

# TOTEUMAMITTAUSOHJEEN LAADINTA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennustekniikka

kevät, 2017

Laura Lahtinen

Rakennustekniikka  
Visamäki

---

<b>Tekijä</b>	Laura Lahtinen	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	Toteumamittausohjeen laadinta	
<b>Työn ohjaaja</b>	Hannu Elväs	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Lemminkäinen Oyj:n nykyiset käytännöt toteumamittausten tekemisistä ja mittausten tulosten käsittelystä. Selvityksen pohjalta oli tarkoitus laatia toteumamittausohje. Toteumamittaukset ovat osa mallipohjaista laadunvarmistusta koneohjatuilla työmailla. Tarkoituksena oli kerätä Lemminkäisen mittaushenkilöstöltä haastatteluin heidän omakohtaisia kokemuksiaan sekä mietteitä toteumamittauksista ja niiden pohjalta yhtenäistä erilaiset toimintatavat.

Työssä tarkastellaan laatua yleisesti ja sen jälkeen siirrytään käsittelemään koneohjatun työmaan laadunvarmistusta. Haastatteluiden tulokset paljastivat Lemminkäisen nykytilan toteumamittausten ja mallipohjaisen laadunvarmistuksen osalta.

Pääosin työmaille suunnitelmat tulevat vain paperisina 2D-kuvina, mutta erikseen on tilattavissa suunnittelijan 3D-viivamalli, jonka voi siirtää muokkauksen ja tarkistamisen jälkeen koneohjausjärjestelmään. Tilaajan vaatiessa vielä kuitenkin laadunvarmistusdokumentit paperisena versiona on laadunvarmistusmittaukset tehty edelleen vielä perinteisin menetelmin takymetrimittauksella. Tästä syystä ei Lemminkäisen mittaushenkilöstöltä löydy kokemusta toteumamittauksista ja niiden tulosten käsittelystä.

Mittaushenkilöstön vähäisen kokemuksen perusteella toimintatapoja yhtenäistävää toteumamittausohjetta ei voitu laatia.

**Avainsanat** infrarakentaminen; laadunvarmistus; inframalli; toteumamittaus

**Sivut** 23 sivua + liitteet 1 sivu

Degree Programme in Construction Engineering  
Visamäki

---

<b>Author</b>	Laura Lahtinen	<b>Year</b> 2017
<b>Subject</b>	Preparation of the as-built surveying instructions	

---

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to find out the current practices of Lemminkäinen Infra Oy regarding the as-built surveying and the processing of their results. On the basis of this the aim was to draw up as-built surveying instructions. As-built surveying is part of model-based quality assurance on a machine-controlled construction site.

In this thesis the quality was examined on a general level and then the quality assurance of the machine-controlled construction site was discussed. Lemminkäinen's surveyors were interviewed about their experiences and thoughts of the matter in order to standardize different modes of action. The results of the interviews revealed the current status of Lemminkäinen's as-built surveys and model-based quality assurance.

The plans mainly come to the construction site only as paper 2D images, but it is possible to order the designer's 3D-model separately. These can be transferred to the machine-control system after editing and checking. However, as the client still requires quality assurance documents as a paper version, the quality assurance measurements have still been made through traditional methods, such as through total station surveying. For this reason, there is little or no experience found in the Lemminkäinen's surveyors in as-built surveys or processing their results.

Based on the little experience, it was not possible to create standardized as-built surveying instructions

**Keywords** infrastructure construction; quality assurance; infra model; as-built survey

**Pages** 23 pages + appendices 1 page

## **KÄSITTEITÄ**

### **buildingSmart Finland (bSF)**

Rakennustietosäätiossä toimiva päätoimikunta, jonka tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea toiminnassa mukana olevia tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa.

### **Inframalli**

Infra-alan tietomalli (kts. Tietomalli).

### **Infrarakentaminen**

Yhteiskunnan yhteisten toimintojen perusrakenteiden rakentamista. Voidaan käyttää myös termiä ympäristörakentaminen tai maa- ja vesirakentaminen. Infrakohteita ovat esimerkiksi liikenne-, tietoliikenne-, energia- ja vesihuoltoverkot.

### **InfraRYL**

Kokoelma infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista; koostuu toimitusvaatimuksista ja teknisistä vaatimuksista.

### **Kolmiointi**

Suunnitteluaineiston käsittelyä, jossa pistepilvestä muodostetaan määritellyjä kolmiomaisia tasopintoja.

### **Koneohjaus**

Maanrakennuksessa käytettävä järjestelmä, joka koostuu työkoneeseen asennetuista paikannuslaitteista, antureista ja tietokoneesta. Järjestelmä mahdollistaa koneen työterän ohjaamisen automaattisesti tai manuaalisesti kuljettajan toimesta.

### **Tietomalli**

Digitaalisessa muodossa oleva rakennelman kolmiulotteinen esitystapa ominaisuustietoineen.

### **Toteumamalli**

Inframallikonaisuuden osa, jossa tarke- ja toteumatieto on yhdistetty suunnitelmamalliin.

## **Toteutusmalli**

Inframallikokonaisuuden osa, jossa suunnitelmamallista on muokattu koneohjauksen käyttöön soveltuva, pinnat osoittava kolmiulotteinen malli.

## **Työkoneautomaatio**

Kolmiulotteisen rakennussuunnitelman toteuttamista koneohjausta apuna käyttäen.

## **YIV 2015**

Kokoelma, joka kattaa hankkeen lähtötiedot, suunnittelun eri vaiheet, rakentamisen, rakennetun todentamisen sekä käytön ja ylläpidon. Ohjeiden tavoitteena on ohjata ja yhdenmukaistaa ja kehittää infra-alan mallinnuskäytäntöjä.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	LAATU JA LAADUNVARMISTUS.....	2
2.1	Mitä laatu on? .....	2
2.2	Laatu eri näkökulmista .....	2
2.3	Laadunvarmistus rakennushankkeessa.....	4
2.4	Laadunvarmistuksen tavoitteet ja keinot .....	5
3	LAADUNVARMISTUS KONEOHJATULLA TYÖMAALLA.....	6
3.1	InfraRYL .....	6
3.2	Yleiset inframallivaatimukset 2015 .....	7
3.3	Koneohjauksen toteutusmalli .....	7
3.3.1	Toteutusmallin sisältö .....	9
3.3.2	Toteutusmallin tarkkuus.....	10
3.4	Toteuma- ja tarkemittaus .....	11
3.4.1	Toteumamittaus .....	12
3.4.2	Tarkemittaus.....	14
3.5	Toteumamalli .....	15
3.5.1	Toteumamallin tarkkuus.....	17
3.5.2	Toteumamalliselostus .....	17
4	TOTEUMAMITTAUSTEN NYKYISET KÄYTÄNNÖT .....	18
5	LOPPUPOHDINTA.....	20
	LÄHTEET.....	22

Liite 1 Haastattelukysymykset

## 1 JOHDANTO

Lemminkäinen on yksi vaativan infrarakentamisen ja talonrakentamisen osaajista Pohjois-Euroopassa ja yksi suurimmista päällystäjistä markkina-alueellaan. Asfaltti Osakeyhtiö Lemminkäinen on perustettu vuonna 1910, toimialanaan rakennusten vedeneristystyöt sekä bitumiset piha- ja katutyöt. Yrityksen toiminta oli vuonna 1969 laajentunut jo niin huomattavasti, että nimenmuutokselle oli tarvetta, ja nimi lyhennettiinkin helpommin käytettävään muotoonsa, Lemminkäinen Oy:ksi. (Lemminkäinen 2016.)

Nykymuotoisen Lemminkäisen palveluihin kuuluvat infrarakentaminen, talonrakentaminen ja päällystys Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa ja Baltian maissa. Työntekijöitä Lemminkäisellä on kokonaisuudessaan noin 4300 henkilöä, joista noin puolet työskentelee Suomessa. (Lemminkäinen 2016.)

Tietomallintaminen tekee vahvasti tuloaan talonrakentamisen lisäksi myös infrarakentamiseen, niin suunnitteluun ja tuotantoon, kuin myös laadunvarmistamiseen. Lemminkäisellä on ollut jo muutamia koneohjauksella toteutettuja työmaita, mutta laadunvarmistukseen liittyvät mittaukset on toistaiseksi tehty vielä perinteisin mittausmenetelmin.

Lemminkäisellä syntyi tarve luoda selkeä ja helppokäyttöinen ohje toteutumamittausten tekemiseen. Ohjeesta mittahenkilöt voisivat vaivattomasti tarkistaa tietyn työvaiheen mittausvaatimukset ja esimerkiksi toteutuneen rakennepinnan kelpoisuuden osoittamiseksi vaaditun esitystavan.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisellä tasolla laatua ja laadunvarmistusta ja sitä, mitä ne käsitteenä tarkoittavat. Työssä perehdytään tarkastelemaan myös, mitä laadunvarmistus koneohjatulla työmaalla on.

Käytännön osuudessa pyritään selvittämään haastatteluiden avulla mallipohjaisen laadunvarmistuksen ja erityisesti toteutumamittausten nykytilaa, mittaustulosten käsittelytapoja sekä mallipohjaisen työmaan hyötyjä ja mahdollisia haittoja. Haastateltavaksi valittiin sekä mittauspuolen henkilöitä että työnjohdon edustajia. Haastattelut suoritettiin pääosin puhelimitse.

## 2 LAATU JA LAADUNVARMISTUS

### 2.1 Mitä laatu on?

Laadulle on kirjallisuudessa monenlaisia määritelmiä ja näkökulmia. Kaksi asiaa määrittelyssä kuitenkin erityisesti korostuu: asiakkaan tarpeiden tyydyttäminen ja asiakkaan olettamiin vaatimukseen vertaaminen. Vaikka laatu käsitteenä olisikin vaikea määritellä, ei siinä pohjimmiltaan ole mitään epäselvää. Kuitenkin oleellista organisaation kannalta on se, että kaikilla organisaation jäsenillä on yhtenevä mielikuva laadusta ja laadukkaasta tuotteesta ja toiminnasta. Laatua on yrityksessä tietoisesti johdettava, sillä käsitys laadusta ja sen olemuksesta eri organisaatioilla ja ihmisillä vaihtelevat. Haluttujen tulosten saavuttamiseksi laatu tulee määritellä sellaisena kuin asiakas sen kokee. (Kankainen & Junnonen 2001, 5–6.)

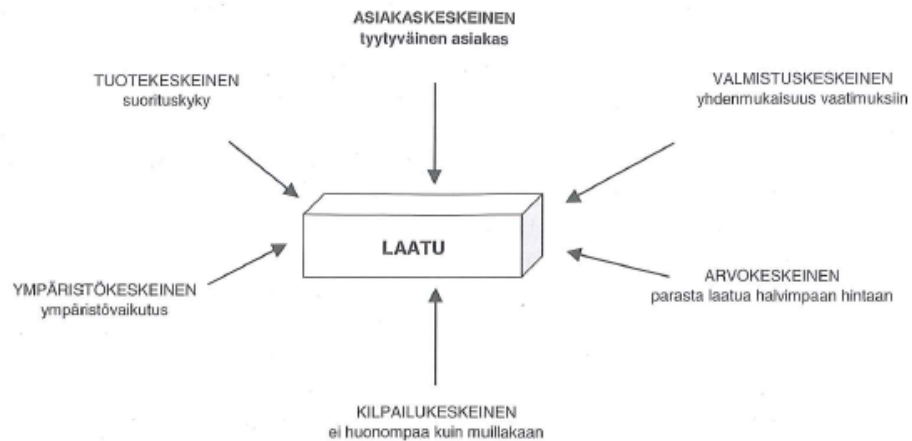
Laatu voidaan jakaa tuotteen tai palvelun laatuun ja toiminnan eli prosessin laatuun. Tuotteen laatu on usein kilpailutekijä, asiakkaan odotuksien ja huomion herättäjä. Toiminnan laatu taas toimii lähinnä yrityksen sisäisenä välineenä parantaa tuottavuutta ja alentaa kustannuksia. On tärkeää kuitenkin muistaa, että lopputuotteen laatu määräytyy pääasiallisesti toiminnan laadun kautta. (Kankainen & Junnonen 2001, 6.)

Tuotteen laadun elementtejä voidaan jakaa valmistuksen, suunnittelun ja asiakkaan havaitsemaan suhteelliseen laatuun. Se, miten hyvin tuote täyttää suunnittelussa sille asetetut vaatimukset, on valmistuksen laatua. Suunnittelun laatua taas kuvaa, kuinka hyvin tuote on suunniteltu täyttämään asiakkaan vaatimukset. Tuotteen laatuominaisuuksia koskevia päätöksiä ohjaa suunnittelijoiden käsitys asiakkaiden odotuksista. Asiakkaan havaitsema suhteellinen laatu on asiakkaan saaman tuotteen laadun suhde odotettuun laatuun. Kun asiakkaan kokema laatu vastaa hänen odotuksiaan tuotteesta, on tuotteen laatu silloin hyvä. (Kankainen & Junnonen 2001, 6.)

### 2.2 Laatu eri näkökulmista

Laatua voidaan tarkastella kuudesta eri näkökulmasta. Näitä ovat valmistus-, tuote-, arvo-, kilpailu-, ympäristö- ja asiakaskeskeinen laatu. Nämä korostavat erilaisia suhtautumistapoja laatuun. Kuvassa 1 on esitetty laadun eri näkökulmat. Tärkeimpiä yrityksen toiminnassa ovat valmistus-, tuote-, ympäristö- sekä asiakaskeskeinen laatu. (Kankainen & Junnonen 2001, 7.)





Kuva 1. Laadun eri näkökulmat (Kankainen & Junnonen 2001, 8).

Valmistuskeskeisen laatuajattelun tehtävänä on korostaa työn virheettömyyttä ja yhdenmukaisuutta. Valmistuskeskeinen laatu on yksiselitteistä, sillä annetut työohjeet, standardit, piirustukset ja toleranssit määrittelevät sen, mikä kelpaa ja mikä ei. Perimmäisenä tavoitteena valmistuskeskeisessä laatuajattelussa on nollavirhestandardi, ja kehittämisedellytykset liittyvät nimenomaan virheiden löytämiseen ja tunnistamiseen sekä virheitä aiheuttaneiden syiden selvittämiseen ja poistamiseen. (Kankainen & Junnonen 2001, 8.)

Tuotokeskeinen laatu keskittyy tuotteen eri ominaisuuksiin, kuten esimerkiksi huollettavuuteen ja kestävyys. Tuotteen laadun määrittelee suunnittelija tunnistamalla ominaisuuksiltaan hyvä ja huono tuote toisistaan. Asiakaskontaktit ovat tuotokeskeisessä laadussa tärkeitä, sillä ilman niitä on riskinä kehittää liiallisesti asiakkaalle tarpeettomia tuoteominaisuuksia, jolloin asiakas ei ole valmis maksamaan tuotteesta täyttä hintaa. (Kankainen & Junnonen 2001, 8.)

Arvokeskeinen laatu kuvautuu sanaparilla hinta-laatusuhde. Kun tuotteen ominaisuudet ovat hyvät ja hinta kohdallaan, on tuote silloin oikeaa laatua. Arvokeskeistä laatua tarkastelevat enimmäkseen henkilöt, jotka vastaavat tuotteen myynnistä ja markkinoinnista, sillä he joutuvat puntaroimaan asiakkaan valintoja ja ostopäätöksiä. Kilpailukeskeinen laatu tarkoittaa sitä, että asiakas muodostaa käsityksensä tuotteen arvosta vertailemalla kilpailevia tuotteita keskenään. (Kankainen & Junnonen 2001, 8.)

Ympäristökeskeinen laatu määrittyy sen mukaan, mikä on tuotteen vaikutus yhteiskuntaan ja luontoon. Minimivaatimukset ovat ehdottomat ympäristökeskeiselle laadulle. Vaatimukset koostuvat viranomaisen asettamista standardeista koskien tuotteen valmistusta, käyttöä tai hävittämistä. (Kankainen & Junnonen 2001, 8.)

Tuotteen kyky täyttää asiakkaan tarpeet on asiakaskeskeistä laatua. Asiakaskeskeinen laatu yhdistää muita laadunäkökulmia ja vaikuttaa näkö-

kulmista eniten asiakkaan ostopäätökseen. Asiakaskeskeisen laadun ongelmat liittyvät eniten tuotteen valintaan ja maksamiseen. Objekttiivisten ominaisuuksien ollessa erinomaiset ei asiakas välttämättä valitse kyseistä tuotetta. Hinta asettaa ostopäätökselle tärkeän rajoitteen. Hinta ei ole tuotteen laatuominaisuus, vaan se rajaa tuotejoukkoa, jota asiakas tarkastelee. Asiakaskeskeisen laadun tavoitteena on luoda tuote, joka tekee asiakkaan niin tyytyväiseksi, että kyseinen tuote valitaan myös seuraavalla kerralla. (Kankainen & Junnonen 2001, 8–9.)

Asiakkaan kokemaan laatuun vaikuttaa myös yrityksen oma imago. Jos asiakkaalla on yrityksestä etukäteen negatiivinen mielikuva, voivat mahdolliset laaturvirheet vaikuttaa hyvin voimakkaasti laatuun, jonka asiakas kokee. Positiivinen mielikuva yrityksestä voi vastaavasti mahdollistaa pienien laaturvirheiden mitätöitymisen. (Kankainen & Junnonen 2001, 9.)

Rakentamisen laadussa ongelmana ovat eri laatu näkökulmat ja yhteisen käsitemaailman puuttuminen. Laatuä käsitellään erilaisina mitattavina suureina tai omakohtaisina kokemuksina. Näiden kahden ääripään väliin sijoittuu laadun määritelmä, jossa laatu on mitattu kriteeriluetteloiden ja mitattavien normien avulla. Tällä tavoin kuvattu laatu on usein kuitenkin tulkittavissa minimilaaduksi. Perimmiltään koko rakennusprosessin laatu näkökulma on asiakaskeskeistä. Ilman yhteistä näkökulmaa jokainen, joka projektiin osallistuu, tarkastelee laatua omista lähtökohdistaan. (Kankainen & Junnonen 2001, 10.)

### 2.3 Laadunvarmistus rakennushankkeessa

Laadunvarmistusta tehdään koko rakennushankkeen ajan. Laadunvarmistus alkaa jo tarjous- ja sopimusvaiheessa, sillä silloin voidaan vaikuttaa rakentamisen laatuun mm. urakoitsijoiden valinnan kautta. Rakentamisen valmisteluvaiheessa analysoidaan hankkeen riskejä, tarkennetaan eri osapuolien laadunvarmistustoimet ja laaditaan työ- ja suunnittelu-aikataulut. Näiden toimien kohdalla voidaan miettiä, miten eri valinnat vaikuttavat laatuun. (Rakennustieto Oy 2017, 14.)

Rakentamisvaihe pitää sisällään jatkuvaa laadunvarmistustoimien toteutusta ja dokumentointia. Hankkeen eri osapuolet tiedottavat toisilleen havaitsemistaan poikkeamista tai muutoksista. Tehdyistä toimenpiteistä ja päätöksistä kirjataan tieto hankkeen tarkastusasiakirjaan ja työmaakokosten pöytäkirjoihin. Viimeistely- ja luovutusvaiheen tavoitteena on luovuttaa laatuvaatimukset täyttävä kohde aikataulun mukaisesti tilaajalle niin, että kaikki kokeet, järjestelmien säädöt, tarkastukset ja mahdolliset korjaustyöt ehditään tekemään ennen luovutusta. (Rakennustieto Oy 2017, 14.)

## 2.4 Laadunvarmistuksen tavoitteet ja keinot

Laatunäkökulma rakennustyömaalla on valmistuskeskeinen, mikä tarkoittaa sitä, että rakennettavan kohteen täytyy olla yhteneväinen suunnitelma-asiakirjoissa esitettyjen vaatimusten suhteen. Jotta laatuvaatimukset täyttyisivät, on tehtävä laadunvarmistusta. Se sisältää kaikki suunnitellut toimenpiteet, jotka ovat tarpeellista tehdä, jotta saadaan riittävä varmuus siitä, että tuote täyttää asetetut laatuvaatimukset. Laadunvarmistaminen ei kuitenkaan voi olla pelkästään tarkastamista, vaan varmistaminen edellyttää myös laatuvaatimusten selvittämistä ja niiden kertomista edelleen työntekijöille sekä osapuolten yhteistoiminnan kehittämistä. Laadunvarmistus voidaan jakaa kahteen osaan, sisäiseen ja ulkoiseen laadunvarmistukseen. Sisäinen laadunvarmistus antaa varmuuden laatu järjestelmän mukaisesta toiminnasta yrityksen omalle johdolle, kun taas ulkoinen laadunvarmistus antaa varmuuden edellä mainituista toiminnoista asiakkaalle. (Kankainen & Junnonen 2001, 36.)

Yhtenä laadunvarmistuksen tavoitteena on varmistaa myös, että hankkeen laatuvaatimukset ja muu tieto kulkevat moitteettomasti ja systemaattisesti hankkeen eri toimijoiden välillä. Laadunvarmistuksen tavoitteisiin kuuluu myös se, että mahdolliset ongelmat tai virheet saadaan poistettua. Laadunvarmistus on toiminut hyvin, kun rakennuttaja voi luottaa, että lopputulos hankkeelle on asetettujen vaatimusten mukainen. (Kankainen & Junnonen 2001, 36.)

Yksinkertaisesti sanottuna laatuvaatimukset täytyy ensin ymmärtää, jotta syntyy laatua. Tästä syystä laatuvaatimukset on selvitettävä ja periytettävä työntekijöille. Laatuvaatimukset tunnistetaan ja siirretään eteenpäin työsuorituksen kannalta riittävän selkeässä muodossa. Rakennusosiin tai tehtäviin, joissa useimmiten esiintyy laatuvirheitä, on kiinnitettävä erityistä huomiota. (Kankainen & Junnonen 2001, 37.)

Laadunvarmistuksen yhtenä tärkeänä osana on raportointi. Sen avulla dokumentoidaan hyväksi havaitut menettelytavat, tunnistetaan laaturisikit sekä käynnistetään virheiden aiheuttamissyiden selvittäminen, jotta virheelliset suoritukset voitaisiin tulevaisuudessa välttää. Jotta laatuvaatimukset toteutuisivat, edellytetään tilaajalta ja urakoitsijalta erilaisia laadunhallintatoimenpiteitä. Tilaaaja suunnittelee oman työmaavalvontansa ja tarvittavat tarkastustoimenpiteet. Urakoitsijan laadunhallinnan lähtökohtana ovat laadunvarmistustoimenpiteet, jotka ovat tilaajan ja viranomaisten edellyttämiä. Ne esitetään laadunvarmistuksen yleissuunnitelmana laatusuunnitelmassa. (Kankainen & Junnonen 2001, 38.)

### 3 LAADUNVARMISTUS KONEOHJATULLA TYÖMAALLA

#### 3.1 InfraRYL

InfraRYL on infra-alan yhdessä laatima kuvaus infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista. Kuvaus perustuu olemassa oleviin, eri tahojen laatiin yleisiin laatuvaatimuksiin, työselostuksiin, standardeihin ja rakennusalan käsitykseen hyvästä rakennustavasta. Alan käsitys ja edustavuus on saatu käsittelemällä InfraRYL:in laatuvaatimuksia laajasti erilaisissa infrarakentamista edustavissa työryhmissä ja pyytämällä lausuntoja m. urakoitsijoilta, rakennuttajilta ja suunnittelijoilta. (Mäkelä & Vettenranta 2007, 22.)

InfraRYL jakautuu toimivuusvaatimukseen ja teknisiin vaatimukseen. Toimivuusvaatimuksissa kuvataan rakenteen ja sen osien käyttäytymistä koko sen elinkaaren ajan, ohjaten siten teknisten vaatimusten asettamista. Toimivuusvaatimukset ovat erilaisia raja-arvoja, joita enempää rakenne ei saa ajan myötä huonontua menettämättä näin esimerkiksi käyttäjien ja ympäristön asettamia vaatimuksia. Vaatimukset on ryhmitelty rakenteita ja niiden eri osia koskeviin ominaisuuksiin. Tärkeänä tehtävänä toimivuusvaatimuksilla on tarkastella rakenteen kestävyyttä ja rakenteen toimintaa suunnitellun käyttöiän aikana. (Mäkelä & Vettenranta 2007, 23.)

Tekniset vaatimukset kuvaavat rakentamisessa käytettävien materiaalien, työn ja valmiin rakenteen vaatimuksia erilaisine laadunvarmistusmenetelyineen. Teknisissä vaatimuksissa pääpaino on työmaalla tehtävissä töissä. Materiaalien valmistamisen osalta pyritään käyttämään viittauksia tuotestandardeihin ja normeihin. Ensimmäinen sisältötavoite teknisillä vaatimuksilla on määrittää lopputuloksen rakennustekninen laatu. Valmiin rakenteen toleranssit ja yleiset laatuvaatimukset esitetään lähes kaikille lopputuotteille niin työn kuin materiaalienkin osalta. (Mäkelä & Vettenranta 2007, 23–24.)

Tällä hetkellä InfraRYL ei ota kantaa koneohjauksen käyttöön työmailla. Edellytys InfraRYL:ssä on, että 20 metrin välein tarkistetaan jakavan ja kantavan kerroksen sekä päällystekerrosten taso eli korkeus. Rakenteen tasaisuutta sekä muotoa ja sivukaltevuutta tulisi mitata ja dokumentoida 100 metrin välein. Poikkeuksena ovat moottoritiet, joilla mittaukset tulisi suorittaa 20 metrin välein ja katurakenteessa vähintään 20 metrin välein.

Kantavuuksia mitataan InfraRYL:n mukaan noin 100 metrin välein ajoratakohtaisesti mutta myös pientareelta, mikäli pientareen leveys on vähintään 1,5 metriä. Jos tiivistystyön laatua varmistetaan mittaamalla tiiviysastetta, mittauksia tulisi tehdä 150 metrin välein. Tiiviysuhdetta mittaessa mittausväli on 100 metriä.

Katselmuspöytäkirjat, laadunvalvontaraportit ja suorituspöytäkirjat kootaan InfraRYL:n mukaan ajan tasalla pidettävään kelpoisuusasiakirjaan.

Ohjeistus on, että mikäli työsuorituksesta ei suorituspöytäkirjoja vaadita, työn hyväksyminen on kirjattava tarkastusasiakirjaan.

### 3.2 Yleiset inframallivaatimukset 2015

Yleiset inframallivaatimukset eli YIV-ohjeet ovat osa Rakennustietosäätiön buildingSMART Finland (bSF) erityispäätoimikunnan tietomallintamisen ohjekokonaisuutta. Vaatimuksille syntyi tarve, kun suurimmat infratilaajat asettivat tavoitteekseen siirtyä käyttämään tietomallinnusta. Tilajilla ja palvelujen tarjoajilla on oltava yhteinen näkemys siitä, mitä ja miten hankkeiden eri vaiheissa mallinnetaan. Inframallivaatimusten valmistelutöihin on osallistunut useampia infra-alan toimijoita, kuten esimerkiksi Lemminkäinen Oy, VR Track Oy, Destia Oy ja Liikennevirasto. (Liukas & Mäkelä 2015; Niskanen 2015, 3.)

YIV-ohjeet ovat teknisiä ohjeita, joissa on selostettu mm., miten inframallit laaditaan ja miten malleja hyödynnetään erilaisissa käyttötapauksissa. YIV-ohjeet ovat vastaavanlainen infra-alan ohjeisto kuin InfraRYL. Ohjeiden tavoitteena on edistää infra-alan yhteisten tietomallinnuskäytäntöjen leviämistä. (Liukas & Mäkelä 2015.)

Yleisissä inframallivaatimuksissa käsitellään lähtötiedot, suunnittelun eri vaiheet, rakentaminen, rakennetun infran todentaminen ja hallinta. YIV-ohjeet koostuvat 12 osasta. Varsinaisella rakennustyömaalla tärkeimpiä osia ovat osa 5, jossa käsitellään maanrakennustöiden toteutusmalleja sekä toteutumamalleja, ja osa 12, jossa käsitellään maanrakentamisen mallipohjaista laadunvarmistusmenetelmää. (Liukas & Mäkelä 2015; BuildingSMART Finland 2015.)

YIV-ohjeiden viidennen osion osassa 2, Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje, määritellään toteutusmallien sisältö ja tarkkuusvaatimukset tie-, katu- ja rataväylien sekä -alueiden pintojen osalta. Viidennen osion osassa 3, Maanrakennustöiden toteutumamallin laadintaohje, määritellään toteutumamallien sisältö ja tarkkuusvaatimukset tie-, katu- ja rataväylien pintojen osalta. (Snellman 2015, 3; Palviainen 2015, 4.)

YIV-ohjeiden 12. osion osassa 1, Maanrakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä, kuvataan mallipohjaisen laadunvarmistusmenettelyn edellytykset käyttöönottoon, laadunvarmistuksen päävaiheet sekä dokumentoitava aineisto. (Jaakkola 2015, 3.)

### 3.3 Koneohjauksen toteutusmalli

Puhuttaessa työkoneautomaatiosta tarkoitetaan sillä infrarakentamisessa 3D-ohjauksjärjestelmien käyttöä työkoneissa. Perustyökoneketju automa-

tisoidulla työmaalla on varustettu anturijärjestelmällä, paikannuslaitteilla ja tietokoneilla, joihin suunnitelmätieto voidaan tuoda digitaalisessa muodossa. Koneenkuljettajalla on työkoneessa näyttö, josta hän näkee kolmiulotteisen toteutusmallin eli koneohjausmallin, sekä työkoneen reaaliaikaisen aseman. Perinteistä maastoon merkintää ei enää tarvitse tehdä. Toteutusmallin avulla rakennussuunnitelman voi toteuttaa maastossa aikaisempaa nopeammin ja tarkemmin. (Snellman 2015, 3.)



Kuva 2. Toteutusmalli koneohjausjärjestelmässä voi näyttää vaikka tältä (Novatron n.d.).

Toteutusmalli on suunnittelijan tekemästä suunnitelmamallista muodostettu rakennettavan kohteen malli. Jatkuvat 3D-taiteviivat ja niiden kolmioverkkomallit muodostavat rakennepintojen toteutusmallit. Käyttötarkoituksesta riippuen työmaalla voidaan hyödyntää joko ainoastaan taiteviivamaista 3D-aineistoa, pelkkiä kolmioverkkomalleja tai molempia. (Snellman 2015, 3.)

Tällä hetkellä toteutusmalleja täytyy muokata ennen kuin mallit ovat vaatimusten mukaisia, sillä sellaista suunnitteluohjelmistoa ei vielä löydy, joka tekisi suoraan täysin vaatimusten mukaisia malleja. Muokkaamisella tarkoitetaan mm. ylimääräisten taiteviivojen poistamista tai aineistojen nimeämisiä. (Snellman 2015, 3.)

### 3.3.1 Toteutusmallin sisältö

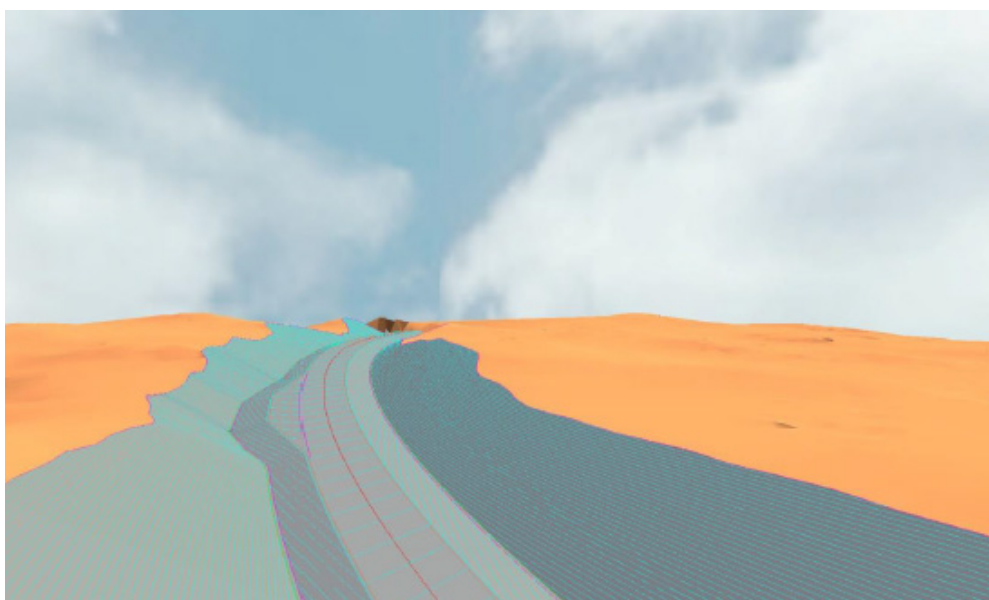
Toteutusmalli koostuu useiden eri rakennepintojen kokonaisuuksista. Rakennettavan kohteen toteutusmalli muodostuu kaikkien yksittäisten rakennepintojen omista erillisistä toteutusmalleista. (Snellman 2015, 4.)

Toteutusmalliin mallinnettavia kohteita vaatimusten mukaan ovat kaikki ne rakennusosat, joiden toteutukseen käytetään työkoneohjausta. Väylärakenteessa toteutusmalli koostuu INFRA 2006:n rakennusosa- ja hankenumikkeistön mukaisista rakennusosista, joita ovat

- 1400 Pohjarakenteet
- 1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot
- 1800 Penkereet, maapadot ja täytöt
- 2100 Päällysrakenteen osat
- 2400 Ratojen päällysrakenteet.

InfraBIM-nimikkeistön mukaisesti edellä mainituista rakennusosista mallinnettavia pintoja ovat esimerkiksi sitomattomat kantavat kerrokset, jakavat kerrokset, suodatinkerrokset ja massanvaihtoon kuuluvat kaivannot. (Snellman 2015, 4.)

Mallinnettavista taiteviivoista mallinnetaan jokaisesta pinnasta vain ne viivat, joiden kohdalla on taite rakenteen pinnassa. Myös muulla tapaa merkitykselliset viivat mallinnetaan. Ajouradan mittalinjan taiteviiva keskilinjankohdalla mallinnetaan aina. (Snellman 2015, 6.)



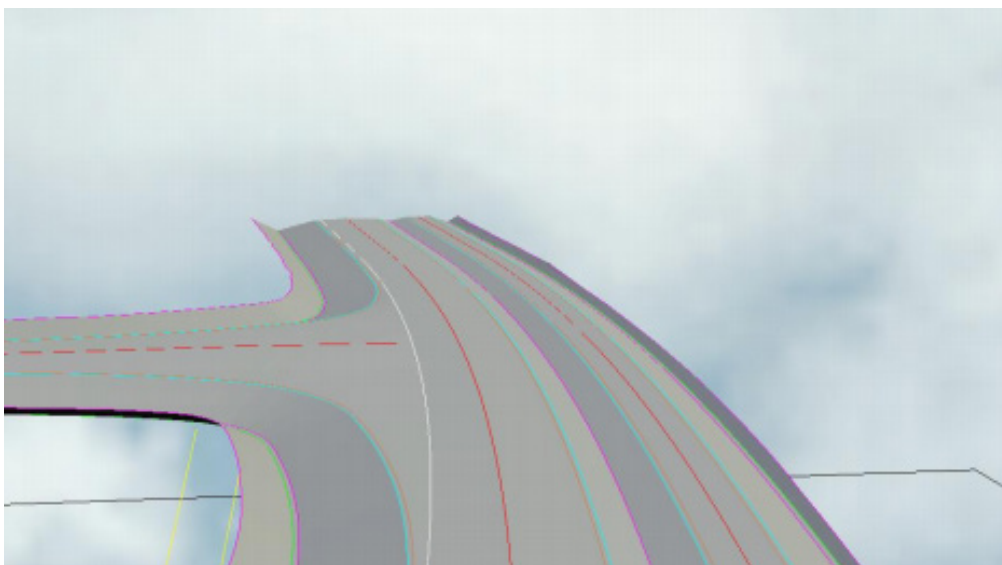
Kuva 3. Mallinnettuja taiteviivoja (Snellman 2015, 6).

### 3.3.2 Toteutusmallin tarkkuus

Tarkkuusvaatimukset toteutusmallissa voidaan jakaa kahteen, taiteviivojen ja pintojen jatkuvuusvaatimukseen ja taiteviivojen ja pintojen geometrisiin vaatimukseen. (Snellman 2015, 10.)

Taiteviivalla tarkoitetaan monista suorista viivoista muodostuvaa ketjua, joiden x-, y- ja z-koordinaatit ovat täysin samat edellisen viivan loppupisteen ja seuraavan viivan aloituspisteen kesken. Pinnat muodostuvat näiden taiteviivojen kautta. Vaatimuksena on, että toteutusmallin kaikki taiteviivat ja pinnat ovat mahdollisimman jatkuvia, eikä pinnoissa ole pystysuoria muutoksia tai päällekkäisiä taiteviivoja samassa pinnassa. (Snellman 2015, 10.)

Taiteviivojen tulisi olla jatkuvia esimerkiksi liittymäalueilla ja moottoriteiden liittymisrampeilla. Taiteviiva-aineiston tulee muodostaa yhtenäinen pinta. Epäjatkuvuuskohtia ei saa muodostua. Rakenteet tulisi pyrkiä yhdistämään toisiinsa saumattomasti rakennetyyppien muutoskohdissa, jos vain mahdollista. Esimerkiksi liittymäalue tulisi suunnitella niin, että päätien taiteviivat muodostavat yhtenäisen pinnan yhdistyvän sivutien taiteviivojen kanssa. Pintojen jatkuvuutta tarkastellaan esimerkiksi korkeuskäyrien ja 3D-näkymien avulla. (Snellman 2015, 10.)



Kuva 4. Tavoitetilanteen mukainen kuva taiteviivojen ja pinnan jatkuvuudesta liittymäalueella (Snellman 2015, 11).

Geometristä tarkkuutta tarkastellessa toteutusmallin taiteviiva ei saisi poiketa yli kolmea millimetriä laskennallisesta geometrialinjasta. Yleensä poikkeamat laskennalliseen geometrialinjaan syntyvät ympyräkaarteissa. Teoreettiseksi tarkkuudeksi onkin nykytilanteessa muodostunut noin 3 mm. Silloin toteutusmallit pysyvät riittävän tarkkoina suhteessa suunnitelmamalliin ja ovat riittävän kevyitä työkonien ohjauslaitejärjestelmiin. Suunnittelujärjestelmästä riippuen tarkkuusvaatimukseen päästään



usealla tapaa. Voidaan esimerkiksi noudattaa tiettyjä taiteviivan enimmäispituuksia suhteessa kaarre- ja pyöristyssäteisiin. (Snellman 2015, 14.)

Minimipituus taiteviivalle on 0,5 m, ellei jokin erityiskohde edellytä tiheämpää taiteviivaketjua, jotta mallintaminen onnistuisi. Tällaisia erityiskohteita voi olla esimerkiksi meluvallin harjan kaarre tai tiukka liittymäkaari. Taulukossa 1 on esitetty toteutusmallin taiteviivojen enimmäispituus eri kaarresäteiden (R) ja pyöristyskaarien säteiden (S) arvoilla. Siirtymäkaarissa (klotoidit) noudatetaan samoja periaatteita kuin kaarresäteiden osalla. Taulukossa 2 esitetään enimmäisarvot, joilla saavutetaan riittävä tarkkuus. (Snellman 2015, 14–15.)

Taulukko 1. Taiteviivojen enimmäispituus kaarresäteiden ja pyöristyskaarien arvoilla (Snellman 2015, 15.)

Kaarresäde R / Pyöristyssäde S	Taiteviivan enimmäispituus (m)
1–39	R / 40 (0,5 m minimi)
40–149	1 m
150–999	2 m
1000–3999	5 m
4000–	10 m

Taulukko 2. Tien suuntaisten taiteviivojen enimmäispituudet eri siirtymäkaarien arvoilla (Snellman 2015, 15).

Klotoidin parametri A (m)	Taiteviivan enimmäispituus (m)
40–79	1 m
80–499	2 m
500–999	5 m
1000–	10 m

### 3.4 Toteuma- ja tarkemittaus

Toteuma- ja tarketieto on pistemäistä aineistoa, joka sisältää esimerkiksi toteumamallissa erovektorit pysty-, leveys- tai pituussuunnassa (x, y, z). Tarkemittaukset on määritetty työvaihekohtaisessa laatusuunnitelmassa. Tarkkeet sisällytetään jokaisen rakennusosan toteumamalliin. Tarkemittaus on tietyn välein suoritettua kontrollimittausta. Tarkemittaus ei kerro mitatun kohteen sijaintia ja toteumaa, ainoastaan sen, kuinka tarkasti työ on tehty, mikä on huono asia tulevaisuutta ajatellen. (Palviainen 2015, 7, 20; Kuosa 2017.)

Toteumamittaus vaatii aina hyvän, tarpeeksi tiheän kartoituksen esimerkiksi laserkeilaamalla, mutta takymetrillä tehtävä kartoitus on myös riittävä. Tehdyistä havainnoista tehdään toteumamalli. (Kuosa 2017.)

Toteumatieto ja tarketieto on erotettava toisistaan. Tarketieto on yleensä XYZ-koordinaatti ja se voi olla toteumatietoa, mutta toteumatieto ei aina ole tarketietoa. Toteumatietoon voidaan pelkän koordinaattitiedon lisäksi sisällyttää rakenteen kantavuustietoja, tietoa maa-aineksen tiiveydestä tai erilaisia materiaaliominaisuuksia kuten raekoko, hienoainespitoisuus tai materiaalin lähde tai valmistaja. Toteumatiedossa voi myös olla yhdistettynä esimerkiksi rakenteen rakentaneiden koneiden tiedot sekä aika- ja kustannustietoa.

Tarkepisteellä tarkoitetaan mittaushenkilön takymetrillä tai GNSS-laitteella mitattua XYZ-koordinaatit omaavaa pistemäistä tietuetta. Tarkepisteiden tiheys kuvataan kunkin rakenteen työvaihekohtaisissa laatuvaatimuksissa.

Toteumapisteellä tarkoitetaan XYZ-koordinaatit omaavaa pistemäistä tietuetta, jonka koneenkuljettaja on mitannut 3D-ohjausjärjestelmällä varustetulla työkoneella tai mittaushenkilö mittalaitteella.

#### 3.4.1 Toteumamittaus

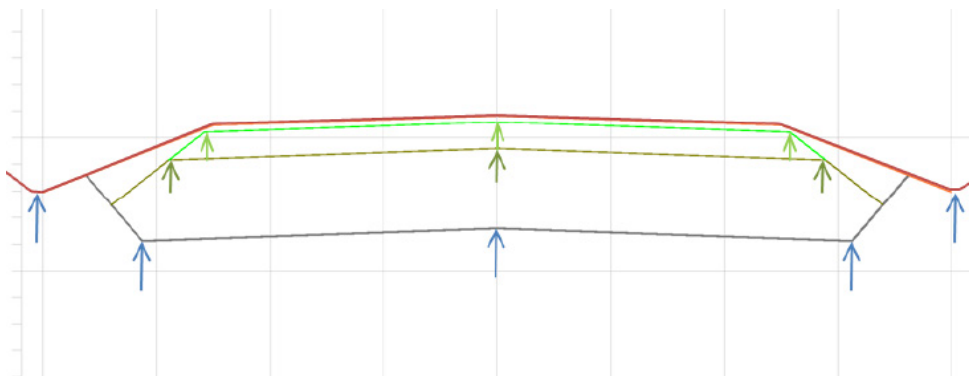
Rakenteiden toteutuminen laatuvaatimusten mukaisesti varmistetaan koneohjausjärjestelmällä tehtävillä toteumamittauksilla. Mittaukset tuottavat myös tietoa työn etenemisen seurantaan varten. Taulukossa 3 on esitetty rakenneosat, joista toteumamittaukset tehdään. Ennen mittauksia työkoneiden 3D-ohjausjärjestelmät tarkastetaan ja varmistetaan, ettei työkoneen terän paikannustarkkuus työmaan koordinaatistossa ylitä taulukossa 3 esitettyjä, koneohjausjärjestelmältä vaadittavia, rakenneosakohtaisia tarkkuusvaatimuksia. Tarkkuus tulee tarkistaa uudessa työkohteessa aina ennen työkoneen ottamista käyttöön. (Jaakkola 2015, 7.)

Taulukko 3. Maarakenteiden mittavaatimukset ja työkoneautomaatiojärjestelmällä vaadittava tarkkuus (Jaakkola 2015, 4).

Rakenneosa	Suurin sallittu yks. sijainnin poikkeama (InfraRYL)	Suurin sallittu yks. korkeuden poikkeama (InfraRYL)	Työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava mittaustarkkuus toteumamittauksia varten XY;Z
	mm	mm	mm
Maaleikkaus (201100), maatai louhepenger(18100), tie ja rata	- 0 / +200	+ 0 / -100	+ - 100; +30
Suodatinkerros, tie/rata (211100)	- 0 / +150	+ - 40	+ - 100; +30
Jakavakerros, tie (212100)	- 0 / +150	+ - 30	+ - 100; +30
Kantavakerros, tie (213100)	- 0 / +150	+ - 20	+ - 50; +20
Eristyskerros yläpinta, rata (212200)	- 0 / +100	+0 / -50	+ - 50; +20
Välikerros yläpinta, rata (212300)	- 0 / +50	+0 / -20	+ - 50; +20

Työkoneiden tarkkuus tarkastetaan joko kerran viikossa tai kerran vuorokaudessa sen mukaan, mitä työtä työkoneella tehdään. Esimerkiksi maaleikkauksia tekeväälle työkoneelle riittää kerran viikossa tehty tarkastus, mutta tarkkuutta vaativaa viimeistelytyötä tekeväälle työkoneelle tarkastus tulee tehdä päivittäin. Tarkastukset tehdään asettamalla työkoneen terä tunnetulle pisteelle, GNSS-mittalaitteella tai mittaamalla takymetrillä työkoneen terän sijainti. Koneohjausjärjestelmän paikkatietoa verrataan mittalaitteen tai -pisteen koordinaatteihin, ja jos taulukossa 3 esitetyt arvot ylittyvät, koneohjausjärjestelmä on kalibroitava. Tarkastusmittausten tulokset ja kalibroinnit dokumentoidaan ja liitetään koneohjausjärjestelmien tarkastusraporttiin. (Jaakkola 2015, 6.)

Toteumamittaukset tehdään rakenneosittain vähintään 20 metrin välein mitattavan rakenteen poikkileikkausten taitteiden kohdilta (Kuva 5). Mittaus tapahtuu asettamalla kauha mitattavaan taitepisteeseen ja tallentamalla piste järjestelmään. Työkoneiden kuljettajat on perehdytettävä tekemään toteumamittauksia työn aikana ohjeistamalla ja neuvomalla. Kuljettajille voidaan myös tehdä esimerkiksi kuva, josta mittauskohdat näkyvät. (Jaakkola 2016, 7.)



Kuva 5. Nuolien osoittamista kohdista tehdään vähintään 20 metrin välein toteumamittaus (Jaakkola 2015, 8).

Koneohjausjärjestelmällä toteumamittauksia tehdään mm. tien leikkausrakenteista, rakenteeseen tulevista paineputkista, kaapeleista ja kaivoista. Mikäli koneohjausjärjestelmän tarkkuus on tarkkuusvaatimukset täyttävä, voidaan silloin käyttää koneohjausjärjestelmää myös kantavan kerroksen ja päällystepohjan toteumamittaukseen. (Jaakkola 2015, 7.)

Työvaihekohtaisessa laatusuunnitelmassa määritetyt tarkemittaukset sisällytetään kunkin rakennusosan toteumamalliin pistemäisinä tietueina. Työn aikana työkoneella tai mittaushenkilön mitaamat toteumapisteet sisällytetään kunkin rakennusosan toteumamalliin pistemäisinä tietueina. Jos lopullinen toteuma ei ole vaaditussa tarkkuudessaan, mallinnetaan rakennusosat toteumamittausten pohjalta niin, että toteumamalli on lopullisen toteutuksen mukainen. Yksittäisten toleranssin ylitysten syy tulee esittää. (Palviainen 2015, 7–8.)

### 3.4.2 Tarkemittaus

Tarkemittauksia tehdään YIV 2015:n mukaan väylän suorilla osuuksilla vähintään 200 metrin välein ja rakenteiden muutoskohdissa, joita ovat alusrakenteen rakennetyypin muutoskohdat tai kerrospaksuuden muutokset. Väylän vaakageometrian kaarresäteen ollessa pienempi kuin 3000 m tarkemittaus tehdään 100 metrin välein. Tarkemittauksien mitaväli on esitetty taulukossa 4, ja luvut koskevat taulukon 3 rakenteita. (Jaakkola 2015, 9.)

Taulukko 4. Tarkemittaukset tehdään väylän mittalinjan suhteen taulukon mukaisin mittausvälein (Jaakkola 2015, 9).

Väylän vaakageometria	Mittausväli [m]
Suora	200
Kaarresäde > 3000	200
Kaarresäde < 3000	100

Mittauksia tehdään InfraRYL:n ohjeiden mukaan, mutta mittausvälit ovat harvemmat. Tarkemittausten tuloksia verrataan taulukon 3 InfraRYL-sarakkeen vaatimuksiin. Pienissä kohteissa (alle 200 m) mitataan vähintään yksi poikkileikkaus jokaisesta rakenneosasta, ja jos tarkemittausten tulokset eivät täytä taulukon 3 InfraRYL-sarakkeen vaatimuksia, tiheennetään mittausväliä tällöin 50 metriin. 200 metrin mittausväliin voidaan palata sitten, kun tarkemittausten tulokset eivät poikkea InfraRYL:n vaatimuksista. Jos työkohdetta tai jotain sen osaa ei voida tehdä koneohjausjärjestelmällä toteutusmallin mukaan, tehdään silloin tarkemittaukset normaalisti InfraRYL-ohjeistuksen mukaan. (Jaakkola 2015, 9.)

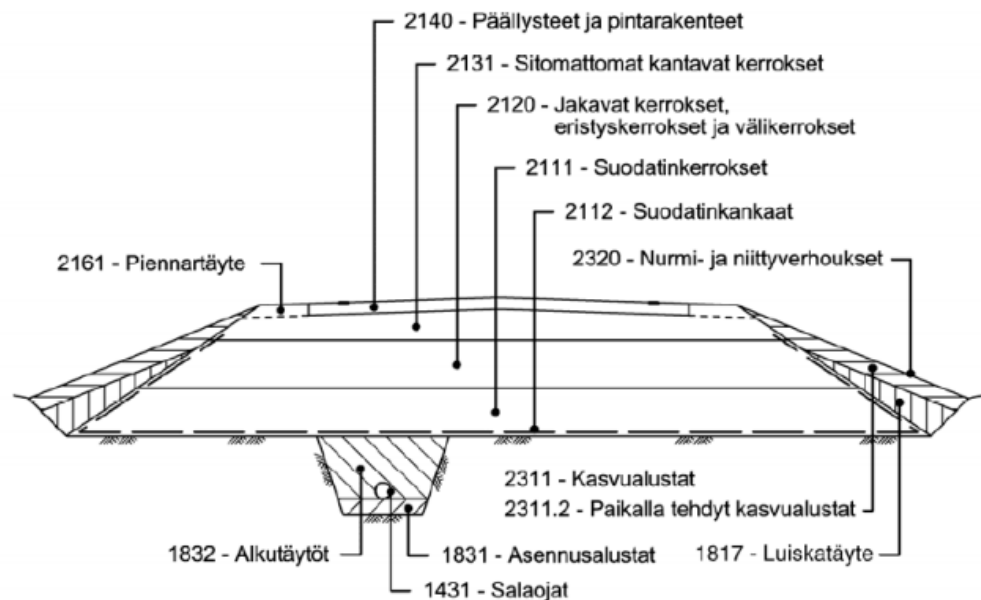
### 3.5 Toteumamalli

Toteumamalli kokoaa mittaushenkilön mittaamat tarkemittaukset ja työkonkeen mittaamat toteumamittaukset. Toteumamallilla tarkoitetaan siis rakenteesta tuotettua inframallia, jossa toteutusmallia on täydennetty ja päivitetty lopullisen toteuman mukaiseksi. Toteumamalli tarkoitus on osoittaa tilaajalle, että rakenne on toteutettu vaatimusten mukaisesti. Mallia voidaan myös myöhemmin hyödyntää omaisuuden hallinnan lähtötietona tilaajan ylläpitoprosessissa. Toteumamallin tavoitteena on vähentää laadunvarmistukseen liittyvän mittaustiedon paperidokumentointin laatimiseen käytettyä työmäärää. (Palviainen 2015, 4.; Mäkinen, Tieaho & Parkkari 2015, 12.)

Kun väylärakenteen toteumamallia tehdään, koostuu se monien eri rakennepintojen kokonaisuuksista. Jokaisesta yksittäisestä rakennepinnasta tehdään oma rakennusosan toteumamalli. Kaikki rakennepinnat yhdessä muodostavat sitten toteumamallin rakennetusta kohteesta. Väylärakenteen toteumamalliin mallinnetaan *INFRA 2015 rakennusosa- ja hanke-*nimikkeistön mukaisesti seuraavat rakennusosat:

- 1100 Olevat rakenteet ja rakennusosat
- 1200 Pilaantuneet maat
- 1300 Perusrakenteet
- 1400 Pohjarakenteet
- 1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot
- 1700 Kallioleikkaukset ja -kaivannot

- 1800 Penkereet, maapadot ja täytöt
- 2000 Päällys- ja pintarakenteet
- 2100 Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset
- 2200 Reunatuet, kourut, askelmat ja eroosiosuojaukset
- 2300 Kasvillisuusrakenteet
- 2400 Ratojen päällysrakenteet.



Kuva 6. Tierakenteeseen liittyviä nimikkeitä (Palviainen 2015, 7).

Kun toteutusmallin rakenne on tehty laatuvaatimusten mukaisesti, muodostuu siitä toteumamalli. Toteutusmallia voidaan pitää toteumamallina, jos rakentaminen on toteutettu toteutusmallia käyttäen ja tehdyt rakennepinnat ovat vaaditussa tarkkuudessaan eli urakkakohtaisten laatuvaatimusten tai hyväksytyjen työvaihekohtaisten laatusuunnitelmien mukaiset. Jos toteutusmallia on tarvetta työn aikana päivittää, on toteumamalli silloin se toteutusmalli, jolla rakentaminen on toteutettu. (Palviainen 2015, 7.)



Kuva 7. Massanvaihdon kaivusta muodostettu toteumamalli (Palviainen 2015, 16).

### 3.5.1 Toteumamallin tarkkuus

Jos toteumamallina käytetään toteutusmallia, määräytyvät mallin tarkkuusvaatimukset silloin toteutusmallin tarkkuusvaatimuksien (YIV 2015 osa 5.3) mukaisesti. Jos toteumamalli perustuu kartoitettuun tietoon, on mittaus tehtävä niin, että maaston vallitsevat taitteet tulevat esille. (Palviainen 2015, 20.)

Toteumamalliin tulee viedä ainoastaan viimeisimmät tarke- ja toteumapisteet. Vanhat tulokset tulee aina poistaa päällekkäisistä tuloksista. Pistemäisestä tarke- ja toteumamittausaineistosta ei ole tarkoitus tehdä kolmioverkkopintaa. (Palviainen 2015, 20.)

### 3.5.2 Toteumamalliselostus

Toteumamallin yhteydessä tehdään myös toteumamalliselostus, joka luovutetaan tilaajalle. Selostuksessa esitetään mallia koskevat perus- ja tunnistetiedot, kuten mm. rakennushankkeen nimi ja sijainti, toteumamallin laatija, käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä ja kuvaus toteumamallin sisällöstä. Toteumamalliin on myös kirjattava perustelu siitä, jos jotain rakenneosaa ei toteumamalliin ole mallinnettu. (Palviainen 2015, 21–22.)

Kun toteumamalli on tehty ja luovutettu YIV 2015 5.3 -ohjeiden mukaisesti, voidaan toteumamallilla korvata perinteiset laadunvarmistusdokumentit geometrisen laadun osalta. (Palviainen 2015, 22.)

## 4 TOTEUMAMITTAUSTEN NYKYISET KÄYTÄNNÖT

Saadakseni selville Lemminkäisen nykyisiä käytäntöjä toteumamittausten suhteen päätin tehdä haastattelukierroksen sellaisille henkilöille, jotka olisivat olleet tekemisissä niin toteumamittausten kuin koneohjauksenkin kanssa. Henkilöiden valitsemisessa apunani oli Lemminkäisen tekninen johtaja Kyösti Ratia.

Haastatteluiden tavoitteena oli saada selville, millaisella mallilla tietomallipohjainen laadunvarmistus tällä hetkellä Lemminkäisellä on: miten laadunvarmistukseen liittyviä toteumamittauksia tehdään ja miten saatuja tuloksia käsitellään. Oletuksena oli, että jokaisella näiden asioiden kanssa tekemisissä olleella henkilöllä on jonkinlainen oma toimintatapa tehdä mittauksia ja tiedonkäsittelyä inframallivaatimusten pohjalta. Näitä toimintatapoja voisi sitten tutkia tarkemmin ja hyödyntää itse toteumamittausohjeen laadinnassa.

Haastateltavina oli työjohdon edustajia, joilta saatiin näkemyksiä mm. koneohjattujen työmaiden hyvistä ja huonoista puolista, sekä ”kenttäpuolelta” mittahenkilöitä, joiden vastauksista päästiin käsitykseen Lemminkäisen nykytilanteesta. Haastattelukysymykset siis hieman vaihtelivat sen mukaan, ketä haastateltiin.

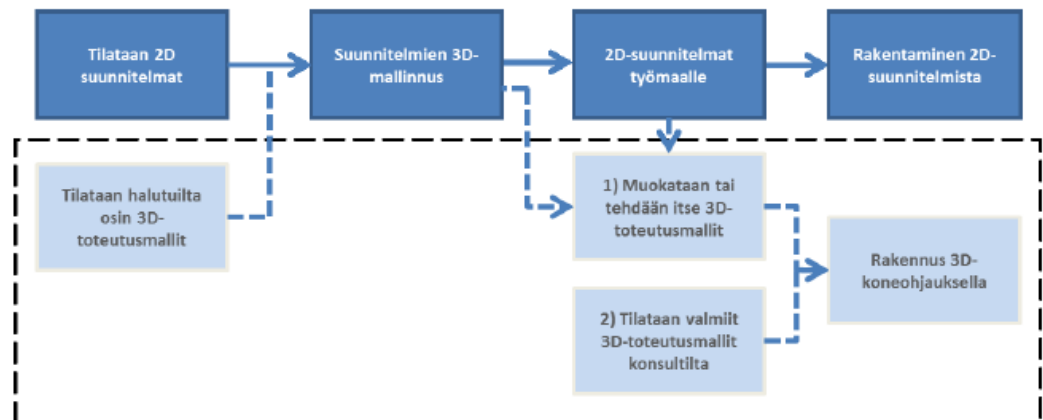
Lemminkäinen tilaa tällä hetkellä pääosin kaikki suunnitelmat työmaille 2D-muodossa. Jos työmaalla on tarkoitus käyttää koneohjausta, tehdään koneohjausmallit joko itse 2D-suunnitelmista tai tilataan suunnittelijalta 3D-pintamalli. Tämä viivamalli ei kuitenkaan ole täysin valmis toteutusmalli, vaan mallin lopullisen muokkauksen tekee mittamies tai mahdollisesti erikseen nimetty mallikoordinaattori, joka tarkistaa mallista taiteviivojen jatkuvuudet, muokkaa mallia tarpeen mukaan ja tekee kolmioinnin. Tarkistuksessa saa olla tarkkana, sillä malleissa saattaa olla paljon päällekkäisiä taiteviivoja tai epäjatkuvuuskohtia. Haastateltavista mittaushenkilöistä muutama olikin tällaisia itse 2D-suunnitelmista tehtyjä mallinnuksia tehnyt. Tulevaisuudessa ihannetilanne olisi se, että suunnittelijalta tulisi toteutusmalli sellaisessa muodossa, että sen voisi suoraan siirtää koneohjausjärjestelmään. (Kuosa 2017; Pettinen 2016.)

Toistaiseksi tietomalleja ei sen kummemmin ole hyödynnetty tuotannonohjaukseen tai työnseurantaan lukuun ottamatta muutamaa pilottikokeilua. Yksi tällainen pilottikokeilu tehtiin vuosina 2013–2014 Bassenkylän katuhankkeessa Espoossa. Pilotin yksi tavoite oli selvittää Maanrakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä -ohjeen toimivuutta katuhankkeessa, kun aikaisemmin ohjetta oli sovellettu onnistuneesti suuremmassa väylähankkeessa.

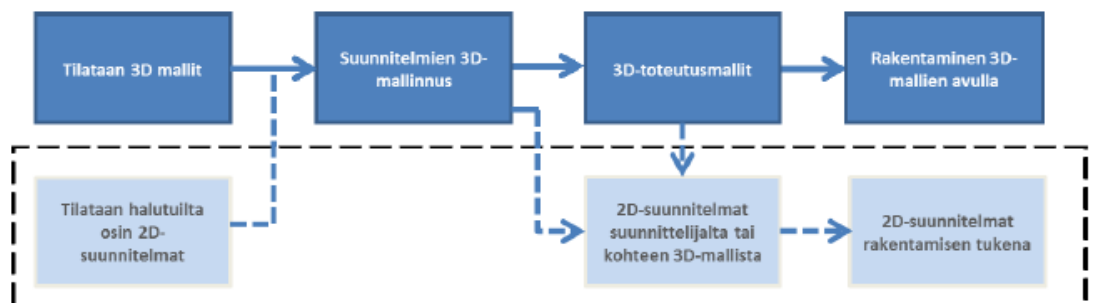
Vuonna 2014 on Petteri Törmänen laatinut Lemminkäiselle diplomityönään toimintamallin, jossa kaikissa rakentamishankkeen vaiheissa pyrit-



täisiin hyödyntämään tietomalleja. Tavoitteena tuolloin on ollut, että 2D-suunnitelmien avulla tapahtuvasta rakentamisesta hiljalleen siirryttäisiin kohti kokonaisvaltaista tietomallien käyttöä rakentamisessa. 2D-suunnitelmat pysyisivät kuitenkin tukemassa tietomallipohjaisen hankkeen toteutumista. Kuvassa 8 ja 9 on Törmäsen prosessikaaviot edelleen käytössä olevasta toimintamallista sekä Törmäsen hahmottelemasta uudesta toimintamallista. (Törmänen 2014, 67.)



Kuva 8. Lemminkäisen nykyinen toimintamalli (Törmänen 2014, 67).



Kuva 9. Suunniteltu uusi toimintamalli Lemminkäiselle (Törmänen 2014, 68).

Haastatteluiden edetessä alkoi muodostua käsitys siitä, että Lemminkäisellä on toistaiseksi edelleen hankkeet perinteisiä 2D-suunnitelmien pohjalta toteutettavia hankkeita. Mittamiesten kokemusten puute mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta johtuu oikeastaan siitä, ettei tietomallipohjaisia hankkeita ole ollut. Koneohjauksella toteutettuja työmaita on ollut käynnissä, mutta niissäkin laadunvarmistus on tehty vielä kuitenkin perinteisin menetelmin eli mittamiehen takymetrimittauksella tai GPS-mittauksella, mutta tuloksia on voitu jo muutamilla työmailla tallentaa Infrakit-pilvipalveluun. Samoin tilaajalle toimitetut laatukansiot, joihin on koottu käytännössä kaikki urakan aikana syntynyt dokumentaatio, ovat paperiversioita, mutta paperityötä on saatu hieman vähennettyä, kun osa

tilaajista on hyväksynyt juuri Infrakittiin tallennetut tarkemittaukset. (Kuosa 2017; Pettinen 2016.)

Lemminkäisellä koneohjausjärjestelmiä on käytetty kaivinkoneissa, mutta myös puskukoneissa ja tiehöylissä. Lemminkäisellä on itsellään muutamia koneohjauslaitteita, mutta muuten koneohjauslaitteet ovat aliurakoitsijoiden itselleen hankkimia. Merkit laitteissa vaihtelevat, jolloin työmaalla voi samaan aikaan työskennellä useilla erimerkkisillä koneohjausjärjestelmillä varustettuja työkoneita. Tämä tosin aiheuttaa sen, että osaan järjestelmistä koneohjausmalli täytyy siirtää muistitikulla, kun taas osaan mallin voi siirtää langattomasti, esimerkiksi pilvipalvelun kautta. Langattomassa tiedonsiirrossa on se hyöty, että työkoneenkuljettaja käyttää aina oikeaa mallirevisiota, kun malli päivittyy automaattisesti koneohjausjärjestelmään ja koneiden tekemät toteumamittaukset voidaan siirtää mittapäällikölle päivän päätteeksi automaattisesti. Erimerkkiset koneohjausjärjestelmät voivat myös olla yhteensopimattomia käytössä olevan työmaaohjelmiston kanssa, jolla voidaan käsitellä toteumamittausten tuloksia tai tietomalleja yleensä. (Lammi 2016; Kuosa 2017.)

Haastatelluilla henkilöillä tuntui kaikilla olevan yhteinen huoli työkoneiden kuljettajien perehdyttämisestä tekemään toteumamittauksia sekä täysin ymmärtämään se, mitä halutaan saavuttaa myös laadullisesti. Kuljettajat tulisi kouluttaa tarkkuuden seurantaan, kalibrointeihin ja toteumamittausten tekoon, ja alkuun ohjeistaa työtä työn edetessä. (Lammi 2016; Pettinen 2016; Kuosa 2017.)

Kaikki haastatellut olivat yhtä mieltä siitä, että täysin tietomallipohjaisella työmaalla positiivista on se, että materiaalimenekki pysyy paremmin hallinnassa ja teoreettisissa määrissä pysytään tarkemmin kuin perinteisellä työmaalla. Positiivisia asioita löydettiin myös työkoneiden polttoaineen säästymisestä ja sitä kautta myös ympäristöpäästöjen vähenemisestä, työvaiheiden nopeutumisesta ja niiden ennustettavuudesta. Suunnitelmien mahdolliset virheet havaitaan koneohjausmallia tehtäessä, jolloin ikäviltä yllätyksiltä säästytään ja työkoneiden seisokkiajat vähenevät, kun maastoon ei ehditä merkata virheellistä tietoa. (Lammi 2016; Pettinen 2016; Kuosa 2017.)

## 5 LOPPUPOHDINTA

Yleiset inframallivaatimukset 2015 määrittävät, miten toteumamittauksia tulisi työmaalla tehdä. Ohjeisiin ja vaatimuksiin tulisi kuitenkin perehtyä ajan kanssa. Osa ohjeista on vielä tässäkin vaiheessa luonnoksia, ja niihin on odotettavissa muutoksia ja päivityksiä sitä mukaa, kun lisää käytännön kokemuksia mallipohjaisilta työmailta saadaan koko infra-alalta.

Tällä hetkellä Lemminkäisen urakat ovat hyvin pitkälti perinteisiä 2D-suunnitelmien pohjalta toteutettavia urakoita, mutta tietomalleja on käytetty havainnollistamaan valmiita työkohteita. Hiljalleen tietomalleja tulisi tuoda myös toteutuksen puolelle. Tämä vaatisi urakoitsijalta hieman vaivaa, jotta työnjohto ja sitä kautta myös työkoneiden kuljettajat saataisiin perehdytettyä uusiin toimintatapoihin. Alkuun haasteena saattaa olla asenteiden kankeus, kun uudet toimintatavat koetaan työtä hidastavana tekijänä. Uudet tavat toimia tulevat varmasti viemään aluksi aikaa, mutta kunnes hyödyt alkavat näkyä, alkaa myös asenne tietomalleja ja tietomallipohjaista työmaata kohtaan muuttua.

Tietomalleja ja koneohjausta tulisi rohkeasti käyttää työmailla alkuun perinteisten työtapojen ohella, jotta osaaminen parantuisi ja sitä kautta myös tietomallien käyttö yleistyisi.

Toistaiseksi toteumamittauksia varten ei erilaisia työtapoja yhdistävää ohjeistusta voitu toteuttaa, sillä riittävää kokemusta mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta ei toistaiseksi Lemminkäiseltä löytynyt. Muutamilla koneohjatuilla työmailla edetään suuntaa antavien toimintaohjeiden mukaan. Tulevaisuudessa, kun mallipohjaiset työmaat lisääntyvät ja mittahenkilöiden kokemus tämäntyyppisistä mittauksista ja niiden tulosten käsittelystä karttuu, on mahdollisesti aika harkita uudelleen työtä yhtenäistävän toteumamittausohjeen laatimista.

## LÄHTEET

- BuildingSMART Finland (2015). Yleiset inframallivaatimukset 2015.
- Kankainen, J & Junnonen J. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatu-  
totoiminnot. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kuosa, T. (2017). Kysymyksiä toteumamittauksista. Sähköpostiviesti.  
15.3.2017
- Lemminkäinen Oy (2016). Intranet.
- Liukas, J., Mäkelä, H. (2015). Inframalleilla tehoa suunnitteluun ja työ-  
maille. *Kuntatekniikka* 4/2015. Haettu 10.4.2017 osoitteesta  
[http://kuntatekniikka.fi/lehtiarkisto/042015/inframalleilla-tehoa-  
suunnitteluun-ja-tyomaille](http://kuntatekniikka.fi/lehtiarkisto/042015/inframalleilla-tehoa-suunnitteluun-ja-tyomaille)
- Niskanen, J. (2015). Tietomallipohjainen hanke. Yleiset inframallivaati-  
mukset 2015. Haettu 10.4.2017 osoitteesta [https://buildingsmart.fi/wp-  
con-  
tent/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA1\\_Tietomallipohjai-  
nen\\_hanke\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf)
- Novatron (n.d.) Xsite Pro 3D. Haettu 31.1.2017 osoitteesta  
<http://novatron.fi/koneohjaus/kaivinkoneisiin/xsite-pro-edistynyt-3d/>
- Mäkelä, H., Vettenranta, L. (2007). InfraRYL on otettu käyttöön infra-  
hankkeissa. *Tierakennusmestari* 1/2007. Haettu 10.4.2017 osoitteesta  
[http://www.tierakennusmestari.com/lehdet/2007\\_1\\_Vettenranta\\_Makela.pdf](http://www.tierakennusmestari.com/lehdet/2007_1_Vettenranta_Makela.pdf)
- Mäkinen, E., Tieaho, I., Parkkari, J. (2015). Inframallin laadunvarmistus.  
Yleiset inframallivaatimukset 2015. Haettu 3.10.2016 osoitteesta  
[http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2015/02/YIV-  
2015\\_OSA\\_8\\_Inframallin-laadunvarmistus\\_20160211.pdf](http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2015/02/YIV-2015_OSA_8_Inframallin-laadunvarmistus_20160211.pdf)
- Palviainen, P. (2015). Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohje  
koekäyttöön ja pilotointiin. Yleiset inframallivaatimukset 2015. Haettu  
3.10.2016 osoitteesta [http://infrabim.fi/yiv-  
2015/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA5\\_3\\_Maarakennustoiden\\_toteuma-  
mallin\\_laadintaohje\\_V\\_0\\_9.pdf](http://infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf)
- Rakennustieto Oy (2016). *Rakennustöiden laatu 2017*. RTL. Helsinki: Ra-  
kennustieto Oy.

Törmänen, P. (2014). Tietomallintamiseen perustuvan toimintamallin kehittäminen väylärakentamishankkeen pääurakoitsijalle. Diplomityö. Konetekniikan koulutusohjelma. Oulun yliopisto.

#### Haastattelut

Lammi, J. 2016. Työpäällikkö. Lemminkäinen Oy. Haastattelu 7.11.2016.

Pettinen, A. 2016. Mittauspäällikkö. Lemminkäinen Oy. Haastattelu 7.11.2016.

## Haastattelukysymykset

### Nykytilanne

- Miten tällä hetkellä teet toteumamittaukset työmaalla?
- Käytätkö jotain tiettyä ohjelmaa, esim. 3DWin tai Infrakit?
- Onko käytössäsi jotain ”työkaaviota”, jonka mukaan teet mittaukset ja tiedon käsittelyn?
- Kuinka erottelet / ryhmittelet toteumatiedon? (Miten, mihin, millä nimellä tallennetaan)
- Miten esität tulokset? (lukuarvoin, kartalla, ?)
- Mihin toteumatietoa käytetään? (Loppukäyttäjät yms.)
- Onko tilaaja vaatinut käytettäväksi jotain tiettyä formaattia, jossa tulokset esitetään?

### Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015

- Oletko käyttänyt työssäsi vuonna 2015 julkaistuja yleisiä inframallivaatimuksia?
- Löysitkö tarvittavan tiedon mielestäsi helposti?

### Ohjeen laadinta

- Mitä toivoisit toteumamittaus ohjeeseen?
- Mitä ohjeessa pitäisi ainakin olla?