka seuraavat satelliittipaikannuksen sijaintitietoja ja mittaavat paikannuksen tarkkuutta vertaamalla sitä tukiaseman oikeisiin koordinaatteihin. (Rainio 2014, 12–21.)

Suomessa maanrakennuksen paikannusjärjestelmissä satelliittipaikannusta käytetään reaaliaikaisella kinemaattisella (RTK, *Real Time Kinematic*) mittauksella, jolla päästään sijainnin määrittämisessä senttimetrin tarkkuuksiin. RTK-mittausta käyttävä paikannusjärjestelmä voidaan muodostaa joko työmaalle tuotavalla kiinteällä tukiasemalla tai käyttäen tukiasemaverkkoa. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2017.)

RTK-paikannusjärjestelmät käyttävät useimmiten radiotaajuuksia tiedonsiirtoon, mutta sekään ei ole luotettavuudesta huolimatta aina ongelmaton. Radioverkon häiriöitä aiheuttavat maastossa esimerkiksi muunnin- ja kytkinkentät sekä korkeajännitteiset sähkölinjat, jopa maastonmuodot voivat aiheuttaa katvealueita. Tukiasema-RTK-järjestelmät ovat alttiita myös mobiilidataverkon häiriöille, jos käytetään radioverkon sijasta matkapuhelinverkkoa. Häiriöt ovat usein hyvin paikallisia, ja ne pitää osata ottaa huomioon paikannuksessa. Suhteellisessa mittauksessa myös paikannuksen tarkkuus on suhteellista, jolloin siirryttäessä kauemmaksi tukiasemasta virheellisyys kasvaa. Käytännössä järjestelmien paikannuksen tarkkuus on olosuhteista riippuen $\pm 1\text{--}6$ cm. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2017.)

3.2.3 Tukiasema-RTK-paikannusjärjestelmä

Tukiasema-RTK-järjestelmässä tarkasti tunnetulle pisteelle asennettu tukiasema ja työmaalla liikkuvat työkonemat mittaavat jatkuvasti satelliiteilta tulevien signaalien kantoaaltojen vaihetta ja aallonpituuksien määrää, joiden avulla ne laskevat satelliittien ja vastaanottimien keskinäistä etäisyyttä ja sen muutosta. Satelliitit lähettävät useimmiten kahdella ja uudella tekniikalla jopa kolmella eri taajuudella paikannussignaalia, millä pyritään minimoimaan ilmakehän vaikutukset paikannuksen tarkkuudessa. Tukiaseman ja työkonemien vastaanottimet vertaavat signaalien kantoaalloista laskettuja koordinaattitietoja suhteessa toisiinsa, minkä avulla työkonemien keskusyksikkö laskee sijaintinsa (kuva 9). RTK-mittausta kutsutaan *suhteelliseksi menetelmäksi*, koska siinä työkonemien sijainti mitataan vertailuvastaanottimen eli tukiaseman suhteen. Tällaisessa järjestelmässä yhteisten satelliittien määrän kasvaessa paikannuksen luotettavuus ja tarkkuus paranevat. (Laurila 2012, 301–305.)



Kuva 9. Tukiasema-RTK-menetelmässä työkonemat ja tukiasema vaativat yhteyden samoihin satelliitteihin (Palviainen 2017).

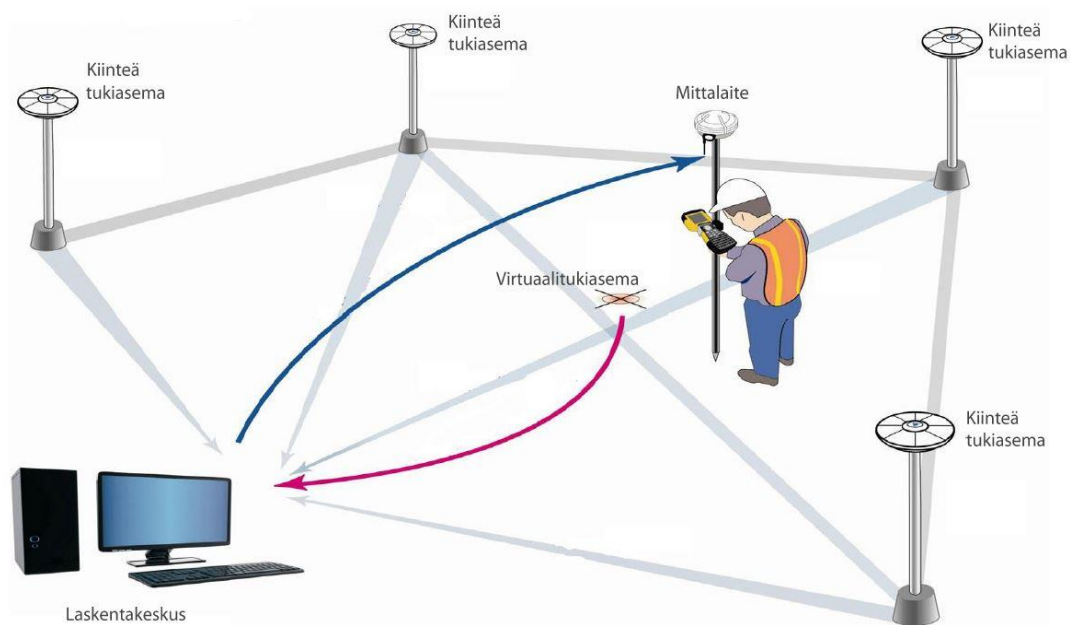
Tukiasema tulee perustaa paikalle, jossa on mahdollisimman avoin ja esteetön taivasnäkyminen satelliittien havaitsemiseen. Tukiaseman sijoittamisessa tulee ottaa huomioon myös työkonemat, tärinä, routa ja muut tekijät, jotka voivat muuttaa tukiaseman sijaintia.

Maasto-olosuhteissa tukiaseman sijoittamiseen vaikuttaa myös virransaanti, joka voi olla hankala järjestää. (Karjalainen 2016, 29–31.) Jotta tukiaseman antamaan paikannustietoon voi luottaa, tulee tukiaseman mittapisteen sijainti tarkistaa säännöllisesti kuukausittain takymetrillä ja GNSS-paikannuksella tunnetulla mittapisteellä viikoittain. Mittauksista pidetään kirjaa mittausraportein, joihin dokumentoidaan koordinaattierot, mittausajan-kohta, mittausmenetelmä ja mittauksen tarkkuus. (Jaakkola 2015, 6.)

Kiinteän tukiaseman RTK-järjestelmä vaatii tiedonsiirtoa tukiaseman ja työkoneen välillä, jossa voidaan käyttää joko radio- tai matkapuhelinverkkoa. Työkoneen ja tukiaseman välinen tiedonsiirtoetäisyys on radioverkolla käytännössä 1–5 km ja matkapuhelinverkkoa käytettäessä maksimietäisyys on 20 km. Tukiasema-RTK:n tämänhetkiset edut ovat luotettavuus ja tarkkuus. Järjestelmän käyttöönottoon liittyvät investointikustannukset isoilla työmailla jäävät pieniksi muihin kustannuksiin nähden. Lisäksi riippumattomuutta paikannuksen palveluntarjoajista ja mahdollisuutta paikannuksen virhelähteiden selvittämiseen ja korjaamiseen voidaan pitää järjestelmän hyötyinä. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2017.)

3.2.4 Verkko-RTK-paikannusjärjestelmä

Perinteisen RTK-mittauksen lisäksi paikannukseen voidaan käyttää kiinteiden tukiasemien verkkoon perustuvaa verkko-RTK-menetelmää. Operaattoreiden tukiasemaverkkoon kuuluu Suomessa noin 100 tukiasemaa, jotka kattavat lähes koko Suomen alueen. Menetelmässä vastaanotin lähettää matkapuhelinverkossa sijaintinsa laskentakeskukseen, jolloin luodaan virtuaalinen tukiasema vastaanottimen läheisyyteen (kuva 10). Virtuaalisen tukiaseman tiedot määrittyvät tukiasemaverkon lähimmän tukiaseman mittauksen ja virhelähteiden mallinnuksen avulla. Laskentakeskus aloittaa RTK-korjauksen vastaanottimelle vastaavasti kuin aivan vieressä olevalta tukiasemalta. Verkko-RTK-menetelmää voidaan käyttää myös suoraan kiinteiltä tukiasemilta saatavilla korjaustiedoilla ilman virtuaalista tukiasemaa. (Laurila 2012, 320–321.)



Kuva 10. Verkko-RTK-järjestelmän toimintaperiaate käyttäen virtuaalista tukiasemaa (Palviainen 2017).

Verkko-RTK:n etuja ovat tukiasemattomuus työmaalla, käytön helppous ja kantaman rajoittomuus, jotka tekevät menetelmästä joustavan. Järjestelmän käytöstä peritään lisenssiperusteista kuukausihintaa, jolloin siitä ei muodostu kertaluonteisia hankintakustannuksia. Verkko-RTK:n epäsuotuisa ominaisuus on paikannuksen virhelähteiden tuntemattomuus, jolloin paikannuksen tarkkuuteen ei pystytä työmaalla vaikuttamaan. Tukiasemaverkoston ulkopuolella ja raja-alueilla järjestelmän toimivuus on epävarmaa. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2017.)

3.3 3D-koneohjausjärjestelmän toiminta satelliittipaikannuksella

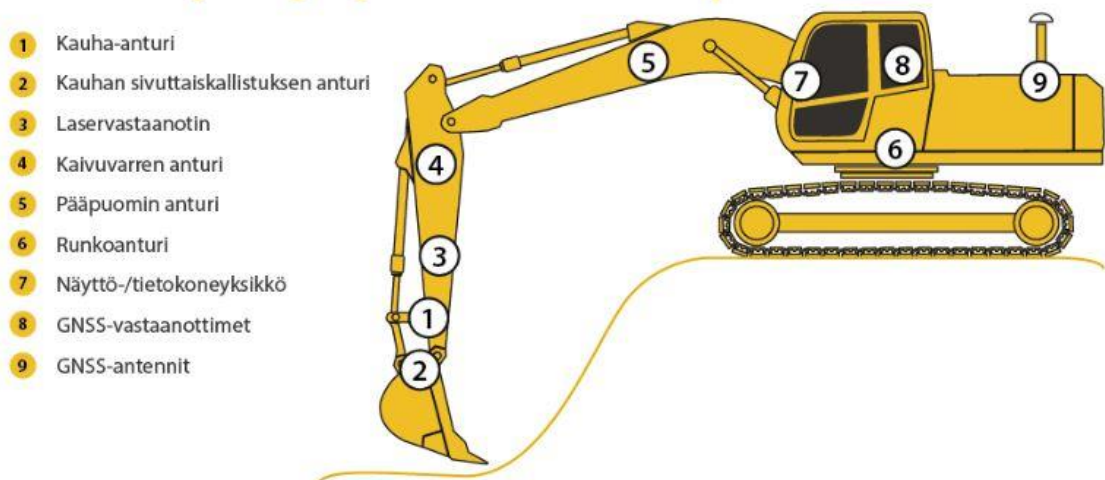
3.3.1 3D-koneohjausjärjestelmän komponentit

Kaivinkoneissa on useita toisistaan riippumattomasti liikkuvia osia, joita työkonerohjauksessa tulee hallinnoida. Koneohjauksen edellytyksenä työkonen runkoon ja puomin liikkuviin osiin asennetaan elektroniset anturit (kuva 11), jotka mittaavat kyseisten osien asentoa. (Nieminen 2011, 7.) Koneohjausjärjestelmien toimittajilla on käytössään toisis-

taan hieman poikkeavia anturijärjestelmiä, mutta päätyypeittäin anturit voidaan jakaa kallistusta, kiertymää ja pituutta mittaaviin antureihin. Anturit ovat IP67-suojausluokiteltuja, joten ne kestävät hyvin pölyä ja veteen upottamistakin. (Junno 2015, 8–9.)

Antureiden tieto kulkee tietokoneyksikölle CAN-väylän tai radiosignaalin avulla. Työkoneen tietokoneyksikkö laskee antureiden antaman tiedon mukaan kauhan terän sijainnin koneessa olevan tietyn pisteen suhteen. GNSS-vastaanottimen ja -antennien avulla koneohjausjärjestelmä yhdistää paikkatiedon antureiden antamaan tietoon, jolloin pystytään määrittämään kauhan terän sijainti koordinaatistossa. (Junno 2015, 8–9.)

Koneohjausjärjestelmän komponentit

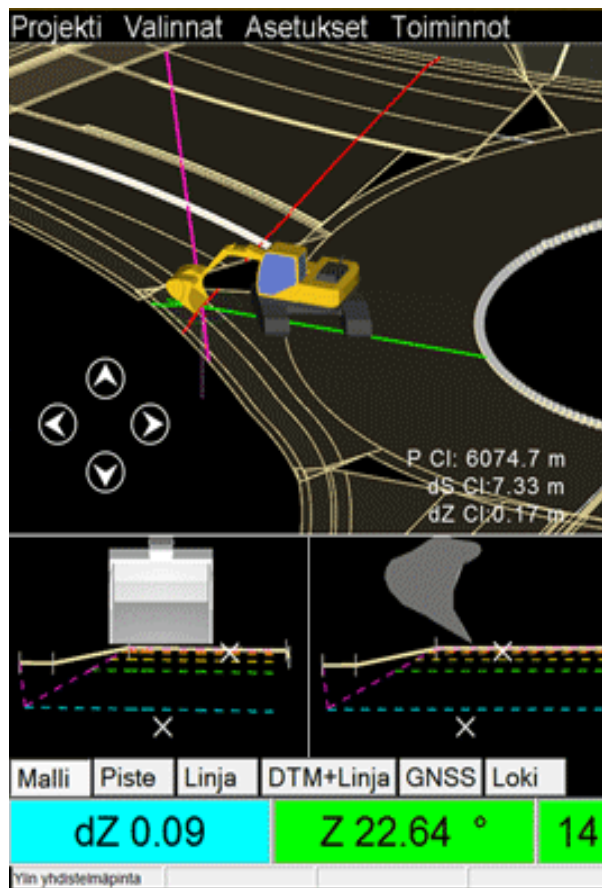


Kuva 11. Kaivinkoneen koneohjausjärjestelmän komponentit (Novatron 2017, 2).

Ennen koneohjausjärjestelmän käyttöönottoa tulee työkoneen sisäinen paikannustarkkuus kalibroida. Sisäiseen paikannustarkkuuteen vaikuttavat koneen osien fyysiset mitat ja GNSS-antennien sijainti, jotka tulee mitata ja tallentaa järjestelmään. Järjestelmä kalibroidaan mittaamalla ja vertaamalla sijaintia oikeaan koordinaattiin työmaan koordinaattijärjestelmässä. Työkoneen vaadittu tarkkuustaso on riippuvainen rakennusosa-kohtaisesti vaadituista toleransseista. Kaivinkoneen järjestelmään voidaan tallentaa usean erilaisen varusteen mitat, jolloin kauhan vaihdossa kalibrointia ei tarvitse erikseen suorittaa. Kauhan tai muun varusteen kuluessa tulee mitat päivittää järjestelmään. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.) Laadunvarmistusmenetelmänä työkoneiden paikannustarkkuutta seurataan työmaalla mittaamalla työkoneella tunnetuilla mittauspisteillä viikoittain ja aina kun uusi työkone käyttöönotetaan työmaalla. Mittauksista laaditaan vastaavanlainen mittausraportti kuin tukiaseman tarkastuksessa. (Jaakkola 2015, 6.)

3.3.2 Opastavat ja ohjaavat koneohjausjärjestelmät

Työkoneohjausta voidaan toteuttaa useilla erilaisilla laitekoonpanoilla suunnitelmien, olosuhteiden, sekä käytettävien järjestelmätoimittajien ja työkoneiden mukaan. 3D-koneohjauksessa käytetään opastavia ja ohjaavia järjestelmiä. Näytön avulla opastava järjestelmä näyttää kuljettajalle työkoneen aseman ja kauhan terän sijainnin maastokoordinaatistossa (kuva 12). Yleisimmin opastavaa järjestelmää käytetään infrarakennustyömaalla kaivinkoneisiin. Työkoneeseen voidaan siirtää kohteen inframalli, josta nähdään rakennekerrokset ja muut mallinnetut rakenne- ja kaivupinnat, taiteviivat ja pisteet. Näytön näkymä vaihtelee koneohjausjärjestelmittäin, mutta useimmiten työkoneen kuljettaja näkee näytöltä tärkeimmät ominaisuudet, kuten koneen ja kauhan terän sijainnin verrattuna malliin. (Junno 2015, 8–10.)



Kuva 12. Novatronin koneohjausjärjestelmä Landnova näyttää mm. työkoneen ja kauhan sijainnin 3D-näkymänä, sijainnin valitun mittalinjan suhteen, kauhan terän korkeuseron mallinnettuun pintaan, korkeuden merenpinnasta ja työkoneeseen yhteydessä olevien satelliittien määrän (Novatron 2017, 1).

Ohjaava järjestelmä hallinnoi opastavan järjestelmän toimintojen lisäksi työkoneen hydraulisylintereitä, jolloin koneen terä seuraa automaattisesti mallinnettua pintaa. Siksi tällaista toimintatapaa kutsutaan myös *automaattiseksi järjestelmäksi*. Sitä voidaan käyttää myös manuaalisesti syvyysrajoittimen tavoin pysäyttämällä terän liike haluttuun syvyyteen ja estämällä näin liikakaivu. Ohjaavia järjestelmiä käytetään useimmiten työkooneissa, joissa liikeradat ovat yksinkertaisia, kuten puskukoneissa ja tiehöylissä, jotka leikkaavat rakennepintoja. (Junno 2015, 8–10.)

3.4 Takymetripohjainen koneohjaus

3.4.1 Takymetrimittaus

Takymetri on mittaukseen käytettävä elektroninen koje, jolla on mahdollista mitata pysty- ja vaakakulmia sekä etäisyyksiä. Kulmien ja etäisyyksien tiedolla voidaan laskea esimerkiksi koordinaatteja ja korkeuksia. Takymetrin pysty- ja vaakasuuntaisten kulmien lukeminen tapahtuu automatisoidusti. Laitteen pysty- ja vaakakehillä on sähköisesti luettavia viivoja, joiden määrää anturi laskee kierrettäessä takymetriä akseleidensa ympäri. Kulmalukema saadaan muuntamalla anturin laskemien viivojen lukumäärä halutuksi yksiköksi. (Laurila 2012, 237–248.)

Mittauksessa takymetrin kaukoputki suunnataan mitattavan kohteen prismaan ja lähetetään signaali, jolloin prisma heijastaa signaalin takaisin. Koje laskee signaalin kulkuajan, jolla pystytään laskemaan laitteen ja prisman välinen etäisyys. Etäisyyden laskenta muodostuu suhteellisen GNSS-paikannuksen tavoin signaalin kantoaallon vaihe-eron ja kokonaisten aallonpituuksien lukumäärästä. (Laurila 2012, 246–250.)

Tekniikan kehittyessä takymetreihin on tullut paljon uusia ominaisuuksia. Nykyään maanrakennustekniikassa käytetään etäkäytettäviä robottitakymetrejä, jotka pystyvät itsenäisesti seuraamaan prismaa. Etäkäytön mahdollistavat kojeen akseleita pyörittävät servomootorit sekä kojeen ja prisman välinen langaton tietoliikenneyhteys. (Laurila 2012, 274–275.)

3.4.2 3D-koneohjaus takymetrillä

Työkoneautomaation paikannus voi toimia satelliittipaikannuksen lisäksi myös takymetri-pohjaisesti robottitakymetrejä käyttäen. Koneohjausta voidaan käyttää sellaisissakin paikoissa, missä GNSS-paikannus ei toimi, kuten tunnelit ja muut paikat, joissa ei saada riittävästi satelliitteja näkyviin. Työkoneessa sijaitsevan prisman ja takymetrin välillä tulee kuitenkin aina olla esteetön näköyhteys, joka rajoittaa käytettävyyttä. Lisäksi takymetrin orientointi koordinaatistoon ja sijoittaminen työmaalle voi olla hankalaa. Suomessa takymetri-pohjaista koneohjausta käytetään lähinnä asfaltinlevittimissä ja -jyrsimissä. Sitä voidaan käyttää myös muissa ohjaavissa koneohjausjärjestelmissä, kuten tiehöylissä ja puskukoneissa. Satelliittipaikannusta parempi tarkkuus erityisesti korkeussuunnassa on takymetrin selkeä etu koneohjauksessa, ja siksi sitä käytetään mittatarkkuutta vaativissa työvaiheissa. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

3.5 Työkoneohjauksella saavutettavat edut

3.5.1 Koneohjauksen vaikutus laatuun

Dokumenttipohjaisen suunnitteluaineiston perusteella väyliä rakennettaessa perinteisesti mittapaaluilla merkitsemällä ongelmaksi muodostuu tien pituussuunnassa 20 metrin paaluvälein tehdyt poikkileikkaukset. Käytännössä poikkileikkausten välit joudutaan rakentamaan sokeasti ilman mittatietoja, jolloin rakennusosien mittatarkkuuskin on vaihtelevaa. Erityisesti liittymät ja muut poikkeamakohdat ovat työläitä rakentaa ilman yksityiskohtaisia suunnitelmia. Perinteisesti katurakenteen maaleikkausreunat suoritetaan pystysuorana kaivuna luiskaleikkauksen sijaan, jolloin rakenteet eivät vastaa suunniteltuja. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

Koneohjauksella syntyy aina mallinmukaista tasaista laatua, koska koneenkuljettaja näkee tarkasti rakenne- ja kaivurajat jokaisesta yksittäisestä kohdasta. Esimerkiksi vedenpinnan alapuoliset kaivut ja mittaukset ovat huomattavasti tarkempia koneohjausta käytettäessä. Väylien rakennekerrosten ja kuivatusjärjestelmien toimivuus ovat hyvin riippuvaisia rakentamisen tarkkuudesta, jolloin voidaankin ajatella, että koneohjauksella päästään vihdoin toteuttamaan kohteet niin kuin ne on suunniteltu toimivaksi. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

3.5.2 Tehokkuuden kasvu ja kustannussäästö koneohjauksella

Työkoneautomaation parempi kaivutarkkuus vaikuttaa olennaisesti myös rakentamisen tehokkuuteen ja kustannuksiin. Koneohjauksella päästään eroon ylimääräisten massojen kaivamisesta, kuljetuksesta ja niistä aiheutuvista työmäärien kasvusta. Lisäksi varmuuden vuoksi kaivetut massat joudutaan lähes aina korvaamaan alkuperäiseen maainekseen nähden kalliilla kiviaineksilla, mikä vaikuttaa kustannuksiin. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

Koneohjaus tuo mukanaan myös työn joustavuutta, kun voidaan entistä paremmin tehdä samanaikaisesti useita työvaiheita hyödyttäviä töitä. Tästä esimerkkinä maaleikkauksen massoja voidaan suoraan läjittää tulevan meluvallin paikalle, kun koneenkuljettaja näkee näytöltä tulevan rakenteen paikan tarkasti. Seurauksena työkoneiden tarvitsee liikkua vähemmän edestakaisin työmaalla, jolloin syntyy myös polttoainesäästöjä. Joustavuuteen vaikuttaa myös mittamiehen ja työmaamerkintöjen tarpeen väheneminen. Tarvittaessa voidaan aloittaa työvaiheita ilman, että tarvitaan mittamiestä merkintöihin. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

Työnjohdon näkökulmasta koneohjaus mahdollistaa helpomman ja paremman massamäärien hallinnan. Toteumamittausten perusteella voidaan luotettavasti seurata esimerkiksi työkoneiden kapasiteettia, ja sitä kautta aikataulussa pysymistä. Työn edistymisen seuranta koneohjauksen avulla on ajantasaista ja luotettavaa, jolloin voidaan reagoida paremmin tarvittaviin muutoksiin. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

3.5.3 Työturvallisuuskulma koneohjauksessa

Työturvallisuuden paraneminen koneohjauksen avulla on helposti havaittavissa. Sen avulla voidaan esimerkiksi tehdä mittauksia vaarallisista paikoista kuten kaivannoista. Perinteisellä mittaustavalla mittaaja joutuu menemään kaivantoihin, jolloin luiskat täytyy tehdä varmuudella turvallisiksi, kun taas koneohjatulla työkoneella mitattaessa tarvitsee kaivaa vain mittaamiseen vaadittu määrä maata. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

Infrarakennustyömaalla työkoneiden läheisyydessä työskentelevillä ihmisillä on aina riski tapaturmalle, vaikka toimisi täysin turvallisuusohjeistusten mukaisesti. Koneohjaus vähentää apumiesten ja mittaajien tarvetta työmaalla, jolloin tapaturmille alttiita työntekijöitä on vähemmän työkoneiden seassa. (P. Palviainen, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017.)

3.5.4 Caterpillarin perinteisen ja koneohjatun tierakentamisen vertailututkimus

Caterpillar toteutti kesäkuussa 2016 koneohjaukseen liittyvän vertailututkimuksen, jossa rakennettiin rinnakkain kaksi 120 metriä pitkää maantien osuutta Yhdysvaltain Illinoisissa. Yksi rakennettiin perinteisellä tavalla ja toinen tietomallipohjaisesti. Tutkimuksessa havainnoitiin eroja kahden toimintatavan välillä maanpinnan kartoitustöistä tien päällystämiseen asti. Rakentamiseen käytettyjä läpimenoaikoja, materiaalimenekkiä, henkilötyötunteja, työkone-tunteja sekä polttoainemääriä verrattiin perinteisen ja koneohjatun tierakennustyömaan välillä. Näiden lisäksi pystyttiin tekemään havaintoja eri menetelmillä syntyneestä laadusta ja työturvallisuudesta. Työmaaolosuhteet pyrittiin pitämään mahdollisimman samankaltaisena, siksi myös teiden rakentamiseen käytetty henkilöstö pysyi tutkimuksen aikana samana. (Fritz & Noon 2016, 1–6.)

Koneohjauksella projektin läpimenoaika oli 46 % nopeampi kuin perinteisellä tavalla rakennetulla. Pitkässä juoksussa tämä mahdollistaa urakoiden suuremman määrän toteuttamisen henkilöstömäärää nostamatta. Työkoneohjatut laitteet työskentelivät työmaalla 34 % vähemmän aikaa ja käyttivät polttoaineita 37 % vähemmän kuin perinteisellä menetelmällä. Työkoneiden tuntimäärät vaikuttavat vahvasti koneiden huolto- ja korjauskustannuksiin sekä elinikään. Koneohjauksella saavutettiin myös 31 % pienempi henkilötyötuntimäärä, jonka avulla voidaan jakaa henkilöstöresursseja tehokkaammin. (Fritz & Noon 2016, 20.)

Tutkimuksessa materiaalimenekkiä seurattiin leikkauksen, täytön, rakennekerrosten, asfaltin ja pintamaan osalta (taulukko 2). Toteutuneiden kaivuiden ja rakenteiden massamäärä verrattiin suunniteltuihin. Perinteisellä tavalla maaleikkausta tehtiin 10 % ylimääräistä, mikä johti myös rakennekerrosten määrien ylitykseen 13 %:lla. Myös asfaltin määrä karkasi 10 % suunnitellusta. Koneohjauksella suurin poikkeama oli 3 % rakennekerrosten massoissa, täyttöjä tehtiin 2 % suunniteltuja vähemmän ja muut massamäärät kasvoivat enintään 1 %:n suunniteltuihin nähden. (Fritz & Noon 2016, 6.)

Taulukko 2. Materiaalimenekki verrattuna suunniteltuun, missä 100 % vastaa suunniteltua määrää (Fritz & Noon 2016, 6).

	Perinteinen verrattuna suunniteltuun	Koneohjaus verrattuna suunniteltuun
Leikkaus	110 %	101 %
Täyttö	85 %	98 %
Rakennekerrokset	113 %	103 %
Asfaltti	110 %	101 %
Pintamaa	105 %	101 %

Laadullisia eroja havainnoitiin paikoittain asfaltin paksuudessa, joka johtui perinteisellä tavalla toteutetun kantavan kerroksen mittavirheistä. Poikkeamat laadussa vaikuttavat tien tasaisuuden lisäksi ylimääräisiin materiaalikustannuksiin ja tien elinikään. Työturvallisuuden vaikuttavia eroja huomattiin erityisesti maansiirtovaiheessa, kun perinteisellä menetelmällä rakentaessa ihmisiä liikkui paljon työn aikana koneiden läheisyydessä aiheuttaen vaaratilanteita. (Fritz & Noon 2016, 13–19.)

4 TIETOMALLIPOHJAINEN INFRARAKENTAMINEN VARSINAIS-SUOMESSA

4.1 Yleistä selvityksestä

Selvitykseen kuului haastatteluita, joiden tarkoituksena oli tuoda esiin tietomallintamiseen ja koneohjaukseen liittyviä muutoksia, kun siirrytään uuteen toimintatapaan. Kysymyksiin vastasi tilaajien, urakoitsijoiden ja koneohjausjärjestelmien toimittajan edustajia. Haastatteluissa tuli esiin infrarakentamisen eri osapuolien kokemuksia ja näkemyksiä mallinnukseen ja koneohjaukseen liittyen. Kaikilla osallistujilla ei ollut henkilökohtaista kokemusta tietomallien parissa työskentelystä, jolloin saatiin esiin myös ennakkokäsityksiä mallipohjaisesta toimintatavasta. Eri näkökulmia ja tietomallipohjaiseen rakentamiseen kytkeytyviä käsityksiä hyödynnettiin urakoitsijoille suunnatun kyselyn tekemisessä. Haastatteluista saaduilla tiedoilla voidaan myös mahdollisesti selittää kyselyn tuloksia ja tehdä johtopäätöksiä niiden syistä ja seurauksista.

Tietomallipohjaista infrarakentamista koskeva kysely lähetettiin 118 Varsinais-Suomen pienelle ja keskisuurelle infra-alan yritykselle. Kysymyksiin vastasi 17 yritystä, jolloin vastausprosentti kaikkia vastaajia koskevien kysymysten osalta on 14 %. Selvitykseen liittyvien haastatteluiden perusteella kyselyyn vastasi lähes kaikki alueella tietomallipohjaisesti infraa rakentavat yritykset, jolloin voidaan olettaa, että vastaajien joukko on kattava mallipohjaiseen rakentamiseen liittyvissä kysymyksissä. Perinteisellä tavalla rakentavien urakoitsijoiden otanta oli pieni, ja tässä suhteessa ei voida tehdä kyselyn perusteella yleistyksiä kokonaisjoukosta.

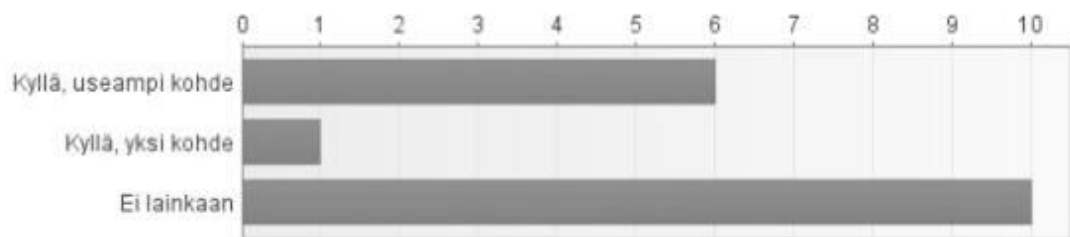
Selvityksessä haettiin faktatietojen lisäksi myös urakoitsijoiden mielipiteitä, jotka mahdollisesti vaikuttavat tietomallipohjaisen toimintatavan yleistymiseen. Tavoitteena oli saada käsitys alan paikallisesta yleisestä ilmapiiristä sekä asenteista tietomalleista ja koneohjauksesta.

4.2 Tietoa kyselyyn vastaajista

4.2.1 Yritysten luokittelu ja toimintatavat

Selvityksen kyselyyn vastaajista 7 edusti yrityksiä, joiden liikevaihto on alle 1 miljoonan euron. 1–2 ja 2–4 miljoonan euron liikevaihdolla toimivia yrityksiä oli molempia 4 kappaletta. Selvityksen suurimpia yrityksiä, eli yli 4 miljoonan euron liikevaihdon urakoitsijoita osallistui kyselyyn kaksi. Kaikki infrarakentamisen toimialat vesirakentamista lukuun ottamatta olivat kyselyssä edustettuina. Enemmistö yrityksistä toimi väylien ja kunnallistekniikan sekä pohjarakentamisen toimialoilla. Noin kolmannes vastaajista toimi ympäristörakentamisessa ja 2 urakoi taitorakenteita. (Liite 1, 1.)

Vastaajien määrä: 17



Kuvio 5. Vastaajien tietomallipohjaisen rakentamisen kokemus (Liite 1, 3).

Vastaajat voidaan selvästi jakaa kahteen eri toimintatapaan (kuvio 5). Kymmenellä kyselyyn osallistuneista yrityksistä ei ollut lainkaan kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta. Kuudella kokemusta oli jo kertynyt, sillä he olivat toimineet useammalla ainakin osittain mallipohjaisesti toimivalla rakennuskohteella. (Liite 1, 3.) Enemmistö pienistä yrityksistä toimi vain perinteisellä tavalla, suurimmista urakoitsijoista molemmat olivat hankkineet tietomallikokemusta (liite 2, 3). Ainoastaan yksi yritys oli toiminut vain yhdellä mallipohjaisella työmaalla, joka kertoo osaltaan kahtiajakautuneisuudesta perinteisen ja tietomallipohjaisen toimintatavan välillä (liite 1, 3).

4.2.2 Yritysten tietomalliosaaminen

Tietomallipohjaisen toiminnan kokemattomuus näkyi suunnittelu- ja mittausosaamista kartoittavissa kysymyksissä, sillä enemmistö yrityksistä oli sitä mieltä, että heillä ei ole

lainkaan osaamista tai osaamisen taso näillä osa-alueilla on heikko. Tässä kategoriassa suuremmat yritykset olivat arvioineet osaamistaan pieniä yrityksiä paremmaksi. (Liite 2, 4.) Urakoitsijoille nämä osaamisalueet eivät ole aivan välttämättömiä, mutta tietotaito auttaisi todennäköisesti tietomallipohjaisen rakentamisen käyttöönotossa ja toimintatavan kokonaisuuden ymmärtämisessä.

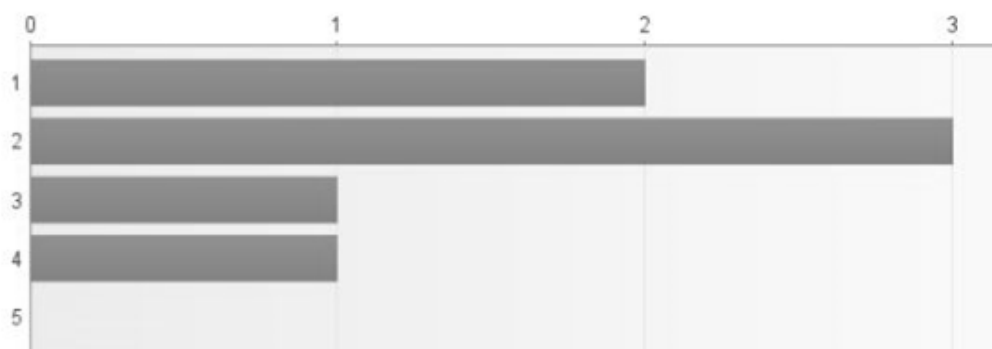
Noin puolet yrityksistä oli vastannut tietomalliosaamisen olevan tällä hetkellä vain ostopalveluna esimerkiksi mittausyrityksen kautta (liite 1, 4). Tällä tarkoitetaan lähinnä sitä, että usein perinteisistä suunnitelmista tehdyt koneohjausmallit tuotetaan mittauspalveluyritysten kautta, eikä urakoitsijan omana suunnitteluna.

4.3 Kokemukset ja hyöty tietomallipohjaisesta rakentamisesta

4.3.1 Tietoa tietomallipohjaisesti rakentavista yrityksistä

Kyselyyn vastasi 7 yritystä, joilla oli kokemusta mallipohjaisesta rakentamisesta. Pienillä ja suuremmilla yrityksillä ei ollut keskenään mainittavaa eroa tietomallikokemuksessa. Kaikista liikevaihtoluokista löytyi yrityksiä, joilla oli 4 vuotta tai pidempi kokemus mallipohjaisesta rakentamisesta, ja vastaavasti vähemmän kokeneet yritykset jakautuvat tasaisesti eri kokoluokkiin. (Liite 2, 5.)

Vastaajien määrä: 7



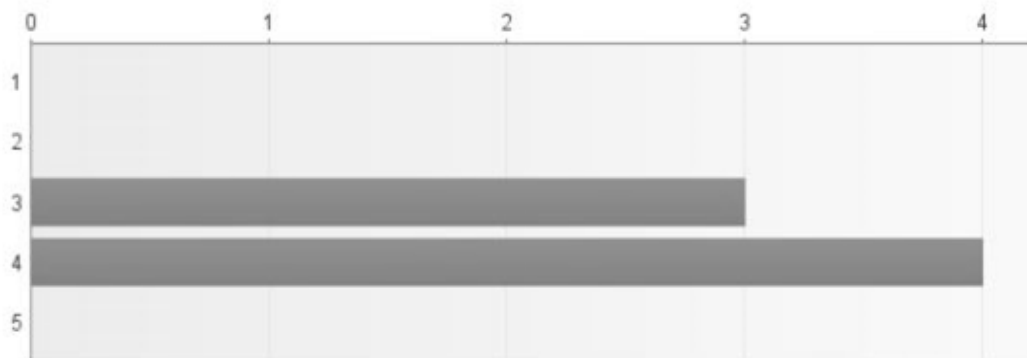
Kuvio 6. Tietomalli- ja koneohjausosaamisen jakautuminen yrityksen henkilöstön välillä (1 osaamista vain yhdellä – 5 osaamista kaikilla); (liite 1, 8).

Tietomalli- ja koneohjausosaaminen oli yrityksiin sisällä keskittynyt useimmiten vain yhteen tai muutamaan työntekijään (kuvio 6). Osaamisen jakautuminen useammalle työntekijälle katsottiin toteutuvan vasta henkilöstöikärakenteen muuttuessa ja toimintatavan arkipäiväistyessä (liite 1, 11). Mahdollisesti tästä syystä urakoitsijat olivat sitä mieltä, että tilaajan tulisi toimittaa mallipohjaisissa hankkeissa myös paperiset suunnitelmat mallien lisäksi (liite 1, 7).

4.3.2 Toimintatavan käyttöönotto ja ongelmat

Tietomallipohjaisen toimintatavan käyttöönotto koettiin kohtalaisen helpoksi. Varsinkin ne yritykset, joilla oli 5 vuotta tai enemmän kokemusta mallipohjaisesta työskentelystä muistelivat sen olevan mutkatonta. (Liite 4, 8.) Kyselyssä ei eritelty koneohjausjärjestelmien toimittajia toisistaan, mutta yleisesti urakoitsijat ovat olleet järjestelmiin tyytyväisiä (kuvio 7).

Vastaajien määrä: 7



Kuvio 7. Yritysten käyttämien koneohjausjärjestelmien toimivuus (1 huonosti – 5 täydellisesti); (liite 1, 8).

Vaikka järjestelmät ovat toimineet hyvin, yksikään vastaajista ei kuitenkaan todennut koneohjauksen toimivan täydellisesti, mihin voi vaikuttaa itse järjestelmän lisäksi monta muutakin seikkaa, kuten satelliittipaikannuksen toimivuus. Yritykset ovat kokeneet pahimmillaan lievästi työn edistymistä haittaavia ongelmia koneohjauksen tai muiden tietomalliasioiden vuoksi. Useimmat yrityksistä raportoivat ongelmia olevan kuukausittain. (Liite 1, 8–10.)

4.3.3 Kokemukset koneohjauksen ja tietomallien hyödyistä

Koneohjauksen ja tietomallien käytön taloudellinen hyöty yrityksille oli lievästi ongelmista huolimatta huomattavaa (taulukko 3). Etu oli enemmän sidonnainen yrityksen kokemuksen määrään kuin yrityksen kokoon, jolloin pidempään tietomallipohjaisesti rakentaneet urakoitsijat hyötyvät siitä enemmän kuin vähemmän kokeneet yritykset. Sidonnaisuus kokemukseen tuli ilmi myös tehokkuudellisessa hyödyssä, jossa jakauma oli vahvasti samankaltainen taloudellisen edun kanssa. (Liite 4, 6.) Myös perinteisellä tavalla rakentavat yritykset ilmaisivat koneohjauksen tuovan lisää tehokkuutta rakentamiseen (liite 3, 12). Selvityksen haastattelukierroksella moni infra-alalla työskentelevä mainitsi koneohjauksen paremman tehokkuuden tulevan esiin erityisen hyvin rakentamattomalla alueella. Saneeraustyömaillakin rakennetussa ympäristössä koneohjaus voi tuoda hyötyä niiden mielestä, joilla oli tietomallirakentamisesta kokemusta. (Liite 3, 17.)

Taulukko 3. Koneohjauksen ja tietomallien hyöty yrityksille (1 ei lainkaan – 5 merkittävä) (liite 1, 7).

Vastaajien määrä: 6

	1	2	3	4	5	Yhteensä	Keskiarvo
Taloudellinen	1	0	1	3	1	6	3,5
Tehokkuus	0	1	0	3	2	6	4
Laatu/työnjohto (esim. määrälaskenta, laadunvarmistus)	0	1	1	3	1	6	3,67
Työturvallisuus	1	1	2	1	1	6	3
Yhteensä	2	3	4	10	5	24	3,54

Laadun ja työnjohdon osalta tietomalleja voidaan käyttää esimerkiksi määrälaskentaan ja -seurantaan sekä erilaisiin laadunvarmistusmenetelmiin. Tästä näkökulmasta katsottuna tietomalleista ja koneohjauksesta saadaan vastaajien mukaan huomattavaa apua rakentamiseen (taulukko 3). Tässäkin kategoriassa kokemuksen määrällä oli vaikutusta vastaustuloksiin. Kokeneemmat vastasivat saavansa tietomalleista laadullista ja työnjohdon arkea hyödyttävää tukea enemmän kuin vähän kokeneet yritykset. (Liite 4, 6.)

Tietomallipohjaisen rakentamisen vaikutus työturvallisuuteen nähtiin vaimeammaksi kuin talouden ja laadun osa-alueissa (taulukko 3). Yrityksen tulokselliseen toimintaan vaikuttavat hyödyt olivat selkeästi positiivisia, kun taas työturvallisuushyödyn määrä jakautui tasaisesti eri tasoille (liite 1, 7). Tässäkin suhteessa kokeneemmat koneohjausta

käyttävät yritykset tunnistivat työturvallisuuteen vaikuttavat hyödyt vahvemiksi kuin ne urakoitsijat, jotka olivat vähemmän aikaa rakentaneet tällä menetelmällä (liite 4, 7).

Yhteenvedona voidaan todeta, että urakoitsijat ovat olleet tietomallipohjaiseen toimintatapaan tyytyväisiä ja saaneet tuntuvaan etua sen käyttöönotosta. Tyytyväisyys näkyi myös yritysten tulevaisuuden suunnitelmissa, sillä kaikki mallipohjaisesti rakentavat ai-koivat käyttää jatkossakin tietomallinnusta ja koneohjausta. (Liite 1, 10.)

4.3.4 Vaikutukset henkilöstöresursseihin ja ostopalveluihin

Tietomallipohjaisella toimintatavalla ei vastaajien mukaan ole ollut vaikutusta yritysten omiin henkilöstöresursseihin. Henkilöstömäärän ja työtuntien lisäävän tai vähentävän vaikutuksen oli kokenut yhteensä 2 vastaajaa. Loput 5 tietomallipohjaisesti toimivista yrityksistä kertoi, että toimintatavalla ei ole merkitystä resursseihin. (Liite 1, 9.) Yritysten käyttämien ostopalvelujen, kuten mittauspalveluiden katsottiin vähenevän tietomalleja ja koneohjausta käytettäessä, sillä viisi seitsemästä oli tällä kannalla (kuvio 8); (liite 1, 9). Myös urakoitsijoiden haastatteluissa tuli esiin sama tulos. Mittaustöiden väheneminen johtuu siitä, että koneohjatulla työmaalla ei tarvita perinteistä mittapaalutusta.

Vastaajien määrä: 7



Kuvio 8. Tietomallipohjaisen toimintatavan vaikutus ostopalveluiden määrään (liite 1, 9).

Kyselyssä pyrittiin saamaan tietoa myös siitä, onko yrityksillä ollut vaikeuksia saada aliurakoitsijoita tietomallipohjaisille työmaille. Kaksi vastaajaa kertoi saatavuuden olevan huono. Yksi mainitsi huonon saatavuuden vuoksi vältelleensä aliurakoitsijoiden käyttämistä, ja toinen ilmoitti heidän työskentelevän ilman koneohjausta. Kolme yritystä ei ollut kohdannut vaikeuksia aliorakoinnin hankkimisessa. (Liite 1, 9.)

4.4 Investoinnit tietomallipohjaiseen infrarakentamiseen

4.4.1 Investoinnit koneohjaus- ja paikannusjärjestelmiin

Vastaajat jakaantuivat tasaisesti kysyttäessä, että vaatiiko tietomallipohjaiseen rakentamiseen siirtyminen liikaa taloudellisia panostuksia hyötyihin nähden (taulukko 4). Tietomallipohjaisesti rakentavat urakoitsijat näkivät panostukset kannattaviksi useammin kuin perinteisellä tavalla toimivat yritykset. (Liite 3, 12.)

Taulukko 4. Vastaajien mielipiteet taloudellisista panostuksista hyötyihin nähden siirryttäessä tietomallipohjaiseen rakentamiseen (liite 3, 12).

Siirtyminen tietomallipohjaiseen rakentamiseen vaatii liikaa taloudellisia panostuksia hyötyihin nähden	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Samaa mieltä	2	1	6
Eri mieltä	4	0	3
Keskiarvo	1,67	1	1,33

Urakoitsijoiden yleisin investointikohde oli koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, joka oli kaikilla vastaajilla käytössä. Monilla yrityksistä oli koneohjausjärjestelmiä useammassa kuin yhdessä kaivinkoneessa, osalla järjestelmiä oli vähintään joka kolmannessa koneista. Kenelläkään vastaajista ei ollut koneohjausjärjestelmiä muissa työkoneissa kuin kaivinkoneissa. (Liite 1, 2–6.)

Koneohjausjärjestelmien paikannusmenetelmät jakautuivat tasaisesti tukiasema-RTK:n ja verkko-RTK:n välille; vain yhdellä urakoitsijalla oli käytössä takymetrillä toimiva järjestelmä (liite 1, 6). Vaikka oman tukiaseman käyttö tulee pidemmällä aikavälillä edullisemmaksi, voi tässä tietomallirakentamisen murrosvaiheessa olla varsinkin pienempien yritysten järkevämpää käyttää verkko-RTK:ta paremman joustavuuden vuoksi. Tätä näkemystä tukee myös se seikka, että kaikki tulevat urakat eivät välttämättä ole tietomallipohjaisia, jolloin tukiasemalle ei olisi jatkuvaa käyttöä. Vastaavasti verkko-RTK-järjestelmä voi tulla tukiasemaa kalliimmaksi jo yhden pitkäkestoisen urakan aikana, ja käytettäessä omaa tukiasemaa saadaan parempi paikannuksen virheiden hallinta.

4.4.2 Muut investoinnit

Neljä tietomallipohjaisesti rakentavista urakoitsijoista oli hankkinut GPS-mittauskalustoa, jota voidaan käyttää työmaalla esimerkiksi työn edistymisen seurantaan varten. Muita yleisiä investointeja olivat tietomalleihin liittyvät ohjelmistot, joita voidaan käyttää eri tarkoituksiin. (Liite 1, 6.) Katseluohjelmalla voidaan tarkastella valmiita suunniteltuja malleja, ja suunnitteluohjelmalla voidaan itse suunnitella ja muokata tietomalleja. Tällä hetkellä mallipohjaisia suunnitelmia ei ole rakennuskohteista aina saatavilla, jolloin urakoitsija voi itse muuttaa suunnitteluohjelmalla paperiset suunnitelmat malleiksi koneohjausta varten.

Koulutukseen oli panostanut vain yksi yritys, mihin vaikuttaa vahvasti se, että sopivaa koulutusta ei ole riittävästi saatavilla (liite 1, 6). Koneohjausjärjestelmien toimittajat ohjeistavat oman järjestelmänsä käyttöön, mutta sitä ei voida luokitella varsinaiseksi koulutukseksi. Yksittäisiä lyhyitä koulutuksia aiheesta järjestetään ajoittain, mutta tieto näistä ei välttämättä ole saavuttanut urakoitsijoita tai koulutuspaikan kaukainen sijainti on ollut mahdollisesti este osallistumiselle. Kaikki vastaajat olivat sitä mieltä, että tietomalleihin ja koneohjaukseen liittyvää opetusta tulisi järjestää enemmän. (Liite 1, 11.)

4.5 Mielipiteet ja näkemykset tietomallipohjaisesta infrarakentamisesta

4.5.1 Tietomallintamisen tilanne tällä hetkellä

Tietomallintaminen oli kyselyn tulosten mukaan saavuttanut pysyvän jalansijan, eikä voida puhua enää ohimenevästä muoti-ilmiöstä. Tietomalleihin panostamista ei myöskään nähty useimpien yritysten mielestä turhana. Vastaajat olivat vahvasti myös sitä mieltä, että tietomallien käyttö tulee seuraavan 5 vuoden aikana yleistymään merkittävästi. Tähän valmistautuneena 9 yritystä kertoikin olevansa valmis tietomallipohjaiseen hankkeeseen tarvittaessa. Toisaalta 4 urakoitsijaa arvioi, ettei heidän kannata siirtyä uuteen toimintatapaan ennen kuin on pakko. Vastaajista 7 totesi tietomallintamisen käytön ja järjestelmien olevan vielä liian keskeneräisiä toimintatavan käyttöönottoa varten. (Liite 1, 11–12.)

4.5.2 Tietomallipohjaisen rakentamisen edut

Tietomallien hyötyjä kyselyyn osallistujat näkivät monissa eri osa-alueissa. Työnjohtoa koskevissa kysymyksissä he arvioivat tietomallien auttavan työn suunnittelussa ja tarjouslaskennassa. Yleisesti ottaen kaikkien vastaajien mielestä hyvä tietomalli helpottaa työnjohdon tehtäviä. Erityisesti havainnollistaminen nousi esiin tärkeänä osana tietomallinnusta. Vastaajat kokivat tietomallien helpottavan myös yhteistyötä eri osapuolien kanssa rakentamisen aikana. (Liite 1, 11–12.)

Rakentamisen laadusta oltiin vahvasti eri mieltä riippuen yrityksen toimintatavasta (taulukko 5). Tietomallipohjaisesti rakentavien mielestä koneohjaus tuottaa parempaa laatua kuin perinteisesti mittapaaluilla toteutettu rakentaminen. Tätä väitettä vastusti 6 perinteisellä tavalla toimivista yrityksistä. (Liite 3, 16.)

Taulukko 5. Vastaajien mielipiteet koneohjauksella toteutetun rakentamisen laadusta (liite 3, 16).

Tietomallipohjainen rakentaminen on laadukkaampaa kuin perinteinen	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Samaa mieltä	5	0	2
Eri mieltä	1	1	6
Keskiarvo	1,17	2	1,75

Koneohjauksen hyöty pienillä työmailla jakoi mielipiteitä. Tietomallipohjaisesti toimivista urakoitsijoista 5 oli sitä mieltä, että siitä on hyötyä, kun taas perinteiset rakentajat kiistävät väitteen. (Liite 3, 15.) Haastatteluissa koneohjausta käyttävät urakoitsijat kertoivat, etteivät näe estettä sen käyttämiselle pienellä työmaalla, mutta etu kasvaa isommille työmaille siirryttäessä, kun liikuteltavat massamäärät ovat suurempia.

4.5.3 Toimintatavan käyttöönoton esteet

Tietomallipohjaisen toimintatavan käyttöönotossa nähtiin jonkun verran ongelmia edellä mainittujen havaintojen lisäksi. Opettelu tietomallien ja koneohjauksen käyttöön oli 5 yrityksen mielestä liian vaivalloista. Tosin tämä vaikuttaa olevan vain asennekysymys,

koska koneohjausta käyttävät urakoitsijat olivat asiasta eri mieltä. Samankaltaisia tuloksia saatiin myös työmaan kokonaisuuden hahmottamisesta ilman mittapaaluja, sillä 8 vastaajaa koki sen vaikeammaksi kuin mittapaalujen kanssa. Useimmat tietomallipohjaisesti rakentavista yrityksistä olivat tästäkin asiasta toista mieltä. (Liite 3, 12–14.)

Suunnittelun laatuun urakoitsijat suhtautuivat tietomalliasioissa negatiivisemmin kuin muihin asioihin. Suunnittelijoiden osaaminen vaikutti vastaajien kokemuksen mukaan olevan huono, sillä vain 3 oli sitä mieltä, että heidän tietomalliosaaminen on riittäväällä tasolla. Mahdollisesti tämän seurauksena vain 6 yritystä piti tietomallia parempana kuin paperista suunnitelmaa. (Liite 1, 11.)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Tietomallipohjaisen toimintatavan käyttöönoton edistäminen

Kyselyn tuloksista voidaan päätellä, että koneohjausta käyttävät urakoitsijat saavat monenlaisia hyötyjä toimintatavan vuoksi. Useimmilla yrityksillä edut ovat erityisesti talouteen ja tehokkuuteen liittyviä, jotka vaikuttavat ratkaisevasti työn tekemiseen. Edullisemmalla työmenetelmällä saavutetaan parempi kilpailukyky, joka urakkakilpailun kautta alentaa myös tilaajan kustannuksia. Koneohjauksella vaikutetaan myös infrarakenteiden laatuun positiivisella tavalla, joka hyödyttää pidemmällä aikavälillä niiden käyttäjiä, omistajia ja ylläpidosta vastaavia tahoja. Näiden syiden vuoksi Turun Kiinteistöliikelaitos haluaa ottaa tietomallipohjaisen toimintatavan käyttöön.

Kiinteistöliikelaitoksella on paikallisena infraurakoiden tilaajana mahdollisuus edistää tietomallipohjaisen toimintatavan käyttöönottamista. Uuden tekniikan pitäisi olla laajasti käytössä ja hyödyttää kaikkia alan toimijoita, jolloin voidaan kehittää uudenlaisia toimintamalleja ja käytäntöjä. Tietomallien avulla voidaan hyödyntää toteumamalleista saatuja tietoja urakan laadullisessa hyväksymisessä ja urakan luovutusaineiston kehittämisessä. Digitaalista luovutusaineistoa voidaan käyttää urakan luovutuksen jälkeen esimerkiksi ylläpidon tehtävissä ja mahdollisesti kohteelle tulevaisuudessa tehtävien rakenteiden suunnittelun lähtötietona.

5.2 Käyttöönoton ongelmien ratkaiseminen ja esteiden ylitsepääseminen

Moniin selvityksessä esiin tulleisiin ongelmiin on alettu jo toteuttaa ratkaisuja. Inframallinnukseen on kehitteillä buildingSMART Finlandin toimesta entistä paremmat ohjeistukset Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015:n korvaajiksi. Ohjeet tulevat todennäköisesti toimimaan paremmin keskenään, muodostamaan ehjemmän kokonaisuuden sekä vastaamaan uusimpia vakiintuneita käytäntöjä. Ohjeiden uudistamisella on vaikutusta kyseeseen vastanneiden ongelmiin, kuten suunnittelun tuottamien mallien laatuun. Suuremmissa mittakaavassa uusien ohjeiden avulla saadaan koko tietomallinnusprosessiin yhdenmukaisempia toimintoja, jotka ovat käytännössä todettu parhaiksi menetelmiksi. Inframodel 4 -formaatti on myös tällä hetkellä kehitysvaiheessa. Inframodelin tuomat muutokset eivät varmaan paljon vaikuta urakoitsijan työtehtäviin, mutta niiden avulla voidaan

tuottaa entistä laadukkaampia ja yksityiskohtaisempia suunnitelmia, kun tiedostomuodon ominaisuudet lisääntyvät.

Tietomallipohjaisesti toimivien yritysten hyvät kokemukset viestivät, että perinteisellä menetelmällä rakentavien yritysten ennakkoluulot toimintatavan hankalasta käyttöön-otosta ja sen tuomista muutoksista rakentamiseen ovat yleisellä tasolla aiheettomia. Samoin koneohjauksen tuoma hyöty oli tietomallirakentajien mielestä suurempi kuin taloudelliset panostukset järjestelmään. Tietysti vastaajat voivat olla sillä tavalla oikeassa, että juuri kyseiselle yritykselle toimintatavan käyttöönotto ja taloudelliset panostukset voivat luoda ongelmia. Nämä pitäisi kuitenkin nähdä investointeina, jotka maksavat itsensä takaisin pitkällä aikavälillä.

Paikallisten koulutusorganisaatioiden ja muiden julkisten toimijoiden tulisi pureutua tietomalleihin liittyvään koulutukseen, jotta saadaan alalle tarpeeksi ammattilaisia, jotka osaavat käyttää malleja. Tällä hetkellä rakennusalan tietomalliopetusta ei ole 3. asteen koulutustasolla vielä saatavilla Varsinais-Suomessa.

Lähitulevaisuudessa koneohjausjärjestelmien paikannuksen toimivuus tulee todennäköisesti varmemmaksi Galileo- ja BeiDou/Compass-satelliittipaikannusjärjestelmien käyttöönoton yhteydessä, kun paikannukseen käytettävien satelliittien määrä kasvaa. Galileo-järjestelmän satelliittien lentorata on Suomen sijainnille suotuista, koska ne lentävät korkeammassa kulmassa maasta katsottuna, eli pohjoisempaan, ja tavoittavat näköyhteyden vastaanottimiin vanhoja satelliitteja paremmin. Edellytyksenä paikannusjärjestelmien toimivuuden paranemiselle on koneohjausjärjestelmien yhteensopivuus näiden uusien satelliittien kanssa.

5.3 Ehdotuksia toimintatavan käyttöönottoon

Johdonmukaisen toiminnan vuoksi Kiinteistöliikelaitoksen infrapalveluiden siirtyminen tietomallipohjaiseen toimintatapaan tulisi tehdä harkituin vaihein. Tavoite tulisi pitää näkyvästi esillä ja tuoda henkilöstölle ja alueen urakoitsijoille tietoa hankkeen edistymisestä, jolloin myös nämä osapuolet osaavat ottaa asian huomioon.

Kiinteistöliikelaitoksen infrapalveluilla on ollut muutamia osittain tietomallipohjaisia pilotihankkeita, joissa on käytetty tietomalleja ja koneohjausta. Tulevia infrahankkeita tulisi arvioida kriittisesti siltä kannalta, että soveltuvatko ne hyvin koneohjaukseen. Pilotti-

hankkeeksi ei kannata valita kohdetta, jossa koneohjauksen hyöty jää selvästi potentiaalista tasoa alhaisemmaksi. Pilottihankkeiden toteuttamista tulee kuitenkin jatkaa sellaisten urakoitsijoiden kanssa, joilla ei ole kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta, koska se on ainoa konkreettinen tapa saada lisää kokemusta aiheesta.

Urakoitsijat olivat vahvasti sitä mieltä, että tilaajan pitäisi toimittaa tietomallipohjaiseen hankkeeseen paperiset suunnitelmat tietomallien lisäksi. Tämä vaikuttaa hyvältä ratkaisulta toimintatavan käyttöönoton siirtymävaiheessa, jolloin annetaan hankkeen eri osapuolille aikaa opetella tietomallien käyttämistä. Paperiset suunnitelmat voivat auttaa myös rakentamistöiden jatkumista sähkökatkosten aikana tai tietoteknisten ongelmien sattuessa.

Tietomallipohjaiset hankkeet tuottavat paljon digitaalista toteumatietoa, jota ei kannata muuttaa suuren työmäärän vuoksi perinteiseksi luovutusaineistoksi. Digitaalisessa muodossa oleville aineistoille pitäisi löytää toimiva arkistointipaikka ja -menetelmä, joiden avulla tietoa voidaan käyttää jatkossa helposti hyödyksi. Urakoista saatavia mittaustietoja voitaisiin päivittää suoraan erilaisiin rekistereihin ja paikkatietojärjestelmiin, eikä tarvittaisi erillistä mittausryhmää kartoittamaan kohdetta rakentamisen jälkeen. Vesihuoltojärjestelmän osat ja muut maanalaiset rakenteet voisi olla mahdollista toimittaa suoraan kolmiulotteisina malleina esimerkiksi johtokarttajärjestelmään.

Muita digitaalisen luovutusaineiston käyttömahdollisuuksia tulisi selvittää esimerkiksi ylläpidon tehtävissä. Selvityksen haastatteluissa useat alan toimijat näkivät ylläpitomallin idean järkevänä siitä näkökulmasta, että se helpottaa yksinkertaisten korjaustöiden prosessia. Nykyhetkellä ei ole aina tietoa korjausta vaativan rakenteen tai esineen ominaisuuksista, jolloin on tarve käydä itse paikalla tarkastamassa tilanne. Ajantasaisena pidetyn ylläpitomallin avulla korjaukseen tarvittavat tiedot saadaan suoraan mallista, jolloin vältytään useammalta maastokäynniltä.

LÄHTEET

Alanen, J. 2000. CAN – ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisiväylä. VTT Automaatio, koneautomaatio. Tampere: Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT.

BuildingSMART Finland 2016. InfraBIM-nimikkeistö v. 1.6. buildingSMART Finland.

BuildingSMART Finland 2017a. Yleiset inframallivaatimukset. Viitattu 22.3.2017 <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>.

BuildingSMART Finland 2017b. Inframodel 4 – uudet osat ja ominaisuudet. Viitattu 13.1.2017 http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel_4_uudet_osat.pdf.

Eastman, C; Teicholz, P; Sacks, R. & Liston, K. 2011. BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors – second edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Fritz, L. & Noon, T. 2016. Comparison report – Caterpillar jobsite information study. The road to profitability: A payoff comparison of traditional vs. technology utilization in road construction. Viitattu 3.3.2017 <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20160721-09152-56271>.

GIS Geography 2017. Trilateration vs Triangulation – How GPS Receivers Work. Viitattu 17.1.2017 <http://gisgeography.com/trilateration-triangulation-gps/>.

Henttinen, T. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 1: Yleinen osuus. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.

Infrakit 2016. Koneohjausjärjestelmät. Viitattu 10.2.2017 <http://wiki.infrakit.com/doku.php?id=fi:mcs>.

Jaakkola, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 12: Inframallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa; 12.1. Maanrakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä. buildingSMART Finland.

Janhunen, N; Pienimäki, M. & Parantala, S. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 4: Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa. buildingSMART Finland.

Junno, V. 2015. Kaivukoneen liikkeitä ohjaavien laitteiden toiminta ja ohjaus koneohjausjärjestelmällä. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Karjalainen, J. 2016. Koneohjaustukiaseman perustaminen. Opinnäytetyö. Rovaniemi: Lapin ammattikorkeakoulu.

Kemppainen, L. & Liukas, J. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 2: Yleiset mallinnusvaatimukset. buildingSMART Finland.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4., uudistettu painos. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Rainio, A. 2014. Uudistuva satelliittinavigointi, PRS-signaalin hyödyntäminen. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 11/2014. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö.

Liikennevirasto 2014. Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje. Liikenneviraston ohjeita 21/2014. Helsinki: Liikennevirasto.

- Liukas, J. 2013. Inframodel käyttöönotto-ohje versio 1.0. PRE InfraFINBIM 2013. Viitattu 11.1.2017 http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/Inframodel3-kayttoohje.pdf.
- Liukas, J. & Virtanen, J. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 3: Lähtötiedot. buildingSMART Finland.
- Luoma, S. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 10: Havainnollistaminen. buildingSMART Finland.
- Maanmittauslaitos 2017. Satelliittimittaus eli GPS-mittaus. Viitattu 17.1.2017 <http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/koordinaatti-korkeusjarjestelmat/etrs89-euref-fin/satelliittimittaus-eli-gps-mittaus>.
- Nieminen, J.-M. 2011. Koneohjaus maanrakennustyössä. Opinnäytetyö. Lappeenranta: Saimaan ammattikorkeakoulu.
- Niskanen, J. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 1: Tietomallipohjainen hanke. buildingSMART Finland.
- Novatron 2017. Xsite Easy Xsite PRO – Kaivinkoneen 2D- ja 3D-koneohjausjärjestelmät. Viitattu 20.3.2017 <http://www.xsitemachinecontrol.com/brochure-fi-web.pdf>.
- Paikkatietokeskus 2017. Paikannussatelliittijärjestelmät. Viitattu 17.1.2017 <http://www.fgi.fi/fgi/fi/teemat/paikannussatelliittij%20C3%A4rjestelm%20C3%A4t>.
- Palviainen, P. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 5: Rakennemallit; 5.3 Maanrakennustöiden toteumamallin laadintaohje. Versio 0.9 koekäyttöön ja pilotointiin. buildingSMART Finland.
- Partiainen, A. & Suntio, V. 2017. Digitaalinen luovutusaineisto. Pilottiprojektin loppuraportti 30.1.2017. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2017. Helsinki: Liikennevirasto.
- RIL 2017. Tietomallinnus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. Viitattu 17.2.2017 <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>.
- Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto. Versio 0.7. Helsinki: InfraBIM.
- Snellman, S. & Suntio, V. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 5: Rakennemallit; 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje. buildingSMART Finland.

Tietomallikysely urakoitsijoille - Perusraportti

1. Vastaajan tiedot

Vastaajien määrä: 17

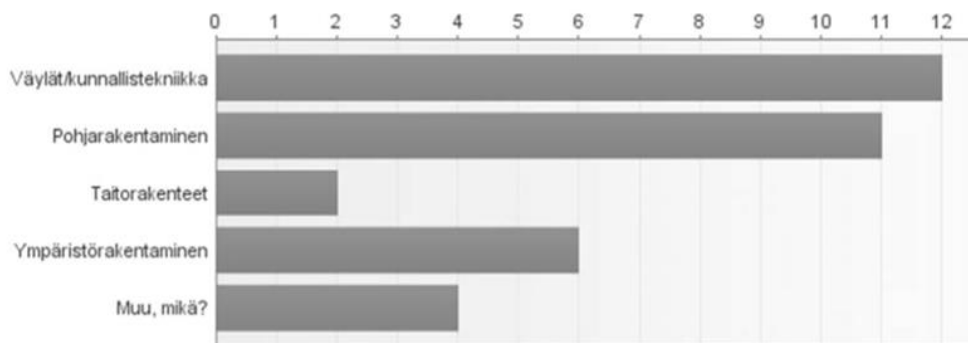
2. Yrityksen liikevaihto

Vastaajien määrä: 17



3. Yrityksen toimiala

Vastaajien määrä: 17

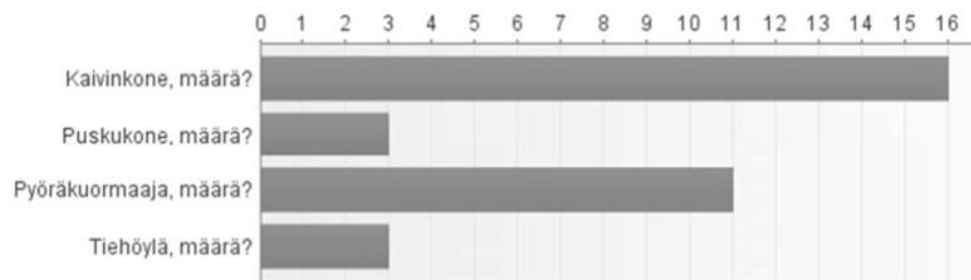


Avoimet vastaukset: Muu, mikä?

- salaoja/piharakentaminen
- asfaltti
- Kaapeliverkostot
- kuljetus- ja kaivupalvelut

4. Yrityksen kalusto

Vastaajien määrä: 16



Avoimet vastaukset: Kaivinkone, määrä?

- 12
- 1
- 1
- 2
- 1
- 4
- 11
- 7
- 1
- 6
- 14
- 9
- 4
- 8
- 5
- 5

Avoimet vastaukset: Puskukone, määrä?

- 1
- 0
- 1

Avoimet vastaukset: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 1
- 2
- 1
- 1
- 1

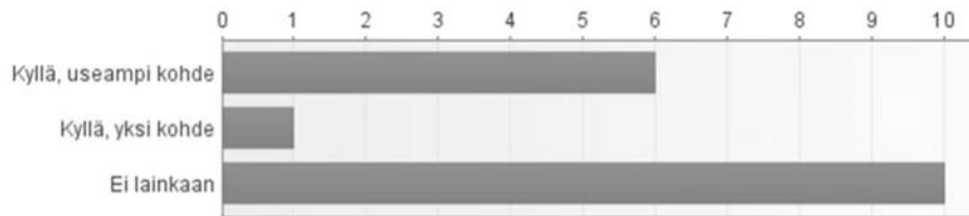
- 2
- 32
- 2
- 3
- 3
- 1

Avoimet vastaukset: Tiehöylä, määrä?

- 1
- 0
- 1

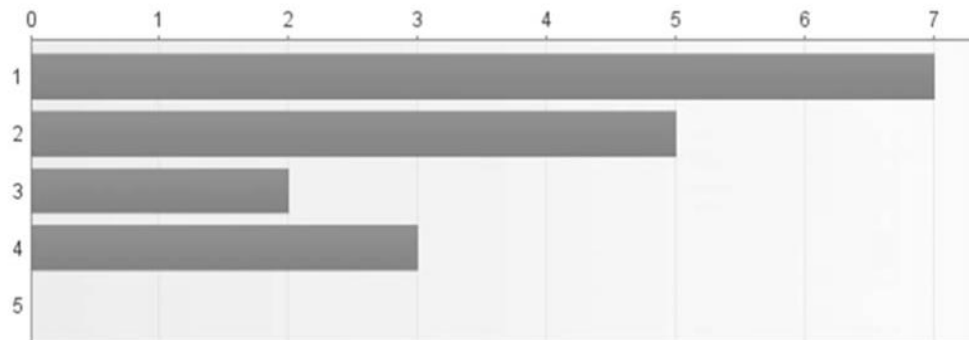
5. Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?

Vastaajien määrä: 17



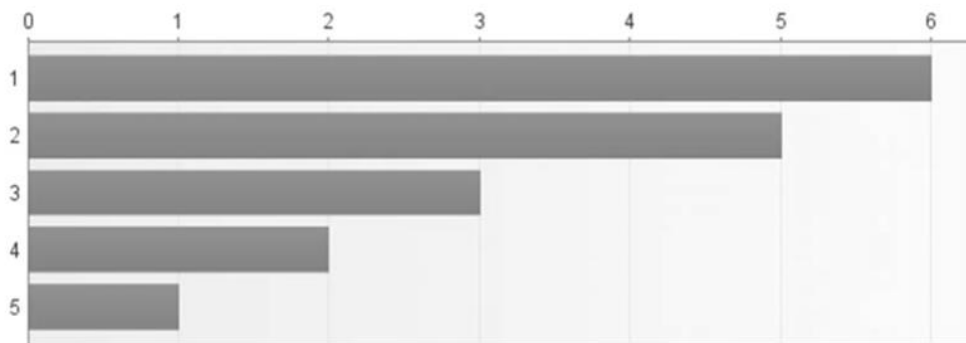
6. Arvioi yrityksenne tietomallisuunnitteluun liittyvää osaamista (1 Ei lainkaan - 5 Täydellinen)

Vastaajien määrä: 17



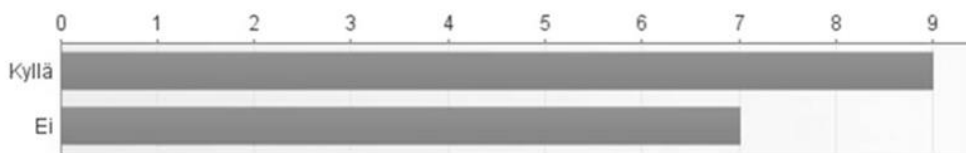
7. Arvioi yrityksenne tietomallipohjaista mittausosaamista (1 Ei lainkaan - 5 Täydellinen)

Vastaajien määrä: 17



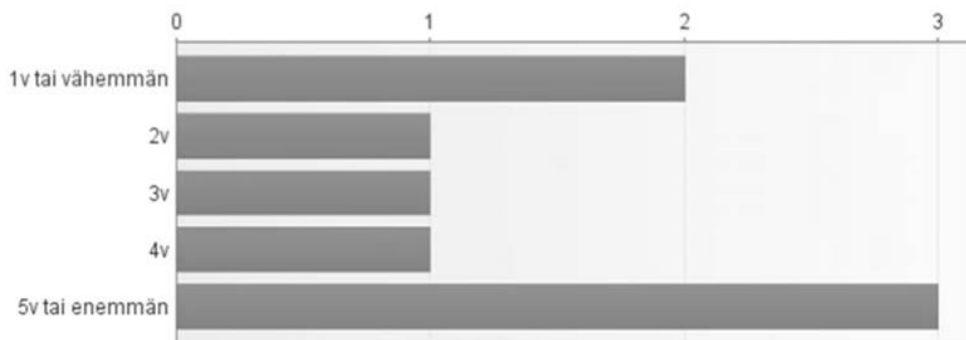
8. Yrityksen tietomalliosaaminen on tällä hetkellä vain ostopalveluna esim. mittausyrityksen kautta

Vastaajien määrä: 16



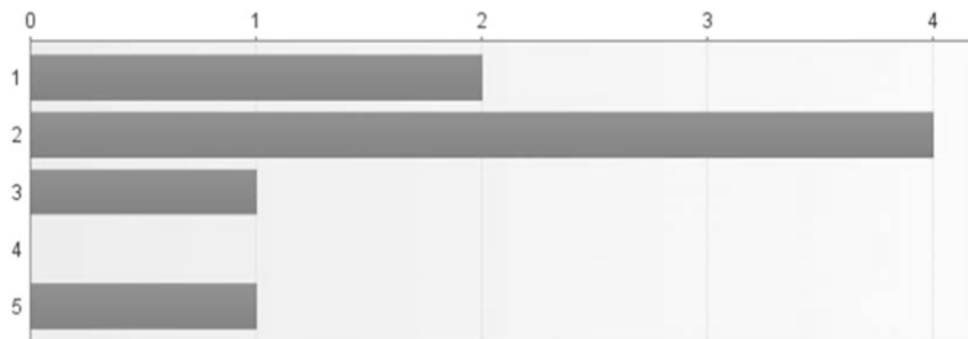
9. Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?

Vastaajien määrä: 8



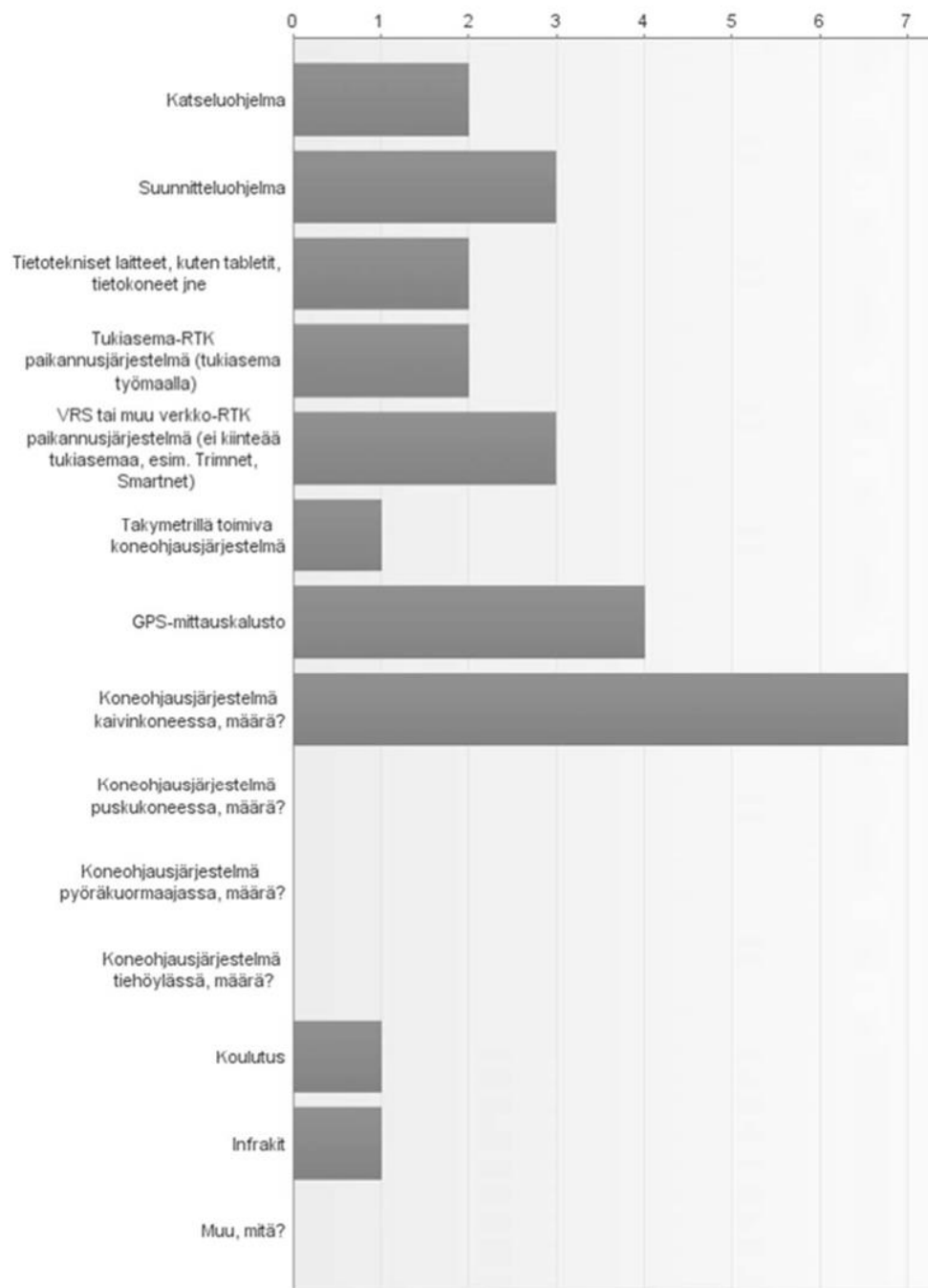
10. Kuinka suuri osa yrityksen rakentamisesta on tällä hetkellä tietomallipohjaista? (1 Ei lainkaan - 5 Kokonaan)

Vastaajien määrä: 8



11. Yritys on investoinut seuraaviin asioihin tietomallipohjaiseen rakentamiseen siirryttäessä

Vastaajien määrä: 7



Avoimet vastaukset: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 1
- 5
- 1
- 2
- 1
- 3

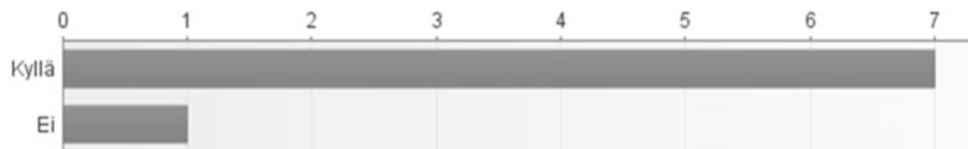
12. Koneohjauksen ja tietomallien hyöty yritykselle (1 Ei lainkaan - 5 Merkittävä)

Vastaajien määrä: 6

	1	2	3	4	5	Yhteensä	Keskiarvo
Taloudellinen	1	0	1	3	1	6	3,5
Tehokkuus	0	1	0	3	2	6	4
Laatu/työnjohto (esim. määrälaskenta, laadunvarmistus)	0	1	1	3	1	6	3,67
Työturvallisuus	1	1	2	1	1	6	3
Yhteensä	2	3	4	10	5	24	3,54

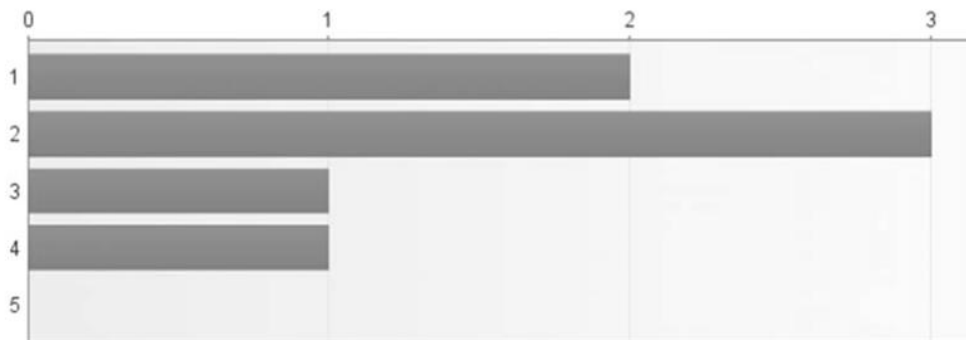
13. Tulisiko tilaajan toimittaa paperiset suunnitelmat tietomallin lisäksi?

Vastaajien määrä: 8



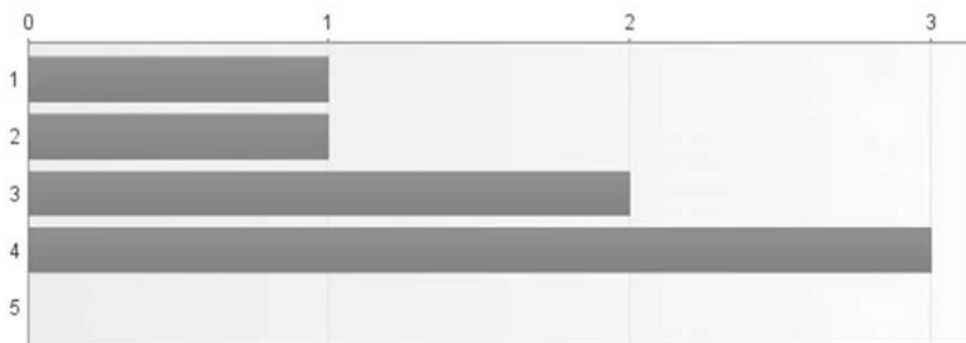
14. Kuinka monella henkilöllä yrityksessä on tietomalli- tai koneohjausosaamista? (1 Vain yhdellä - 5 Kaikilla)

Vastaajien määrä: 7



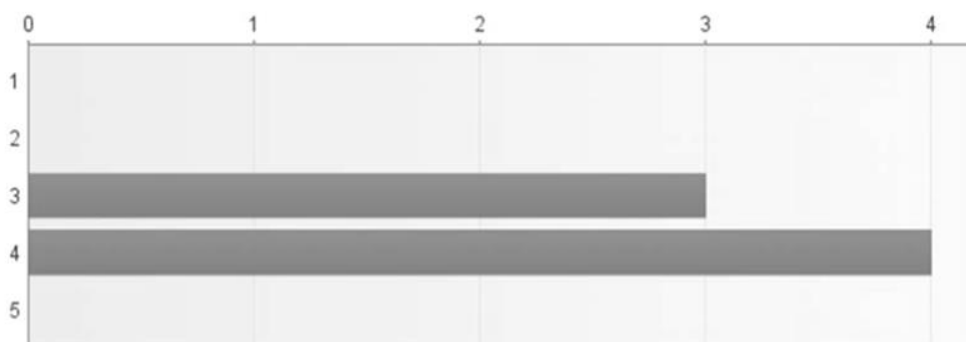
15. Koneohjauksen käyttöönoton helppous (1 Vaikea - 5 Helppo)

Vastaajien määrä: 7



16. Yrityksen käyttämien koneohjausjärjestelmien toimivuus (1 Huonosti - 5 Täydellisesti)

Vastaajien määrä: 7



17. Miten tietomallipohjainen rakentaminen on vaikuttanut yrityksen henkilöstöresursseihin?

Vastaajien määrä: 7



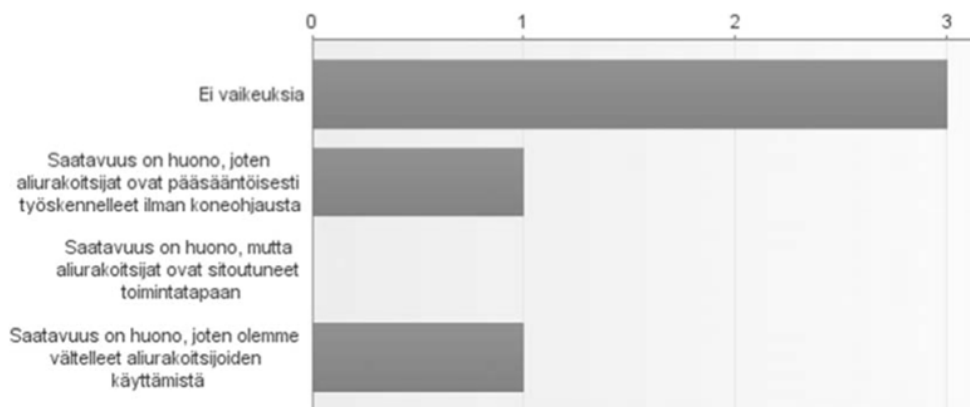
18. Miten tietomallipohjainen rakentaminen on vaikuttanut yrityksen ostopalvelujen määrään? Esim. mittauspalvelut

Vastaajien määrä: 7



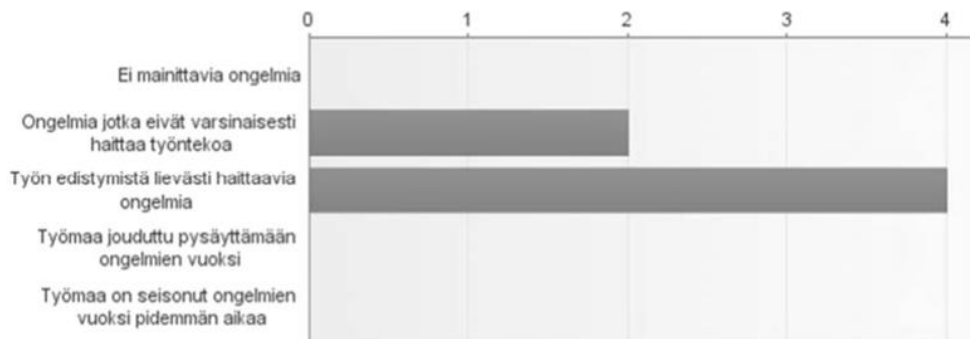
19. Onko yrityksellänne ollut vaikeuksia saada aliurakoitsijoita tietomallipohjaisiin hankkeisiin?

Vastaajien määrä: 5



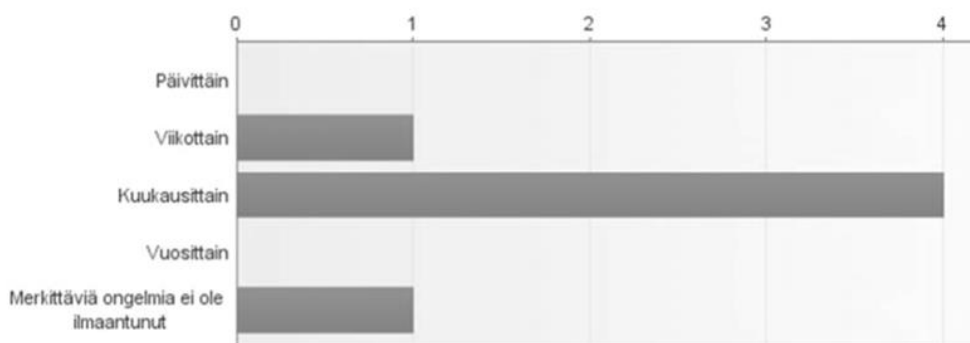
20. Yrityksemme on kohdannut tietomallipohjaisessa rakentamisessa pahimmillaan seuraavanlaisia ongelmia tietomallin tai koneohjauksen vuoksi

Vastaajien määrä: 6



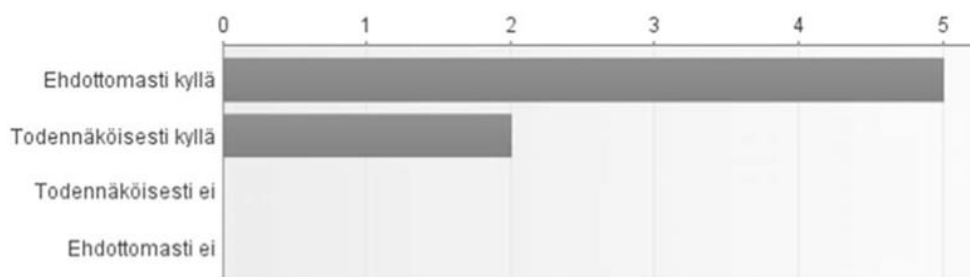
21. Yrityksemme kohtaa rakentamista merkittävästi haittaavia ongelmia tietomalleissa tai koneohjauksessa

Vastaajien määrä: 6



22. Onko yrityksellä myös jatkossa käytössä tietomallipohjainen toimintatapa?

Vastaajien määrä: 7



23. Oletko samaa vai eri mieltä seuraavien väittämien kanssa?

Vastaajien määrä: 16

	Samaa mieltä	Eri mieltä	Yhteensä	Keskiarvo
Tietomallintaminen on ohimenevä muoti-ilmio	0	16	16	2
Siirtyminen tietomallipohjaiseen rakentamiseen vaatii liikaa taloudellisia panostuksia hyötyihin nähden	9	7	16	1,44
Hyvä tietomalli helpottaa työnjohdon tehtäviä	16	0	16	1
Uuden toimintatavan opettelu vie liikaa aikaa	5	11	16	1,69
Tietomallipohjainen rakentaminen on tehokkaampaa kuin perinteinen	13	2	15	1,13
Tietomalleihin liittyvää koulutusta ei ole riittävästi saatavilla	11	4	15	1,27
Yrityksemme olisi valmis tietomallipohjaiseen hankkeeseen	9	6	15	1,4
Tietomallit monimutkaistavat rakentamista liikaa	3	13	16	1,81
Tietomalli on hyvä työkalu rakentamisessa	14	2	16	1,13
Tietomallit ja järjestelmät ovat vielä liian keskeneräisiä, joten koneohjaukseen kannattaa ryhtyä vasta myöhemmin	7	9	16	1,56
Uudet toimintatavat tulevat arkipäiväiseksi vasta henkilöstöikäkäränteen muuttuessa	8	7	15	1,47
Koneohjauksen vaatiminen urakkakilpailussa on syrjivää	7	9	16	1,56
Työmaa jossa ei ole mittapaaluja vaikeuttaa työmaan kokonaisuuden hahmottamisessa	8	8	16	1,5
Tietomalli on parempi kuin paperinen suunnitelma	6	8	14	1,57
Tietomalli ei takaa hyvää suunnittelua	13	2	15	1,13
Yhteistyö rakentamisessa on helpompaa tietomallien avulla	11	4	15	1,27
Tietomalli on hyvä havainnollistamisessa	13	2	15	1,13
Koneohjauksesta ei ole hyötyä pienillä työmailla	9	7	16	1,44
Tietomalleihin panostaminen on turhaa	2	14	16	1,88
Suunnittelijoiden tietomalliosaaminen on riittävän hyvällä tasolla	3	12	15	1,8
Tietomallikoulutusta tulisi järjestää enemmän	16	0	16	1
Pienten yksityiskohtien suunnittelu on turhaa, koska ne ratkaistaan kuitenkin työmaalla	9	7	16	1,44

Tietomallipohjainen rakentaminen on laadukkaampaa kuin perinteinen	7	8	15	1,53
Tietomallit aiheuttavat ylimääräistä työtä	7	8	15	1,53
Yrityksemme ei siirry tietomallipohjaiseen rakentamiseen ennen kuin on pakko	4	12	16	1,75
Tietomallit auttavat tarjouslaskennassa	10	4	14	1,29
Koneohjauksesta ei ole hyötyä saneeraushankkeissa	8	7	15	1,47
Tietomallit auttavat työn suunnittelussa	11	5	16	1,31
Koneohjauksesta on hyötyä vain isoilla työmailla	7	9	16	1,56
Tietomallien käyttö tulee yleistymään merkittävästi seuraavan 5 vuoden aikana	14	2	16	1,13
Yhteensä	260	205	465	1,44

Tietomallikysely urakoitsijoille - Perusraportti liikevaihdon mukaan

1. Yrityksen liikevaihto

Vastaajien määrä: 17

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=7)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
alle 1 milj. euroa	7	0	0	0
1-2 milj. euroa	0	4	0	0
2-4 milj. euroa	0	0	4	0
yli 4 milj. euroa	0	0	0	2

2. Yrityksen toimiala

Vastaajien määrä: 17

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=7)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Väylät/kunnallistekniikka	3	3	4	2
Pohjarakentaminen	6	2	2	1
Taitorakenteet	0	0	1	1
Ympäristörakentaminen	3	1	1	1
Muu, mikä?	2	2	0	0

Avoimet vastaukset:

Yrityksen liikevaihto: alle 1 milj. euroa: Muu, mikä?

- salaoja/piharakentaminen
- asfaltti

Yrityksen liikevaihto: 1-2 milj. euroa: Muu, mikä?

- Kaapeliverkostot
- kuljetus- ja kaivupalvelut

3. Yrityksen kalusto

Vastaajien määrä: 16

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=7)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=1)
Kaivinkone, määrä?	7	4	4	1
Puskukone, määrä?	0	2	0	1
Pyöräkuormaaja, määrä?	3	4	3	1
Tiehöylä, määrä?	1	2	0	0

Avoimet vastaukset:

Yrityksen liikevaihto: alle 1 milj. euroa: Kaivinkone, määrä?

- 1
- 1
- 2
- 1
- 4
- 1
- 4

Yrityksen liikevaihto: alle 1 milj. euroa: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 1
- 2
- 1

Yrityksen liikevaihto: alle 1 milj. euroa: Tiehöylä, määrä?

- 1

Yrityksen liikevaihto: 1-2 milj. euroa: Kaivinkone, määrä?

- 6
- 8
- 5
- 5

Yrityksen liikevaihto: 1-2 milj. euroa: Puskukone, määrä?

- 0
- 1

Yrityksen liikevaihto: 1-2 milj. euroa: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 2
- 3

- 3

- 1

Yrityksen liikevaihto: 1-2 milj. euroa: Tiehöylä, määrä?

- 0

- 1

Yrityksen liikevaihto: 2-4 milj. euroa: Kaivinkone, määrä?

- 12

- 11

- 7

- 9

Yrityksen liikevaihto: 2-4 milj. euroa: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 1

- 1

- 2

Yrityksen liikevaihto: yli 4 milj. euroa: Kaivinkone, määrä?

- 14

Yrityksen liikevaihto: yli 4 milj. euroa: Puskukone, määrä?

- 1

Yrityksen liikevaihto: yli 4 milj. euroa: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 32

4. Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?

Vastaajien määrä: 17

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=7)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Kyllä, useampi kohde	1	1	2	2
Kyllä, yksi kohde	0	1	0	0
Ei lainkaan	6	2	2	0

5. Arvioi yrityksenne tietomallisuunnitteluun liittyvää osaamista (1 Ei lainkaan - 5 Täydellinen)

Vastaajien määrä: 17

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=7)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
1	4	2	1	0
2	2	1	1	1
3	0	0	2	0
4	1	1	0	1
5	0	0	0	0

6. Arvioi yrityksenne tietomallipohjaista mittausosaamista (1 Ei lainkaan - 5 Täydellinen)

Vastaajien määrä: 17

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=7)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
1	4	1	1	0
2	2	1	1	1
3	0	1	2	0
4	1	1	0	0
5	0	0	0	1

7. Yrityksen tietomalliosaaminen on tällä hetkellä vain ostopalveluna esim. mittausyrityksen kautta

Vastaajien määrä: 16

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Kyllä	4	3	1	1
Ei	2	1	3	1

8. Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=2)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
1v tai vähemmän	1	0	1	0
2v	0	0	1	0
3v	0	0	0	1
4v	1	0	0	0
5v tai enemmän	0	1	1	1

9. Kuinka suuri osa yrityksen rakentamisesta on tällä hetkellä tietomallipohjaista? (1 Ei lainkaan - 5 Kokonaan)

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=2)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
1	1	0	1	0
2	0	1	1	2
3	0	0	1	0
4	0	0	0	0
5	1	0	0	0

10. Yritys on investoinut seuraaviin asioihin tietomallipohjaiseen rakentamiseen siirryttäessä

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Katseluohjelma	0	0	0	2
Suunnitteluohjelma	0	0	1	2
Tietotekniset laitteet, kuten tabletit, tietokoneet jne	0	0	0	2
Tukiasema-RTK paikannusjärjestelmä (tukiasema työmaalla)	0	0	1	1
VRS tai muu verkko-RTK paikannusjärjestelmä (ei kiinteää tukiasemaa, esim. Trimnet, Smartnet)	0	1	0	2
Takymetrillä toimiva koneohjausjärjestelmä	0	0	0	1
GPS-mittauskalusto	0	1	1	2
Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?	1	1	3	2
Koneohjausjärjestelmä puskukoneessa, määrä?	0	0	0	0
Koneohjausjärjestelmä pyöräkuormaajassa, määrä?	0	0	0	0
Koneohjausjärjestelmä tiehöylässä, määrä?	0	0	0	0
Koulutus	0	0	1	0
Infrakit	0	0	0	1
Muu, mitä?	0	0	0	0

Avoimet vastaukset:

Yrityksen liikevaihto: alle 1 milj. euroa: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 1

Yrityksen liikevaihto: 1-2 milj. euroa: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 3

Yrityksen liikevaihto: 2-4 milj. euroa: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 5

- 1

- 1

Yrityksen liikevaihto: yli 4 milj. euroa: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 2

11. Koneohjauksen ja tietomallien hyöty yritykselle (1 Ei lainkaan - 5 Merkittävä)

Vastaajien määrä: 6

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=1)
Taloudellinen				
1	0	0	1	0
2	0	0	0	0
3	0	0	1	0
4	0	1	1	1
5	1	0	0	0
Keskiarvo	5	4	2,67	4

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=1)
Tehokkuus				
1	0	0	0	0
2	0	0	1	0
3	0	0	0	0
4	0	1	1	1
5	1	0	1	0
Keskiarvo	5	4	3,67	4

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=1)
Laatu/työnjohto (esim. määrälaskenta, laadunvarmistus)				
1	0	0	0	0
2	0	0	1	0
3	0	0	1	0
4	0	1	1	1
5	1	0	0	0
Keskiarvo	5	4	3	4

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=1)
Työturvallisuus				
1	0	0	1	0
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	1	0	0	0
Keskiarvo	5	4	2	3

12. Tulisiko tilaajan toimittaa paperiset suunnitelmat tietomallin lisäksi?

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=2)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Kyllä	2	1	3	1
Ei	0	0	0	1

13. Kuinka monella henkilöllä yrityksessä on tietomalli- tai koneohjausosaamista? (1 Vain yhdellä - 5 Kaikilla)

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
1	1	0	1	0
2	0	0	2	1
3	0	1	0	0
4	0	0	0	1
5	0	0	0	0

14. Koneohjauksen käyttöönoton helppous (1 Vaikea - 5 Helppo)

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	1	0	1	0
4	0	1	1	1
5	0	0	0	0

15. Yrityksen käyttämien koneohjausjärjestelmien toimivuus (1 Huonosti - 5 Täydellisesti)

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	1	0	1	1
4	0	1	2	1
5	0	0	0	0

16. Miten tietomallipohjainen rakentaminen on vaikuttanut yrityksen henkilöstöresursseihin?

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Vähentävästi	0	1	0	0
Ei vaikutusta	1	0	3	1
Lisäävästi	0	0	0	1

17. Miten tietomallipohjainen rakentaminen on vaikuttanut yrityksen ostopalvelujen määrään? Esim. mittauspalvelut

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Vähentävästi	1	1	2	1
Ei vaikutusta	0	0	0	1
Lisäävästi	0	0	1	0

18. Onko yrityksellänne ollut vaikeuksia saada aliurakoitsijoita tietomallipohjaisiin hankkeisiin?

Vastaajien määrä: 5

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=2)	yli 4 milj. euroa (N=1)
Ei vaikeuksia	1	1	0	1
Saatavuus on huono, joten aliurakoitsijat ovat pääsääntöisesti työskennelleet ilman koneohjausta	0	0	1	0
Saatavuus on huono, mutta aliurakoitsijat ovat sitoutuneet toimintatapaan	0	0	0	0
Saatavuus on huono, joten olemme vältelleet aliurakoitsijoiden käyttämistä	0	0	1	0

19. Yrityksemme on kohdannut tietomallipohjaisessa rakentamisessa pahimmillaan seuraavanlaisia ongelmia tietomallin tai koneohjauksen vuoksi

Vastaajien määrä: 6

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=2)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Ei mainittavia ongelmia	0	0	0	0
Ongelmia jotka eivät varsinaisesti haittaa työntekoa	0	1	1	0
Työn edistymistä lievästi haittaavia ongelmia	1	0	1	2
Työmaa jouduttu pysäyttämään ongelmien vuoksi	0	0	0	0
Työmaa on seisonut ongelmien vuoksi pidemmän aikaa	0	0	0	0

20. Yrityksemme kohtaa rakentamista merkittävästi haittaavia ongelmia tietomalleissa tai koneohjauksessa

Vastaajien määrä: 6

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=1)
Päivittäin	0	0	0	0
Viikottain	1	0	0	0
Kuukausittain	0	1	2	1
Vuosittain	0	0	0	0
Merkittäviä ongelmia ei ole ilmaantunut	0	0	1	0

21. Onko yrityksellä myös jatkossa käytössä tietomallipohjainen toimintatapa?

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=1)	1-2 milj. euroa (N=1)	2-4 milj. euroa (N=3)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Ehdottomasti kyllä	1	1	2	1
Todennäköisesti kyllä	0	0	1	1
Todennäköisesti ei	0	0	0	0
Ehdottomasti ei	0	0	0	0

22. Oletko samaa vai eri mieltä seuraavien väittämien kanssa?

Vastaajien määrä: 16

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomallintaminen on ohimenevä muoti-ilmiö				
Samaa mieltä	0	0	0	0
Eri mieltä	6	4	4	2
Keskiarvo	2	2	2	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Siirtyminen tietomallipohjaiseen rakentamiseen vaatii liikaa taloudellisia panostuksia hyötyihin nähden				
Samaa mieltä	4	2	3	0
Eri mieltä	2	2	1	2
Keskiarvo	1,33	1,5	1,25	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Hyvä tietomalli helpottaa työnjohdon tehtäviä				
Samaa mieltä	6	4	4	2
Eri mieltä	0	0	0	0
Keskiarvo	1	1	1	1

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Uuden toimintatavan opettelu vie liikaa aikaa				
Samaa mieltä	2	1	2	0
Eri mieltä	4	3	2	2
Keskiarvo	1,67	1,75	1,5	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomallipohjainen rakentaminen on tehokkaampaa kuin perinteinen				
Samaa mieltä	4	3	4	2
Eri mieltä	1	1	0	0
Keskiarvo	1,2	1,25	1	1

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomalleihin liittyvää koulutusta ei ole riittävästi saatavilla				
Samaa mieltä	3	3	4	1
Eri mieltä	2	1	0	1
Keskiarvo	1,4	1,25	1	1,5

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Yrityksemme olisi valmis tietomallipohjaiseen hankkeeseen				
Samaa mieltä	4	1	2	2
Eri mieltä	1	3	2	0
Keskiarvo	1,2	1,75	1,5	1

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomallit monimutkaistavat rakentamista liikaa				
Samaa mieltä	1	1	1	0
Eri mieltä	5	3	3	2
Keskiarvo	1,83	1,75	1,75	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomalli on hyvä työkalu rakentamisessa				
Samaa mieltä	6	4	2	2
Eri mieltä	0	0	2	0
Keskiarvo	1	1	1,5	1

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomallit ja järjestelmät ovat vielä liian keskeneräisiä, joten koneohjaukseen kannattaa ryhtyä vasta myöhemmin				
Samaa mieltä	3	2	2	0
Eri mieltä	3	2	2	2
Keskiarvo	1,5	1,5	1,5	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Uudet toimintatavat tulevat arkipäiväiseksi vasta henkilöstökäytännön muuttuessa				
Samaa mieltä	3	1	3	1
Eri mieltä	2	3	1	1
Keskiarvo	1,4	1,75	1,25	1,5

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Koneohjauksen vaatiminen urakkakilpailussa on syrjivää				
Samaa mieltä	4	3	0	0
Eri mieltä	2	1	4	2
Keskiarvo	1,33	1,25	2	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Työmaa jossa ei ole mittapaaluja vaikeuttaa työmaan kokonaisuuden hahmottamisessa				
Samaa mieltä	3	3	1	1
Eri mieltä	3	1	3	1
Keskiarvo	1,5	1,25	1,75	1,5

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=4)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomalli on parempi kuin paperinen suunnitelma				
Samaa mieltä	2	2	1	1
Eri mieltä	2	2	3	1
Keskiarvo	1,5	1,5	1,75	1,5

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomalli ei takaa hyvää suunnittelua				
Samaa mieltä	4	4	3	2
Eri mieltä	1	0	1	0
Keskiarvo	1,2	1	1,25	1

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Yhteistyö rakentamisessa on helpompaa tietomallien avulla				
Samaa mieltä	4	3	3	1
Eri mieltä	1	1	1	1
Keskiarvo	1,2	1,25	1,25	1,5

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomalli on hyvä havainnollistamisessa				
Samaa mieltä	5	3	3	2
Eri mieltä	0	1	1	0
Keskiarvo	1	1,25	1,25	1

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Koneohjauksesta ei ole hyötyä pienillä työmailla				
Samaa mieltä	4	3	2	0
Eri mieltä	2	1	2	2
Keskiarvo	1,33	1,25	1,5	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomalleihin panostaminen on turhaa				
Samaa mieltä	1	1	0	0
Eri mieltä	5	3	4	2
Keskiarvo	1,83	1,75	2	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Suunnittelijoiden tietomalliosaaminen on riittävän hyvällä tasolla				
Samaa mieltä	2	1	0	0
Eri mieltä	3	3	4	2
Keskiarvo	1,6	1,75	2	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomallikoulutusta tulisi järjestää enemmän				
Samaa mieltä	6	4	4	2
Eri mieltä	0	0	0	0
Keskiarvo	1	1	1	1

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Pienten yksityiskohtien suunnittelu on turhaa, koska ne ratkaistaan kuitenkin työmaalla				
Samaa mieltä	3	2	4	0
Eri mieltä	3	2	0	2
Keskiarvo	1,5	1,5	1	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomallipohjainen rakentaminen on laadukkaampaa kuin perinteinen				
Samaa mieltä	1	2	3	1
Eri mieltä	4	2	1	1
Keskiarvo	1,8	1,5	1,25	1,5

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=5)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Tietomallit aiheuttavat ylimääräistä työtä				
Samaa mieltä	3	1	3	0
Eri mieltä	2	3	1	2
Keskiarvo	1,4	1,75	1,25	2

	Yrityksen liikevaihto			
	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Yrityksemme ei siirry tietomallipohjaiseen rakentamiseen ennen kuin on pakko				
Samaa mieltä	2	1	1	0
Eri mieltä	4	3	3	2
Keskiarvo	1,67	1,75	1,75	2

	Yrityksen liikevaihto			
Tietomallit auttavat tarjouslaskennassa	alle 1 milj. euroa (N=4)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Samaa mieltä	4	3	2	1
Eri mieltä	0	1	2	1
Keskiarvo	1	1,25	1,5	1,5

	Yrityksen liikevaihto			
Koneohjauksesta ei ole hyötyä saneeraus-hankkeissa	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=1)
Samaa mieltä	3	1	4	0
Eri mieltä	3	3	0	1
Keskiarvo	1,5	1,75	1	2

	Yrityksen liikevaihto			
Tietomallit auttavat työn suunnittelussa	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Samaa mieltä	5	3	2	1
Eri mieltä	1	1	2	1
Keskiarvo	1,17	1,25	1,5	1,5

	Yrityksen liikevaihto			
Koneohjauksesta on hyötyä vain isoilla työ-mailla	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Samaa mieltä	4	2	1	0
Eri mieltä	2	2	3	2
Keskiarvo	1,33	1,5	1,75	2

	Yrityksen liikevaihto			
Tietomallien käyttö tulee yleistymään merkittävästi seuraavan 5 vuoden aikana	alle 1 milj. euroa (N=6)	1-2 milj. euroa (N=4)	2-4 milj. euroa (N=4)	yli 4 milj. euroa (N=2)
Samaa mieltä	5	3	4	2
Eri mieltä	1	1	0	0
Keskiarvo	1,17	1,25	1	1

Tietomallikysely urakoitsijoille - Peruseraportti tietomallirakentamisen mukaan

1. Yrityksen liikevaihto

Vastaajien määrä: 17

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=10)
alle 1 milj. euroa	1	0	6
1-2 milj. euroa	1	1	2
2-4 milj. euroa	2	0	2
yli 4 milj. euroa	2	0	0

2. Yrityksen toimiala

Vastaajien määrä: 17

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=10)
Väylät/kunnallistekniikka	6	1	5
Pohjarakentaminen	2	1	8
Taitorakenteet	1	0	1
Ympäristörakentaminen	1	0	5
Muu, mikä?	0	0	4

Avoimet vastaukset:

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Ei lainkaan: Muu, mikä?

- salaoja/piharakentaminen
- asfaltti
- Kaapeliverkostot
- kuljetus- ja kaivupalvelut

3. Yrityksen kalusto

Vastaajien määrä: 16

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=5)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=10)
Kaivinkone, määrä?	5	1	10
Puskukone, määrä?	1	1	1
Pyöräkuormaaja, määrä?	5	1	5
Tiehöylä, määrä?	0	1	2

Avoimet vastaukset:

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Kyllä, useampi kohde: Kaivinkone, määrä?

- 1
- 11
- 14
- 9
- 8

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Kyllä, useampi kohde: Puskukone, määrä?

- 1

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Kyllä, useampi kohde: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 1
- 1
- 32
- 2
- 3

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Kyllä, yksi kohde: Kaivinkone, määrä?

- 5

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Kyllä, yksi kohde: Puskukone, määrä?

- 1

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Kyllä, yksi kohde: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 1

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Kyllä, yksi kohde: Tiehöylä, määrä?

- 1

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Ei lainkaan: Kaivinkone, määrä?

- 12
- 1

- 2
- 1
- 4
- 7
- 1
- 6
- 4
- 5

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Ei lainkaan: Puskukone, määrä?

- 0

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Ei lainkaan: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 2
- 1
- 1
- 2
- 3

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Ei lainkaan: Tiehöylä, määrä?

- 1
- 0

4. Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?

Vastaaajien määrä: 17

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=10)
Kyllä, useampi kohde	6	0	0
Kyllä, yksi kohde	0	1	0
Ei lainkaan	0	0	10

5. Arvioi yrityksenne tietomallisuunnitteluun liittyvää osaamista (1 Ei lainkaan - 5 Täydellinen)

Vastaajien määrä: 17

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=10)
1	1	0	6
2	2	1	2
3	1	0	1
4	2	0	1
5	0	0	0

6. Arvioi yrityksenne tietomallipohjaista mittausosaamista (1 Ei lainkaan - 5 Täydellinen)

Vastaajien määrä: 17

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=10)
1	0	0	6
2	2	1	2
3	2	0	1
4	1	0	1
5	1	0	0

7. Yrityksen tietomalliosaaminen on tällä hetkellä vain ostopalveluna esim. mittausyrityksen kautta

Vastaajien määrä: 16

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Kyllä	2	1	6
Ei	4	0	3

8. Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?

Vastaajien määrä: 8

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=2)
1v tai vähemmän	0	0	2
2v	1	0	0
3v	1	0	0
4v	1	0	0
5v tai enemmän	3	0	0

9. Kuinka suuri osa yrityksen rakentamisesta on tällä hetkellä tietomallipohjaista? (1 Ei lainkaan - 5 Kokonaan)

Vastaajien määrä: 8

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=2)
1	0	0	2
2	4	0	0
3	1	0	0
4	0	0	0
5	1	0	0

10. Yritys on investoinut seuraaviin asioihin tietomallipohjaiseen rakentamiseen siirryttäessä

Vastaajien määrä: 7

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
Katseluohjelma	2	0	0
Suunnitteluohjelma	2	0	1
Tietotekniset laitteet, kuten tabletit, tietokoneet jne	2	0	0
Tukiasema-RTK paikannusjärjestelmä (tukiasema työmaalla)	2	0	0
VRS tai muu verkko-RTK paikannusjärjestelmä (ei kiinteää tukiasemaa, esim. Trimnet, Smartnet)	3	0	0
Takymetrillä toimiva koneohjausjärjestelmä	1	0	0
GPS-mittauskalusto	4	0	0
Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?	6	0	1
Koneohjausjärjestelmä puskukoneessa, määrä?	0	0	0
Koneohjausjärjestelmä pyöräkuormaajassa, määrä?	0	0	0
Koneohjausjärjestelmä tiehöylässä, määrä?	0	0	0
Koulutus	0	0	1
Infrakit	1	0	0
Muu, mitä?	0	0	0

Avoimet vastaukset:

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Kyllä, useampi kohde: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 1
- 5
- 2
- 1
- 3

Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: Ei lainkaan: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 1

11. Koneohjauksen ja tietomallien hyöty yritykselle (1 Ei lainkaan - 5 Merkittävä)

Vastaajien määrä: 6

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
Taloudellinen	Kyllä, useampi kohde (N=5)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
1	0	0	1
2	0	0	0
3	1	0	0
4	3	0	0
5	1	0	0
Keskiarvo	4		1

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
Tehokkuus	Kyllä, useampi kohde (N=5)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	0	0
4	3	0	0
5	2	0	0
Keskiarvo	4,4		2

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
Laatu/työnjohto (esim. määrälaskenta, laadunvarmistus)	Kyllä, useampi kohde (N=5)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
1	0	0	0
2	0	0	1
3	1	0	0
4	3	0	0
5	1	0	0
Keskiarvo	4		2

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
Työturvallisuus	Kyllä, useampi kohde (N=5)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
1	0	0	1
2	1	0	0
3	2	0	0
4	1	0	0
5	1	0	0
Keskiarvo	3,4		1

12. Tulisiko tilaajan toimittaa paperiset suunnitelmat tietomallin lisäksi?

Vastaajien määrä: 8

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=2)
Kyllä	5	0	2
Ei	1	0	0

13. Kuinka monella henkilöllä yrityksestänne on tietomalli- tai koneohjausosaamista? (1 Vain yhdellä - 5 Kaikilla)

Vastaajien määrä: 7

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
1	2	0	0
2	2	0	1
3	1	0	0
4	1	0	0
5	0	0	0

14. Koneohjauksen käyttöönoton helppous (1 Vaikea - 5 Helppo)

Vastaajien määrä: 7

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
1	1	0	0
2	0	0	1
3	2	0	0
4	3	0	0
5	0	0	0

15. Yrityksen käyttämien koneohjausjärjestelmien toimivuus (1 Huonosti - 5 Täydellisesti)

Vastaajien määrä: 7

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	2	0	1
4	4	0	0
5	0	0	0

16. Miten tietomallipohjainen rakentaminen on vaikuttanut yrityksen henkilöstöresursseihin?

Vastaajien määrä: 7

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
Vähentävästi	1	0	0
Ei vaikutusta	4	0	1
Lisäävästi	1	0	0

17. Miten tietomallipohjainen rakentaminen on vaikuttanut yrityksen ostopalvelujen määrään? Esim. mittauspalvelut

Vastaajien määrä: 7

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
Vähentävästi	5	0	0
Ei vaikutusta	1	0	0
Lisäävästi	0	0	1

18. Onko yrityksellänne ollut vaikeuksia saada aliurakoitsijoita tietomallipohjaisiin hankkeisiin?

Vastaajien määrä: 5

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=5)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=0)
Ei vaikeuksia	3	0	0
Saatavuus on huono, joten aliurakoitsijat ovat pääsääntöisesti työskennelleet ilman koneohjausta	1	0	0
Saatavuus on huono, mutta aliurakoitsijat ovat sitoutuneet toimintatapaan	0	0	0
Saatavuus on huono, joten olemme vältelleet aliurakoitsijoiden käyttämistä	1	0	0

19. Yrityksemme on kohdannut tietomallipohjaisessa rakentamisessa pahimmillaan seuraavanlaisia ongelmia tietomallin tai koneohjauksen vuoksi

Vastaajien määrä: 6

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=0)
Ei mainittavia ongelmia	0	0	0
Ongelmia jotka eivät varsinaisesti haittaa työntekoa	2	0	0
Työn edistymistä lievästi haittaavia ongelmia	4	0	0
Työmaa jouduttu pysäyttämään ongelmien vuoksi	0	0	0
Työmaa on seisonut ongelmien vuoksi pidemmän aikaa	0	0	0

20. Yrityksemme kohtaa rakentamista merkittävästi haittaavia ongelmia tietomalleissa tai koneohjauksessa

Vastaajien määrä: 6

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=5)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
Päivittäin	0	0	0
Viikottain	1	0	0
Kuukausittain	3	0	1
Vuosittain	0	0	0
Merkittäviä ongelmia ei ole ilmaantunut	1	0	0

21. Onko yrityksellä myös jatkossa käytössä tietomallipohjainen toimintatapa?

Vastaajien määrä: 7

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=0)	Ei lainkaan (N=1)
Ehdottomasti kyllä	5	0	0
Todennäköisesti kyllä	1	0	1
Todennäköisesti ei	0	0	0
Ehdottomasti ei	0	0	0

22. Oletko samaa vai eri mieltä seuraavien väittämien kanssa?

Vastaajien määrä: 16

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Tietomallintaminen on ohimenevä muoti-ilmiö			
Samaa mieltä	0	0	0
Eri mieltä	6	1	9
Keskiarvo	2	2	2

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Siirtyminen tietomallipohjaiseen rakentamiseen vaatii liikaa taloudellisia panostuksia hyötyihin nähden			
Samaa mieltä	2	1	6
Eri mieltä	4	0	3
Keskiarvo	1,67	1	1,33

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Hyvä tietomalli helpottaa työnjohdon tehtäviä			
Samaa mieltä	6	1	9
Eri mieltä	0	0	0
Keskiarvo	1	1	1

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Uuden toimintatavan opettelu vie liikaa aikaa			
Samaa mieltä	1	0	4
Eri mieltä	5	1	5
Keskiarvo	1,83	2	1,56

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Tietomallipohjainen rakentaminen on tehokampaa kuin perinteinen			
Samaa mieltä	6	0	7
Eri mieltä	0	1	1
Keskiarvo	1	2	1,13

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Tietomalleihin liittyvää koulutusta ei ole riittävästi saatavilla			
Samaa mieltä	5	1	5
Eri mieltä	1	0	3
Keskiarvo	1,17	1	1,38

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Yrityksemme olisi valmis tietomallipohjaiseen hankkeeseen			
Samaa mieltä	5	0	4
Eri mieltä	1	1	4
Keskiarvo	1,17	2	1,5

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Tietomallit monimutkaistavat rakentamista liikaa			
Samaa mieltä	1	0	2
Eri mieltä	5	1	7
Keskiarvo	1,83	2	1,78

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Tietomalli on hyvä työkalu rakentamisessa			
Samaa mieltä	5	1	8
Eri mieltä	1	0	1
Keskiarvo	1,17	1	1,11

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Tietomallit ja järjestelmät ovat vielä liian kesken-eräisiä, joten koneohjaukseen kannattaa ryhtyä vasta myöhemmin			
Samaa mieltä	0	1	6
Eri mieltä	6	0	3
Keskiarvo	2	1	1,33

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Uudet toimintatavat tulevat arkipäiväiseksi vasta henkilöstöikäkäränteen muuttuessa			
Samaa mieltä	3	0	5
Eri mieltä	3	1	3
Keskiarvo	1,5	2	1,38

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Koneohjauksen vaatiminen urakkakilpailussa on syrjivää			
Samaa mieltä	0	1	6
Eri mieltä	6	0	3
Keskiarvo	2	1	1,33

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Työmaa jossa ei ole mittapaaluja vaikeuttaa työmaan kokonaisuuden hahmottamisessa			
Samaa mieltä	1	1	6
Eri mieltä	5	0	3
Keskiarvo	1,83	1	1,33

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=7)
Tietomalli on parempi kuin paperinen suunnitelma			
Samaa mieltä	3	0	3
Eri mieltä	3	1	4
Keskiarvo	1,5	2	1,57

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Tietomalli ei takaa hyvää suunnittelua			
Samaa mieltä	6	1	6
Eri mieltä	0	0	2
Keskiarvo	1	1	1,25

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Yhteistyö rakentamisessa on helpompaa tietomallien avulla	4	1	6
Samaa mieltä	2	0	2
Eri mieltä	1,33	1	1,25

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Tietomalli on hyvä havainnollistamisessa	5	1	7
Samaa mieltä	1	0	1
Eri mieltä	1,17	1	1,13

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Koneohjauksesta ei ole hyötyä pienillä työmailla	1	1	7
Samaa mieltä	5	0	2
Eri mieltä	1,83	1	1,22

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Tietomalleihin panostaminen on turhaa	0	0	2
Samaa mieltä	6	1	7
Eri mieltä	2	2	1,78

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Suunnittelijoiden tietomalliosaaminen on riittävän hyvällä tasolla			
Samaa mieltä	1	0	2
Eri mieltä	5	1	6
Keskiarvo	1,83	2	1,75

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Tietomallikoulutusta tulisi järjestää enemmän			
Samaa mieltä	6	1	9
Eri mieltä	0	0	0
Keskiarvo	1	1	1

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Pienten yksityiskohtien suunnittelu on turhaa, koska ne ratkaistaan kuitenkin työmaalla			
Samaa mieltä	2	1	6
Eri mieltä	4	0	3
Keskiarvo	1,67	1	1,33

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Tietomallipohjainen rakentaminen on laadukkaampaa kuin perinteinen			
Samaa mieltä	5	0	2
Eri mieltä	1	1	6
Keskiarvo	1,17	2	1,75

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=8)
Tietomallit aiheuttavat ylimääräistä työtä			
Samaa mieltä	2	0	5
Eri mieltä	4	1	3
Keskiarvo	1,67	2	1,38

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Yrityksemme ei siirry tietomallipohjaiseen rakentamiseen ennen kuin on pakko			
Samaa mieltä	1	0	3
Eri mieltä	5	1	6
Keskiarvo	1,83	2	1,67

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=7)
Tietomallit auttavat tarjouslaskennassa			
Samaa mieltä	3	1	6
Eri mieltä	3	0	1
Keskiarvo	1,5	1	1,14

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=5)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Koneohjauksesta ei ole hyötyä saneeraushankkeissa			
Samaa mieltä	2	0	6
Eri mieltä	3	1	3
Keskiarvo	1,6	2	1,33

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Tietomallit auttavat työn suunnittelussa			
Samaa mieltä	3	1	7
Eri mieltä	3	0	2
Keskiarvo	1,5	1	1,22

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Koneohjauksesta on hyötyä vain isoilla työmailla			
Samaa mieltä	0	1	6
Eri mieltä	6	0	3
Keskiarvo	2	1	1,33

	Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?		
	Kyllä, useampi kohde (N=6)	Kyllä, yksi kohde (N=1)	Ei lainkaan (N=9)
Tietomallien käyttö tulee yleistymään merkittävästi seuraavan 5 vuoden aikana			
Samaa mieltä	6	1	7
Eri mieltä	0	0	2
Keskiarvo	1	1	1,22

Tietomallikysely urakoitsijoille - Peruseräraportti tietomallirakentamisen kokemuksen mukaan

1. Yrityksen liikevaihto

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
alle 1 milj. euroa	1	0	0	1	0
1-2 milj. euroa	0	0	0	0	1
2-4 milj. euroa	1	1	0	0	1
yli 4 milj. euroa	0	0	1	0	1

2. Yrityksen toimiala

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Väylät/kunnallistekniikka	1	1	1	1	3
Pohjarakentaminen	2	0	0	0	2
Taitorakenteet	0	0	0	0	1
Ympäristörakentaminen	0	0	0	0	1
Muu, mikä?	0	0	0	0	0

3. Yrityksen kalusto

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=2)
Kaivinkone, määrä?	2	1	1	1	2
Puskukone, määrä?	0	0	1	0	0
Pyöräkuormaaja, määrä?	1	1	1	1	2
Tiehöylä, määrä?	0	0	0	0	0

Avoimet vastaukset:

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 1v tai vähemmän: Kaivinkone, määrä?

- 2
- 7

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 1v tai vähemmän: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 1

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 2v: Kaivinkone, määrä?

- 9

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 2v: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 2

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 3v: Kaivinkone, määrä?

- 14

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 3v: Puskukone, määrä?

- 1

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 3v: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 32

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 4v: Kaivinkone, määrä?

- 1

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 4v: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 1

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 5v tai enemmän: Kaivinkone, määrä?

- 11
- 8

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 5v tai enemmän: Pyöräkuormaaja, määrä?

- 1
- 3

4. Onko yrityksellä kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta?

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Kyllä, useampi kohde	0	1	1	1	3
Kyllä, yksi kohde	0	0	0	0	0
Ei lainkaan	2	0	0	0	0

5. Arvioi yrityksenne tietomallisuunnitteluun liittyvää osaamista (1 Ei lainkaan - 5 Täydellinen)

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
1	1	0	0	0	1
2	0	1	1	0	0
3	1	0	0	0	1
4	0	0	0	1	1
5	0	0	0	0	0

6. Arvioi yrityksenne tietomallipohjaista mittausosaamista (1 Ei lainkaan - 5 Täydellinen)

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
1	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	1
3	1	1	0	0	1
4	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	1

7. Yrityksen tietomalliosaaminen on tällä hetkellä vain ostopalveluna esim. mittausyrityksen kautta

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Kyllä	0	0	1	0	1
Ei	1	1	0	1	2

8. Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
1v tai vähemmän	2	0	0	0	0
2v	0	1	0	0	0
3v	0	0	1	0	0
4v	0	0	0	1	0
5v tai enemmän	0	0	0	0	3

9. Kuinka suuri osa yrityksen rakentamisesta on tällä hetkellä tietomallipohjaista? (1 Ei lainkaan - 5 Kokonaan)

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
1	2	0	0	0	0
2	0	1	1	0	2
3	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0

10. Yritys on investoinut seuraaviin asioihin tietomallipohjaiseen rakentamiseen siirryttäessä

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Katseluohjelma	0	0	1	0	1
Suunnitteluohjelma	1	0	1	0	1
Tietotekniset laitteet, kuten tabletit, tietokoneet jne	0	0	1	0	1
Tukiasema-RTK paikannusjärjestelmä (tukiasema työmaalla)	0	0	0	0	2
VRS tai muu verkko-RTK paikannusjärjestelmä (ei kiinteää tukiasemaa, esim. Trimnet, Smartnet)	0	0	1	0	2
Takymetrillä toimiva koneohjausjärjestelmä	0	0	0	0	1
GPS-mittauskalusto	0	1	1	0	2
Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?	1	1	1	1	3
Koneohjausjärjestelmä puskukoneessa, määrä?	0	0	0	0	0
Koneohjausjärjestelmä pyöräkuormaajassa, määrä?	0	0	0	0	0
Koneohjausjärjestelmä tiehöylässä, määrä?	0	0	0	0	0
Koulutus	1	0	0	0	0
Infrakit	0	0	0	0	1
Muu, mitä?	0	0	0	0	0

Avoimet vastaukset:

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 1v tai vähemmän: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 1

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 2v: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 1

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 3v: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 2

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 4v: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 1

Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?: 5v tai enemmän: Koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa, määrä?

- 5

- 3

11. Koneohjauksen ja tietomallien hyöty yritykselle (1 Ei lainkaan - 5 Merkittävä)

Vastaajien määrä: 6

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=2)
Taloudellinen					
1	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	0	1	0	2
5	0	0	0	1	0
Keskiarvo	1	3	4	5	4

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=2)
Tehokkuus					
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	1	1	0	1
5	0	0	0	1	1
Keskiarvo	2	4	4	5	4,5

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=2)
Laatu/työnjohto (esim. määrälaskenta, laadunvarmistus)					
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1
4	0	1	1	0	1
5	0	0	0	1	0
Keskiarvo	2	4	4	5	3,5

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Työturvallisuus	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=2)
1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	1
4	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0
Keskiarvo	1	2	3	5	3,5

12. Tulisiko tilaajan toimittaa paperiset suunnitelmat tietomallin lisäksi?

Vastaajien määrä: 8

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=2)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Kyllä	2	1	1	1	2
Ei	0	0	0	0	1

13. Kuinka monella henkilöllä yritykseltänne on tietomalli- tai koneohjausosaamista? (1 Vain yhdellä - 5 Kaikilla)

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
1	0	0	0	1	1
2	1	1	1	0	0
3	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0

14. Koneohjauksen käyttöönoton helppous (1 Vaikea - 5 Helppo)

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
1	0	0	1	0	0
2	1	0	0	0	0
3	0	1	0	1	0
4	0	0	0	0	3
5	0	0	0	0	0

15. Yrityksen käyttämien koneohjausjärjestelmien toimivuus (1 Huonosti - 5 Täydellisesti)

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	3
5	0	0	0	0	0

16. Miten tietomallipohjainen rakentaminen on vaikuttanut yrityksen henkilöstöresursseihin?

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Vähentävästi	0	0	0	0	1
Ei vaikutusta	1	1	1	1	1
Lisäävästi	0	0	0	0	1

17. Miten tietomallipohjainen rakentaminen on vaikuttanut yrityksen ostopalvelujen määrään? Esim. mittauspalvelut

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Vähentävästi	0	1	0	1	3
Ei vaikutusta	0	0	1	0	0
Lisäävästi	1	0	0	0	0

18. Onko yrityksellänne ollut vaikeuksia saada aliurakoitsijoita tietomallipohjaisiin hankkeisiin?

Vastaajien määrä: 5

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=0)	2v (N=1)	3v (N=0)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Ei vaikeuksia	0	0	0	1	2
Saatavuus on huono, joten aliurakoitsijat ovat pääsääntöisesti työskennelleet ilman koneohjausta	0	1	0	0	0
Saatavuus on huono, mutta aliurakoitsijat ovat sitoutuneet toimintatapaan	0	0	0	0	0
Saatavuus on huono, joten olemme vältelleet aliurakoitsijoiden käyttämistä	0	0	0	0	1

19. Yrityksemme on kohdannut tietomallipohjaisessa rakentamisessa pahimmillaan seuraavanlaisia ongelmia tietomallin tai koneohjauksen vuoksi

Vastaajien määrä: 6

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=0)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Ei mainittavia ongelmia	0	0	0	0	0
Ongelmia jotka eivät varsinaisesti haittaa työntekoa	0	1	0	0	1
Työn edistymistä lievästi haittaavia ongelmia	0	0	1	1	2
Työmaa jouduttu pysäyttämään ongelmien vuoksi	0	0	0	0	0
Työmaa on seisonut ongelmien vuoksi pidemmän aikaa	0	0	0	0	0

20. Yrityksemme kohtaa rakentamista merkittävästi haittaavia ongelmia tietomalleissa tai koneohjauksessa

Vastaajien määrä: 6

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=2)
Päivittäin	0	0	0	0	0
Viikottain	0	0	0	1	0
Kuukausittain	1	0	1	0	2
Vuosittain	0	0	0	0	0
Merkittäviä ongelmia ei ole ilmaantunut	0	1	0	0	0

21. Onko yrityksellä myös jatkossa käytössä tietomallipohjainen toimintatapa?

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Ehdottomasti kyllä	0	1	0	1	3
Todennäköisesti kyllä	1	0	1	0	0
Todennäköisesti ei	0	0	0	0	0
Ehdottomasti ei	0	0	0	0	0

22. Oletko samaa vai eri mieltä seuraavien väittämien kanssa?

Vastaajien määrä: 7

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Tietomallintaminen on ohimenevä muoti-ilmiö					
Samaa mieltä	0	0	0	0	0
Eri mieltä	1	1	1	1	3
Keskiarvo	2	2	2	2	2

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Siirtyminen tietomallipohjaiseen rakentamiseen vaatii liikaa taloudellisia panostuksia hyötyihin nähden					
Samaa mieltä	0	1	0	0	1
Eri mieltä	1	0	1	1	2
Keskiarvo	2	1	2	2	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Hyvä tietomalli helpottaa työnjohdon tehtäviä					
Samaa mieltä	1	1	1	1	3
Eri mieltä	0	0	0	0	0
Keskiarvo	1	1	1	1	1

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Uuden toimintatavan opettelu vie liikaa aikaa					
Samaa mieltä	1	0	0	0	1
Eri mieltä	0	1	1	1	2
Keskiarvo	1	2	2	2	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Tietomallipohjainen rakentaminen on tehokkaampaa kuin perinteinen					
Samaa mieltä	1	1	1	1	3
Eri mieltä	0	0	0	0	0
Keskiarvo	1	1	1	1	1

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomalleihin liittyvää koulutusta ei ole riittävästi saatavilla	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	1	1	1	2
Eri mieltä	0	0	0	0	1
Keskiarvo	1	1	1	1	1,33

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Yrityksemme olisi valmis tietomallipohjaiseen hankkeeseen	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	1	1	1	2
Eri mieltä	0	0	0	0	1
Keskiarvo	1	1	1	1	1,33

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomallit monimutkaistavat rakentamista liikaa	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	0	0	0	0	1
Eri mieltä	1	1	1	1	2
Keskiarvo	2	2	2	2	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomalli on hyvä työkalu rakentamisessa	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	1	1	1	2
Eri mieltä	0	0	0	0	1
Keskiarvo	1	1	1	1	1,33

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Tietomallit ja järjestelmät ovat vielä liian keskeneräisiä, joten koneohjaukseen kannattaa ryhtyä vasta myöhemmin					
Samaa mieltä	1	0	0	0	0
Eri mieltä	0	1	1	1	3
Keskiarvo	1	2	2	2	2

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Uudet toimintatavat tulevat arkipäiväiseksi vasta henkilöstökäytännön muuttuessa					
Samaa mieltä	0	1	1	0	1
Eri mieltä	1	0	0	1	2
Keskiarvo	2	1	1	2	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Koneohjauksen vaatiminen urakkakilpailussa on syrjivää					
Samaa mieltä	0	0	0	0	0
Eri mieltä	1	1	1	1	3
Keskiarvo	2	2	2	2	2

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Työmaa jossa ei ole mittapaaluja vaikeuttaa työmaan kokonaisuuden hahmottamisessa					
Samaa mieltä	0	0	1	0	0
Eri mieltä	1	1	0	1	3
Keskiarvo	2	2	1	2	2

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomalli on parempi kuin paperinen suunnitelma	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	0	0	1	2
Eri mieltä	0	1	1	0	1
Keskiarvo	1	2	2	1	1,33

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomalli ei takaa hyvää suunnittelua	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	0	1	1	1	3
Eri mieltä	1	0	0	0	0
Keskiarvo	2	1	1	1	1

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Yhteistyö rakentamisessa on helpompaa tietomallien avulla	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	1	1	1	1
Eri mieltä	0	0	0	0	2
Keskiarvo	1	1	1	1	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomalli on hyvä havainnollistamisessa	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	0	1	1	3
Eri mieltä	0	1	0	0	0
Keskiarvo	1	2	1	1	1

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Koneohjauksesta ei ole hyötyä pienillä työmailla	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	0	0	0	0	1
Eri mieltä	1	1	1	1	2
Keskiarvo	2	2	2	2	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomalleihin panostaminen on turhaa	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	0	0	0	0	0
Eri mieltä	1	1	1	1	3
Keskiarvo	2	2	2	2	2

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Suunnittelijoiden tietomalliosaaminen on riittävän hyvällä tasolla	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	0	0	0	1	0
Eri mieltä	1	1	1	0	3
Keskiarvo	2	2	2	1	2

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomallikoulutusta tulisi järjestää enemmän	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	1	1	1	3
Eri mieltä	0	0	0	0	0
Keskiarvo	1	1	1	1	1

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Pienten yksityiskohtien suunnittelu on turhaa, koska ne ratkaistaan kuitenkin työmaalla					
Samaa mieltä	1	1	0	0	1
Eri mieltä	0	0	1	1	2
Keskiarvo	1	1	2	2	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Tietomallipohjainen rakentaminen on laadukkaampaa kuin perinteinen					
Samaa mieltä	1	1	1	1	2
Eri mieltä	0	0	0	0	1
Keskiarvo	1	1	1	1	1,33

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Tietomallit aiheuttavat ylimääräistä työtä					
Samaa mieltä	1	1	0	0	1
Eri mieltä	0	0	1	1	2
Keskiarvo	1	1	2	2	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Yrityksemme ei siirry tietomallipohjaiseen rakentamiseen ennen kuin on pakko					
Samaa mieltä	0	0	0	0	1
Eri mieltä	1	1	1	1	2
Keskiarvo	2	2	2	2	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomallit auttavat tarjouslaskennassa	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	0	1	1	1
Eri mieltä	0	1	0	0	2
Keskiarvo	1	2	1	1	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Koneohjauksesta ei ole hyötyä saneeraus-hankkeissa	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=2)
Samaa mieltä	1	1	0	0	1
Eri mieltä	0	0	1	1	1
Keskiarvo	1	1	2	2	1,5

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Tietomallit auttavat työn suunnittelussa	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	0	1	1	1
Eri mieltä	0	1	0	0	2
Keskiarvo	1	2	1	1	1,67

	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
Koneohjauksesta on hyötyä vain isoilla työmailla	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	0	0	0	0	0
Eri mieltä	1	1	1	1	3
Keskiarvo	2	2	2	2	2

Tietomallien käyttö tulee yleistymään merkittävästi seuraavan 5 vuoden aikana	Yrityksen kokemus tietomallipohjaisesta rakentamisesta?				
	1v tai vähemmän (N=1)	2v (N=1)	3v (N=1)	4v (N=1)	5v tai enemmän (N=3)
Samaa mieltä	1	1	1	1	3
Eri mieltä	0	0	0	0	0
Keskiarvo	1	1	1	1	1