



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Henrik Piispanen

VÄYLÄRAKENNUSTYÖMAAN TIE-
TOMALLIPOHJAINEN LAADUNHAL-
LINTA TEKLA CIVILIN JA TRIMBLE
CONNECTIN AVULLA

Tekniikka
2021

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Henrik Piispanen
Opinnäytetyön nimi	Väylärakennustyömaan tietomallipohjainen laadunhallinta Tekla Civilin ja Trimble Connectin avulla
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	38 + 1 liite
Ohjaaja	Tom Lipkin

Opinnäytetyön tavoitteena oli selventää väylärakennustyömaan tietomallipohjaista laadunhallintaa käyttäen Tekla Civilia- ja Trimble Connect -ohjelmistoja. Tietomallintaminen ja tietomallit ovat tulleet jäädäkseen rakennustyömaille ja tässä opinnäytetyössä keskitytään niiden hyödyntämiseen laadunhallinnan näkökulmasta. Opinnäytetyön avulla oli tarkoitus saada tarkempaa tietoa tietomallipohjaisen laadunhallinnan kehitysmahdollisuuksista ja hyödyistä työmaille.

Opinnäytetyössä käydään läpi tietomallipohjaisen laadunhallinnan keskeisiä käsitteitä ja perehdytään toteutus- ja toteumamallien sisältöihin, sekä vaatimuksiin. Työssä perehdyttiin myös tietomallintamisessa käytettäviin Tekla Civil- ja Trimble Connect -ohjelmistoihin, sekä tilaajan- ja urakoitsijan väylärakennustyömaan laadunhallinta menetelmiin. Opinnäytetyössä käydään myös läpi projektia Vt 3/18 perusparantaminen Laihian kohdalla ja tutkitaan, kuinka projektilla on hyödynnetty tietomallintamista.

Keskeisinä havaintoina voidaan todeta, että tietomallit ja tietomallintaminen on väylärakennustyömaalle hyvin sopiva toimintamalli. Tietomallipohjainen laadunhallinta on kustannustehokas tapa parantaa rakentamisen laatua koko projektin elinkaaren aikana. Tietomallintamisen avulla virheitä voidaan karsia tehokkaasti jo suunnitteluvaiheessa ja parantaa projektin eriosapuolten välistä vuorovaikutusta. Toteutusmallin visuaalisella tarkastelulla voidaan havainnollistaa tehokkaasti väylärakennustyömaan laajat kokonaisuudet, kuin myös monimutkaisemmat yksityiskohtaiset rakenteet. Toteumamallia tarkastelemalla ja vertailemalla toteutusmalliin voidaan nopeasti havaita rakennettujen kohteiden poikkeavuuksia suunnitelmiin, sekä mahdollisia toleranssipoikkeavuuksia. Projektin kaikkien osapuolten käyttäessä tietomallintamista hyväkseen voidaan nostaa rakentamisen tasoa ja tehokkuutta kaikilla osa-alueilla.

Avainsanat	tietomalli, mallintaminen, laadunhallinta, toteutusmalli, toteumamalli
------------	--

ABSTRACT

Author	Henrik Piispanen
Title	Road construction site`s databased quality management with Tekla Civil and Trimble Connect
Year	2021
Language	Finnish
Pages	38 + 1 Appendice
Name of Supervisor	Tom Lipkin

The purpose of this thesis was to clarify the principles of databased quality management of road construction site by using Tekla Civil and Trimble Connect softwares. Datamodeling and datamodels are here to stay at the construction sites and this thesis will focus on the usage of datamodels in the quality management perspective. The aim was also to get more detailed information of the databased quality management development and benefits at the construction sites.

This thesis will open up some of the main concepts and details of the databased quality management and take a better look of implementation & actual model`s contents and demands. This thesis will also orientate to present the usage of Tekla Civil and Trimble Connect softwares that are used in the datamodeling. In this thesis we will also get into a road construction site project named Vt 3/18 perusparantaminen Laihian kohdalla and explore how datamodeling has been utilized in the project.

As key observation it can be told that datamodels and datamodeling is an efficient operating model for road construction site quality management. Databased quality management is cost-effective way to improve the quality of construction for the whole life cycle of the project. In the design phase, the usage of datamodels can prevent design errors and make the interaction better between the parties in the project. Inspecting the implementation model, the visualizing of the whole project gets easier as you can see all the large entities and tiny details with one look. By doing comparison between the actual and implementation model all the differences and tolerance deviations towards the plans can be spotted quickly. By using datamodeling, all the parties in the project can elevate the quality and efficiency of the building in all subdivisions.

Keywords Datamodel, implementation model, actual model, quality management.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
	1.1 Opinnäytetyön tausta	7
	1.2 Tavoite	7
	1.3 Tutkimusmenetelmät.....	7
	1.4 Rajaus.....	7
2	TIETOMALLIPOHJAINEN RAKENTAMINEN.....	9
	2.1 Tietomalli.....	9
	2.1.1 Tietomallin hyödyntäminen	10
	2.2 Toteutusmalli	11
	2.2.1 Toteutusmallin hyödyntäminen.....	12
	2.3 Toteumamalli	13
	2.3.1 Toteumamallin hyödyntäminen	14
3	TIETOMALLIEN LAATUVAATIMUKSET	16
	3.1 Tietomallien laatuvaatimukset	16
	3.2 Toteutusmallien laatuvaatimukset	17
	3.3 Toteumamallien laatuvaatimukset	18
	3.4 Tietomallien nykytilanne ja kehitys.....	19
4	MALLIEN LAATIMISEEN JA KATSELUUN KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT, SEKÄ FORMAATIT	21
	4.1 Yleisimmät tietomallien tiedostoformaatit	21
	4.2 Tekla Civil	21
	4.3 Trimble Connect	23
5	LAADUNVARMISTAMINEN JA -VALVONTA VÄYLÄRAKENTAMISESSA.....	25
	5.1 Laatuvaatimukset ja niiden valvonta, sekä todentaminen.....	25
	5.2 Laadunvarmistaminen urakoitsijan näkökulmasta.....	26
	5.3 Laadunvarmistaminen ja -valvonta tilaajan näkökulmasta.....	27

6	VT 3/18 PERUSPARANTAMINEN LAIHIAN KOHDALLA	29
6.1	Skanska Infra Oy.....	29
6.2	Hankkeen kuvaus	29
6.3	Tietomallin hyödyntäminen VT 3/18 perusparantamisessa Laihian kohdalla	30
6.4	Urakoitsijan tietomallivaatimusten bonus- ja sanktiokäytännöt.....	32
6.5	Tietomallintamisen haasteet.....	33
7	KEHITYSEHDOTUKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	34
	LÄHTEET	36

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. InfraBIM-nimikkeistön mukainen nimeämiskäytäntö.....	12
Kuvio 2. Tekla Civil -ohjelmistolla nähtäviä kohteen ominaisuustietoja.....	Virhe.
Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.	
Kuvio 3. Tiedonhallinnan kolmikanta tietomallintamisessa.	16
Kuvio 4. Pistepilven visuaalista vertailua.....	20
Kuvio 5. Tekla Civilin karttanäkymässä tapahtuvaa toteuman mittausta.	22
Kuvio 6. Tietomallin visuaalista havainnointia 3D-näkymässä.	23
Kuvio 7. Pistepilven avulla tapahtuvaa vertailua.	27
Kuvio 8. Rakennetun kohteen vertailua suunniteltuun sijaintiin.....	31

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Nykyään kaikki suuret rakennusprojektit käyttävät hyväkseen tietomallintamista ja se on saavuttanut oman paikkansa rakennusprojektien eriosapuolten keskuudessa. Tietomallipohjaiset toimintatavat tulevat olemaan osa rakennusprojektien elinkaarta yhä enemmissä määrin ja tietomallintaminen tulee leviämään yhä laajemmalle rakentamisen pariin. Tietomallit eivät kuitenkaan ole vielä olleet niin pitkään mukana rakentamisessa, jotta kaikki toimintatavat ja mallit olisivat saavuttaneet täyden potentiaalinsa rakennusprojektin eriosapuolten keskuudessa.

1.2 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia tietomallipohjaisen laadunvalvonnan hyötyjä väylärakentamisessa, käyttäen Tekla Civil & Trimble Connect -ohjelmaa. Tarkoituksena on selvittää urakoitsijan ja tilaajan näkökulmasta, miten tietomallia on mahdollista hyödyntää hankkeen toteutuksessa, sekä laadunvarmistuksessa. Lisäksi opinnäytetyössä tullaan analysoimaan mallintamisen kehitysehdotuksia ja haasteita väylärakennustyömaalla. Opinnäytetyössä käydään läpi keskeisimmät laatuvaatimukset yleisesti tietomalleille, kuitenkin keskittyen toteutus- ja toteutumamalliin, jotka ovat keskeisimmät mallit väylärakennustyömaalla.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä käytetään case- eli tapaustutkimusta Skanska Infra Oy:n Valtateiden 3 & 18 Perusparantaminen Laihian kohdalla ST-urakkaa. Opinnäytetyössä perehdytään teoreettisesti Tekla Civilin & Trimble Connectin ominaisuuksiin ja niiden käyttöön, sekä mahdollisuuksiin tietomallipohjaisessa laadunhallinnassa.

1.4 Rajaus

Opinnäytetyö keskittyy havainnollistamaan ja tutkimaan tietomallinnusta väylärakennustyömaalla yleisimmin käytettyjen ohjelmien, sekä toteutus- ja toteutumamal-

lien osalta. Toteutus- ja toteumamallit ovat oleellimmat tietomallit laadunvalvonnan ja laadunvarmistamisen kannalta. Ne havainnollistavat hanketta kokonaisvaltaisesti sekä toteutuksen että suunnittelun osalta. Toteumamalli laaditaan työmaalla rakennetun toteuman pohjalta, joten siitä on suoraan nähtävissä sen hetkinen rakentamisen tilanne ja mahdolliset poikkeamat suunnitellusta lopputuloksesta ja vaatimuksista.

2 TIETOMALLIPOHJAINEN RAKENTAMINEN

2.1 Tietomalli

Tietomalli tai inframalli on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Rakennuskohteesta luodaan digitaalisesti yksi tai useampi todellisuutta vastaava virtuaalimalli ja nämä mallit tukevat rakennuksen ja rakentamisen suunnittelua kaikissa vaiheissa ja mahdollistavat paremman analytiikan ja hallinnan kuin manuaaliset prosessit./1/

Digitaalisesti koostetut mallit sisältävät rakennuskohteen täsmällisen geometrian ja tiedot, joita tarvitaan rakentamisen, osien valmistuksen ja hankintatoimen tukena rakennusvaiheessa. Tietomalli voi sisältää mallityypistä riippuen useiden eri suunnittelualojen malleja esimerkiksi rakenne, sähkö ja lvi-mallit, jotka yhdessä muodostavat koko suunnitellun rakennuskohteen piirustukset yhteen paikkaan, johon kaikki projektiin osalliset pääsevät helposti käsiksi./1/

On olemassa erityyppisiä tietomalleja, jotka kuvaavat ja palvelevat tiettyjä eritarkeituuksia. Eri mallityyppejä ovat mm: lähtötietomallit jotka kuvaavat nimensä mukaisesti projektin lähtötietoja, sekä suunnitelmamallit jotka sisältävät eri tekniikkalajien suunnitelmat. /1/

On myös esittelymalleja, joita voidaan hyödyntää projektin esittelemisessä ja tarvittaessa havainnollistamisessa. Yhdistelmämalli yhdistää lähtötietomallin ja suunnittelumallin yhdeksi kokonaisuudeksi ja näyttää kaikki mallit yhdistelmänä niin kuin ne tietyinä suunnittelun ajankohtana ovat./1/

Rakentamisen aikana käytettävät mallit ovat toteutusmalli ja toteumamalli. Toteutusmalli on yhdistelmämallista muodostettava rakennettavan kohteen työnsuunnittelua, paikalleen mittausta ja koneautomaatiota varten tarvittava malli tietystä rakenneosasta ja sen pinnasta. Toteumamalli on rakentamisvaiheen toteumilla päivitetty lähtötietomalli ja suunnitelmamalli. Toteumamalli siis dokumentoi sen, mitä todellisuudessa rakennettiin ja toimii lähtökohtana ylläpidolle, hoidolle, sekä infan hallinnalle./1/

Toteumamallista voidaan jatkojalostaa myös ylläpitomalli, joka voi sisältää kohteen sijaintitietoja, määrätietoja, kuntotietoja, hoitoluokituksia sekä laatuvaatimuksia, jotka helpottavat kohteen ylläpitoa./1/

2.1.1 Tietomallin hyödyntäminen

Tietomallia voidaan hyödyntää usealla tavalla riippuen käyttötarkoituksesta. Yleisimmät tavat hyödyntää mallia liittyvät havainnollistamiseen, joka on paljon helpompaa ja selkeämpää tietomallin avulla, kuin perinteisten piirustusten avulla. Havainnollistaminen helpottaa esimerkiksi kommunikointia ulkopuolisten sidosryhmien kanssa, koska kaikki ymmärtävät helpommin mallinkautta esitettyjä asioita./2/

Suunnitelma-alojen yhteensovittaminen, sekä nykyisten rakenteiden ja suunnitelmien yhteensovittaminen helpottuu tietomallin avulla huomattavasti. Yhteensovittaminen helpottuu, kun malliin voidaan kerralla sijoittaa kaikkien eri tekniikkalajien suunnitelmat ja tehdä mallin kautta törmäystarkastelu. Törmäystarkastelussa tarkastetaan että eri tekniikkalajien suunnitelmat eivät törmää keskenään ja suunnitellut rakenteet ja laitteet mahtuvat suunnitellusti omille paikoilleen./2/

Mallia voidaan käyttää myös päätöksenteon tukemiseen ja havainnollistamiseen, sekä rakentamis- tai suunnitteluhankkeen sisäiseen kommunikointiin ja tiedonvaihtoon./2/

Rakentamisen laadun toteamiseen voidaan mallia käyttää siten, että rakennusosien laatuvaatimukset kytketään malliin ja nähdään sitä kautta tarvittavat kriteerit kullekin rakennusosalle./2/

Mallia voidaan käyttää myös tarjouslaskennassa avuksi, koska mallin avulla paremmin määritelty rakennuskohde pienentää tarjoajan riskiä ja johtaa parempiin tarjouksiin. Mallista on myös mahdollista saada määräluettelot eri rakennusosien osalta, joka helpottaa tarjouslaskentaa./2/

Mallin hyödyntäminen tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa auttaa kustannushallinnassa mallin sisältämien määrätietojen kautta, sekä malli voidaan yhdistää aikatauluun hankeosuitteluun avulla./2/

Mallin avulla voidaan laatia huoltokirja rakennetulle tuotteelle, koska käytön, hoidon ja ylläpidon järjestelmien tarvitseva tieto on helposti saavutettavassa muodossa. Huoltokirjan laatimisessa hyödynnetään lähinnä toteutamallia tai sitä voidaan käyttää huoltokirjan käyttöliittymänä./2/

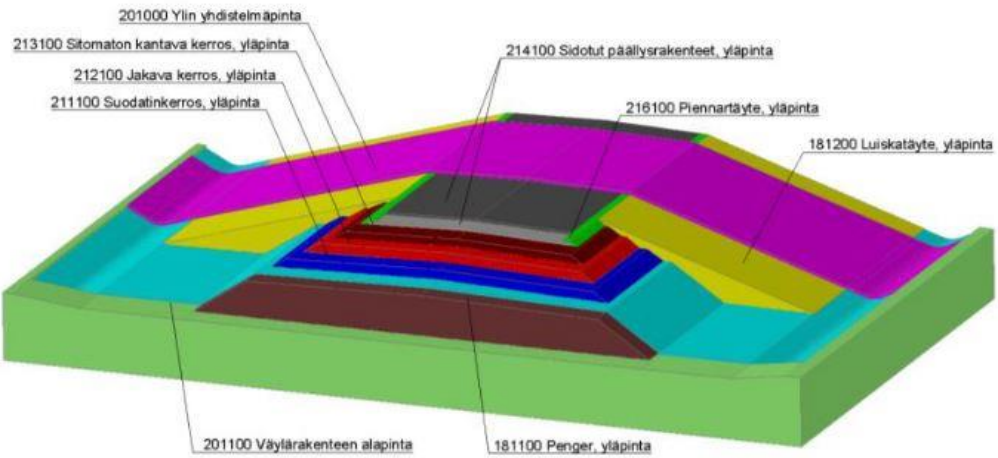
2.2 Toteutusmalli

Väylä ja infrarakentamisessa toteutusmalli koostuu useiden eri rakennepintojen kokonaisuudesta, jotka yhdessä muodostavat toteutusmallin. Toteutusmallissa mallinnettavien kohteiden vaatimuksena on mallintaa kaikki rakennettavan kohteen rakennusosat joiden toteutuksessa käytetään työkoneohjausta./3/

”Väylärakentamisessa väylärakenteen toteutusmalli yleensä koostuu seuraavista INFRA 2006 rakennusosa- ja hankenimikkeistön mukaisista rakennusosista:

- 1400 Pohjarakenteet
- 1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot
- 1800 Penkereet, maapadot ja täytöt
- 2100 Päällysrakenteen osat
- 2400 Ratojen päällysrakenteet.”/3/

Näistä edellä mainituista rakennusosista yleisimmin mallinnettavia pintoja ovat esimerkiksi ylin yhdistelmäpinta, jakava kerros, suodatinkerros, putki- ja johtokaivannot, väylärakenteen alapinta, sekä avo-ojat ja uomat./3/



Kuva 1. InfraBIM-nimikkeistön mukainen nimeämiskäytäntö pinnoille ja taiteviivoille (buildingSMART Finland YIV 2019/1).

Kaikki rakentamiseen vaadittavat pinnat tulee mallintaa, ellei hankekohtaisesti ole sovittu joitain pintoja ei-mallinnettavaksi. Leikkaus-tyyppisissä rakenneosissa mallinnetaan alapinta ja pengerrakenteista, sekä rakennekerroksista taas mallinnetaan rakenteen yläpinta./3/

Toteutusmalliin sisällytetään kaikki oleelliset rakennekerrospaksuuksien muutokset, sekä siirtymäkiilat. Siirtymäkiilat voidaan etukäteen mallintaa joihinkin tiettyihin etukäteen tiedettyihin paikkoihin kuten rumpuihin, mutta osan kiilojen todelliset paikat mallinnetaan vasta rakentamisen yhteydessä./3/

Toteutusmallissa mallinettavat taiteviivat mallinnetaan aina, jos rakenteen pinnassa oleva taite tai viiva on jollain tapaa merkityksellinen, kuten ajoradan mittalinja tai raiteen keskilinja./3/

2.2.1 Toteutusmallin hyödyntämien

Toteutusmallin käyttäminen työmaalla säästää aikaa ja resursseja, sekä parantaa rakentamisen laatua. Ajansäästäminen ilmenee työkoneissa ”mallin mukaan” kaimalla käyttämällä työkoneohjausta. Työkoneen kuljettaja näkee suoraan omalta

näyttöpäätteeltään kyseisen alueen toteutusmallin, eikä hän välttämättä tarvitse erillistä paperista 2d-piirustusta. Toteutusmallista hän näkee esimerkiksi kuinka syvälle tai kuinka kauas hänen on kaivettava.

Käyttämällä toteutusmallia voidaan karsia myös mittamiehen käyttöä työmaalla, koska mallia käyttämällä ei tarvita erillisiä korko tai merkkikeppejä. Ennen mallien tuloa väylärakentamiseen, mittamiehen täytyi laittaa työmaalle jopa satoja korkokeppejä, josta työkoneet ja työntekijät pystyivät tarkistamaan koron. Korkokepit, sekä merkit eivät myöskään säily maastossa kovin pitkään ja merkin liikkuessa sen paikkansa pitävyyttä on mahdotonta tarkistaa ilman mittamiestä.

Toteutusmallin suunnitteluvaiheessa mallista pystytään paremmin havainnoimaan ja karsimaan virheitä jo ennen kuin se on työmaalla käytössä. Mallia käyttämällä myös työntekijät ymmärtävät paremmin mitä ollaan tekemässä, koska malli on paljon havainnollistavampi kuin perinteiset piirustukset. Mallia tarkasteltaessa sitä voidaan myös pyörittää akseliensa ympäri ja tarkastella sitä mistä tahansa halutusta suunnasta.

Toteutusmalliin on myös mahdollista sisällyttää käytössä olevien kaapelien sijain-
teja, joten koneenkuljettajan on mahdollista nähdä alueella sijaitsevat kaapelit. Koneenkuljettaja myös näkee kauan sijainnin suhteessa kaapeliin, sekä niiden välisen etäisyyden, joten hän voi varoa käytössä olevia kaapeleita.

2.3 Toteumamalli

Toteumamalli kuvaa rakenteen tai -järjestelmän sellaisena kuin se on laatuvaatimukset huomioiden rakennettu. Toteumamalliin sisällytetään kaikki tietosisältö, jota rakennuskohteesta on kerätty esimerkiksi tarkemittaukset, toteumamittaukset, sekä erityiset kartoitustiedot. Toteumamalli on myös mahdollista laatia toteutusmallia päivittämällä rakenteen lopullisen toteuman mukaisesti./4/

Toteumamallin tietosisältö kootaan hakemistorakenteeseen, joka perustuu Infra-BIM-nimikkeistöön. Pääsääntöinen käyttötarkoitus toteumamallilla on osoittaa ja todentaa rakenteen geometrisen laadun ja vaatimusten mukaisen toteutuksen./4/

Väylärakennustyömaan toteumamalli koostuu useiden erilaisten yksittäisten rakennepintojen kokonaisuuksista, jotka yhdessä muodostavat rakennetun toteumamallin./4/

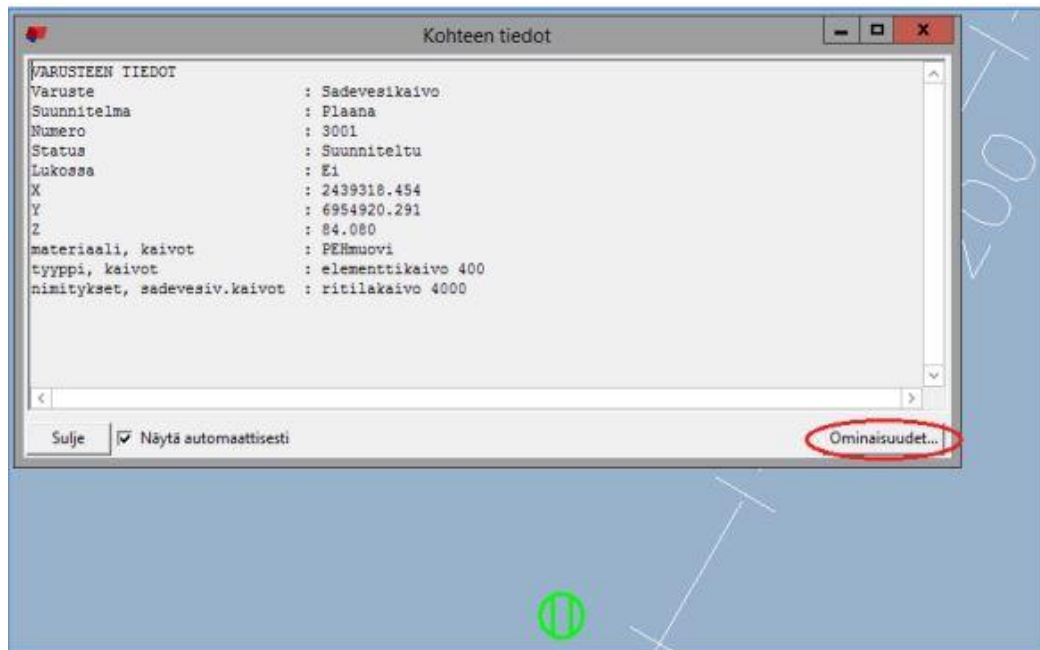
Mallissa mallinnettavat kohteet koostuvat INFRA 2015 rakennusosa- ja hanke-nimikkeistön mukaisista rakennusosista, joita ovat esimerkiksi: Pohjarakenteet, maaleikkaukset ja -kaivannot, penkereet, maapadot ja täytöt, sekä vesihuollon järjestelmät./4/

2.3.1 Toteumamallin hyödyntäminen

Toteumamallia voidaan käyttää hyväksi geometrisessä laadunvalvonnassa vertaillessa suunniteltua ja toteutunutta tilannetta. Toteutuneen tilanteen ja suunnitellun eroja voidaan vertailla mallipohjaisesti ja vertailutulokset on mahdollista visualisoida suoraan mallissa tai halutessaan numeerisesti taulukkomuodossa./5/

Mahdollisesti suurin hyöty mallipohjaisesti toteutetussa geometrisessä laadunvarmistamisessa on mahdollisuus keventää laadunvarmistuksen työmäärää, sekä osittain mahdollisuus luopua infraRYL-mukaisista perinteisistä laadunosoituskäytännöistä./5/

Esimerkiksi useilla tietomallipohjaisesti toteutetuilla projekteilla on pystytty luopumaan käytännöstä, jossa väylästä on täytynyt tuottaa toteumamittausten pohjalta perinteiseen tapaan poikkileikkaukset 20 metrin välein paperitulosteena./5/



Kuva 2. Tekla Civil -ohjelmistolla nähtäviä kohteen ominaisuustietoja (Skanska Mallinnuksen_käyttö laadunhallinnassa, 2018).

Toteumamalliin on mahdollista sisällyttää myös ei-geometristä laatuaineistoa joiden täyttyminen voidaan näin osoittaa luontevasti. Kelpoisuudella tarkoitetaan materiaalien laatuvaatimuksia. Ei-geometristä kelpoisuusaineistoa joille on määritetty tiettyjä laatuvaatimuksia ovat esimerkiksi: Materiaalitodistukset, CE-merkintä-todistukset, kaivo ja rumpukortit, betonointipöytäkirjat, sekä poikkeamaraportit./5/

3 TIETOMALLIEN LAATUVAATIMUKSET

3.1 Tietomallien laatuvaatimukset

Tietomalleissa käytettävä mittayksikkö on lähtökohtaisesti aina metri, ellei muuta ole erikseen esitetty. Malleissa käytettävät koordinaatti, sekä korkeusjärjestelmät tulisivat olla yhtenäiset sekä valtakunnallisten suositusten mukaiset. Lähtökohtaisesti koordinaattijärjestelmä mallissa on EUREF-FIN ja korkeusjärjestelmänä on käytössä N2000, ellei muuta mainita./6/



Kuva 3. Tiedonhallinnan kolmikanta tietomallintamisessa, joka on muodostettu Yleiset inframallivaatimukset YIV -ohjeista, InfraBIM -nimikkeistöstä ja Infra-model-tiedonsiirtoformaattista (Kempainen & Liukas 2015, 9 YIV)

Malleissa käytettävä nimikkeistö on vakiintunut InfraBIM-nimikkeistöön, josta saadaan yhtenäiset numerointi- ja nimeämiskäytännöt malleille, sekä saadaan hankkeille yhtenäinen termistö. Yhtenäinen ja yhteinen sanasto, sekä termistö ehkäisevät väärinkäsityksiä, sekä helpottavat mallinnushankkeita./6/

Mallikansioiden, sekä tiedostojen nimissä ei saa käyttää erikoismerkkejä tai ääkkösiä ja ne tulee nimetä mahdollisimman kuvaavasti, jotta tiedostoista käy käsiteltävä aineisto ilmi. Välilyönnin käyttö nimessä on kielletty ja hakemistopolussa on rajattu suurin tiedostonimi 256 merkkiin./6/

Tietomalleissa on aina malliin liitettävä tietomalliselostus, josta on käytävä esille mallin perustietoja, joita ovat esimerkiksi mahdolliset puutteet mallissa, mallinnuksen kohde, sekä käytetty korkeus- ja koordinaattijärjestelmä./6/

3.2 Toteutusmallien laatuvaatimukset

Rakennettavan kohteen kaikki rakennusosat, jotka rakennetaan käyttäen työko-
neohjausta tulee mallintaa toteutusmalliin kohteen edellyttämällä tarkkuudella. Tämä tarkkuus tulee väylärakentamiskohteissa usein InfraRYL-kokoelmasta, sekä urakkakohtaisista laatuvaatimuksista./7/

Toteutusmallissa mallinnettavien taiteviivojen osalta vaatimuksena on mallintaa vain ne viivat pinnasta, joissa on taite tai ne ovat jollain tapaa merkityksellisiä. Esimerkiksi mittalinjat tai keskilinjan taiteviivat mallinnetaan aina ja päällekkäisiä taiteviivoja ei hyväksytä./7/

Toteutusmallien nimeämis- ja numerointikäytännöt rakenteen pintojen, sekä taiteviivojen osalta tulee suoraan InfraBIM:istä./7/

Pintojen ja taiteviivojen tulee olla kauttaaltaan mahdollisimman jatkuvia, eikä epäjatkuvuuskohtia saa muodostua missään vaiheessa. Kaikki pystysuorat mu-
tokset, sekä päällekkäiset taiteviivat ovat kiellettyjä ja taiteviivojen väliin jääviin rakoihin ei saa muodostua pykäliä./7/

Geometrisen tarkkuuden osalta vaatimuksena on, että yksittäinen taiteviiva ei saa ylittää yli 10 m:n pituutta tai alittaa 0.5 m:n pituutta, eikä poiketa laskennallisesta geometrialinjasta yli 3 mm. Näin malleja voidaan jouhevasti hyödyntää työkonien ohjauslaitteissa, jotta niistä ei muodostu liian raskaita ja ovat riittävän tarkkoja suhteessa suunnitelmaan./7/

Kolmioverkkomallia käytetään hahmottamisen apuna rakennepinnoissa usein työkonien ohjauslaitteissa taiteviivamallin lisänä. Rakennepinnan hahmottaminen helpottuu, kun kolmioverkkomalli on säännönmukainen ja sen on laadittu siten, että kolmiot kiinnittyvät tasaisin välein taiteviivaan. Tämä tasainen väli voi olla esimerkiksi tietyt tasapaaluluvut vaikkapa viiden tai kymmenen metrinvälein, mutta se voi olla myös lyhyempi. Lyhyempää väliä käytetään esimerkiksi tiukassa liittymänkaarteissa, jossa se auttaa hahmottamaan rakenteen muotoa paremmin./7/

3.3 Toteumamallien laatuvaatimukset

Vaadittavat mallinnettavat rakennusosat jotka kuuluvat tie-, katu- ja väylärakenteen toteumamalliin koostuvat INFRA 2015 rakennusosa- ja hankenimikkeistön päänimikkeistä./4/

Päänimikkeitä ovat muun muassa olemassa olevat rakenteet ja rakennusosat, perusrakenteet, pohjarakenteet, päällys- ja pintarakenteet, kasvillisuusrakenteet ja vesihuollon järjestelmät. Nimikkeistöön kuuluu myös muita rakennusosia joita käytetään mallissa jos ne kuuluvat projektin sisältöön./4/

Myös toteumamallissa periaatteena on pengerrakenteissa ja rakennekerroksissa mallintaa vain rakennusosan yläpinta, sekä leikkausrakenteissa mallinnetaan rakenteen alapinta./4/

Vaatimuksena toteumamallille on kattaa toteutuksen ja suunnitelmien lopullinen toteuma, sekä mallintaa kaikki mahdolliset poikkeavat rakennusosat toteutusmallista./4/

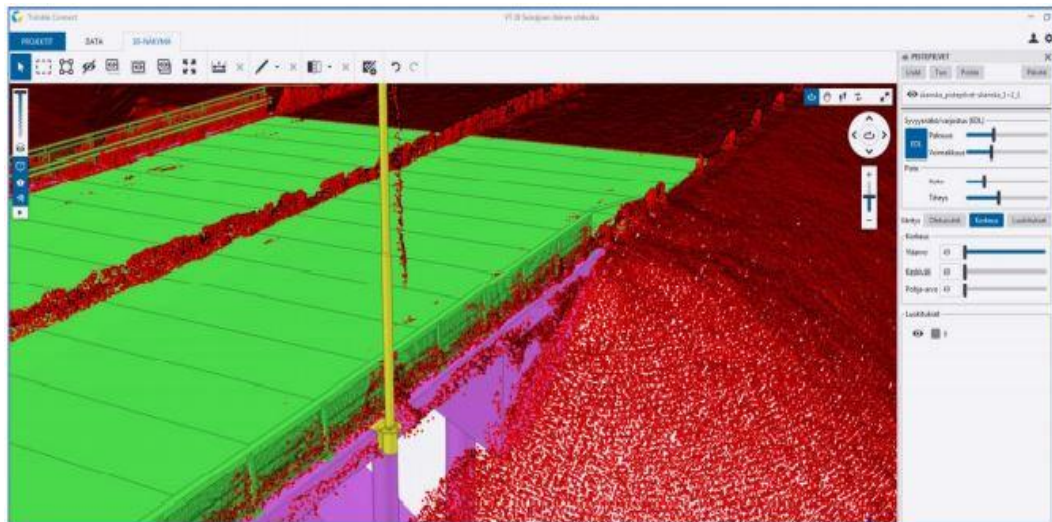
Toteumamallille vaadittu tarkkuus vaihtelee rakennettavien kohteiden mukaan, koska mallin tarkkuuden sanelevat urakkakohtaiset laatuvaatimukset, sekä hyväksytyt työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat. Jos lopullisen toteuman jotkin kohdat eivät täytä vaadittavia laatukriteereitä ja toleransseja ne täytyy dokumentoida toteumamalliselostukseen. Poikkeamien syyt tulee dokumentoida ja näistä laadultaan poikkeavista rakenteista tulee laatia poikkeamaraportti./4/

3.4 Tietomallien nykytilanne ja kehitys

Tietomallit ovat tulleet rakennustyömaille jäädäkseen ja niiden kehitys tulee vielä jatkumaan tarkkuuden ja jatkojalostuksen osalta vielä pitkään. Nykypäivän tietomallit ovat jo läsnä työmaatoimistoilla, mutta ne eivät ole vielä itse konkreettisilla fyysisillä suorittajilla itse kohteessa saatavilla ainakaan yleisesti. Tulevaisuudessa tietomallit tullaan saamaan enemmissä määrin myös mobiililaitteisiin, jolloin mallit saadaan suoraan sinne missä rakentaminen oikeasti tapahtuu. Mallien tarkasteluohjelmat tulevat kehittymään samoin kuin mobiililaitteiden tehokkuus, sekä prosessointinopeus, jolloin mallien tarkastelusta tulee yhä jouhevampaa ja nopeampaa.

Tietomallien sisältö tulee entistä enemmän informatiivisemmaksi, kun malleihin pystytään lisäämään yhä enemmän yksityiskohtaisempaa detaljitetta. Tekniikan kehittyessä se tulee vaikuttamaan laitteiden ja ohjelmistojen hintoihin, joka helpottaa useamman käyttäjän pääsemistä käsiksi mallintamiseen.

UAV -kuvaus eli drooneilla kuvatut ilmakuvat, joista pystytään tuottamaan kuvapistepilviä eli fotogrammetrisiä pistepilviä, jotka tulevat yleistymään ja olemaan yhä arkipäiväisempi dokumentoinnin tapa. Pistepilvien prosessointinopeus tulee kasvamaan, sekä pistepilvien tarkkuus. Nykyisin pystytään kehittyneimmillä 3D-laserkeilauslaitteilla tallentamaan yli 26 600 pistettä sekunnissa, jopa 600 metrin mittausetäisyyden päästä millien tarkkuudella.



Kuva 4. Pistepilven visuaalista vertailua suunnitelmaan Trimble Connect Desktopilla (Skanska Mallinnuksen käyttö laadunhallinnassa, 2018).

Mallien tarkastelu tulee kehittymään tietokoneen tai mobiililaitteen näyttöpäätteeltä lisätyn todellisuuden (Augmented Reality, AR), sekä yhdistetyn todellisuuden (Mixed Reality, MR) kaltaisiin ratkaisuihin. Esimerkiksi Trimble Connect tukee jo HoloLens - käyttöalustaa, jotka ovat yhdistetyn todellisuuden tarkasteluun tarkoitetut lasit.

4 MALLIEN LAATIMISEEN JA KATSELUUN KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT, SEKÄ FORMAATIT

4.1 Yleisimmät tietomallien tiedostoformaatit

Kaikki digitaalisessa muodossa tallennettu tieto tulee tallentaa mahdollisimman avoimessa formaatissa, jotta tieto olisi mahdollisimman monen hyödynnettävissä ohjelmistosta riippumatta. Suunnittelun aikana tieto on yleisimmin suunnitteluohjelmistossa sen natiiviformaatissa eli suunnitteluohjelmiston omassa formaatissa. Tietomallipohjaisilla hankkeilla on usein vaatimuksena mallinnuksen formaatin osalta säilyttää myös alkuperäinen natiivimalli mahdollista jatkojalostusta varten./8/

Yleisin avoin tiedonsiirtoformaatti infrarakenteissa on inframodel -sisällön, sekä sen määrittelyn mukainen LandXML-formaatti. Taitorakenteissa ja siltojen mallinuksessa taas käytetään IFC eli Industry Foundation Class -formaattia. Maaperätutkimusten siirtoon käyttäjien kesken käytetään kansallista infra-pohjatutkimusformaattia./8/

Edellä mainitut avoimet tiedonsiirtoformaatit eivät yksistään riitä vielä kattamaan kaikkea jaettavaa tietoa, joten joiltain osin joudutaan vielä käyttämään muita yleisiä formaatteja ja ohjelmistojen omia natiiviformaatteja. Dwg-formaatti on vielä erittäin yleinen natiiviformaatti hankkeiden tiedonsiirrossa sellaisten rakenteiden osalta, joita avoimet formaatit eivät kata. Myös taulukot ovat edelleen käypiä tiedonsiirtotapoja, vaikkakin ne rajoittavat kohteiden älykästä tiedonsiirtoa./8/

4.2 Tekla Civil

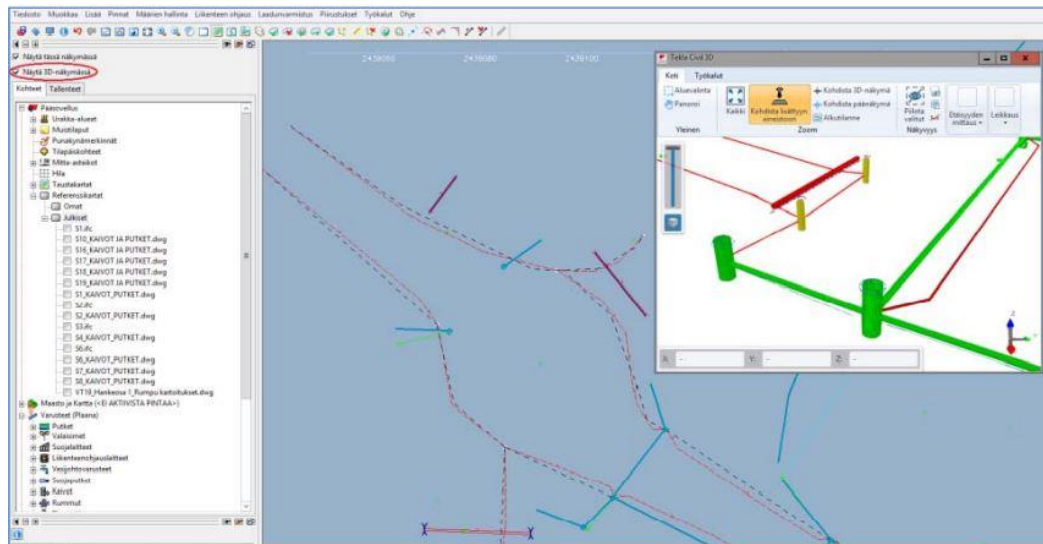
Tekla Civil on tietokantapohjainen erityisesti infrarakentamiseen kehitetty tietomallinnus ohjelmisto, jonka avulla voidaan niin tarkastella kuin luoda tietomalleja. Tekla Civilissä on mahdollista käyttää usean käyttäjän ympäristöä, joka on reaaliaikainen ja täten mahdollistaa nopean kommunikoinnin hankkeen eri toimijoiden välillä. Malliin tehdyt päivitykset ja muutokset päivittyvät kaikille käyttäjille

samanaikaisesti ja ovat kaikkien saatavilla, ohjelmiston tietokantapohjaisuuden vuoksi./8/

Tekla Civilissä on useita erilaisia työkalusovelluksia joilla voidaan suunnitella ja luoda haluttuja malleja, jotka voidaan yhdistää lopulliseksi tietomalliksi. Infrarakenteiden suunnittelu – sovelluksella voidaan suunnitella erilaisia väyliä kuten valtateitä, katuja, rautateitä, meriväyliä, tunneleita ja siltoja. Sovelluksella voidaan myös tuottaa luotettavaa määrälaskenta dataa, sekä sillä on mahdollista luoda toteutusmalleja suoraan koneautomaatio käyttöön työmaalle./8/

Varuste- ja viheraluesuunnittelu -sovelluksen käyttö mahdollistaa infrarakentamiseen kuuluvien varusteiden ja viheralueiden tarkan visualisoinnin ja kustannusarvion määrittämisen. Tuettuja varusteita ovat esimerkiksi istutukset ja viheralueet, ajoratamerkinnyt, liikennemerkitt, sekä aidat ja kaiteet./8/

Putkilinjojen suunnittelu -sovelluksella voidaan suunnitella infrarakentamisessa käytettäviä putkistoja kuten kuivatusrakenteet, kaivot, tierummut, pumppaamot. Sovelluksen keskeisimmät hyödyt ovat selkeä kolmiulotteinen havainnollistaminen ja yhteentörmäys tarkastelu./8/



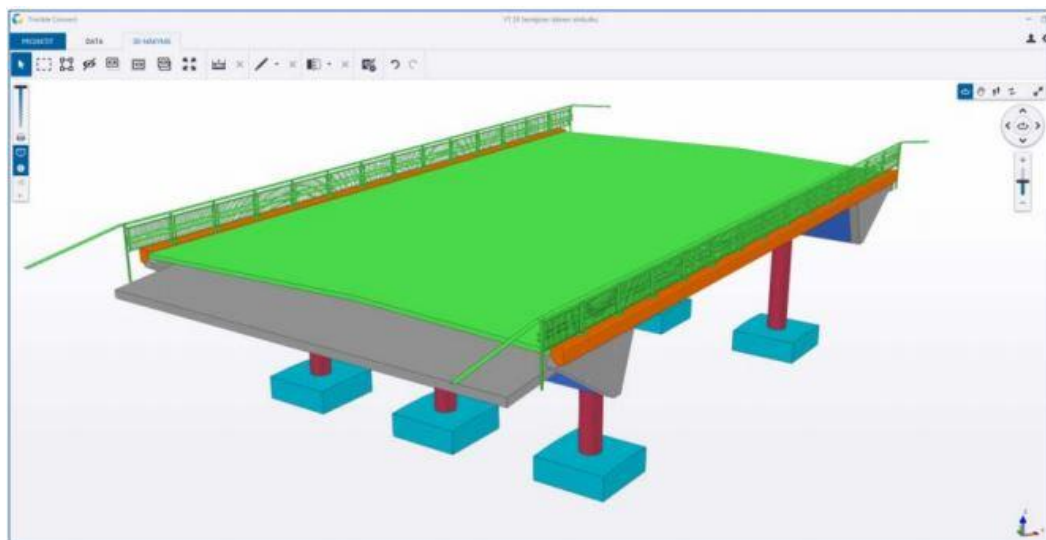
Kuva 5. Tekla Civilin karttanäkymässä tapahtuvaa dwg-referenssimuodossa olevien varusteiden mitattua toteumaa (Skanska Mallinnuksen käyttö laadunhallinnassa, 2018).

Pohjatutkimukset -sovellus sisältää kaikki pohjatutkimustavat ja näiden tuoman informaation ja esitystavat kartalla, 3D-näkymässä, pohjatutkimusdiagrammeissa ja leikkausnäkymissä. Sovellusta on mahdollista käyttää myös pohjatutkimusrekisterinä./8/

4.3 Trimble Connect

Trimble Connect on pilvipohjainen sovelluskokonaisuus rakentamisen ja suunnittelun vuorovaikutus- ja yhteistyöalusta. Trimble Connect on käytettävissä eri alustoilla kuten Web-, Desktop-, Mobile- ja Hololens-alustoilla tehden siitä helposti saavutettavan niin toimistolla, kuin työmaalla maastossa./9/

Trimble Connect Mobile -käyttöalusta toimii Android, sekä iOS- mobiililaitteilla mahdollistaen mallien mobiilikäytön, kun tietokonetta ei ole mahdollista käyttää. Trimble Connect Web käyttöalusta taas on verkkoselaimella käytettävä pilvipalvelu, jossa on mahdollista eri projektien perustaminen ja käyttäjien lisääminen projektille. Web käyttöalusta on myös paras käyttöalusta mallien ylläpitoon, sekä jakamiseen eri käyttäjien kesken. Trimble Connect Desktop -käyttöalusta on paras käyttöalusta mallien visuaaliseen tarkasteluun. Desktop -käyttöalusta asennetaan suoraan paikallisesti käyttäjän omalle koneelle./9/



Kuva 6. Tietomallin visuaalista havainnointia 3D-näkymässä Trimble Connect Desktopilla (Skanska Mallinnuksen käyttö laadunhallinnassa, 2018).

Trimble Connectissa on mahdollista luoda muille näkyviä ja jaettavia tehtäviä ToDos toiminnon avulla. Tehtäviä on mahdollista jokaisen projektin osallisen kommentoida, sekä tarkentaa kirjoittamalla lisätietoja kohteen tekstikenttään. Tehtäviä voidaan myös aikatauluttaa, priorisoida, sekä dokumentoida ja ilmoittaa tehtävän etenemistä./9/

Työmaan toteutuneista rakenteista ja rakennelmista laadittuja LAS/LAZ-pistepilviä on mahdollista verrata suunniteltuun aineistoon. Pistepilven sisältämien pisteiden väriä, varjostusta, sekä kokoa voidaan muuttaa halutunlaiseksi tarpeesta riippuen./9/

5 LAADUNVARMISTAMINEN JA -VALVONTA VÄYLÄ- RAKENTAMISESSA

5.1 Laatuvaatimukset ja niiden valvonta, sekä todentaminen

Projektin alussa tulee laatia laadunhallintaa silmälläpitäen projektille erinäisiä omia suunnitelmia, joita noudattamalla päästään laadullisesti parhaimpaan mahdolliseen lopputulokseen. Projektille laaditaan esimerkiksi toiminta- ja laatusuunnitelma, mittausuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, sekä työvaihekohtaiset työ ja laatusuunnitelmat jotka hyväksytetään tilaajalla. Jollei projektin asiakirjoissa ole toisin ilmoitettu niin laatumittausten tarkkuusvaatimukset pohjautuvat infra-RYL- vaatimuksiin./5/

Jotta rakennettava kohde täyttää sille asetetut laatuvaatimukset, tulee koko hankkeen ajan noudattaa tarkkaan laadittua laadunvarmistussuunnitelmaa. Tietomallipohjaisella projektilla on siirretty laadunvarmistuksen painopistettä valmiin tuotteen toteamisesta ennakkotarkastuksen suuntaan./5/

Ennakkotarkastus voidaan jakaa karkeasti neljään eri kohtaan, joihin on syytä kiinnittää huomiota, jotta virheet voidaan karsia ennakoidusti./5/

Ensimmäinen tarkastettava kohta on projektin mittausperusta. Projektin alkaessa tulee varmistaa koordinaattijärjestelmien ristiriidattomuus sisältäen paikallisen kiintopisteverkon, VRS/Smartnet, sekä työmaan apupisteet./5/

Toisena tarkastettavana kohtana tulee kiinnittää huomiota mallin oikeellisuuteen eli mallissa käytettävään mitoitukseen ja koordinaattijärjestelmään. Mallin tarkastus tuleekin aloittaa suunnittelutoimiston sisäisestä tarkastelusta jatkuen aina työmaan mittausvastaavan tarkastukseen ennen mallin käyttöönottoa./5/

Kolmantena kohtana tulee järjestää seuranta, jolla voidaan todeta automaatiojärjestelmien, niiden ja niitä tukevien tukiasemien paikannusjärjestelmien toimivuus, sekä niille asetetut tarkkuusvaatimukset. Nämä järjestelmät ja menetelmät ovat pääasiassa tukiasemien orientointi, sekä työkoneiden työstövälineiden seuranta ja koneohjausjärjestelmien kalibrointi./5/

Neljäs ja tärkein laadunseurannan kannalta oleva ennakkotarkastus on tehdä säännöllistä jatkuvaa vertailua toteutettujen rakenteiden ja toteutusmallin, sekä rakennussuunnitelman välillä./5/

5.2 Laadunvarmistaminen urakoitsijan näkökulmasta

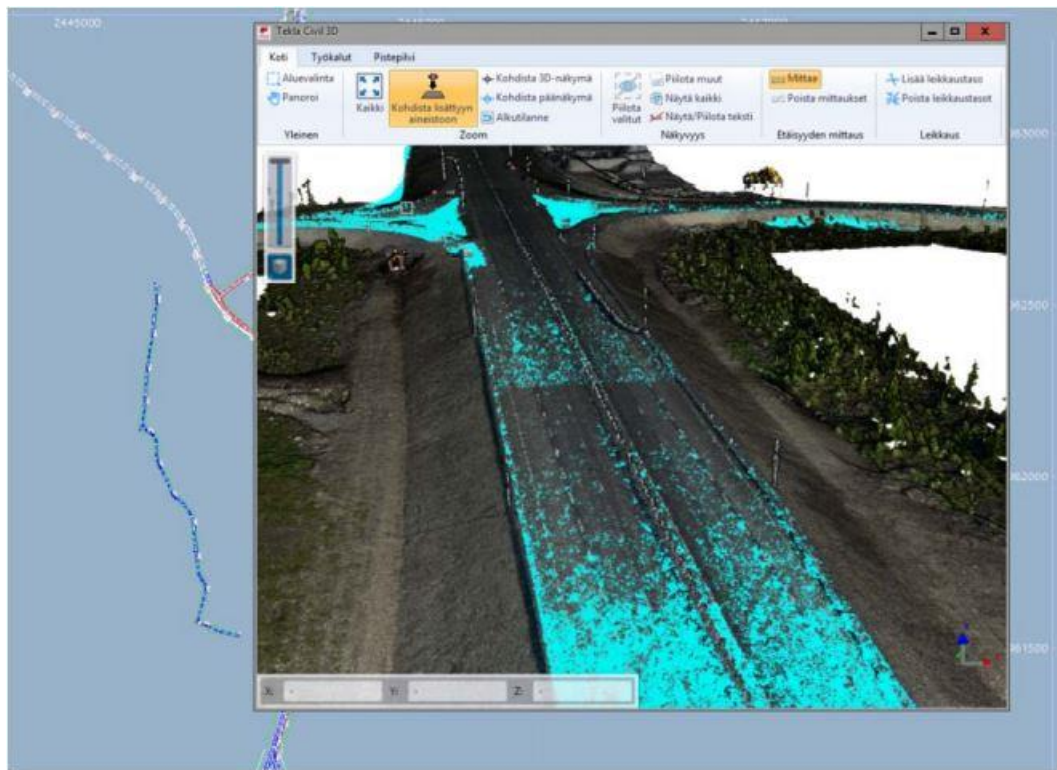
Urakoitsijan työsuunnittelun ja laadunvarmistuksen päämääränä on tehdä työ kerralla valmiiksi, ilman virheitä. Tähän päästään huolellisella ennakkosuunnittelulla jonka perustana projektilla käytetään laadunvarmistussuunnitelmää, joka sisältää työ- ja laatusuunnitelmat, laaturaportit ja vastuuhenkilöt./10/

Urakoitsijan laatimissa työvaihekohtaisissa työ- ja laatusuunnitelmissa laaditaan yksityiskohtainen kuvaus siitä, mitä toleransseja työssä noudatetaan, miten työvaihe suoritetaan, mitä riskejä siihen sisältyy, sekä kuinka työstä raportoidaan./10/

Työnaikaiset mittaukset ja tarkastukset ovat urakoitsijan konkreettisimpia laadunvarmistus menetelmiä työmaalla. Mahdollisesti piiloon jääville rakennusosille on tilaajalle varattava mahdollisuus nähdä mittaustulokset, rakenteet, laatudokumentit ja tarkat valokuvat kohteesta ennen rakenteen peittämistä. Valokuvausta tulee hyödyntää laadunraportoinnissa siten, että valokuvaus on oleellinen osa laaturaportointia./10/

Erilaisten mittausten ja tarkastusten lisäksi työnjohdon tulee aktiivisesti seurata, sekä valvoa työnaikaista rakentamista, jotta työnaikaisia tarkastuksia voidaan kohdistaa epäiltäessä esimerkiksi vanhojen rakenteiden tai materiaalin käyttökelppoisuutta./10/

Projektilla tulee käyttää nykyaikaisia tutkimus- ja mittausvälineitä joita käyttävät, niiden käyttöön perehtyneet osaavat henkilöt. Näiden välineiden tarkastukseen, huoltoon, sekä kalibrointiin tulee kiinnittää huomiota ja tehdyt toimenpiteet tulee tarvittaessa dokumentoida./10/



Kuva 7. Pistepilven avulla tapahtuvaa toteuman ja suunnitelman välistä vertailua Tekla Civilillä (Skanska Mallinnuksen_käyttö laadunhallinnassa, 2018).

Laadunvarmistamisessa käytetään myös yleisimpiä tutkimusmenetelmiä kuten koneohjauksen avulla saadut toteumamittaukset, GPS/takymetrillä mitatut tarkemittaukset, materiaalien rakeisuudet, sekä kantavuusmittaukset Loadmanilla ja levykuormituskokeella./10/

Vielä ennen tehdyn työn luovutusta tilaajalle urakoitsija varmistaa kohteen luovutuskunnan omalla sisäisellä luovutuksella, jossa tarkistetaan esimerkiksi, että kaikki urakan/osavaiheen työt on tehty, tarkistetaan että sopimuksenmukaiset laadunvarmistustoimenpiteet on tehty hyväksytysti ja laatudokumentit on arkistoitu hyväksytysti. Mahdolliset puutteet ja jäljellä olevat työt, sekä mahdolliset poikkeamaraportit tulee tarkistaa ja kirjata muistiin./10/

5.3 Laadunvarmistaminen ja -valvonta tilaajan näkökulmasta

Hankkeilla on usein viiko-, sekä kuukausittaisia seurantapalavereja tilaajan ja urakoitsijan välillä, joissa seurataan projektin aikataulua, laatua, sekä yleistä etene-

mistä ja rakentamista. Usein tilaaja nimeää projektille valvojan valvomaan urakoitsijan rakentamista, jotta se täyttää vaaditut laatu- ja turvallisuuskriteerit.

Suuremmissa projekteissa on käytössä yhteinen projektipankki, johon on pääsy tilaajalla, urakoitsijalla, sekä mahdollisilla kolmansilla osapuolilla. Projektipankkiin urakoitsija lataa tilaajalle nähtäville etukäteen määritellyjä laatudokumentteja, sekä suunnitelmia. Ennen projektin alkua jo tarjousvaiheessa tilaaja määrittää projektin laadunhallinta prosessin ja kulun, jotta urakoitsija osaa valmistaa ja tuottaa halutunlaisia laatudokumentteja.

Tilaajan tulee saada urakoitsijan työ- ja laatusuunnitelmat, sekä kaikki rakentamiseen ja laatuun liittyvät dokumentit riittävän aikaisin, jotta se kerkeää tarkastamaan ja hyväksymään ne kohtuullisen ajan sisällä.

Tietomallipohjaisissa hankkeissa tulee tilaajan saada pääsy tietomalleihin ja päästä seuraamaan toteutumamallin kehitystä. Mallien tulee olla ennalta määritellyissä formaateissa, jotta kaikki asianosaiset pääsevät niitä tutkimaan.

6 VT 3/18 PERUSPARANTAMINEN LAIHIAN KOHDALLA

6.1 Skanska Oy

Skanska AB on ruotsalainen kansainvälisesti toimiva rakennuskonserni, joka on Fortune 500-yritys ja kuuluu maailman kymmenen suurimman rakennusliikkeen joukkoon. Yhtiö on listattu Tukholman pörssiin ja sen pääkonttori sijaitsee myös Tukholmassa. Konsernilla on maailmanlaajuisesti noin 37 000 työntekijää ja toimitusjohtajana työskentelee Anders Danielsson. Yritys on perustettu jo vuonna 1887 ja sillä on lukuisia tytäryhtiöitä./11/

Skanska Oy on Skanska AB:n suomen tytäryhtiö ja sen toimitusjohtajana työskentelee Tuomas Särkilähti. Suomen konsernin toiminta on jaettu eri yhtiöihin toimialojen mukaan ja toiminta suomessa on alkanut vuonna 1994./11/

Suomessa infrarakentamisen toteuttaa Skanska Infra Oy niminen yhtiö, joka on rakentanut suomessa yli 900 siltaa, sekä lukuisia suuria tiehankkeita./11/

6.2 Hankkeen kuvaus

Hankkeen nimi on ”Valtateiden 3 ja 18 parantaminen Laihian kohdalla” ja sen urakamuoto on ST, eli suunnittele ja toteuta. Laadunvarmistuksen muotona käytetään Skanska Infra Oy:n vakiintunutta toimintatapaa eli laatuvarusturakentamista. Hanke on osa laajempaa valtatie 3 parantamiskokonaisuutta./10/

Valtatie 3 Helsingistä Vaasaan on yksi Suomen tärkeimmistä päätieyhteyksistä ja on osa yleiseurooppalaista TEN -teiden verkostoa. Valtatie 18 taas toimii länsi-itäsuuntaisen liikenteen välittäjänä Vaasasta Jyväskylään yhdistäen erimaakuntien keskuksia toisiinsa. Henkilöliikenteen lisäksi teollisuuden kuljetuksilla on merkittävä rooli valtatieyhteydellä Vaasasta sisämaahan./10/

Urakkaan kuuluvat rakennustyöt, jossa valtatie 3 ja 18 risteävät, suoritetaan Laihialla. Urakassa parannetaan Valtatie 3:sta noin 2,4 km ja Valtatie 3 ja 18 sijaitsevat uuteen maastokäytävään noin 2 km matkalle. Urakkaan kuuluvia eritasoliitymiä on kolme, melu-erakenteita on yhteensä noin 2 km, uusia siltoja 7 kpl ja

näiden lisäksi rakennetaan uusia yksityisteitä, kevyenliikenteen väyliä, sekä katu-
järjestelyjä./10/

”Hankkeessa olevat päämassat ovat:

- Maanleikkaus läjitykseen 120 000 m³, josta sulfidisavea on 36 000m³.
- Muu maaleikkaus 60 000 m³
- Ulkoa tuotua täyttömassoja 30 000 m³
- Ulkoa tuotua kiviainesmateriaalia 190 000 m³
- Pilaristabilointia 232 000 m
- Asfaltointi ”AB” 120 000 m²
- Asfaltointi ”ABK” 93 000 m²
- Asfaltointi ”SMA” 62 000 m²”./10/

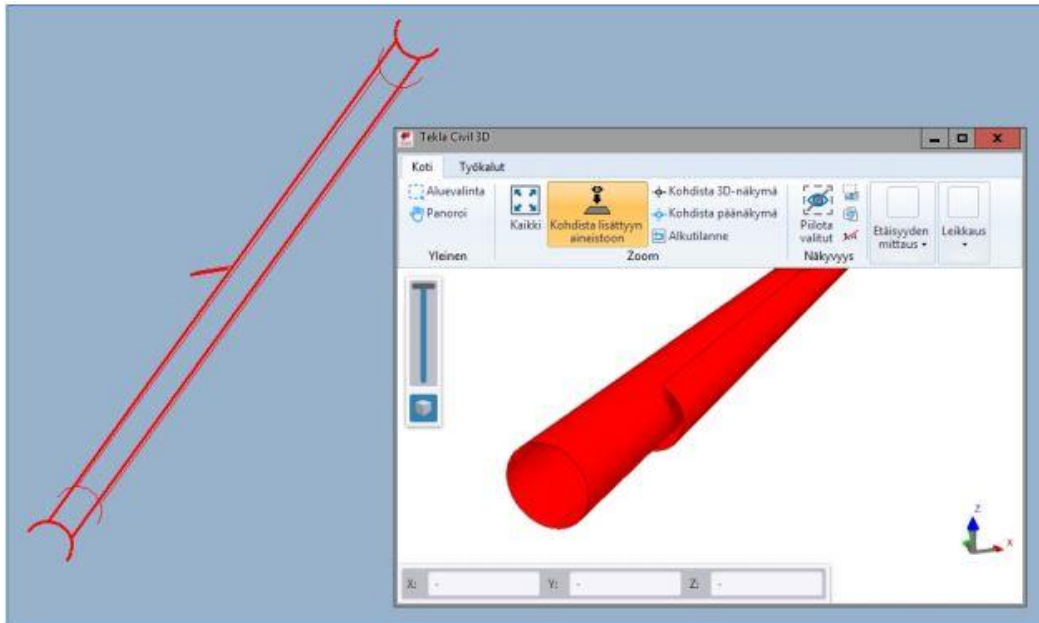
Urakassa tullaan käyttämään aliurakoitsijoita ainakin seuraavissa työkokonaisuuksissa:

- Suunnittelu
- Siltojen rakennetekniset työt, sekä raudoitustyöt
- Pohjanvahvistustyöt
- Paalutukset
- Päällystystyöt
- Louhintatyöt
- Kaidetyöt
- Tiemerkinntät./10/

6.3 Tietomallin hyödyntäminen VT 3/18 perusparantamisessa Laihian kohdalla

Tietomallinnuksen avulla urakassa on mahdollista optimoida koneohjauksen ja henkilöresurssien käyttöä raportoinnissa, sekä mittauksessa. Koneohjausjärjestelmien avulla voidaan vähäisellä henkilötöymäärällä saada rakennetta kuvaavat raportit laadun ja toteuman osoittamiseksi, kun rakennetaan tietomallipohjaisesti toteutettua rakennetta./10/

Suunnitellun ja rakennettujen varusteiden ja rakenteiden sijainnin visuaalista vertailua Tekla Civilin avulla on urakassa voitu havaita muutamia poikkeamia. Sijainnin visuaalinen vertailu on kätevä suorittaa Tekla Civilissä, koska vertailu onnistuu 3D-ikkunassa tai kartalla. Kohteiden sijainteja voi myös vertailla keskenään etäisyyslukemina numeerisesti tai taulukkomuodossa niin halutessaan.



Kuva 8. Rakennetun kohteen vertailua suunniteltuun sijaintiin Tekla Civilissä (Skanska Mallinnuksen käyttö laadunhallinnassa, 2018).

Projektilla on rakentamisen yhteydessä laadittu toteutuneista rakenteista pistepilviä, joita visuaalisesti vertailemalla voidaan tarkastella toteutunutta suunniteltuun. Pistepilviä visualisoidessa on helppo silmämääräisesti tarkastella toteuman ja suunnitellun välisiä sijainti- ja korkeuseroja. Myös puutteet ja mahdolliset poikkeamat tulevat hyvin nopeasti esille kohteen visuaalisessa tarkastelussa.

Joskus perinteiset piirustukset saattavat olla hyvin epäselviä tai ne eivät edes sisällä kaikkea tarvittavaa tietoa tai ota kantaa johonkin haluttuun asiaan. Tietomallista tarkistaminen on kätevä tapa havaita vaikkapa esimerkiksi, miten sillan luiska ja kiveys halutaan toteuttaa, jos nämä asiat eivät käy ilmi perinteisistä piirustuksista.

Tilaaajan seurantalavereissa toteumamallia vertailemalla toteutusmalliin päästään visuaalisesti hyvin nopeasti perille työmaan tilanteesta ja edistymisestä.

6.4 Urakan tietomallivaatimukset ja bonukset

Hankkeessa käytetään tietomallipohjaista suunnittelua ja suunnittelun lähtötiedoista kootaan lähtötietomalli suunnittelun pohjaksi. Lähtötietomallissa tullaan esittämään maastomalli, kallio- ja pehmeikkörajat, johdot ja kaikki oleellimmat olemassa oleviin väyliin liittyvät rakenteet./10/

Tietomallinnuksen tavoitteena urakassa on saavuttaa uusi toimintatapa työmaan ja suunnittelijan välille, sekä kehittää tästä toimiva prosessi. Tästä johtuen tilaaja on luvannut maksaa bonuksia tietomallin käyttämisestä urakan aikana, jotta tietomallinnuksesta saadaan pysyvä käytäntö rakennustyömaille./10/

Tilaajan tietomallinnus tavoitteet urakoitsijalle on jaettu neljään eri kohtaan, jotka kukin sisältävät tarkennuksia päätavoitteeseen./10/

Ensimmäinen päätavoite on infraModel 3 -formaatisissa tapahtuva tietomallipohjainen suunnittelu. Tämä tarkoittaa, että projektiportaaliin ja työmaalle toimitetaan koneohjausmallit LandXML-tiedostojen tuotantoversiot sähköisenä suoraan koneohjaukseen sopivina. Tavoitteeseen kuuluu myös, että siltojen tietomallipohjaiset suunnitelmat on voitava hyväksyä mallipohjaisesti./10/

Toisena päätavoitteena on urakoitsijalla koneohjauksen käyttö ja sen kehittämien, mikä tarkoittaa että työnjohdolla tulee olla maastokäyttöasemissaan käytössä sama suunnitelmamalli ja paikkatieto kuin koneessa./10/

Kolmantena päätavoitteena on laadunvalvonnan ja pikaraportoinnin kehittäminen. Tämä käsittää tiettyjen sovittujen pintojen osalta koneohjauksen tiedoilla tehtävää laadunvalvontaa. Kaikki lopullisen pinnan mallit tietomalleissa tulee olla as-build pintoja./10/

Neljäntenä päätavoitteena on arkistoitavan rakennussuunnitelman luovuttaminen tilaajalle IM3 -muodossa, sekä as-build-yhdistelmämallina jossa kaikki rakennetut pinnat on eroteltu omina malleinaan. Tavoite sisältää myös velvoitteen takuuajan seurannan aikaisten tuotevaatimusten toteutumisten vertaamista laserkeilatun pinnatamallin avulla./10/

6.5 Tietomallintamisen haasteet

Tietomallintaminen ja tietomallien käyttö vaatii opiskelua ja perehtymistä vaadittavien ohjelmistojen sujuvaan käyttämiseen. Tietomallintamisen yhtenä haasteena onkin saada laskettua mallien käytön aloittamisen kynnyistä alemmaksi, jotta mahdolliset uudet käyttäjät pääsevät mukaan helpommin. Käytetyimpiin ohjelmistoihin löytyy oppaita, ohjeita, sekä videoita ohjelmistojen kehittäjiltä, kuin ympäri internetiä, mutta suuri osa ihmisistä kokee tarvitsevansa henkilökohtaista avustusta alkuun pääsemisessä.

Osa ihmisistä kuvittelee tietomallintamisen ja mallien käytön niin hankalaksi, etteivät edes halua yrittää oppia, vaikka eivät ole koskaan edes yrittäneet opetella perusteita. Tähän ratkaisuna ovat erilaiset koulutukset ja kurssit, joihin ohjelmistokehittäjien ja tietomalleja käyttävien yrityksien tulisi panostaa enemmän. Uusi rakentajien ja suunnittelijoiden sukupolvi oppii tietomallintamisen perusteet jo koulussa ja vievät tiedon mukanaan työpaikalle tehden tietomallintamisesta yhä arkisempaa jokapäiväistä toimintaa. Tämä tulee laskemaan uusien käyttäjien kynnystä aloittaa tietomallien hyödyntäminen.

Tietomallintamiseen käytettävät laitteet ovat vielä suhteellisen kalliita, joten aloituskustannukset voivat olla huomattava kuluerä. Mallit, mallinnus ja varsinkin pistepilvet vaativat käytettäviltä koneilta hyvää suorituskykyä toimiakseen sujuvasti. Mallien maastossa tapahtuvaan tarkasteluun tarkoitettut laitteet eivät ole vielä laajassa käytössä ja olemassa olevat laitteet ovat hitaita ja kömpelöitä. Nämäkin haasteet tulevat väistymään, kun tekniikka kehittyy ja laitteiden prosessointinopeus kasvaa, sekä yleinen hintataso laskee.

7 KEHITYSEHDOTUKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Väylärakennustyömaalla tietomallipohjainen laadunhallinta on erittäin toimiva toimintamalli, koko rakennustyömaan elinkaaren ajalle. Tietomallipohjaisella laadunhallinnalla pystytään ennaltaehkäisemään monia virheitä jo suunnitteluvaiheessa ja näin pystytään välttämään työmaalla niin sanottu ”turha työ”. Tietomallin avulla voidaan suorittaa nopeasti väylärakennustyömaan törmäystarkastelut esimerkiksi maahan kaivettavien putkistojen osalta.

Tietomallintaminen parantaa myös väylärakennustyömaan aikataulutusta, organisoitua, resurssointia, tiedonkulkua, sekä kustannusten ja riskienhallintaa jotka ovat suoraan yhteydessä laadukkaaseen rakentamiseen. Toteumamallin avulla pystytään vertailemaan suoraan jo rakennettua kohdetta suunniteltuun ja havaita poikkeavuudet nopeasti visuaalisesti tai numeerisesti. Toteumapisteillä tietomallissa voidaan suoraan osoittaa esimerkiksi tietyn leikkauspinnan olevan vaaditun sijaintitoleranssin sisällä.

Tietomallipohjaisen laadunhallinnan avulla saadaan myös rakennuskustannuksia laskettua niin tilaajan, kuin urakoitsijan kannalta. Tietomallin avulla esimerkiksi määrä- ja massalaskenta tarkentuu ja nopeutuu mikä tarkoittaa urakoitsijalle pienempää mahdollista määräriskiä ja näin tilaajalle alhaisempaa tarjousta. Tietomallin myötä pystytään siirtämään mittaustarkkeiden ottaminen mittamieheltä suoraan työkoneisiin, mikä vähentää huomattavasti työmaan mittauskustannuksia. Työkoneiden käyttäessä koneohjausta ei myöskään tarvita väylärakennustyömaalle ominaisia korkokeppejä, joiden asettaminen on aikaa vievää ja korkokepin mahdollinen liikkuminen aiheuttaa heti mahdollisen toleranssipoikkeaman.

Tietomalliin voidaan lisätä paljon erilaisia laatuaineistoja helpottamaan ja selkeyttämään laadunhallintaa, koska näin saadaan kaikki laatuaineisto keskitettyä samaan paikkaan. Geometriset laatuaineistot, jota malliin sisällytetään, ovat esimerkiksi laserkeilatut pistepilvet, työkoneiden toteumamittaukset ja takymetrilla tai

RTK-GNSS-mittasauvalla otetut tarkemittaukset. Tietomalliin voidaan lisätä myös ei-geometristä laatuainestoa kuten kantavuuskokeiden tuloksia, rakeisuuskäyriä, kaivo ja rumpukortteja, sekä CE -ja materiaalitodistuksia. Myös muiden kirjallisten dokumenttien kuten betonointipöytäkirjojen tai poikkeamaraporttien lisääminen tietomallissa olevaan laatuaineistoon on mahdollista.

Tietomallipohjainen laadunhallinta vaatii niin tilaajalta kuin urakoitsijalta perehtymistä tietomallintamiseen ja näihin liittyviin laitteisiin ja ohjelmistoihin. Usein urakoitsijalla, tilaajalla, suunnittelijalla tai näillä kaikilla on nimetty tietomallikoordinaattori, jonka pääasiallinen toimenkuva on tietomallintamisen parissa.

Suurin yksittäinen kehitettävä asia tietomallipohjaisessa laadunhallinnassa väylä-rakennustyömaalla on sen käyttäminen ja tiedon jakaminen. Tietomallit ja mallinnus on varmasti tuttu käsite monille ja moni on päässyt näkemään erilaisia malleja työmailla, mutta kovinkaan moni ei osaa tai pysty itse hyödyntämään tietomalleja. Tähän tulisi panostaa erityisesti tietomallintamisen osalta, jotta tietomalleja osaisi hyödyntää koko henkilöstö, eikä ainoastaan esimerkiksi tietomallikoordinaattori. Näin tietomalleista olisi mahdollisimman paljon hyötyä kaikille ja se sujuvoittaisi tiedon kulkua projektilla entisestään.

LÄHTEET

- /1/ Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje 12/2017. Viitattu 3.4.2021
https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf
- /2/ Niskanen, J. 2015. Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 1: Tietomallipohjainen hanke. buildingSMART Finland.
- /3/ Snellman, S. 2016. Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2016. Osa 5: Väylärakenteen toteutusmallin laatimisoheje. buildingSMART Finland.
- /4/ Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä 2.5.2019. Viitattu 7.4.2021.
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf
- /5/ Lehtonen, H. 2018. Skanska mallinnuksen käyttö laadunhallinnassa.
- /6/ Liukas, J. & Kemppainen, L. 2015. Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 2: Yleiset mallinnusvaatimukset. buildingSMART Finland.
- /7/ Snellman, S. 2016. Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2016. Osa 5: Väylärakenteen toteutusmallin laatimisoheje. buildingSMART Finland.
- /8/ Tekla Civil. Viitattu 22.5.2021
<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-civil>
- /9/ Lehtonen, H. 2018. Skanska Trimble Connect Ohje.
- /10/ Nygård, F-E. 2017. Toiminta- ja laatusuunnitelma Vt3 ja Vt18 Laihia.
- /11/ Skanska. Viitattu 23.5.2021
<https://www.skanska.fi/>