

Teemu Järveläinen

# Tietomallien yhteensovittaminen siltahank- keessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

9.4.2014

Tekijä Otsikko	Teemu Järveläinen Tietomallien yhteensovittaminen siltahankkeessa
Sivumäärä Aika	55 sivua + 4 liitettä 9.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori DI Aarne Seppänen, Metropolia AMK Osastopäällikkö Risto Ollila, Pöyry Finland Oy Rakennesuunnittelija Jami Pelli; Pöyry Finland Oy Silta-asiantuntija Heikki Myllymäki, Liikennevirasto
<p>Insinööri työ toteutettiin Pöyry Finland Oy:n ja Liikenneviraston yhteistyöprojektina.</p> <p>Infra-alalla on viime vuosina otettu määrätietoista kehitysaskelta kohti tietomallintamisen tehokasta hyödyntämistä suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa. Alalla on ollut käynnissä useita tutkimus- ja pilotoitihankkeita, joiden tarkoituksena on ollut tietomallintamisen käyttöönoton helpottaminen.</p> <p>Insinööriyön keskeisin tavoite oli kehittää toimintamalli siltapaikan yhdistelmämallin eli koordinoitumallin luomiseen tilaajan tarpeita sekä käytännön tietomallintamista silmälläpitäen. Tavoitteena oli siis määrittää, mitä siltapaikan koordinoitumallilla tarkoitetaan ja miten malli muodostetaan. Lisäksi tutkittiin ja testattiin eri tekniikanalojen tietomallien yhteensovittamiseen tarkoitettuja yleisiä tiedonsiirtoformaatteja. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään luotettava tiedonsiirtomenetelmä eri tietomallinnusohjelmien välillä. Työssä määriteltiin myös, mitä vaatimuksia tietomalleille ja tietomallinnusprosessille ylipäättänsä asetetaan.</p> <p>Insinööri työ toteutettiin pääasiassa kirjallista aineistoa tutkimalla ja infra-alalla yleisesti käytössä olevia mallinnuspohjaisia suunnittelu- ja katseluohjelmia testaamalla. Tutkimusta työstiin pääsääntöisesti Pöyryn sisäisesti, mutta myös Liikennevirastolla käytyjen ohjaavien palaverien pohjalta. Yhdistelmämallien muodostamista päästiin käytännössä testaamaan eri hankkeissa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kattava tietopaketti, jota voidaan soveltaa siltapaikan tietomallien yhteensovittamista koskevien suunnitteluohjeiden laatimiseen.</p>	
Avainsanat	Tietomalli, tietomallintaminen, silta, inframalli, tiedonsiirto, yhdistelmämalli, koordinoitumalli

Author Title	Teemu Järveläinen Coordination of Building Information Models in Bridge Project
Number of Pages Date	55 pages + 4 appendices 9 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Aarne Seppänen, Lecturer, Metropolia AMK Risto Ollila, Department Manager, Pöyry Finland Oy Jami Pelli, Structural Designer, Pöyry Finland Oy Heikki Myllymäki, Bridge Specialist, Liikennevirasto
<p>This thesis was commissioned on behalf of Pöyry Finland Oy and Liikennevirasto.</p> <p>During the past few years there have been decisive steps towards the development of the efficient use of information modeling in design, construction and maintenance in the infrastructure sector. There have been a number of ongoing researches and piloting projects, the main objective of which is to facilitate the deployment of information modeling.</p> <p>The main objective of the thesis was to develop a combination model approach to a bridge site, in view of the subscriber's needs and practical modeling. The aim was therefore to determine what the term bridge site combination model means and how the model is formed. After this the aim was to examine and test common data exchange formats that are used to improve the interoperability of information models from different types of engineering. The study aimed to find a reliable method of data exchange between different information modeling programs. The thesis also defined the minimum requirements for information models and the information modeling process in general.</p> <p>This thesis was carried out mainly by literary research and by testing the most common design and viewing programs in the infrastructure sector. The study was mainly processed internally mainly at Pöyry but also on the basis of guided schedule meetings at Liikennevirasto. The formation of the combination model was achieved in practice in various projects.</p> <p>The result was a comprehensive information package which can be applied to the development of instructions for combining bridge site information models.</p>	
Keywords	information model, bridge, infra model, data transfer, interoperability, combination model

# Sisällys

## Lyhenteet ja selitteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen taustaa	1
1.2	Tutkimuksen sisältö	2
1.3	Tutkimuksen näkökulma ja rajaus	3
2	Tietomallintaminen infra-alalla	3
2.1	Tietomallien hyödyntäminen	4
2.2	Tietomalli	5
2.2.1	Tuotemalli	7
2.2.2	Pintamalli	8
2.3	Yhdistelmämalli	9
2.4	Tietomallien vaatimukset	11
2.4.1	Käytettävät ohjelmistot	11
2.4.2	Mallinnuksessa käytettävät työkalut	12
2.4.3	Tiedonsiirto	12
2.4.4	Koordinaattijärjestelmä ja mittayksiköt	14
2.4.5	Rakenneosat ja mittatarkkuus	15
2.4.6	Osien nimeäminen ja numerointi	16
2.4.7	Tietomallikoordinaattori	17
2.4.8	Mallin julkaisu	18
2.4.9	Muuta huomioitavaa	18
2.5	Tietomalliselostus	20
3	Tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin lähtötiedot	21
4	Tietomallintaminen silta- ja taitorakenteiden suunnittelussa	25
4.1	Siltapaikka	26
4.2	Esisuunnittelu	26
4.3	Yleissuunnittelu	26
4.4	Siltasuunnittelu	27
4.5	Rakennussuunnittelu	27
4.6	Laadunvarmistus	28

4.7	Törmäystarkastelu	30
4.8	Määrälaskenta	30
5	Siltapaikan koordinointimalli	32
5.1	Maastomalli	33
5.2	Maaperämalli	34
5.3	Nykyiset rakenteet	34
5.4	Temaattiset aineistot	35
5.5	Muu viiteaineisto	35
5.6	Tekniikkalajimallit	36
5.6.1	Väyläsuunnittelu	36
5.6.2	Liikennesuunnittelu	37
5.6.3	Maisemasuunnittelu	38
5.6.4	Geosuunnittelu	38
5.6.5	Muut liittyvät taitorakenteet	38
6	Tietomallintamisessa ilmenevät haasteet	38
6.1	Mallinnustekniset haasteet	39
6.2	Tiedonsiirron haasteet	40
7	Ohjelmistojen tutkimus ja testaus	40
7.1	Testaamisen menettelytapa ja tavoitteet	40
7.2	Tiedonsiirron standardit	41
7.2.1	IFC	42
7.2.2	LandXML	43
7.2.3	Inframodel	44
7.3	Testatut ohjelmat ja niiden ominaisuudet	45
7.3.1	Tekla Structures (versio 19.1)	45
7.3.2	Tekla Civil	46
7.3.3	Tekla BIMsight	47
7.3.4	Bentley Navigator V8i	47
7.3.5	AutoCAD Civil 3D	48
7.3.6	Revit Structure	48
8	Tietomallien yhteensovittamisen menetelmät	49
8.1	Menetelmien testaus	49
8.2	Tulokset	49
9	Johtopäätökset ja yhteenveto	50

Liitteet

Liite 1. Osien numerointi ja nimeäminen

Liite 2. Ohjelmien tiedonsiirtoformaatit

Liite 3. Tiedonsiirron testaus

Liite 4. Tekniikkalajimallien tiedonsiirtoformaatit esimerkkihankkeessa

## Lyhenteet ja selitteet

### Asetuspiste

Asetuspisteet määrittelevät rakennusosalle halutun linjauksen. Asetuspisteelle voidaan määrittää rakennusosan poikkileikkaukseen mielivaltainen sijainti.

**Attribuutti** Attribuutit kuvaavat olioiden ominaisuuksia.

**Data** Informaation kuvaus muodossa, joka soveltuu sekä henkilön että tietokone-sovellusten toimesta tapahtuvaan kommunikointiin, tulkintaan ja käsittelyyn.

### Dokumenttipohjainen

Tiedonkäsittelyn soveltamistapa, jossa tietoa käsitellään ja siirretään dokumentteina, jonka sisällön henkilö pystyy tulkitsemaan, mutta tietokone-sovellus ei.

**Formaatti** Datan esitysmuoto jonkin määritellyn tavan mukaisesti.

### Hyvä mallinnustapa

Hyvän mallinnustavan mukaan malli on toteutettu loogisesti, ja siihen on liitetty mallia täydentävä ja selittävä tietomalliselostus. Suunnittelijan tulee luovuttaa tai jakaa tietoa vain suunnittelemistaan objekteista. Kaikki suunnittelutieto tulee myös pitää tietomallissa. Hyvän mallinnustavan periaatteisiin kuuluu myös suunnittelijan oma laadunvarmistus.

**IFC** *Industry Foundation Classes*, jatkuvasti kehitettävä kansainvälinen rakennusalaalla käytettävä standardi oliopohjaiseen tiedostonsiirtoon.

**Inframalli** Infrarakenteen tietomalli.

**IM** *Inframodel*, kansainvälinen LandXML-standardiin perustuva avoin tiedonsiirtoformaatti.

## Kolmioverkko

Pistepilvestä muodostettu kolmiulotteinen pintaa havainnollistava malli, jossa pisteiden välille on luotu kolmioita.

## Koordinaattimuunnos

Matemaattisesti määritelty muunnos, jolla yhden koordinaattijärjestelmän koordinaatit sovitetaan toiseen järjestelmään.

## Laserkeilaus

Koordinaattimittausmenetelmä, jolla ympäröivästä maailmasta saadaan mittatarkkaa 3-dimensioista tietoa.

## Mallipohjainen

Tiedon käsittelyn soveltamistapa, jossa tuotetta kuvataan tietokonesovelluksilla mallina ja sen muodostavina osina, ja sovellukset pystyvät tulkitsemaan mallin sisältämien osien tietoja.

## Natiivitiedostomuoto

Tietomalli tallennettuna sen mallintamisessa käytetyn ohjelman omassa tiedostomuodossa. Natiivitiedoston tietosisältö on osittain laajempi kuin yleisissä tiedonsiirtoformaateissa, mutta sen hyödyntämiseen tai muuttamiseen yleiseen tiedonsiirtoformaattiin tarvitaan yleensä sama ohjelma.

## Nollapiste

Tietomallintamisessa nollapiste on piste koordinaatistossa, jossa kaikkien koordinaattien arvot ( $x$ ,  $y$  ja  $z$ ) ovat nollia, ts. origo.

Oikeellisuus Virheettömyys, yhtäpitävyys todellisen asiantilan kanssa.

Olio/objekti Tiettyä asiaa kuvaavien tietojen kooste, jota tietokonesovelluksissa käsitellään yhtenä kokonaisuutena.



## Oliopohjainen

Mallintamisen ja ohjelmoinnin menettelytapa, jossa asioita kuvataan olioina ja niiden välisinä yhteyksinä.

**Pistepilvi** Laserkeilauksesta saatavaa kolmiulotteista mittatietoa, jossa näkyvät kaikki ne kohteet, joihin lasersäteet ovat keilauksen aikana osuneet.

**PRE** *Built Environment Process Re-engineering*, RYM Oy:n vuosina 2010–2013 toteutettu ohjelma, jonka tavoitteena oli luoda kiinteistö-, rakennus- ja infra-alalle täysin uusia toimintatapoja ja liiketoimintamalleja.

**Skeema** Malli, joka määrittelee käsiteltävän tiedon esitysmuodon.

**Standardi** Jonkin organisaation esittämä määritelmä siitä, miten jokin asia tulisi tehdä.

## Suunnitteluttaja

Suunnitelman tilaaja tai häntä edustava suunnittelutehtävän ohjaaja.

## Taitorakenne

Taitorakenteita ovat kaikki sellaiset infrarakennusalan rakenteet, joiden rakentamiseksi on laadittava lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat ja joiden rakenteellinen vaurioituminen suunnittelu- tai rakennusvirheen seurauksena saattaa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai liikennejärjestelmille ja merkittäviä korjauskustannuksia rakenteelle tai sen välittömään ympäristöön. Taitorakenteita ovat yleisesti sillat, paalulaatat, tukimuurit, tunnelit ja laiturit.

## Tiedonsiirtoformaatti

Tietokonesovelluksilla tulkittava muoto tiedon tallentamiseen, saantiin, siirtoon ja arkistointiin.

**Tietomalli**     Nykyään vakinaistunut yleisnimitys rakentamisessa käytettävälle digitaalisille, tietoa sisältäville, oliopohjaisille malleille, jonka tietosisällön tietokonesovellukset tulkitsevat.

**Yhdistelmämalli**

Malli, jossa eri tekniikanalojen tietomallit ovat yhdistettynä samaan tietokantaan.

**XML**     *eXtensible Markup Language*, Yleinen menetelmä, jota voidaan soveltaa tietojen määrittämiseksi ja määriteltyjen tietojen kuvaamiseksi tietokonesovelluksilla tulkittavassa muodossa.

## 1 Johdanto

Tietomallintamisen hyödyntäminen suunnittelussa ja suunnittelun apuvälineenä on lisääntynyt voimakkaasti viime vuosina, kun perinteisestä kaksiulotteisesta CAD-suunnittelusta on siirrytty kohti kolmiulotteista suunnittelua. Infrasuunnittelussa siirtyminen on ollut hitaampaa kuin talonrakennussuunnittelussa, jossa tietomallinnus on jo yleisesti käytössä. Tietomallipohjainen suunnittelu ei tule täysin korvaamaan perinteistä piirustus- ja dokumenttipohjaista suunnittelua aivan lähivuosina, mutta siirtyminen tietomallintamiseen on väistämätön kehitysaskel infrasuunnittelussa.

### 1.1 Tutkimuksen taustaa

Tämä tutkimus toteutetaan Pöyry Finland Oy:n ja Liikenneviraston yhteistyöprojektina. Pöyry Finland Oy on osa Pöyry Oyj -konsernia, joka on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointiyhtiö. Pöyryn toimialoihin kuuluu energia, sellu- ja paperiteollisuus, kemiateollisuus ja biojalostus, metalli- ja kaivosteollisuus, teollisuuden paikallispalvelut, vesi, kiinteistö, projektijohto, ympäristökonsultointi sekä infrasuunnittelu. Tutkimus tehdään Liikenneviraston toimeksiannosta. Pöyryn infrayksikön sillat ja taitorakenteet -osasto ohjaa tutkimuksen toteuttamista. Liikennevirasto on liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toimiva keskusvirasto, ja sen tehtäviin kuuluu liikennejärjestelmien kehittäminen vastaamaan kansalaisten ja elinkeinoelämän tarpeita.

Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa rakennuskohteesta laaditaan suunnittelutyön tilaajan vaatimusten ja tietomalliohjeiden mukainen eri tekniikanalojen tietomalleista koostuva yhdistelmämalli. Yhdistelmämallissa koko rakennuskohdetta voidaan tarkastella yhtenä kokonaisuutena, ja näin ollen voidaan myös varmistua eri tekniikanalojen tietomallien yhteensopivuudesta.

Tietomalli on yksinkertaistettuna kolmiulotteinen malli, jonka osille on annettu informatiivista tietoa. Tietomallissa kaikki kerätty tieto pyritään säilyttämään samassa tiedostossa ristiriitojen välttämiseksi ja tiedonhaun helpottamiseksi. Mallissa oleva tieto saadaan esille joko osalta kysymällä tai esimerkiksi listaamalla osien tiedot taulukkomuotoon.

Yhdistelmämallin luomiseksi pitää valita ohjelma. Tämän ohjelman on pystyttävä yhdistämään kaikki siltapaikkaan liittyvien tekniikanalojen tietomallipohjaiset suunnitelmat. Ohjelman tulisi tukea tiedostomuotoja, joita muilla tekniikanaloilla on käytössä, ja sen vuoksi eri tekniikanalojen on pystyttävä tuottamaan tietomalleja yleisissä tiedonsiirtoformaateissa. Yleisissä tiedonsiirtoformaateissa tietoa siirrettäessä ohjelmasta toiselle osa natiivitiedoston tiedoista ei ole enää käytettävissä yleisessä muodossa tuotetussa tietomallissa. Yleisiä tiedonsiirtoformaatteja on kuitenkin sovittu käytettäväksi suunnittelijoiden välisessä tiedonsiirrossa, koska niiden on todettu toimivan paremmin eri ohjelmien välillä kuin natiivitiedostojen. Suunnitteluttajalle luovutettaessa mallit kuitenkin luovutetaan sekä yleisessä tiedonsiirtoformaatissa että tiedoston natiivimuodossa. Näin menettelemällä varmistutaan, että kaikki suunniteltu tieto siirtyy luovutettavan paketin mukana. Yleisessä tiedonsiirtoformaatissa mallin tiedon tulisi siirtyä ohjelmalta toiselle mahdollisimman vähän oleellista tietoa kadottaen. Yhdistelmämallia luotaessa ohjelman hyvänä ominaisuutena pitäisi olla mahdollisimman kattavat tiedostoformaattien luku- ja tallennusominaisuudet.

Pöyry Finland Oy ja Liikennevirasto ovat käynnistäneet tutkimuksen, jossa on tarkoitus selvittää, miten tietomallien yhdistämistä ja yhteensopivuutta voitaisiin parantaa.

## 1.2 Tutkimuksen sisältö

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää toimintamalli siltapaikan tietomallin luomiseen tilaajan tarpeita sekä käytännön tietomallintamasta silmälläpitäen. Tutkimuksessa pyritään löytämään luotettava tiedonsiirtomenetelmä eri tietomallinnusohjelmien välillä. Tutkimus luovutetaan Metropolia Ammattikorkeakoulun lisäksi Pöyrylle ja Liikennevirastolle. Tavoitteena on myös laatia katsaus tämän päivän tietomallipohjaisesta suunnittelusta käytännössä.

Mallinnusohjelmat käyttävät yleensä tallentamiseen omia tiedostoformaatteja, joten eri ohjelmat eivät pysty suoraan hyödyntämään toistensa tietomalleja. Tiedostojen muuntaminen yleisiin tiedonsiirtoformaatteihin onnistuu periaatteessa, mutta muunnos saattaa kadottaa prosessin kannalta oleellista informaatiota. Tämän vuoksi tiedoston vieminen toiseen ohjelmistoon ei onnistu aina vaivattomasti. Erityisesti oliopohjaisten tietomallinen ja pintamallien yhteensovittamisessa on ollut hankaluuksia.

Tutkimuksessa selvitetään siltapaikan tietomallin vaatimukset ja laaditaan ohjeet kaik-  
kia hankkeen osapuolia hyödyttävän yhdistelmämallin eli koordinoitumallin luomiseksi.  
Lisäksi tutkitaan ohjelmistojen optimaalisia mahdollisuuksia ja tiedonsiirtomenetelmiä.  
Tämä tapahtuu selvittämällä, millaisia tiedonsiirtoformaatteja käytetään ja on kehitteillä,  
miten tiedoston muuntaminen toiseen muotoon onnistuu ja minkä muotoista dataa eri  
ohjelmistot pystyvät lukemaan.

### 1.3 Tutkimuksen näkökulma ja rajaus

Tutkimuksessa keskitytään siltojen ja muiden taitorakenteiden suunnitteluun. Tutki-  
musaineistona käytetään kirjallista/internetaineistoa sekä haastatteluja Pöyryllä, Li-  
kennevirastolla, mallinnusohjelmien edustajilla sekä muilla alan osaajilla. Tutkimukses-  
sa tehdään myös katsaus toteutettujen tietomallien yhteensovittamiseen. Tutkimukses-  
sa ei oteta kantaa, miten yksittäisiä tietomalleja luodaan eri ohjelmistoilla. Tutkimuksen  
tavoitteena on, että tuloksia voidaan soveltaa siltapaikan tietomallien yhteensovittamis-  
ta koskevien suunnitteluohjeiden laatimiseen.

## 2 Tietomallintaminen infra-alalla

Infra-alalla ollaan siirtymässä voimakkaasti kohti tietomallipohjaista suunnittelua. Tie-  
tomallintamisen hyödyntäminen on yleistynyt infrahankkeiden lähtötietojen hankinnas-  
sa, suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa. Mallintamisen avulla voidaan parantaa  
koko suunnittelu- ja rakennusprosessin tuottavuutta ja laatua. [1.]

Tietomallintamisen käyttöönottoa on pohjustettu useissa tutkimus- ja kehityshankkeissa  
ja -ohjelmissa, erityisesti Rakennustietosäätiön vuosina 2009–2011 toteuttamassa Infra  
TM -hankkeessa. Hankkeen tavoitteena oli suunnata ja vauhdittaa infra-alan muutosta  
kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä. Hankkeen keskeisiä tavoitteita  
oli luoda Suomen inframarkkinoille avoin ja yhtenäinen InfraBIM-tietomalli, joka perus-  
tuu kansainvälisiin paikkatieto- ja tuotemallistandardeihin sekä kotimaiseen vakionimik-  
keistöön. Tietomallintamisen käyttöönottoa edistävää tutkimustyötä tehtiin RYM Oy:n  
PRE-tutkimusohjelman InfraFINBIM-työpaketissa. Tavoitteena oli, että infra-alan suuret  
toimijat tilaavat vuodesta 2014 lähtien vain tietomallipohjaisia palveluja. Työpaketissa  
kehitettiin Inframodel 3 (IM3) -tiedonsiirtoformaatti, joka otettiin käyttöön vuoden 2013

loppupuolella. InfraFINBIM-työpaketissa laadittiin myös mallinnusvaatimuksia ja mallinnusohjeita, laajennettiin infra-alan nimikkeistöä tukemaan myös tietomallinnusta sekä kehitettiin hankintamenettelyjä. [1; 2, s. 10–11.]

Siltojen tietomalliohjeen ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2011. Ohjeen tavoitteena oli määrittää yhtenäinen toimintatapa siltoja koskevien tietomallinen laatimisessa sekä suunnittelu-, työmaa- että ylläpitovaiheessa. Yhteisen toimintamallin noudattamisella tavoiteltiin uuden teknologian käyttöönoton edistämistä suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja viranomaisten yhteistyössä. Ohjeen viimeisin versio julkaistiin alkuvuodesta 2014. Ohjeen tarkoitus on määritellä Liikenneviraston hankkeissa käytettävien siltojen tietomallien sisältöä, rakennetta ja tiedon jäsentelyä. Liikenneviraston ohjeistuksen mukaisesti silta- ja taitorakennesuunnittelussa tulee noudattaa viimeisintä Siltojen tietomalliohjetta, johon tässä työssä esitetyt asiat ja vaatimukset perustuvat. [2, s. 10.]

## 2.1 Tietomallien hyödyntäminen

Tietomallinnuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävän kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaariprosessin tukeminen. Tietomallin hyödyntäminen alkaa heti suunnittelun alusta, jatkuen koko projektin ajan, ja vielä käyttöönoton jälkeenkin ylläpidon aikana. [3, s. 2.]

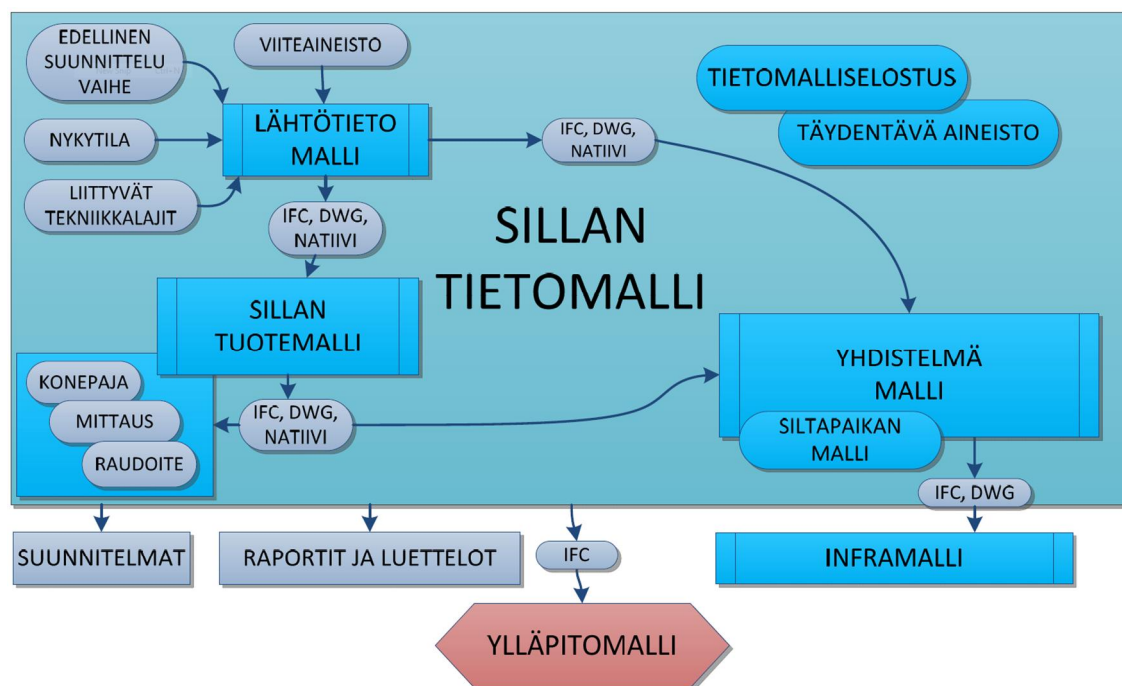
Tietomallien avulla voidaan mm:

- vertailla erilaisten ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- suorittaa erilaisia simulaatioita ja analyyssejä
- suorittaa laadunvarmistusta
- suorittaa määrälaskentaa
- havainnollistaa erilaisia suunnitteluratkaisuja
- parantaa tiedonsiirtoa ja suunnitteluprosessin tehokkuutta
- hyödyntää rakennushankkeen tietoja käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa sekä koko elinkaaren hallinnassa
- parantaa muutoksenhallintaa
- tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- sitoa osapuolet hankekohtaisiin tavoitteisiin. [3, s. 2.]

Tietomallipohjaisen suunnittelun keskeisimpiä hyötyjä on se, että kaikki rakennuskohteen koko elinaikana tarvittava tieto löytyy tietomallista yhdestä paikasta, ja että tietoa voidaan hakea helposti ja ohjelmistoriippumattomasti. Tietomallista voidaan hakea vain tarvittava tieto, ja näin ollen ylimääräisen tiedon siirtäminen (esimerkiksi dokumenttipohjaisesti) eri osapuolten välillä vähenee. [4, s. 11.]

## 2.2 Tietomalli

Tietomalli on tuotteen koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomalliin liittyy kohteen kolmiulotteinen määrittäminen ja esittäminen havainnollisuuden ja eri analyysien ja simulointitarpeiden vuoksi. Tietomalliin kerätään kaikki oleellinen tieto yhteen, jolloin tiedon hyödyntäminen on nopeaa ja helppoa. [5.]



Kuva 1. Sillan tietomallin muodostamisprosessi ja tiedonsiirtoon käytettävät formaatit. [2.]

Tietomalliin voidaan haluttaessa liittää suunnittelukohteen kaikki tiedot, kun taas dokumenttipohjaisessa suunnittelussa kohteen tiedot ovat hajallaan eri tiedostoissa. Kun suunnittelukohteen kaikki tiedot löytyvät samasta mallista, voidaan mahdolliset ristiriidat mallien välillä havaita helpommin. Esimerkiksi tietomallista tulostettujen taso- ja leikkauskuvien välillä ei voi olla ristiriitoja, koska kummatkin dokumentit luodaan samasta tietomallista. Tietomallista arvioitu materiaalimenekki vastaa tarkasti suunniteltua rakennetta. Yhden tiedon muuttuminen tietomallissa vaikuttaa yleensä useisiin piirustuksiin, mallinäkyymiin, simulaatioihin ja analyysiin. Piirustus- ja dokumenttipohjaisessa suunnittelussa muutos pitäisi erikseen päivittää kuhunkin asiakirjaan. Tietomalliin voidaan haluttaessa yhdistää aikataulutus ja kustannuslaskenta. [5.]

Piirustuspohjaisessa suunnittelussa muodostetaan viivoista ja muista graafisista elementeistä havainnollistavia piirustuksia, kuten esimerkiksi taso- ja leikkauspiirustuksia, joiden symbolit suunnittelija ohjeiden perusteella tulkitsee. Piirustus ei itsessään sisällä informaatiota esitetystä sisällöstä. Objektien informaatiotieto tietomallissa mahdollistaa määrälaskennan ja törmäystarkastelun, ja joillakin ohjelmilla tietomallista voidaan jopa luoda malli lujuuslaskentaa ja mitoitus varten. [6.]



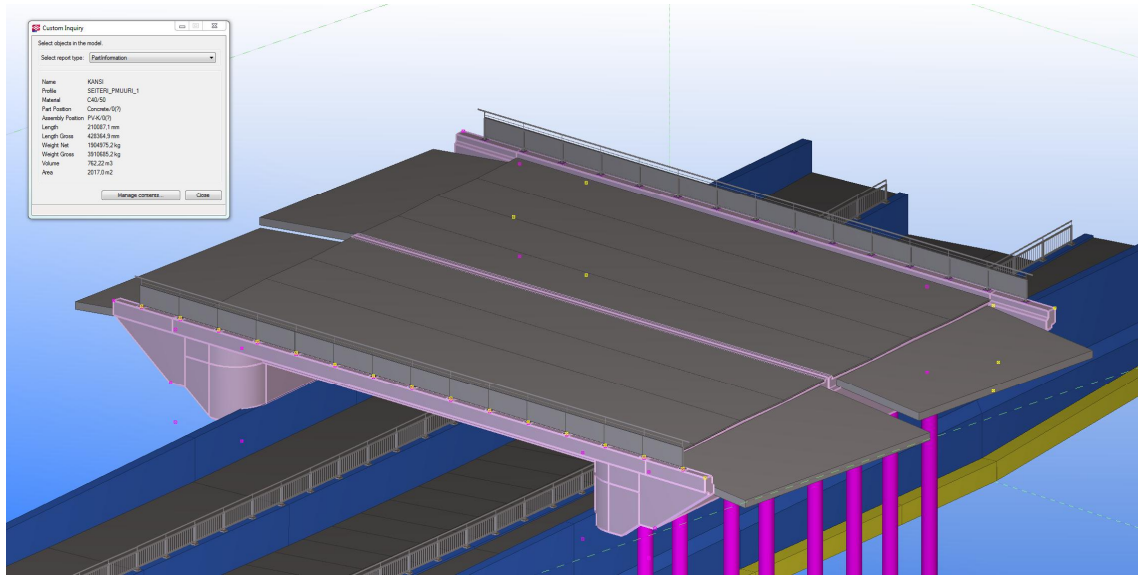
### 2.2.1 Tuotemalli

Tuotemallissa kappaleille annettavat tiedot määrittelevät niiden geometrian, ominaisuudet, vaikutussuhteet toisiinsa ja metatiedot. Näitä kappaleita kutsutaan olioiksi tai objekteiksi, joilla on tilavuus. Oliot ovat määriteltyjä tietopaketteja, joita käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Oliolle on määritelty tietoa määrätyssä formaatissa, jonka useimmat IFC-yhteensopivat ohjelmistot ymmärtävät. Mallinnus perustuu valmiiksi luotuihin geometrisiin muotoihin, joita muokataan halutulla tavalla. Yleisiä muokkaustapoja ovat pursotus ja leikkaus. [6; 7; 8; 9, s. 26.]

Objektien geometrialla tarkoitetaan niiden nurkkapisteiden, asetuspisteiden ja paikka-koordinaattien suhdetta nollapisteeseen halutun linjan suuntaisesti. Objektien parametreja ovat esimerkiksi palkin muoto ja kallistus pituusakseliin nähden. Yleisesti suunnittelutyö mallintamisessa etenee näitä geometriatietojen parametreja muuntelemalla. [7; 8, s. 28–29.]

Tuotemallin yhtenä vahvuutena voidaan pitää muutosten päivittymistä malliin haluttaessa automaattisesti. Tämä mahdollistaa muun muassa rakennusosien liittämisen toisiinsa älykkäästi. Malliin voidaan liittää älykkäästi sidotuksi ominaisuudeksi esimerkiksi arvioidun kallionpinnan täsmentyminen muuttamaan kallionpintaan asti porattujen paa-lujen pituutta. [7; 8, s. 29.]

Kappaleen ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi palkin materiaali ja väri. Metatietoihin voidaan kirjata sellaisia tietoja, joilla ei suoraan ole vaikutusta objektiin. Niihin kuuluu esimerkiksi osien numerointi ja asennusjärjestys, materiaalin luokitus, Infra-nimikkeistöjärjestelmän mukainen nimike rakennusosalle ja niin edelleen. Metatiedoilla helpotetaan sekä tiedon hallinnointia että tietokantojen muodostamista. [7; 8, s. 25–27, 30–31.]

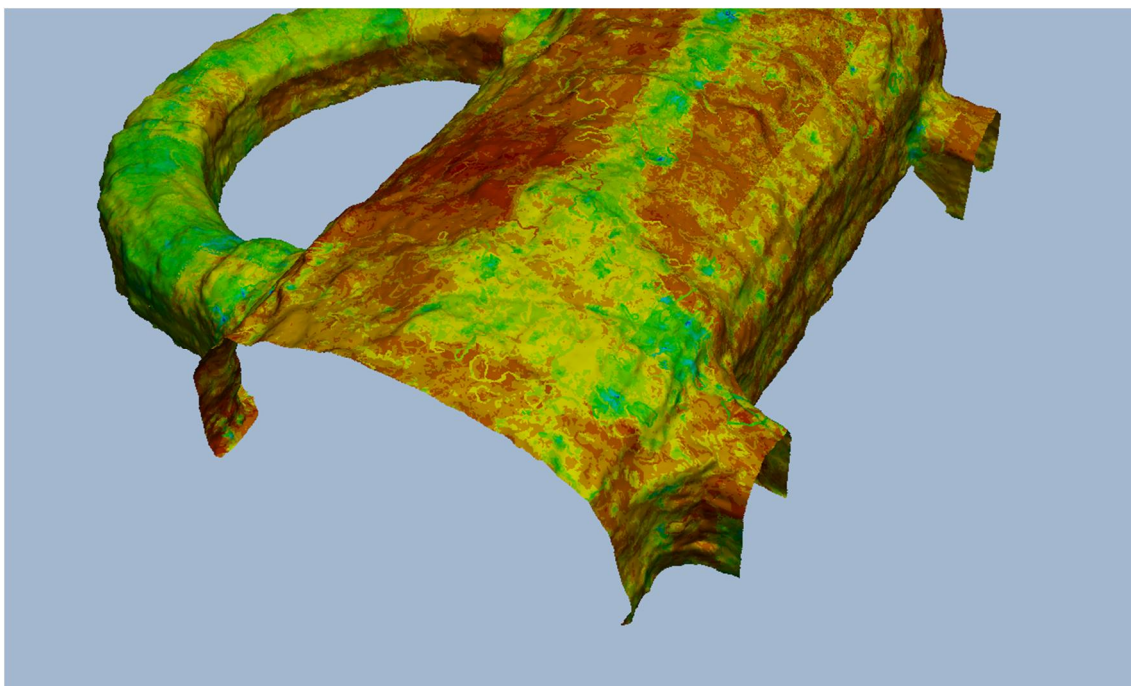


Kuva 2. Sillan tuotemalli. Oliopohjaista tuotemallia voidaan käyttää tehokkaana apukeinona esimerkiksi määrälaskennassa.

Kappalemallin avulla rakennuskohteesta voidaan tehdä määrälaskelmia, jolloin kustannusten arviointi helpottuu. Suunnitteluohjelma laskee pyydettyä esimerkiksi rakennusosan tilavuuden tai painon (kuva 2), jolloin voidaan arvioida projektin kokonaisbetoni- tai teräsmenekki.

### 2.2.2 Pintamalli

Maanrakennusalan tietomallintaminen perustuu pitkälti pintojen mallintamiseen. Pintamalli on digitaalisessa muodossa tallennettua todellista tai suunniteltua pintaa, joka esittää esimerkiksi maanpintaa, kallionpintaa tai louhintaa. Pintamalli sisältää pisteistä geometriatietoa x-, y- ja z-koordinaateissa. Lähtökohtaisesti pintamallit sisältävät vain geometriaa ilman tietosisältöä. Pintamalli voidaan muodostaa esimerkiksi laserkeilauksella tuotetusta pistepilvestä, josta edelleen muodostetaan kolmio- tai neliöverkkomalli (kuva 3). Verkkomallit muodostuvat tasomaisista pinta-aloista, jotka liittyvät saumattomasti toisiinsa. Vaihtoehtoisia tiedonkeruumenetelmiä ovat esimerkiksi tutka-kuvaus ja valokuvaus. [10, s. 6-8.]



Kuva 3. Kolmioverkkoa voidaan tarkastella yhtenä pintana, joka koostuu pienistä kolmiopaloista. Kuvassa näkyvästä louhitusta pinnasta on muodostettu yksi yhtenäinen objekti.

Koska pintamalli perustuu viivoihin todellisen pinnan sijaan, se on varsin pelkistetty esitys todellisesta pinnasta. Mitä tiheämmällä rasterilla malli tehdään, sitä suurempi on tiedostokoko, ja ohjelmien käyttö hidastuu. Pintamallien tarkkuudesta tuleekin sopia hankekohtaisesti.

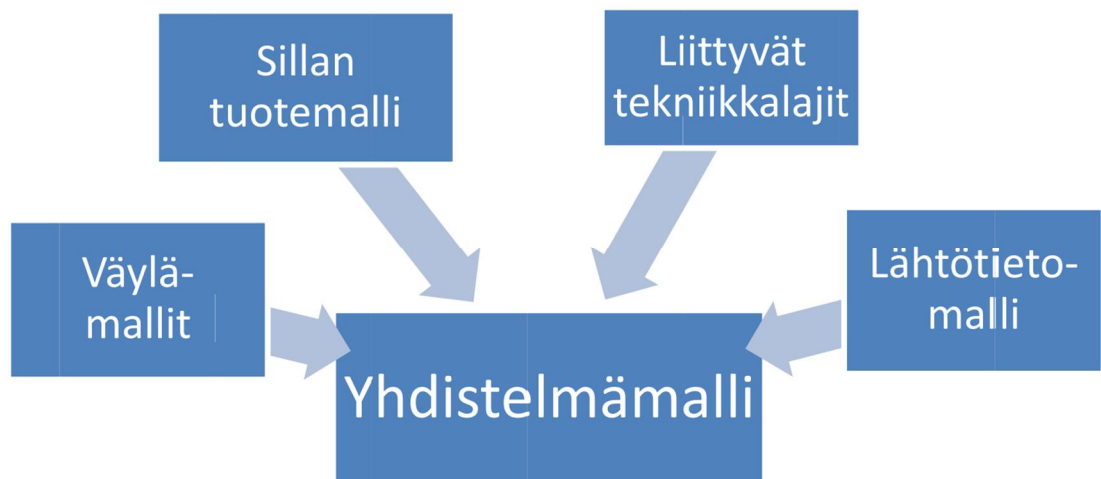
## 2.3 Yhdistelmämalli

Eri suunnittelualat (rakennesuunnittelu, geotekninen suunnittelu, arkkitehtisuunnittelu, tie-, katu-, ratasuunnittelu, aluesuunnittelu ja niin edelleen) tuottavat yleensä omiin suunnitelmiinsa perustuvat tietomallinsa. Yhdistelmämalli (kuva 4) saadaan liittämällä eri suunnittelualojen tietomallit yhdeksi tietokannaksi (kuvio 1). Yhdistelmämallista rakennushankkeen jokainen osapuoli – niin suunnittelija, urakoitsija kuin käyttäjäkin – saa kokonaiskuvan rakennusprojektista. Jotta eri suunnitteluosapuolten mallit saadaan keskustelemaan keskenään, on ensikädessä sovittava yhteisistä pelisäännöistä. Yhdistelmämallissa pyritään säilyttämään sama informaatiotieto kuin alkuperäisessäkin, jos malliformaattia joudutaan muokkaamaan yhdistelmämallia luotaessa. Yhdistelmämallissa voidaan tarkastella kaikkien suunnittelualojen tuottamia tietomalleja samanaikai-

sesti, ja suunnitelmien mahdollisia ristiriitaisuuksia voidaan tutkia. Yhdistelmämallia käsitellään enemmän luvussa 5. [11.]



Kuva 4. Siltapaikan yhdistelmämalli. [2, s. 31.]



Kuvio 1. Siltapaikan yhdistelmämallin muodostaminen. [2, s. 31.]

## 2.4 Tietomallien vaatimukset

Mallinnuksen onnistumiseksi on tietomalleille ja niiden hyödyntämiselle asetettava hankekohtaisesti painopisteet ja tavoitteet. Hankekohtaisten tavoitteiden, Rakennustiedon julkaiseman *Yleiset tietomallivaatimukset 2012* ja Liikenneviraston julkaiseman *Siltojen tietomalliohje 2014* pohjalta määritellään projektikohtaiset vaatimukset. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012* käsittelee tietomallintamista uudis- ja korjausrakentamiskohteissa sekä kattaa rakennuskohteen käytön ja ylläpidon. Mallinnusvaatimuksissa määritellään vähimmäisvaatimukset mallintamiselle ja tietomallien sisällölle. *Siltojen tietomalliohje 2014* määrittelee silta- ja taitorakennehankkeiden vaatimukset tietomalleille ja mallinnusprosessille. Tietomalleille asetettavia vähimmäisvaatimuksia on noudatettava kaikissa rakennushankkeissa, joissa nämä vaatimukset on määritetty käytettäväksi. Lisävaatimuksia voidaan käyttää tapauskohtaisesti. Hankkeelle asetettavat tietomallivaatimukset ja tietomallien sisältö on esitettävä suunnittelusopimuksissa. Suunnitteluttajan tulee huolehtia, että hankkeen tietomallivaatimukset ovat yksiselitteisiä. Suunnittelijan tulee aina noudattaa hyvää mallinnustapaa tietomalleja luodessa. [3, s. 2.]

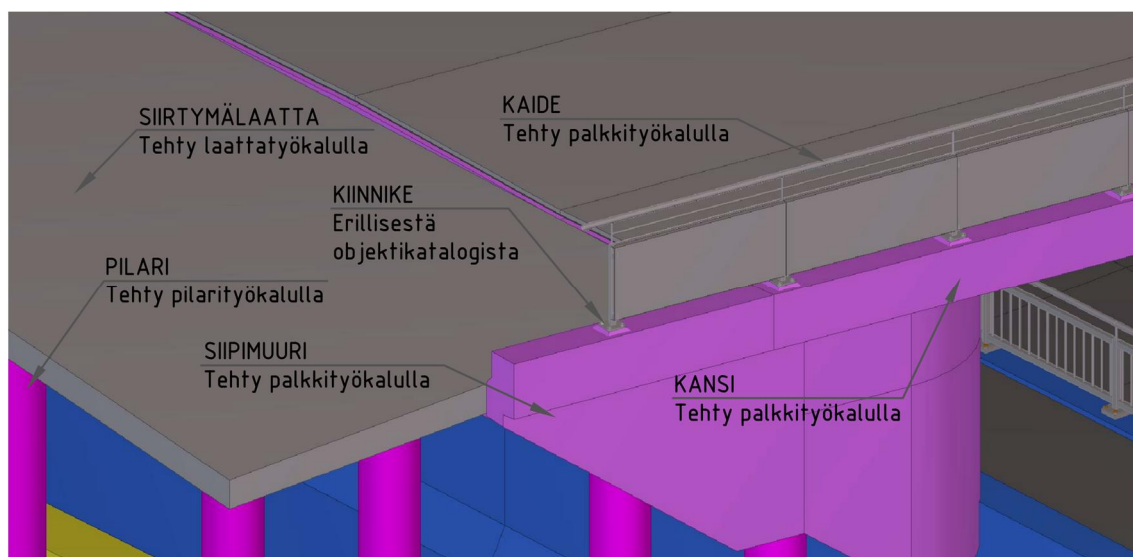
Tässä tutkimuksessa esitetyt tietomallivaatimukset perustuvat Rakennustiedon julkaisuun *Yleiset tietomallivaatimukset 2012* ja Liikenneviraston julkaisuun *Siltojen tietomalliohje 2014*.

### 2.4.1 Käytettävät ohjelmistot

Hankkeessa käytettävät mallinnusohjelmat on hyvä määritellä jo projektin tarjousvaiheessa. Suunnittelijan tulee mainita käyttämänsä tietomalliohjelma, sen versio ja sen tukemat tiedonsiirtoformaatit. Yleisesti työskentely helpottuu, kun käytössä on viimeisimmät ohjelmistoversiot ja tiedonsiirtoformaatit. Hankekohtaisesti voidaan myös sopia muiden versioiden käytöstä. Jos projektin aikana otetaan käyttöön uusia ohjelmistoja tai niiden versioita, on suunnittelijan hyväksyttävä niiden käyttöönotto hankkeessa. Uusien versioiden käyttöönottovaiheessa on suoritettava tiedonsiirron testaus ennen lopullista käyttöönottopäätöstä. Joissakin tapauksissa suunnitteluttaja saattaa määritellä projektissa käytettävät ohjelmistot. Suunnittelutyön tilaajan ei tulisi kuitenkaan asettaa kohtuuttomia vaatimuksia ohjelmistojen suhteen. Olisi esimerkiksi kohtuutonta vaatia kaikkia suunnittelijoita käyttämään yhtä tiettyä ohjelmistoa mallien tuottamiseen, koska markkinoilla on useita vaihtoehtoja. Suunnittelija viime kädessä vastaa siitä, että valittu ohjelma soveltuu työhön eikä luo yhteensopivuusongelmaa. [3, s. 2; 12, s. 42.]

### 2.4.2 Mallinnuksessa käytettävät työkalut

Mallinnuksessa tulee käyttää ohjelmistojen määrittämiä komponentteja ja työkaluja pääsääntöisesti niiden varsinaiseen käyttötarkoitukseen. Jos rakennusosille tai komponenteille ei ole omia työkaluja, voidaan soveltaen käyttää muita työkaluja niiden mallintamiseen (kuva 5). Tällöin mallinnustapa tulee kirjata tietomalliselostukseen. Ohjelmistojen tulee tukea yleisimpien rakennusosien lisäksi tuoteosia ja objekteja, esimerkiksi kaiteita tai kiinnityslaitteita. Tuoteosien mallintamistarkkuus määräytyy rakenneosan käyttötärpeen mukaan. Rakenne- ja tuoteosat mallinnetaan sellaisella tarkkuudella, että täydentävät rakenteet ja mahdolliset varusteet voidaan suunnitella liitettäväksi näihin ongelmitta. [3, s. 4; 8, s. 22.]



Kuva 5. Esimerkki sillan päätyrakenteista, jossa rakennusosat on mallinnettu suunnitteluohjelman työkaluja soveltaen.

### 2.4.3 Tiedonsiirto

Edellytyksenä tietomallipohjaiselle suunnittelulle on, että suunnittelun eri osapuolet määrittävät yhteisen tiedonsiirtotavan, jotta tietomallien yhdistäminen on toteutettavissa. Hankkeen kaikki tietomallit toteutetaan hyvää mallinnustapaa noudattaen ja luovutetaan työn aikana vaaditussa laajuudessa tiedonsiirtoformaattissa sekä tarvittaessa mallinnuksessa käytettävässä ohjelmiston natiivitiedostomuodossa. Suunnittelutyön tilaaja voi tapauskohtaisesti määritellä vaadittavan laajuuden ja tiedonsiirtoformaatin. [3, s. 2–3.]

Mallien jakamiseen voidaan käyttää esimerkiksi pilvipalveluna tai erillisenä palvelimena toimivaa tietomallipalvelinta. Tietomallipalvelin voi sijaita esimerkiksi suunnittelijan serverillä, erillisellä tietomallipalvelimen hallinnoitsijalla tai projektipankissa. Kun yhteisestä tallennus- ja tiedonsiirtotavasta on sovittu, tarvitsee muutokset tallentaa vain yhteen paikkaan, ja lähtökohtaisesti kaikki suunnitelmat pysyvät ajan tasalla. [8, s. 32.]

Suunnittelijat voivat käyttää myös yhteistä tietomallia, jolloin jokaisella suunnittelun osapuolella on oikeudet mallin muokkaamiseen. Tämä tapa edellyttää kuitenkin, että kaikki suunnittelijat käyttävät samaa ohjelmistoa. Suunnitelmien tulisi myös edetä yhtä-aikaisesti päällekkäisen työn välttämiseksi. Etuna tavassa on mallin päivittyminen reaaliajassa ja mahdollisuus tarkastustyökalujen käyttöön. [8, s. 33.]

Tietomalli voi olla myös hajautettuna eri suunnittelijoilla, ja tiedonsiirtoon käytetään sovittua tiedonsiirtoformaattia. Tällöin jokaisella suunnittelijalla on omat tietomallinsa, joihin muiden suunnittelijoiden mallit tuodaan referenssinä. Tätä menetelmää käytettäessä on kuitenkin huolehdittava, että jokainen suunnittelija toimittaa omaan malliinsa tehdyt muutokset myös muille suunnittelijoille, jotta välttyään mahdollisilta ristiriidoilta ja/tai ylimääräiseltä työltä. Tämä toimintatapa ei edellytä tietomallille erillistä hallinnoijaa, vaan suunnittelijat huolehtivat itse omasta tietomallistaan. Tätä toimintatapaa käytettäessä yhdistelmämalli voidaan luoda esimerkiksi tilaajan toimesta valtuuttamalla joku kokoamaan erillismallit yhteen projektin päättyttyä. [8, s. 33.]

Tiedonsiirron kannalta toimivin menettelytapa on tallentaa mallit esimerkiksi suunnittelutoimiston hallinnoimalle verkkolevylle, jossa jokaisella suunnittelun osapuolella on mahdollisuus hakea ja tallentaa suunniteltua tietoa. Näin voidaan varmistua siitä, että suunnittelutieto pysyy samassa tietokannassa ja tietoihin päästään helposti ja luotettavasti käsiksi.

Hankkeen päättyessä kaikki mallit ja niistä luodut dokumentit luovutetaan tilaajalle. Malleista on ennen niiden jakamista ja luovuttamista poistettava kaikki suunnitelmaan kuulumattomat tasot ja komponentit. Mallit eivät saa myös sisältää muiden suunnittelun alojen malleja, vaikka ne olisivatkin referensseinä. Jokainen malli sisältää vain suunnittelijan omia mallinnusosia. [3, s. 2–3.]

Tietomalleja jaettaessa esimerkiksi IFC-muodossa tulisi tiedostot pakata. Tämä toimenpide pienentää tiedostokokoa jopa 90 prosenttia. Tiedostokokoa voidaan pien-

tää myös käyttämällä erillistä IFC-tiedostojen optimointiohjelmaa ja pakkausohjelmaa. Myös natiivimalli voidaan pakata, mutta tehokkuus on heikompi. [3, s. 2-3.]

#### 2.4.4 Koordinaattijärjestelmä ja mittayksiköt

Projektin jokaisen tietomallin tulee olla hankkeen virallisessa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä. Mittayksikkönä käytetään metriä. Mikäli käytettävä ohjelmisto ei tue tätä mahdollisuutta, tulee hankkeen koordinaatistoon siirtymiseen tarvittava koordinaatisto- ja/tai mittayksikkömuunnos ilmoittaa. Sama koskee myös korkeusasemaa. Projektin koordinaatisto määritellään siten, että kaikki tietomallin osat ovat koordinaatiston positiivisessa neljänneksessä ja origon tulee sijaita lähellä rakennuskohdetta. Paikalliskoordinaatiston käyttöä maailman koordinaatiston sijasta tulee harkita, koska tietomallin sijaitseminen kaukana origosta saattaa aiheuttaa ongelmia useimmille suunnitteluohjelmistoille. Negatiivisten koordinaattilukujen käyttö on kielletty. [3, s. 3.]

Hankkeessa käytetyn koordinaatiston suhde yleiseen koordinaattijärjestelmään dokumentoidaan vähintään kahden vastinpisteen avulla. Vastinpisteille ilmoitetaan x- ja y-koordinaatit hankekoordinaatistossa sekä kunnan koordinaatistossa. Korkeussuunnassa tietomallit mallinnetaan todellisen korkeusaseman mukaan merenpinnasta. Hankekohtaisesti voidaan myös sopia vaihtoehtoisen korkeusaseman käytöstä. Mallinnukseen käytettävästä koordinaatistosta sovitaan viimeistään ennen mallinnuksen aloitusta, eikä valittua koordinaatistoa tule enää projektin aikana muuttaa ilman painavaa syytä. Mahdolliset muutokset tulee hyväksyttää projektin kaikilla osapuolilla ja ne dokumentoidaan suunnittelukokouksessa. [3, s.3.]

Hankekohtaista koordinaattijärjestelmää käytettäessä tulee käytetty koordinaatisto ja tarvittavat koordinaattimuunnokset ilmoittaa lähtötietona, ja tieto tulee dokumentoida mallin arkistoinnin yhteydessä. Tietomallista työmaata varten tulostettavat dokumentit ja mittaustiedot toimitetaan hankkeen koordinaatistossa käyttäen metriä mittayksikkönä. Joissakin tapauksissa – esimerkiksi teräsosien konepajakuviissa – käytetään yksikkönä millimetriä. [3, s. 13.]

Siltoja mallinnettaessa käytetään yleensä origokeskeistä suunnitteluohjelmaa, jossa mittayksikkönä on millimetri. Väyläsuunnitteluohjelmat, työmaiden mittamaailmat sekä yleisesti käytettävät geometriset mittausohjelmat käyttävät kuitenkin geodeettisia taso-



ja korkeuskoordinaatistoja, joissa mittayksikkönä on metri. Mittayksikön muuttuminen tulee huomioida mallien yhteensovittamisessa. [2, s. 28.]

#### 2.4.5 Rakenneosat ja mittatarkkuus

Mallinnuksessa tulee käyttää ohjelmistokohtaisia objekteja loogisesti ja käyttötarkoituksen mukaisesti, jotta niistä on tunnistettavissa osan merkitys ja tyyppi. Perusrakenneosat käsittävät seinän, palkin, pilarin ja laatan. Näitä osia tulee mallintaa niin, että vähintään osan geometria, tyyppi, materiaalitiedot, nimi sekä muu oleellinen tieto siirtyvät tiedonsiirtovaiheessa. Paras siirtomalli saadaan aikaiseksi, kun osat mallinnetaan niille tarkoitettulla työkalulla. Jos tämä mallinnustapa ei jostakin syystä onnistu, käytetään mallintamiseen muita työkaluja. Tällöin poikkeava mallinnustapa kirjataan tietomalliselostukseen. [2, s. 20, 25, 54.]

Mallinnuksessa tulee noudattaa suunnitteluvaiheen mukaista tarkkuutta. Yleissuunnittelussa mittatarkkuus saa olla perinteisten luonnosten mukaista. Rakennesuunnitteluvaiheessa mallin rakenteiden tulee olla mittatarkkaa. Suunnittelualueen väylien ja muiden pintojen mittatarkkuus tulee olla riittävän tarkka niiden tehokkaan hyödyntäminen varmistamiseksi. Maanpintojen, kallionpintojen yms. geometrinen pintojen mallintaminen erityisen tarkasti ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista. Geometrisilta pinnoilta ei vaadita tilanvarausominaisuuksia, vaan rakenteen pintamalli riittää. Suunnittelualueen ulkopuolisten geometrinen pintojen mittatarkkuus voi olla luonnostason luokkaa. Massanvaihdot ja alustäytöt mallinnetaan riittävällä tarkkuudella. [2, s. 19–20, 23; 13, s. 20.]

Mallin varusteet ja järjestelmät, kuten esimerkiksi laakerit ja vesihuollon järjestelmät, mallinnetaan tilanvarausobjekteina niin, että niiden geometria ja tyyppi selviävät mallista. Kaiteet, sähköratapylväät ja haluttaessa jopa raiteet mallinnetaan sillan kohdalle. Pääteräksiset pyritään mallintamaan mahdollisimman mittatarkkana ja sekundääriteräksiset määrällisesti oikein. Raudoitusten tiedoista tulee selvittää mitat ja sijoittelu. [2, s. 21–23, 25–26.]

Rakennesuunnitteluvaiheessa rakennusosat tulee mallintaa siten, että mallista erottuu kaikki todelliset rakennusosakomponentit, esimerkiksi valuyksiköt sekä työ- ja liikuntasaumat. Rakennekokonaisuus mallinnetaan siten, kuin ne on tarkoitus toteuttaa rakennusvaiheessa. [2, s. 23–24.]

#### 2.4.6 Osien nimeäminen ja numerointi

Rakennusosien nimeämisessä ja numeroinnissa jokaisen suunnittelun osapuolen tulee noudattaa hankekohtaisesti sovittavaa numerointiohjetta mallin käytön helpottamiseksi. Mallinnusohjelmat luovat automaattisesti jokaiselle rakennusosalle yksilölliset tunnistet. Tunnisteiden avulla osaa voidaan seurata koko rakennusprojektin ajan aina valmistukseen ja asennukseen asti. Tämä helpottaa esimerkiksi raudoitusten tilaamista ja asentamista. Automaattisen numeroinnin lisäksi rakenteet nimetään ja numeroidaan loogisesti hankkeessa sovitulla ja tilaajan hyväksymällä tavalla. Rakennusosat voidaan nimetä ja numeroida esimerkiksi taulukossa 1 ja liitteessä 1 esitetyllä tavalla. [2, s. 28–29; 14, s. 3.]

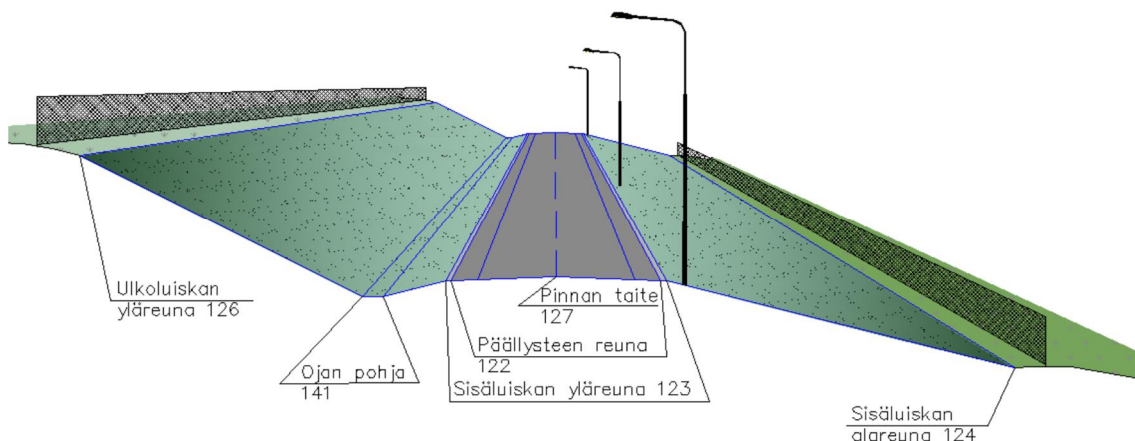
Taulukko 1. Ohjelmistosta riippumatta osien numeroinnin päätasona käytetään ohjeen *Sillan määrälaskenta TIEH2100052-v-07* mukaista sijaintikoodia. [2, s. 28.]

000	Koko silta
100	Maatuki 1
200	Maatuki 2
110/210	Kehän peruslaatat
310/390	Välituet
400	Päällysrakenne
500	-kaariosa
600	Varusteet ja laitteet
900	Muut siltapaikan rakennusosat

Immateriaalinen tieto ja referenssimallit, jotka eivät sovi määrälaskentaohjeen mukaiseen sijaintikoordinaatistoon; sijaintikoodina käytetään:

1000	Muu mallinnusteknillinen tieto
------	--------------------------------

Rakennepinnoissa ja taiteviivoissa (tie-, katu- ja rataväylien ja -alueiden pintamalleissa) noudatetaan InfraBIM-nimikkeistön mukaisia numerointi- ja nimeämiskäytäntöjä. Taiteviivojen koodauksen tavoitteena on, että jokaisessa suunnitelmassa ja suunnitteluvaiheessa käytetään samaa numerointi- ja nimeämiskäytäntöä. [15, s. 16.]



Kuva 6. Väylämallin taiteviivojen nimet ja koodit InfraBIM-nimikkeistön ohjeiden mukaisesti. [15, s. 16.]

#### 2.4.7 Tietomallikoordinaattori

Tietomallien yhteensovittamiseen tarvitaan tietomallikoordinaattoria, joka raportoi havaintonsa pääsuunnittelijalle sekä muille suunnittelijoille. Hankkeen pääsuunnittelijan vastuulla on eri suunnittelun alojen mallien päivittäminen ja mallien yhteensovittamisesta huolehtiminen, sekä muutostilanteiden hallinta. [3, s. 4.]

Tietomallikoordinaattori laatii hankkeen alussa tietomallintamisen tavoitteet sekä varmistaa tietomallintamisen lähtötietojen saatavuuden kaikille suunnittelijoille. Suunnittelun alussa tietomallikoordinaattori varmistaa suunnittelijoiden käyttämien koordinaatistojen ja korkojen yhteensovivuuden sekä selvittää, mitä malleja hankkeen eri vaiheissa tarvitaan ja mitä malleja eri suunnittelijoiden vastuulla on. Tietomallikoordinaattori myös huolehtii tietomallintamisen aikataulusta sekä tarkastaa mallien valmiusasteen. Tietomallikoordinaattori tarkastaa mallien yhteensovivuuden ja ristiriidattomuuden suunnittelutilanteen mukaisesti. [3, s. 6–9.]

Tietomallikoordinaattorin tehtäviä voi hoitaa joko pääsuunnittelija tai joku muu pääsuunnittelija tai suunnitteluttajan valitsema taho. Tietomallikoordinaattorin tehtävät ovat osin päällekkäisiä pääsuunnittelijan kanssa, joten looginen valinta ainakin pienemmissä hankkeissa tietomallikoordinaattoriksi on usein pääsuunnittelija. Tietomallikoordinaattorin tehtävät voivat vaihdella hankekohtaisesti. Pienemmissä kohteissa erikoissuunnittelijat voivat itsekkin yhdistää ja tarkastaa mallit. Vaativammissa kohteissa työmäärä voi

kasvaa niin suureksi, että tietomallikoordinaattorin tulisi olla itse suunnitteluun osallistumaton henkilö. [16, s. 29–30.]

#### 2.4.8 Mallin julkaisu

Tietomallit ja niistä tuotetut dokumentit toimivat päätöksentekovälineinä hankkeen virallisissa julkaisupisteissä, kuten rakennuslupaa hankittaessa tai urakalaskennassa. Julkaistavien dokumenttien – kuten suunnitelmien, piirustusten, määrien ja ohjeiden – tulee ensisijaisesti pohjautua tietomalliin, ja ne voidaan tarvittaessa julkaista mallin julkaisun yhteydessä. Malleja tulee julkaista useammin kuin dokumentteja. Näin menetellessä mallia voidaan hyödyntää paremmin suunnitteluvaiheessa, ja näin voidaan välttyä esimerkiksi suunnittelun välväihapiirustuksien laatimiselta. Projektin aikataulussa on tällöin huomioitava mallin tarkastamiseen kuluva aika. [3, s. 5.]

Malli julkaistaan eri suunnitteluvaiheissa tarkoituksen mukaisessa valmiusasteessa. Mallin julkaisun yhteydessä julkaistaan myös mallin sisältöä kuvaava tietomalliselostus ja muut malliin liittyvät dokumentit. Ennen julkaisua malli tarkastetaan tietomallivaatimusten laadunvarmistusosan mukaisesti. Julkaisupaketti voidaan siirtää esimerkiksi projektipankkiin tarkastettujen mallien kansioon. Projektissa on huomioitava mm. määrälaskelmien ja muun materiaalin linkittäminen juuri siihen julkaisupakettiin, jonka pohjalta ne on tehty. [3, s. 5.]

#### 2.4.9 Muuta huomioitavaa

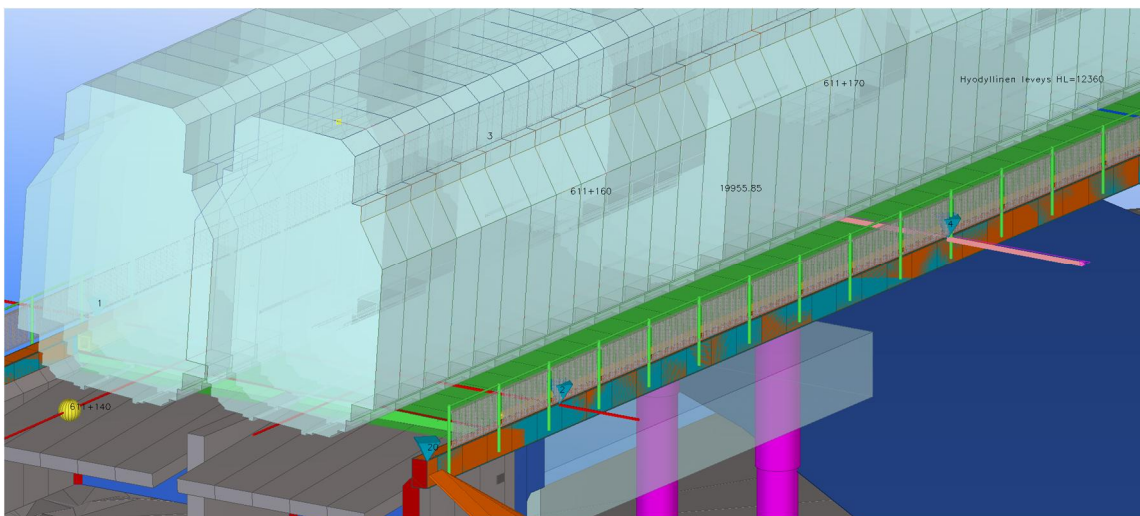
Malli esitetään ns. ”lopputilanteen” mukaisessa geometriassa, jossa kaikki mittatiedot ja tilanvaraukset perustuvat +10 °C lämpötilaan. Näin menettelemällä voidaan valmiita rakenteita verrata tietomalliin. Esikohotuksia tai muita rakennusosien valmistukseen tai sillan rakentamistöiden ohjaukseen liittyviä ennakoiteja ei mallinneta tietomalliin, vaan niistä tehdään tarpeen vaatiessa erillisiä toteutusmalleja. Betonisiltojen osalta esikohotukset voidaan myös esittää suunnitelmaa täydentävissä dokumenteissa, esimerkiksi rakennussuunnitelmaselostuksessa. Avattavat sillat esitetään kiinni- ja aukiasennoissa. [2, s. 27.]

Sillan tietomalliin mallinnetaan 2D-dokumenttipohjaista suunnittelua vastaavasti siltaa koskeva immateriaalinen tieto. Sillan suunnitteluun liittyvä immateriaalinen tieto mallin-

netaan joko "aineettomana" tietona tai "nollapainoisina" objekteina. Kunkin objektin muoto, mitat, numerointi ja nimeäminen ilmoitetaan tietomalliselostuksessa. Sillan immateriaalisista tiedoista mallinnetaan muun muassa:

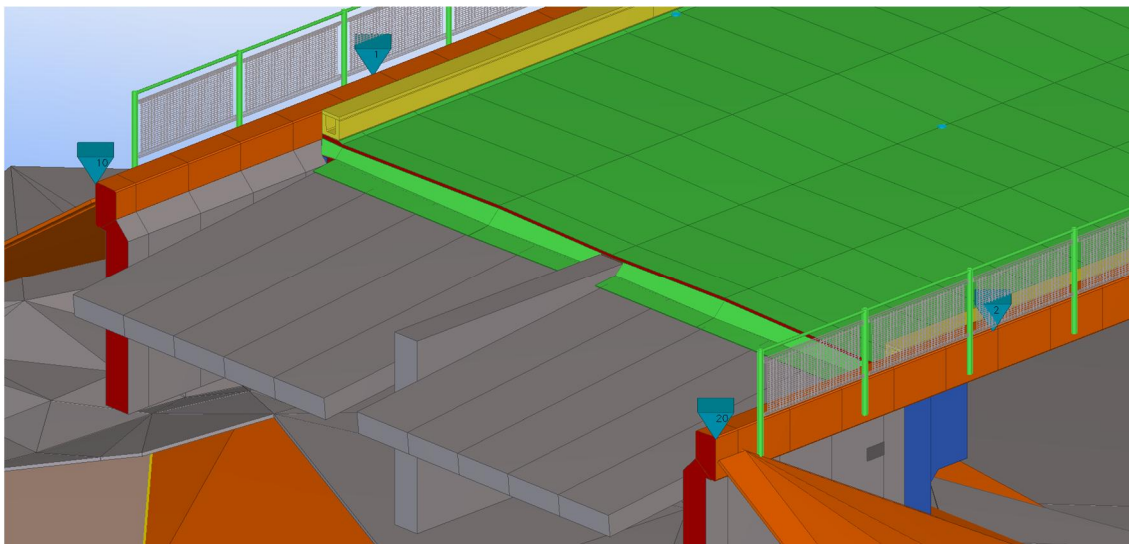
- valuyksiköt ja työsaumat
- lohkot ja asennuskokonaisuudet
- sillan hyödyllinen leveys ja jännemitat mittaviivana, johon on lisätty vaatimusten mukainen mitta, tai vaihtoehtoisesti objektina, jonka pituus on vaadittu mitta
- aukkovaatimukset (ATU) tilanvarausobjekteina
- sillan geometrialinjat ja väylien tasausviivat viivamaisilla objekteilla tasa-paaluittain, jonka lisäksi tasakymmen- tai tasakaksikymmenpaalut erillisellä objektilla, jonka attribuuteissa on määritelty ko. pisteen sijaintitieto väylällä (paalulukema, kilometrilukema)
- tukilinjat niiden mallinnukseen tarkoitetuilla objekteilla tai muulla vastaavalla objektilla
- rakenteiden tunkkauskohdat tilanvarausobjekteina. [2, s. 27.]

Kuvassa 7 esitetään mm. aukean tilan ulottuma (ATU) sillan kannen päällä läpinäkyvänä vaaleansinisellä, tukilinjat poikittain punaisina "tankoina", vapaa aukko läpinäkyvänä "laattana" kannen alla, mittalinjat kannen suuntaisesti punaisina "tankoina", joissa paalut merkitty keltaisina palloina, sekä hyödyllinen leveys sinisenä "tankona" sillan keskikohdalla.



Kuva 7. Sillan immateriaalisia tietoja.

Sillan sijainti ilmoitetaan hankkeen virallisessa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä pääpisteiden avulla. Mallinnusteknisistä syistä sillan tuotemalli voi sijaita paikalliskoordinaatistossa. Tällöin pääpisteille ilmoitetaan sekä paikalliskoordinaatit, että hankkeen viralliset koordinaatit. Pääpisteet mallinnetaan jokaisen tukilinjan ja reunapalkin todellisen sisäreunan leikkauspisteeseen reunapalkin yläreunan korkoon sekä siipimuurien ulkonurkkiin (kuva 8). [2, s. 28.]



Kuva 8. Sillan pääpisteet.

## 2.5 Tietomalliselostus

*Siltojen tietomalliohjeen 2014* vaatimusten mukaisesti tietomalliin tulee liittää tietomalliselostus. Tietomalliselostus on kuvaus tuotemallin tilanteesta sen luovutushetkellä. Tietomalliselostuksesta tulee selvittää hankkeen yleis- ja lähtötiedot, tietomallin sisältö, mallintamiseen käytetyt ohjelmistot, tiedonsiirtoformaatti jne. Tietomalliselostukseen kirjataan myös mahdolliset poikkeavuudet mallin sovitusta sisällöstä, sekä keskeneräistä tietomallia luovutettaessa seikat, jotka vielä puuttuvat mallista. [2, s. 54; 3, s. 4; 17.]

Liikenneviraston ohjeistuksen mukaan tietomalliselostuksesta tulee selvittää:

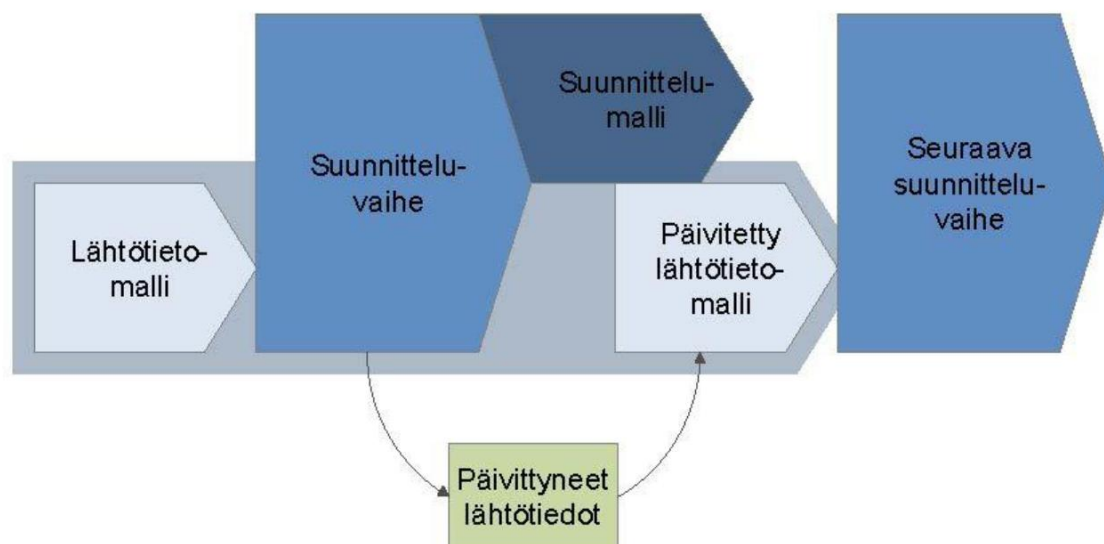
- kohde
- mallin sisältö
- liittyvät referenssit/tekniikkalajien mallit
- käytetty ohjelmisto ja sen versio ja tiedostomuoto
- koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä, sekä mahdollisen paikalliskoordinaatiston sijainti
- kuvaus osien nimeämisestä ja numeroinnista
- mahdolliset puutteet ja keskeneräisyydet mallissa suhteessa kyseisen vaiheen vaatimuksiin, ts. suunnittelun/toteutuksen valmiusaste
- mahdollisen väylägeometrian ja muiden liittyvien rakenteiden tarkkuus tietomallissa
- mallin tarkastuksen tilanne
- tuotemallin laadunvarmistus
- mallin tarkastus- ja hyväksymisehdot
- muut huomioitavat asiat. [2, s. 54.]

Tietomalliselostus luovutetaan tietomallin yhteydessä ja se myös arkistoidaan tietomallin mukana. Tietomalliselostus on tärkeä osa luovutettavaa tietomallipakettia, jotta kaikki osapuolet voivat hyödyntää luovutettua tietomallia oikein. [2, s. 54.]

### **3 Tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin lähtötiedot**

Onnistuneen suunnitteluprosessin edellytys on lähtötietojen oikeellisuus. Tämä pätee kaikkeen suunnitteluun perinteisestä käsin piirtämisestä tietomallintamiseen. Tietomallipohjaisen suunnittelun esisuunnitteluvaiheessa rakennuskohteen suunnittelualueen tiedoista laaditaan lähtötietomalli, jota voidaan hyödyntää koko suunnitteluprosessin ajan esisuunnittelusta aina käyttöön ja ylläpitoon. Lähtötietomallilla kuvataan hankkeen suunnittelualueen nykytilaa kaksi- tai kolmiulotteisessa muodossa. Lähtötietomalli varmistetaan hyvissä ajoin ennen suunnitteluprosessin alkua, jolloin suunnittelijalla on suunnitteluprosessin käynnistyttyä heti käytössä tarvittavat nykytilan lähtötiedot. Lähtötietomalli toimii pohjana suunnittelumallille, ja sitä hyödynnetään koko hankkeen ajan.

Lähtötietomalli saattaa päivittyä suunnitteluvaiheessa syntyneiden uusien lähtötietojen osalta (kuviot 2 ja 3). Päivittyviä lähtötietoja voivat olla esimerkiksi uudet pohjatutkimukset tai tarkentuneet maastomallit. Vastuu lähtötietomallin päivityksestä seuraavaan suunnitteluvaiheeseen on usein suunnittelusta vastaavalla taholla. Alkuperäisen mallin laatijan päivitysvastuu päättyy tilaajan hyväksyessä lähtötietomallin. [13, s. 23–24; 18, s. 4–5.]



Kuvio 2. Lähtötietomallin päivitys suunnitteluvaiheen osana. [19.]



Kuvio 3. Päivittyvä lähtötietomalli osana hankkeen elinkaarta. [19.]

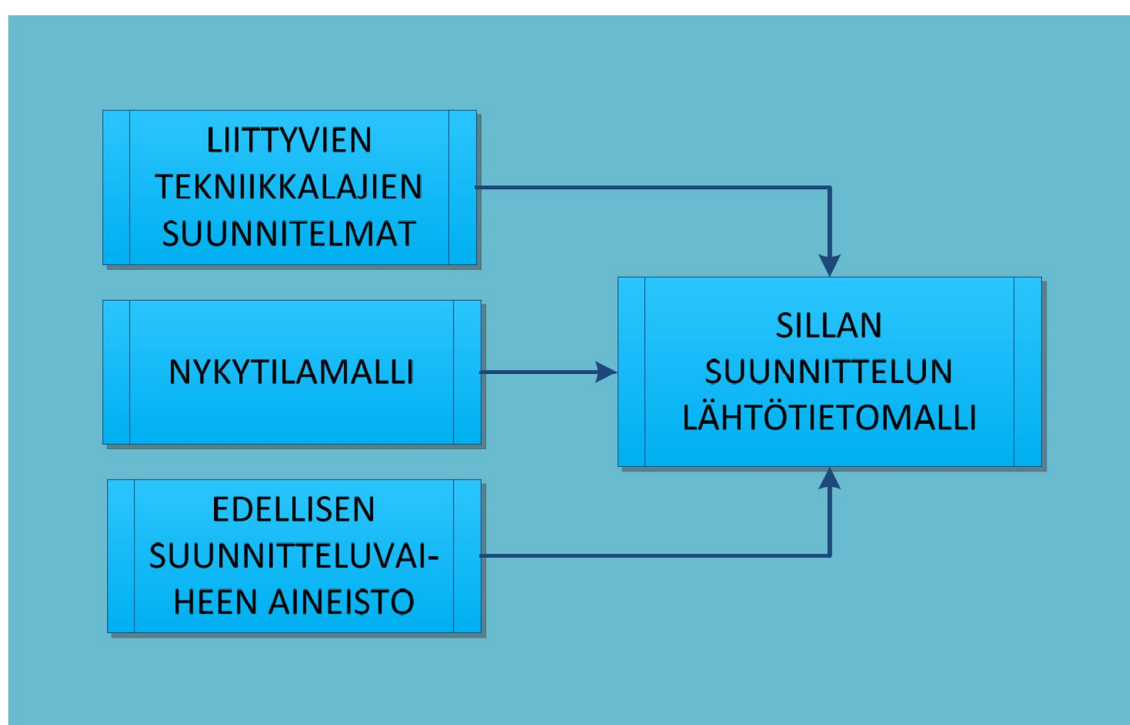
Lähtötietomallien sisällön tarkkuus ja laajuus vaihtelee eri suunnitteluvaiheiden aikana. Tärkeintä on saada suunnitteluvaiheen kannalta oleellinen ja suunnitteluvaiheen ratkaisuihin vaikuttava tieto suunnittelijalle. Suunnittelijan tulee osata hyödyntää kunkin prosessin osan kannalta oleellista tietoa sekä tietää, mitä tietoa tulee siirtää seuraavaan työvaiheeseen. [2, s. 15.]

Tietomallipohjaisen taitorakenteiden suunnittelun lähtöaineisto voidaan jakaa kolmeen erilliseen kokonaisuuteen:



- kohteen nykytilaa kuvaavaan tietomalliin
- muiden tekniikkalajien suunnittelijoiden tuottamaan suunnitteluaineistoon
- edellisen suunnitteluvaiheen aineistoon. [2, s. 15.]

Näiden tietojen lisäksi lähtötietomallia voidaan täydentää vielä edellisen suunnitteluvaiheen aineistolla siltä määrin, kuin sitä soveltuvin osin voidaan hyödyntää. Kyseisen aineiston jakautuminen uuden suunnitteluvaiheen aineistoihin tarkentuu suunnittelun edetessä. Jokainen osa-alue muodostaa oman kokonaisuuden, josta voidaan laatia yhtenäinen siltapaikan lähtötietomalli. [2, s. 15; 18, s. 4.]

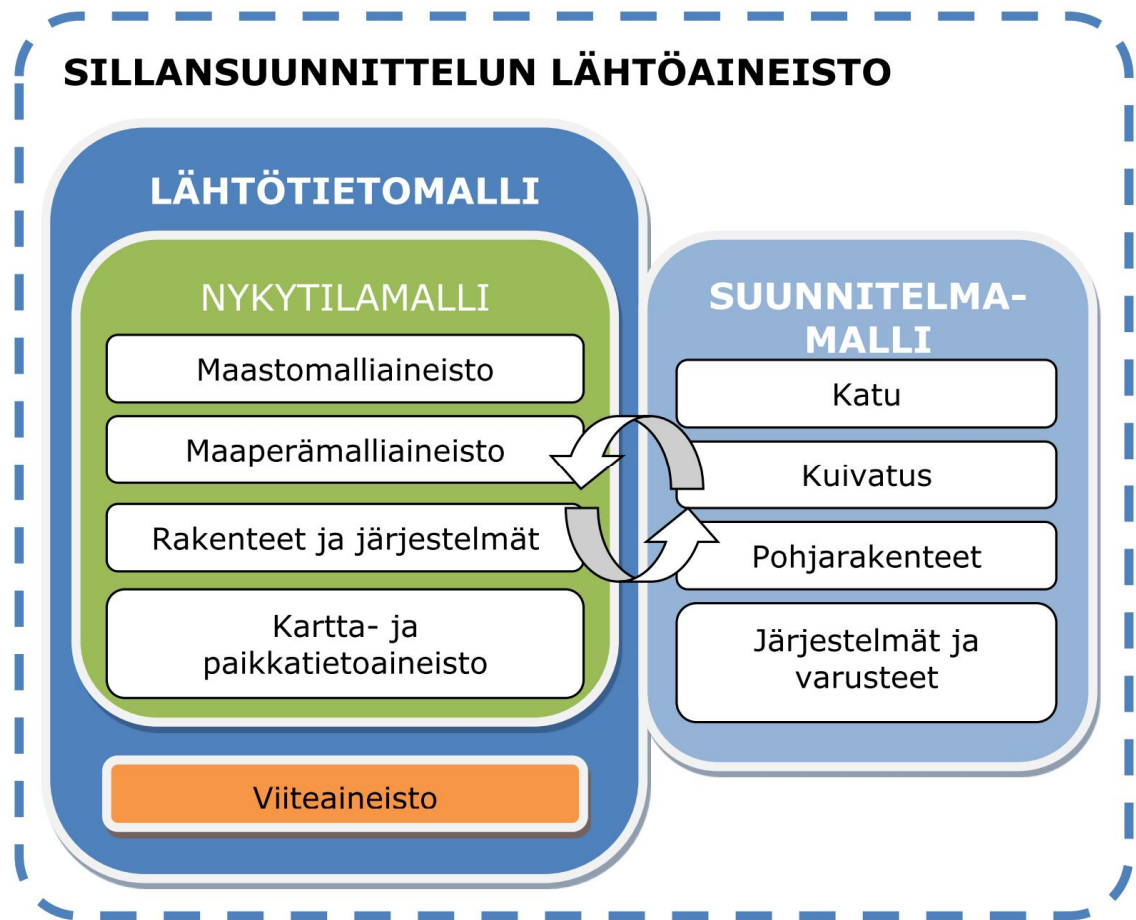


Kuvio 4. Lähtötietomallin määrittäminen mallipohjaisessa suunnittelussa. [2, s. 15.]

Lähtötietomallin eri osa-alueet kannattaa pitää erillään ja erillisinä malleina, jolloin suunnittelija voi erottaa todellisen, olemassa olevan, tiedon suunnittelusta ja viitteellisestä tiedosta [2, s.15].

Lähtötietomalli voidaan jaotella edelleen kuvion 5 esittämällä tavalla. Siltapaikan lähtötietojen nykytilamalli koostuu maastomallista, maaperämallista, nykyisistä rakenteista sekä temaattisesta aineistosta, joka käsittää kaava-, kartta- ja paikkatietoaineistot pääsääntöisesti kaksiulotteisessa muodossa. Viiteaineistoksi voidaan lukea kaikki muu aineisto, joka ei varsinaisesti kuulu itse malliin, mutta jonka voidaan katsoa olevan

suunnittelun kannalta oleellista tietoa. Lähtötietomallin sisältöä esitellään tarkemmin luvussa 5. [13, s. 18–19, 22.]



Kuvio 5. Sillansuunnittelun lähtötietoaineisto. [18, s. 4.]

Siltojen ja muiden taitorakenteiden suunnitteluun liittyy usein myös muiden tekniikkalajien suunnitelmia. Suunnittelu tapahtuu vuorovaikutteisesti, jossa suunnittelun eri osapuolet vaihtavat tietoa, eli toimittavat oman osa-alueensa tiedot muille suunnittelijoille lähtötiedoksi.

Eri tekniikkalajien suunnitelmista lähtötiedoksi tarvittavaa tietoa ovat esimerkiksi:

- väylät
- nykyiset rakenteet
- suunnitellut rakenteet
- tarkentunut maaperätieto
- valaistus
- vesihuollon järjestelmät
- sähköverkot ja kaapeloinnit
- rakentamisen vaiheistukseen vaikuttavat väylien liikennöinnit
- muut mahdolliset tilanvaraukset.

Lähtötiedot lähetetään pintamalleina, numeerisina taulukoina tai objekteina. Verkostot, järjestelmät ja yksittäiset objektit mallinnetaan mahdollisuuksien mukaan tilanvarausobjekteina. [18, s. 8.]

Lähtötietomallin laadunvarmistuksen kannalta tulee varmistaa, että aineisto on aina ajantasaista, ja että aineisto sisältää kaikki oleelliset alkuperä- ja metatiedot sekä erityishuomiot, puutteet ja riskit. Aineiston tarkkuuden tulee vastata hankkeen asettamia vaatimuksia, eikä aineistossa saa olla selkeitä virheitä tai ongelmia. [20, s. 16.]

Lähtötietoaineistoa koskevia vaatimuksia ja ohjeita käydään läpi yksityiskohtaisemmin mm. Siton julkaisussa *PRE/inframallin vaatimukset ja ohjeet, Osa 2.0: Lähtötiedot* sekä Liikenneviraston julkaisussa *Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje*.

#### **4 Tietomallintaminen silta- ja taitorakenteiden suunnittelussa**

Siltahankkeiden suunnittelu etenee tie- tai ratasuunnittelun vaiheiden mukaisesti noudattaen suunnittelua ja rakentamista koskevia ohjeita ja säädöksiä. Eri suunnitteluvaiheissa tarvittavat tiedot hankitaan kunkin suunnitteluvaiheen edellyttämässä laajuudessa. Suunnittelun lähtötietojen tehtävä on antaa tarvittavat tiedot siltapaikan valintaa, sillan suunnittelua ja suunnittelun hallinnollista käsittelyä varten. Suunnittelun päävaiheet ovat esisuunnittelu, yleissuunnittelu, siltasuunnittelu ja rakennussuunnittelu. Ai-

emman suunnitteluvaiheen tiedot toimivat seuraavan vaiheen lähtötietoina ja tietoja tarkennetaan suunnittelun tarpeiden mukaan suunnittelun aikana. [21, s. 9.]

#### 4.1 Siltapaikka

Siltapaikka on koko se alue, joka vaikuttaa sillan maisemalliseen ulkonäköön. Sillasta tehty tietomalli sisältää yhden siltapaikan, ellei toisin sovita. Siltapaikan tietomalliin mallinnetaan kaikki rakenteeseen vaikuttavat seikat suunnitteluvaiheen vaatimassa laajuudessa. Siltapaikka luokitellaan neljään luokkaan; I, II, III ja IV, joista luokka I on vaativin ja luokka IV on vähiten vaativa. Luokkaan I kuuluu valtakunnallisesti arvokkaat kulttuuriympäristöt ja maisemalliset tai taajamakuvalliset näkymät sekä luonnonsuojelualueet. IV-luokkaan kuuluu vähän liikennöityjen väylien siltapaikat taajamien ulkopuolella tavanomaisessa maisemassa sekä vähäiset vesistönylytykset, eikä IV-luokan siltapaikat yleensä edellytä arkkitehti- tai maisemasuunnittelua. [22, s. 7.]

#### 4.2 Esisuunnittelu

Siltahankkeen esisuunnittelu keskittyy mm. maankäyttöön, liikennejärjestelmäsuunnitteluun, tarveselvitykseen ja toimenpideselvitykseen. Esisuunnittelua voidaan tarvita myös ympäristövaikutusten arviointia tai selvitystä varten. Jos sillan vaikutukset ympäristöön ovat vähäiset tai kustannuksiltaan erilaisia tieratkaisuja ei ole tarpeen verrata, voidaan esisuunnittelu sisällyttää sillan yleissuunnitteluvaiheeseen. Esisuunnitteluvaiheessa 3D-mallintamista tehdään siltapaikkaluokissa I ja II. Ratkaisuja havainnollistetaan tekemällä havainnemalleja yhdistämällä siltapaikan maastomalli, väylämalli sekä eri siltavaihtoehtoja. Immateriaalisista tiedoista mallinnetaan tukilinjat, hyödyllinen leveys ja aukkovaatimukset. [2, s. 19; 21, s. 11–12.]

#### 4.3 Yleissuunnittelu

Sillan yleissuunnittelu on tie-, rata- tai katuhankkeen lakisääteiseen yleissuunnitteluun tai muuhun yleissuunnittelua vastaavaan suunnitelmaan liittyvää suunnittelua. Yleissuunnittelun lähtökohtana toimii esisuunnitteluvaiheessa tehty tarveselvitys, toimenpideselvitys tai vastaava suunnitelma. Yleissuunnitteluvaiheessa tutkitaan esisuunnittelun perusteella valitulle siltapaikalle sopivia vaihtoehtoja. Vaihtoehtoja vertailemalla

selvitetään sillan vaikutuksia ympäristöön, tutkitaan eri siltatyyppeiden toimivuutta ja niiden pituuksia ja jännemittoja erilaisin luonnospiirustuksin, tehdään havainnemalleja sekä alustavia kustannusarvioita. Vaihtoehtoista valitaan tavallisesti yksi suunnitelma, jota käytetään siltasuunnittelun lähtökohtana. Yleissuunnitteluvaiheessa mallinnetaan näkyvissä olevat rakenteet ja varusteet sekä siltaan liittyvät maastorakenteet kuten sillan luiskat ja keilat. Piiloon jäävät rakenteet, kuten raudoitukset, jätetään mallintamatta. Immateriaalisista tiedoista mallinnetaan liikennetekniset mitat, aukkovaatimukset, väylien mittalinjat, tukilinjat sekä sillan pääpisteet. Siltapaikasta luodaan yhdistelmämalli, jossa on mukana lähtötietomallin aineisto ja suunnitteluvaiheen väyläaineisto. [2, s. 20–21; 21, s. 12–13.]

#### 4.4 Siltasuunnittelu

Siltasuunnitelma laaditaan osana väylähankkeen tie-, rata- ja katusuunnitelmaa. Sillan rakentamiselle haetaan tässä vaiheessa tarvittavat luvat. Perinteisesti piirustusohjauksessa suunnittelussa laaditaan tässä vaiheessa sillan pääpiirustus, jossa esitellään sillan ulkonäkö, rakenteet, päämitat ja sillan sovittaminen ympäristöön ja väyläsuunnitelmaan. Sillan tietomallin vaatimukset noudattavat tässä vaiheessa perinteisen pääpiirustuksen sisältövaatimuksia. Siltasuunnitelman lähtökohtana toimii aiemmat esi- ja yleissuunnitelmat sekä hankkeen yleissuunnitelman ja väyläsuunnitelman hyväksymispäätökset. Ennen siltasuunnitelman laatimista on tarpeen tutkia riittävässä laajuudessa esi- ja yleissuunnitteluvaiheessa laadittuja siltavaihtoehtoja oikean ratkaisun löytämiseksi. Siltasuunnitelmavaiheessa sillasta mallinnetaan näkyvissä olevien rakenteiden lisäksi alusrakenteet sekä siltaan liittyvät maastorakenteet, kuten keilat ja luiskat. Sillan varusteet ja laitteet mallinnetaan tarkoituksenmukaisessa laajuudessa. Raudoituksia ja pieniä detaljeja ei mallinneta tässä vaiheessa. Siltasuunnitelmavaiheessa siltapaikasta laaditaan tietomalliselostus ja yhdistelmämalli, jossa on mukana lähtötietomalli, sillan tuotemalli, suunnitteluvaiheen väyläaineisto ja muiden liittyvien tekniikkalajien mallit. [2, s. 21–23; 21, s. 13–14.]

#### 4.5 Rakennussuunnittelu

Sillan rakennussuunnitelma laaditaan yleissuunnitteluvaiheessa ja siltasuunnitteluvaiheessa tehtyjen ratkaisujen mukaan. Sillan rakennussuunnitelma määrittää, miten ra-

kennustyö voidaan tehdä. Rakennussuunnittelua varten tarvitaan tarkat tiedot mm. tielinjan geometriasta siltapaikalla, sillan liikenneteknisistä mitoista, suunnittelualueen pohjatutkimuksista ja kuormituksista. Tässä vaiheessa siltaratkaisulle on hankittu tarvittavat luvat. Varsinaisten siltasuunnittelun lähtötietojen lisäksi suunnittelijalle ilmoitetaan muutkin suunnitteluun vaikuttavat seikat, jotka eivät määräydy suoraan ohjeistuksesta. Nämä suunnittelua ohjaavat lähtötiedot kootaan siltasuunnitteluvaiheessa ja ilmoitetaan suunnittelijalle siltasuunnittelua sitovina tuotevaatimuksina. Rakennesuunnitteluvaiheessa on tarpeen tarkistaa, onko siltasuunnitteluvaiheen jälkeen päätetty muutostoimenpiteistä, jotka voivat vaikuttaa siltaan tai siltapaikkaan. Sillasta laaditaan tuotemalli ja tietomalliselostus. Silta mallinnetaan kokonaisuudessaan varusteineen, raudoituksineen, maaperätietoineen ja immateriaalitietoineen. Lopullisessa rakennussuunnitelmassa esitetään rakenteet sellaisina, kuin ne on tarkoitus toteuttaa. Siltapaikasta laaditaan yhdistelmämalli, jonka avulla voidaan osoittaa, että eri tekniikkalajien suunnitelmat ovat yhteensopivia keskenään. [2, s. 23–26; 21, s. 15.]

#### 4.6 Laadunvarmistus

Tietomallintamisen laadunvarmistuksen tavoitteena on parantaa suunnitelmien laatua siinä määrin, kuin se on tietomallipohjaisten suunnitelmien avulla tehtävissä. Laadunvarmistuksen tavoitteena on kunkin suunnittelijan omien suunnitelmien laadun parantaminen ja ylläpito, sekä suunnittelun eri osapuolien välisen tiedonsiirron parantaminen. Laadunvarmistuksella voidaan vähentää myös mahdollisia rakennustyön aikana havaittavia ongelmakohtia, ja tästä seuraavia lisätoita. [23, s. 2.]

Tietomallipohjaisten suunnitelmien laadun parantaminen on suunnittelijoiden ja tilaajan yhteistyötä. Näin pystytään vastaamaan tilaajan tarpeisiin. Laadunvarmistus parantaa koko rakennusprosessin aikataulun ja kustannusten hallintaa, ja sillä helpotetaan suunnitelmien muutosten tekoa. [23, s. 2.]

Yksi keskeisin laadunvarmistuksen työkalu on törmäystarkastelut. Yhdistelmämallia luodessa törmäystarkasteluiden avulla saadaan mahdolliset ongelmakohdat selville, ja nämä voidaan myös esittää muille suunnittelijoille. Jo keskeneräisenkin tietomalli auttaa suunnitelmien laadunvarmistuksessa. Eri suunnittelunalojen suunnitelmien tulisi edetä loogisesti rinnakkain ja yhteistyössä. Tällä varaudutaan mahdollisiin suunnitelmien muutoksiin. Jokaisen suunnitteluosapuolen on tehtävä laadunvarmistusta suunnit-

telmiensa osalta oman laatu järjestelmänsä mukaisesti. Kunkin suunnittelualan ajankoh-  
taiset tietomallit tulisi myös olla aina muiden saatavilla, joten on sovittava riittävän tihe-  
ästä tietomallien tallennuksesta esimerkiksi projektipankkiin. Omien suunnitelmien  
merkittävistä muutoksista on myös hyvä ilmoittaa hankkeen tietomallikoordinaattorille.  
Näin menettelemällä parannetaan myös muiden osapuolien laadunvarmistusta sekä  
koko rakennusprosessin laadunvarmistusta. [23, s. 3–4.]

Tietomallien laadunvarmistus voidaan esittää kolmesta näkökulmasta:

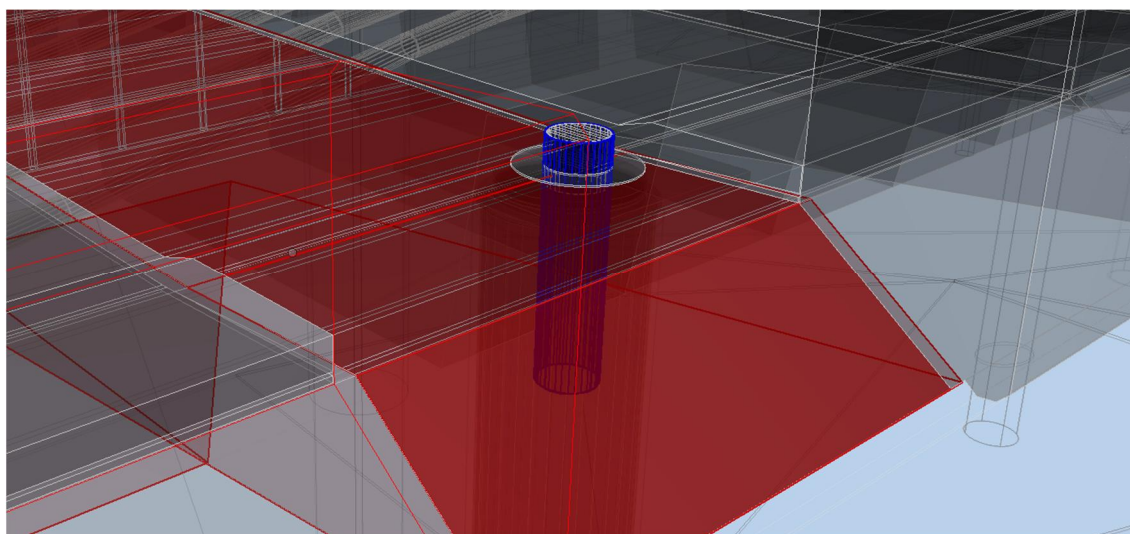
- Onko tietomalli muodostettu oikein suunnitteluohjelmalla
- Löytyykö tietomallista vaaditut tiedot
- Eri suunnittelunalojen tietomallien yhteensovittaminen ja vertailu keske-  
nään. [23, s. 3.]

Hankkeen alussa on hyvä sopia käytettävistä suunnitteluohjelmista. Suunnittelijoilla  
tulisi olla käytössä viimeisimmät tiedonsiirtoformaatit ja ohjelmaversiot. Hankkeen alus-  
sa myös varmistetaan, että kaikissa suunnitelmissa käytetään samaa koordinaatistoa.  
Hankkeen aikana on hyvä järjestää kokouksia, joissa tarkastellaan tuotettuja tietomalle-  
ja sekä käydään läpi mahdolliset ongelmat ja virhetilanteet. Ennen kokousta toimitte-  
taan tietomallikoordinaattorille tai muulle tietomallien yhdistämisestä vastaavalle taholle  
eri suunnittelunalojen ajantasaiset tietomallit tiedonsiirtoformaateissa. Lisäksi tietomal-  
lin yhteyteen on hyvä liittää lyhyt selostus tietomallin tilasta ja valmiusasteesta. Koko-  
uksissa tehdään alustavat huomiot suunnitelmien tilasta. [23, s. 3–5.]

Suunnitteluttajan tulee saada hyvänlaatuiset suunnitelmat. Suunnittelutyön tilaaja voi  
tehdä laadunvarmistuksen itse, tai hän voi valtuuttaa asiaan perehtyneen konsultin  
tekemään suunnitelmien tarkistuksen. Tilaajan tekemässä tietomallien tarkastuksessa  
ei korjata löydettyjä virheitä, vaan ne raportoidaan suunnitteluryhmälle tai selkeissä  
tapauksissa suoraan suunnittelijalle. Loppukädessä suunnitelmien virheettömyys on  
kuitenkin suunnittelijan vastuulla tilaajan hyväksynnästä huolimatta. Tietomallit voidaan  
julkaista sovitussa laajuudessa vasta tietomallien laadunvarmistuksen ja suunnittelutta-  
jan tai hänen edustajansa hyväksynnän jälkeen. [23, s. 6.]

#### 4.7 Törmäystarkastelu

Tietomallien pienien virheiden ja ristiriitojen tarkastaminen silmämääräisesti on yleensä hankalaa ja hidasta. Törmäystarkastelulla voidaan säästää aikaa ja helpottaa yhteistyötä projektin eri osapuolten välillä. Näin myös vasta rakentamisvaiheessa esille tulevien ongelmien riski vähenee. Törmäystarkastelu on työkalu, joka automaattisesti laskee mallin jokaisen objektin ja pinnan törmäämisen eri rakenteiden välillä. Törmäystarkastelu havaitsee suorat leikkautuvuudet objektien välillä (kuva 9), ja se voidaan asettaa havaitsemaan annettujen asennustoleranssien ylitykset. [24.]



Kuva 9. Törmäystarkastelulla havaitaan mm. suorat leikkautuvuudet objektien välillä (sininen objekti leikkaa punaisen objektin).

Törmäystarkasteluun kuuluu yleensä myös mallien tarkastaminen ylimääräisten objektien varalta. Käyttäjän virheestä johtuen sama objekti saattaa olla kopioituna samassa koordinaatissa, jolloin sen huomaaminen on hankalaa ilman tarkastustyökalua. Päälekkäisistä objekteista koituu ongelmia muun muassa tietomallipohjaisessa määrälaskennassa. Yleensä ohjelma kuitenkin osaa varoittaa tästä virheestä objektin kopioituessa toisen päälle. [24.]

#### 4.8 Määrälaskenta

Tietomallien avulla määrälaskentaa voidaan tehostaa ja määrätietojen käyttöä hyödyntää päätöksentekotilaisuuksissa. Määrien manuaalinen määrittäminen piirustuksista on



aikaa vievää ja inhimillisten virheiden mahdollisuus on suuri. Tietokoneavusteisella määrälaskennalla inhimillisten virheiden riski vähenee huomattavasti. Mallista saatavia määriä voivat hyödyntää kaikki rakennushankkeen osapuolet, kuten suunnittelijat, rakennuttajat, urakoitsijat ja tuotetoimittajat. [25, s. 2.]

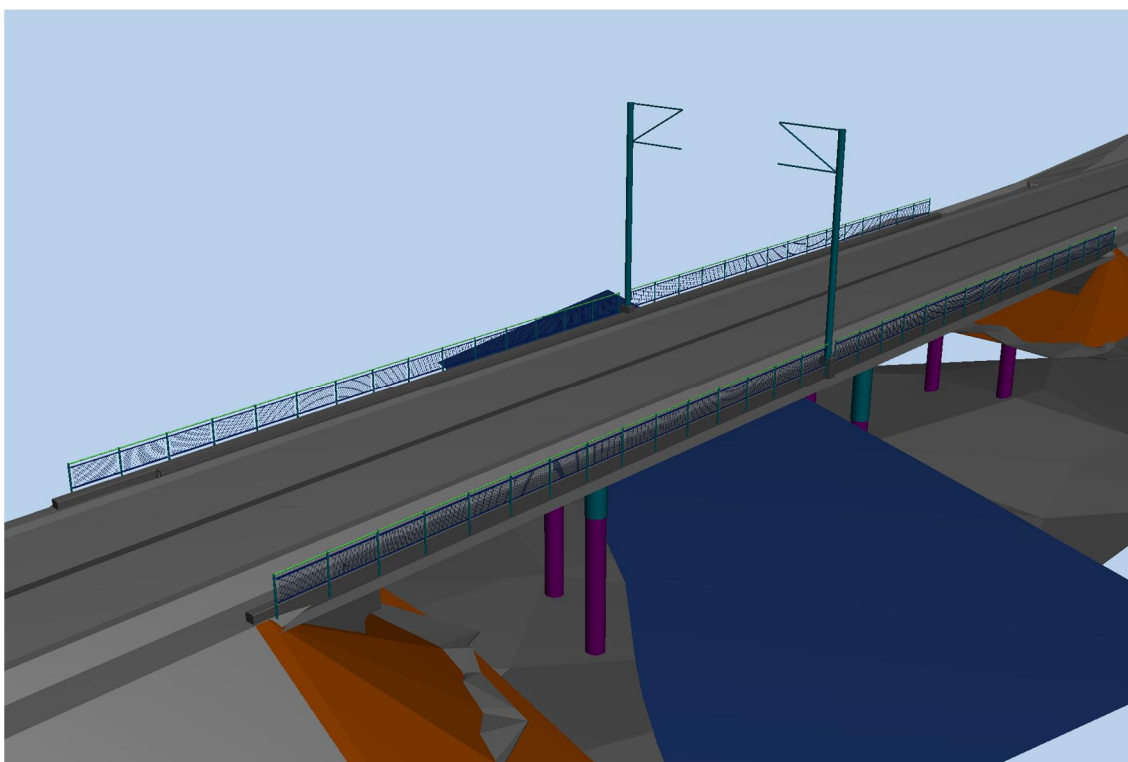
Suunnittelijan tulee toteuttaa mallinsa hankkeen vaatimusten mukaan, jotta määrälaskenta pystytään toteuttamaan johdonmukaisesti. Mahdollisista poikkeamista – esimerkiksi suunnittelun tarkkuustason vaihtelusta – tulee dokumentoida tietomalliselostukseen, jotta määrälaskennasta vastaava taho voi ottaa ne huomioon määrien laskennassa. Suunnitteluvaiheen mallin valmiusaste määrittää mallista saatavien määrien tarkkuustason. Määrälaskennan kannalta on tärkeää, että mallinnuksessa käytetään sellaisia mallinnustyökaluja, joiden avulla voidaan tuottaa määrälaskentaan tarvittavaa tietoa. Tähän tulokseen päästään parhaiten, kun kaikki rakennusosat mallinnetaan taroituksenmukaisilla työkaluilla. Yleisestä käytännöstä poikkeavat mallinnustavat tulee kirjata tietomalliselostukseen. [25, s. 3.]

Määrälaskentaan voidaan käyttää sekä suunnitteluohjelman natiivimuodossa että IFC-muodossa olevaa tietomallia. Parhaaseen tulokseen päästään, kun tietomallin määrälaskenta suoritetaan suunnitteluohjelmassa sen omassa tiedostomuodossa. Tällöin mallin tietosisältö on kattavin, eikä tiedonsiirrossa mahdollisesti tapahtuvat muutokset tai virheet pääse vaikuttamaan rakennusosien tietosisältöön. IFC-tiedostoa käytettäessä laskijan on varmistettava, että määrälaskentaan käytettävä ohjelma osaa kääntää natiivitiedostomuodosta IFC-formaattiin muunnettua tietoa oikein määrälaskentaohjelmaan. [25, s. 3.]

Yksi määrälaskennan onnistumisen ja sujuvuuden kannalta oleellinen asia on projekti-kohtaisesti sovittava nimikkeistö. Yhteisen nimikkeistön käyttö helpottaa koko rakennusprojektin määrätietojen hallintaa. Nimikkeistöllä voidaan ryhmitellä rakennusosakokonaisuudet esimerkiksi urakkarajojen mukaisesti. Tämä helpottaa osakokonaisuuksien hallintaa, ja samalla myös inhimillisten virheiden mahdollisuus laskennassa vähenee. [25, s. 4.]

## 5 Siltapaikan koordinointimalli

Yhdistelmämalli eli koordinointimalli on koko hankkeen kannalta kaikkein keskeisin malli. Siltapaikan koordinointimalliin kootaan yhteen kaikkien hankkeen suunnitteluosapuolten tietomallit sovituslaajuudessa. Kun kaikki suunnittelun osa-alueet ovat mallissa, voidaan aineistoa tarkastella yhtenä kokonaisuutena. Eri suunnittelunalojen tietomallien yhteen liittäminen tehostaa huomattavasti koko prosessin läpiviemistä lähtötietojen hankinnasta aina kohteen ylläpitoon. Kun ajankohtaisten mallien päivitys koordinointimalliin tapahtuu riittävän usein, saadaan jo aikaisessa vaiheessa havaittua suunnitelmien mahdolliset ristiriidat ja/tai ongelmia tuottavat alueet. Malli ohjaa parempaan suunnitteluun ja auttaa löytämään parhaan kokonaisratkaisun. Lisäksi koordinointimalli parantaa suunnittelijoiden välistä viestintää kuvaamalla aina hankkeen ajantasaista tilannetta. Mallia voidaan hyödyntää myös ylläpidon aikaisissa toiminnoissa. Kuvassa 9 nähdään suunnittelun eri tekniikkalajit yhdessä koordinointimallissa.



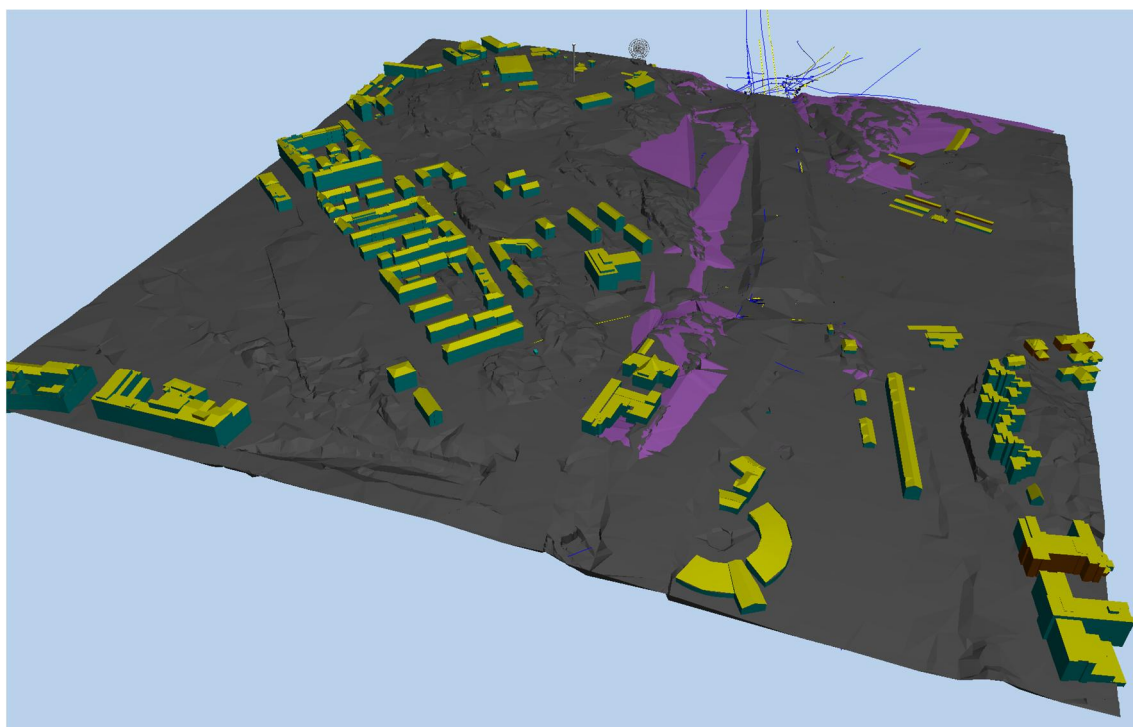
Kuva 10. Sillan koordinointimalli.

Ennen varsinaista suunnitteluprosessia on tärkeää, että suunnittelualueelta on tuotettu riittävän kattava lähtötietomalli. Lähtötietomalli on jokaisen eri tekniikkalajin suunnittelijan käytettävissä ja koko suunnitteluprosessin lähtökohta. Lähtötietomalli muodostuu

suunnittelualueen nykytilanteesta; alueen maastomallista, maaperämallista sekä mahdollisista olemassa olevista rakenteista. Nykytilamallin lisäksi lähtöaineistoon voidaan päivittää muiden tekniikkalajien tietomalleja sekä dokumenttimuotoista viiteaineistoa.

### 5.1 Maastomalli

Maastomalli kuvaa digitaalista, kolmiulotteista mallia nykyisistä maaston pinnanmuodoista. Maastomallilla kuvataan maanpinnan korkeuseroja, maanpäällisiä rakenteita, kuten väyliä ja rakennuksia (kuva 11), sekä mahdollisesti kasvillisuutta. Pinta toimii lähtötietona jokaisen tekniikkalajin suunnittelulle. Mallin lähtötiedot hankitaan esimerkiksi vaatusmittauksella tai laserkeilauksella. Menetelmän valintaan vaikuttaa kohteen laajuus, tarkkuusvaatimukset sekä maasto-olosuhteet. [13, s. 19–20.]



Kuva 11. Laserkeilausdatasta tuotettu väylähankkeen maastomalli.

Maastomalli muodostetaan mittauksista saatujen pisteiden avulla. Pisteistä muodostetaan kolmio- tai neliöverkko käyttäen hankkeen vaatimusten mukaista tarkkuustasoa. Maastomallin tarkkuustaso kasvaa suunnittelun edetessä. Yleissuunnitteluvaiheessa riittää suurpiirteinen likimalli, mutta väylä- ja rakennesuunnitteluvaiheessa vaaditaan jo tarkka maastomalli. Maastomalli voi myös sisältää usean eri tarkkuustason aineistoa.

Suunnittelualueelle on hyvä laatia tarkka maastomalli, kun taas suunnittelualueen ulkopuolelle riittää epätarkempi malli. [13, s. 20.]

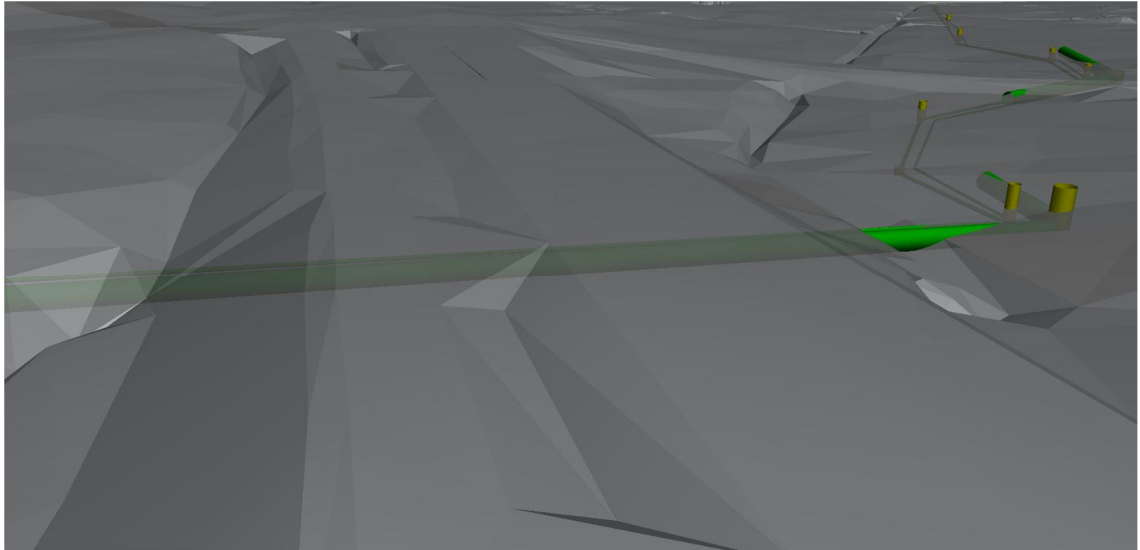
Maastotietoaaineistoa ja pohjatutkimustietoja saa Maanmittauslaitokselta maksutta käyttöönsä Maa- ja metsätalousministeriön 1.5.2012 antaman asetuksen nojalla. Aineistoa on saatavilla myös kunnilta. Näitä aineistoja voidaan käyttää esimerkiksi yleissuunnittelussa. Myöhemmissä suunnitteluvaiheissa joudutaan usein kuitenkin tuottamaan suunnittelualueesta tarkempi maastomalli. [13, s. 21.]

## 5.2 Maaperämalli

Maaperämalli kuvaa maanpinnan alapuolisia maalajien kerrosjakautumia sekä kallionpintaa. Maaperäkerrokset selvitetään kairausten ja geologisten tutkimusten perusteella. Kun pohjatutkimukset on suoritettu ja analysoitu, niistä muodostetaan piste- ja viivadataa, jotka muodostavat mallin pinnan. Maaperän maalajirajat ja kallionpinta havainnollistetaan maastomallin tapaan kolmioidun pinnan avulla. Maaperämallin tarkkuus määräytyy mittauspisteiden tiheyden ja mittaustarkkuuden mukaan. Maaperämalli perustuu tulkintaan, joten se ei ole koskaan täysin tarkkaa tietoa. Maaperämalli täsmentyy usein rakentamisen aikana lisäkairauksien myötä. [13, s. 21.]

## 5.3 Nykyiset rakenteet

Koordinointimallin tulee sisältää suunnittelualueen nykyiset rakenteet maanpinnalla sekä sen ylä- ja alapuolella. Osien geometrian tulee noudattaa mahdollisimman tarkasti toteutuneiden rakenteiden geometriaa. Osien detaljien tarkkuus määräytyy niiden tärkeydestä mallissa. Nykyiset rakenteet voidaan joko tuoda koordinointimalliin lähtötietona aikaisemmista suunnitelmista, tai ne voidaan mallintaa ennen suunnittelun alkamista. Nykyisiä rakenteita ovat muun muassa rakennukset, sillat ja muut taitorakenteet, vesihuoltoverkostot, valaistus tai liikennemerkkit. [13, s. 21.]



Kuva 12. Väylähankkeen yhdistetty maasto- ja väylämalli. Nykyiset maanalaiset putkilinjat on tuotu malliin lähtötietoina.

Nykyisten rakenteiden mallintaminen koordinoitumalliin helpottaa uuden suunnittelua ja parantaa laadunvarmistusta. Selkeät ristiriitaisuudet nykyisten ja uusien rakenteiden välillä havaitaan silmämääräisesti ja pienemmät ristiriitaisuudet saadaan selville törmäystarkasteluiden avulla. Uusien rakenteiden suunnittelu helpottuu huomattavasti lähtötietomallin kattaessa kaikki olemassa olevat rakenteet (kuva 12).

#### 5.4 Temaattiset aineistot

Temaattisiin aineistoihin kuuluu kaava-, kartta- ja paikkatietoaineistot pääsääntöisesti kaksiulotteisessa muodossa. Aineisto on pääsääntöisesti saatavilla mm. kunnilta ja Maanmittauslaitokselta. [13, s. 22.]

#### 5.5 Muu viiteaineisto

Muuksi viiteaineistoksi voidaan lukea kaikki se dokumentaatio, joka ei varsinaisesti kuulu itse malliin, mutta jonka katsotaan sisältävän mallin kannalta oleellista tietoa. Viiteaineistoa voivat olla esimerkiksi luvat, lausunnot, kuvat yms. [13, s. 22.]

## 5.6 Tekniikkalajimallit

Tekniikkalajimallit ovat eri suunnittelualojen mukaisesti jaettuja infrasuunnittelun osamalleja. Kuhunkin tekniikkalajimalliin sisältyy vain sen suunnittelualan mukaista suunniteltua tietoa. Tekniikkalajimalleja suunnitellaan lähtötietomallin tietoja hyödyntäen ja mallit elävät läpi koko hankkeen elinkaaren yksityiskohtaisuuksien lisääntyessä hankevaiheesta seuraavaan. Tekniikkalajimallit suunnitellaan joko valmiiksi oikeaan koordinaatistoon, tai ne voidaan suunnitella paikalliskoordinaatistoon, josta ne siirretään mallien yhdistelyvaiheessa oikeisiin koordinaatteihin.

### 5.6.1 Väyläsuunnittelu

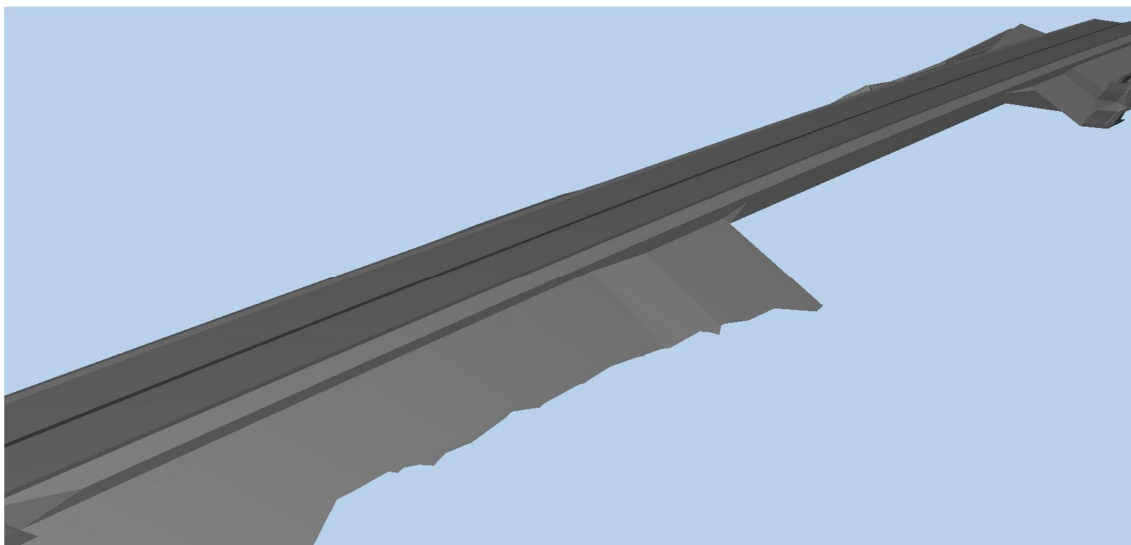
Liikennevirasto vastaa liikennejärjestelmien suunnitelmien teettämisestä ja suunnittelun kehittämisestä yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa. Tien, kadun tai radan rakennemalli on osa suunnittelujärjestelmällä toteutettavasta suunnitelmamallista, ja se kuvaa väylärakennetta 3D:nä eri suunnitteluvaiheissa. Osana suunnittelumallia voidaan varmistua siitä, että väylämalli on yhteensopiva suunnitelman muiden rakenneosien, kuten siltojen, pohjavahvistusten yms. kanssa. Rakennemalli täsmentyy ja täydentyy jokaisessa suunnitteluvaiheessa palvelemaan kunkin suunnitteluvaiheen tarpeita. Väylämalli toimii pohjana kaikille muille tekniikkalajimalleille ja on keskeinen osa myös monia suunnitteluun liittyviä analyyseja ja simulaatioita. On tärkeää, että väylämalli tehdään teknisesti oikein kaikissa projektin vaiheissa. [15, s. 4; 27, s. 17.]

Väylän suunnittelu alkaa esisuunnitelmasta, jossa tehdään väylähankkeen tarveselvitys. Suunnittelun tuloksena saadaan arvioitua alustavasti kustannuksia sekä rakentamisen vaikutusta ympäristöön. Esisuunnitteluvaiheessa väylän sijainnista voi olla useita eri vaihtoehtoisia linjausta. Jo esisuunnitteluvaiheessa on tärkeää toimia sovitussa koordinaatistossa. [26, s. 7; 27, s. 17.]

Hankkeen yleissuunnitelmavaiheessa väylän geometria ja poikkileikkaukset määritellään karkeasti. Samalla saadaan myös selvitettyä väylän kytkennät alueen muihin liikennejärjestelmiin ja maankäyttöön sekä hankkeen ympäristövaikutukset. Suunnitteluvaiheessa esitetään väylien tekniset ja liikenteelliset perusratkaisut. Kun ympäristövaikutusten arviointi ja tarvittavat suunnitelma-asiat on tehty ja hankkeelle on saatu tarvittavat luvat, siirrytään varsinaiseen tie-, katu- tai ratasuunnitteluvaiheeseen. [15, s. 5; 27, s. 17.]

Tie-, katu- tai ratasuunnitteluvaiheessa määritetään väylän tarkka sijainti, vaadittavat alueet väylää varten sekä liittymäjärjestelyt. Tässä vaiheessa määritetään rakennettavan väylän sijainti sillä tarkkuudella, että rakentamiseen varattavat alueet voidaan lunastaa. Suunnitteluvaiheessa tarkennetaan maastotutkimuksia ja mittauksia, jotka tallennetaan tietomalliin. Tämän vaiheen maastomallin tulee olla tarkka ja täyttää sille asetetut suunnitteluvaiheen vaatimukset. Tie-, katu- ja ratasuunnittelu tehdään niin tarkalla rakennemallilla, että suunnitelman ratkaisut voidaan todeta varmasti toimiviksi. [15, s. 9–10.]

Kun väylän rahoitus on varmistunut, voidaan siirtyä rakennussuunnitteluvaiheeseen. Tässä vaiheessa varmistetaan, että toteutusmalli muodostuu kauttaaltaan 3D-taiteviivoista ja niiden kolmioverkkomalleista. Lähtökohtaisesti kaikki rakentamiseen vaadittavat pinnat mallinnetaan. Väylästä laaditaan tarvittava malli ja piirustukset tien toteuttamista sekä liittyviä suunnittelunaloja varten. Väylän tiedot toimitetaan muille suunnittelijoille tarpeen mukaan joko pintamalleina (kuva 13) tai taulukoituina numeerisina tietoina. [15, s. 5–6, 9, 14; 27, s. 17.]



Kuva 13. Siltapaikan väylämalli.

#### 5.6.2 Liikennesuunnittelu

Liikennesuunnittelun tietomallintamisen prosessi on yhteneväinen väyläsuunnittelun kanssa. Liikennesuunnitteluun kuuluu kaikkien liikennemuotojen suunnittelu; mm. joukkoliikenne, autoliikenne, kevyt liikenne sekä liityntäpysäköintialueet. Suunnittelussa

otetaan huomioon myös liikennejärjestelmät, liikenteen hallinta ja liikenteen vaikutukset. Tavoitteena on sujuva ja turvallinen liikenneympäristö. Opasteet ja laitteet saadaan malliin esimerkiksi objektiluettelosta. [27, s. 20–21.]

#### 5.6.3 Maisemasuunnittelu

Maisemasuunnitteluun kuuluu kuntien asemakaavassa merkityt katualueet, maisemamuotoilut, väylän muotoilut, istutukset, viheralueet ja puistot. Maisemasuunnittelija vastaa nykyisen kasvillisuuden karsimisesta ja uuden istuttamisesta sekä hoitosuunnitelman laatimisesta. Mallin objektit saadaan objektiluetteloista. [27, s. 21.]

#### 5.6.4 Geosuunnittelu

Geosuunnittelu liittyy tiiviinä osana maaperämallin suunnitteluun. Suunnittelualueella tehtävistä pohjatutkimuksista voidaan määritellä suunnittelualueelle vaadittavat pohjavahvistukset ja perustamisratkaisut. Geosuunnittelun tuloksena mallinnetaan yleiskuvauksia vaadittavista geoteknisistä toimenpiteistä, kuten paalutuksista, tukiseinistä ja tukimuureista yms.

#### 5.6.5 Muut liittyvät taitorakenteet

Siltapaikkaan liittyviä muita liittyviä taitorakenteita ovat muun muassa paalulaatat ja tukimuurit. Taitorakenteiden mallintamisessa käytetään samaa mallinnusperiaatetta, kuin siltojen mallintamisessa. Malli täsmentyy suunnitteluvaiheittain, kun esimerkiksi uudet pohjatutkimukset tai maastomittaukset täsmentävät lähtötietomallia. Mallit voidaan tehdä omina malleinaan, mutta ne tulee aina liittää osana yhdistelmämalliin.

## 6 Tietomallintamisessa ilmenevät haasteet

Tietomallinnusohjelmat kehittyvät jatkuvasti, ja mallintamiseen tarkoitetut työkalut monipuolistuvat kehityksen myötä. Ohjelmien uusia toiminnallisuuksia ei välttämättä päästä hyödyntämään riittävällä nopeudella, kun standardoituja tiedonsiirtoformaatteja ei pystytä samassa ajassa kehittämään kaikkien ohjelmien uusia toiminnallisuuksia tukeviksi. Tästä syystä osa suunnitteluohjelmassa rakenteille määritetyistä tiedoista saattaa



hävitä tiedonsiirtovaiheessa. Myös ohjelmien mallinnustekniset ominaisuudet saattavat muodostaa ongelman. Tässä tutkimuksessa keskitytään seuraavassa esitettyihin haasteisiin.

## 6.1 Mallinnustekniset haasteet

Ohjelmien tiedontallennusformaatit luodaan yleensä ohjelmistokehittäjien parhaaksi katsomalla tavalla. Ohjelma tallentaa luodut objektit ja tehdyt muutokset oletusarvoisesti omaan natiivitiedostomuotoonsa. Natiiveja tiedontallennusformaatteja voidaan laajentaa kattamaan ohjelman uusia toiminnallisuuksia, mikä saattaa johtaa yhteensopivuusongelmiin ohjelman eri versioiden välillä. Tähän viitaten ohjelmasta on hyvä olla käytössä viimeisin versio. Myös ohjelmien laajennuksia (työkaluja) tulisi päivittää tukemaan ohjelman uusinta versiota.

Mallinnettavien objektien monimutkaiset geometria-attribuutit saattavat asettaa haasteen oikeellisen tietomallin luomiselle. Lineaarisesti – esimerkiksi väylägeometrian mukaisesti – tai muuten muuttuvien geometristen muotojen mallintaminen on haasteellista. Lisäksi muuttuvien parametrien laskeminen ja määrittäminen voi olla hyvin työlästä ilman väyläsuunnittelijan apua. Raudoitusten mallintaminen tällaisiin objekteihin on huomattavasti työläämpää.

Tietomalleja yhdistäessä on hyvä tarkastaa liittyvien tekniikanalojen mallien vastaavuus todelliseen suunnittelutietoon esimerkiksi 2D-piirustuksista. Esimerkiksi vesihuollon suunnittelemien putkilinjojen on havaittu asettuvan joissakin mallinnus- ja tarkasteluohjelmissa eri korkeustasoon, kuin on suunniteltu. Tämä johtuu siitä, että vesihuollon suunnitteluohjelma voi määritellä putkilinjojen asetuspisteet esimerkiksi putken alapintaan ja toinen suunnitteluohjelma putken keskipisteeseen.

Raudoitusten mallintamiseen käytetään suunnitteluohjelmien raudoitustyökaluja. Raudoitustyökalulla voidaan muun muassa määritellä rauditusryhmälle käytettävän raudoitteiden halkaisija, muoto, keskiöetäisyys tai vaikkapa kokonaismäärä. Raudoituksen mallintaminen onnistuu yleensä ongelmitta, kun raudoitettavan objektin poikkileikkauksen nurkkapisteen attribuutit eivät muutu ja asetuspisteiden linjaus noudattaa suoraa viivaa. Raudoituksen mallintamisessa on havaittu hankaluuksia, jos jompikumpi edellä mainituista seikoista ei toteudu. Kaarevissa rakenteissa on havaittu pientä ongelmaa

sillan kannen poikittaisten raudoitteiden keskinäisissä etäisyyksissä toisiinsa nähden. Tällöin raudoitteiden väli saattaa kasvaa tai vähentyä muutamia millimetrejä, mutta ongelma ei ole systemaattinen. Ongelmaa on todettu ilmenevän kaarevilla osilla siinä vaiheessa, kun mallista mitataan raudoitteiden keskinäisiä etäisyyksiä toisiinsa suoraan, vaikka itse työkalussa raudoitejako olisikin asetettu oikein. Tällöin mallinnustyökalu saattaa määrittää raudoituksille väärät sijainnit. Ongelmalla ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta itse mallin tietosisältöön, jos mallinnettujen raudoitteiden sijainnit pääpiirteittäin, muodot ja määrä vastaavat suunnittelua raudoitusta.

Tietomallista otettuja detalji- ja leikkauspiirustuksia joudutaan yleensä muokkaamaan ja hienosäätämään käsin. Piirustuksiin joudutaan lisäämään tekstejä ja muita merkintöjä, jotka eivät keskustele tietomallin kanssa. Tällaisten merkintöjen päivittäminen täytyy tehdä manuaalisesti, jos malliin tehdään muutoksia.

## 6.2 Tiedonsiirron haasteet

Rakennusalan suunnittelu- ja tarkasteluohjelmat pystyvät lukemaan ja tallentamaan tietoa eri tiedonsiirtoformaateissa. Luonnollisesti kaikki ohjelmat eivät tue kaikkia tiedonsiirtoformaatteja. Yhteensopivuusongelmia syntyy, kun eri suunnittelunalojen tietomalleista pyritään luomaan yhdistelmämalli.

Eri suunnitteluohjelmissa luotujen objektien informaatiotiedot tallennetaan niiden omaan natiivitietoformaattiin. Yleiset tiedonsiirtoformaatit eivät kuitenkaan välttämättä tue kaikkea sitä tietosisältöä, jota niihin halutaan ohjelmasta tallentaa. Kaikki ohjelmat eivät myöskään lue kaikkea sitä tietosisältöä, jota tiedonsiirtoformaattiin on tallennettu toisesta ohjelmasta.

## 7 Ohjelmistojen tutkimus ja testaus

### 7.1 Testaamisen menettelytapa ja tavoitteet

Tarkasteluun otetaan yleisesti käytössä olevia ohjelmistoja. Tavoitteena on löytää luotettava tapa luoda yhdistelmämalli niin, että saadaan laadukas lopputulos. Lopputuloksen kannalta tärkeintä on käyttää ohjelmistoa, joka osaa hyödyntää eri tiedonsiirtofor-

maatteja monipuolisesti ja mahdollisimman virheettömästi. Ohjelmiston tulee myös tukea törmäystarkastelua sekä määrälaskentaa, ja siitä tulee voida tulostaa tarvittavat suunnitelmat ja dokumentit rakentamista silmälläpitäen.

Rakennusosien informaatiotiedon siirtymistä ohjelmasta toisen testataan eri tiedonsiirtoformaateilla. Ihanteellisessa tilanteessa kaikki haluttu tieto saadaan tallennettua ohjelmasta tiedonsiirtoformaattiin, ja tämä tietosisältö saadaan hyödynnettyä kokonaisuudessaan toisessa ohjelmassa.

## 7.2 Tiedonsiirron standardit

Tässä tutkimuksessa silta- ja taitorakennesuunnittelu jaetaan kahteen osaan; rakennus- ja infrasuunnitteluun. Tämän jaon mukaisesti suunnitteluohjelmistojen välinen tiedonsiirto perustuu kahdenlaiseen tiedonsiirtoformaattiin. Yleisesti infrasuunnittelussa suositetaan LandXML- tai Inframodel-tiedonsiirtoformaattia ja rakennussuunnittelussa IFC-tiedonsiirtoformaattia. Yksinkertaistettuna voidaan sanoa, että rakennussuunnittelussa mallinnetaan kolmiulotteisia kappaleita ja infrasuunnittelussa mallinnetaan tasopintoja. Tällaiset muodot ja attribuutit voidaan tallentaa useisiin tiedonsiirtoformaatteihin riippuen käytettävästä ohjelmasta. Tässä tutkimuksessa keskitytään IFC-, LandXML- ja Inframodel-formaatteihin. [28, s. 10.]

Tietomallien yhteensopivuusongelmien vähentämiseksi on luotu standardoituja yleisformaatteja tiedonsiirtoon. Yleiset tiedonsiirtoformaattit mahdollistaa luotettavan ja nopean tavan siirtää tietoa eri ohjelmien välillä. Näin menettelemällä saatetaan kuitenkin asettaa rajoituksia tiedonsiirrolle. Yleiset tiedonsiirtoformaattit on tarkoitettu palvelemaan koko rakennusalaan, jolloin yksittäisten ohjelmien ominaisuuksien tarpeita ei välttämättä voida sisällyttää tarvittavalla nopeudella tiedonsiirtoformaatteihin. Osa suunnitteluohjelmalla tuotetusta tiedosta voi hävitä tallennettaessa standardoituihin tiedonsiirtoformaatteihin. Nykyisten tarpeiden lisäksi tiedonsiirto pyritään säilyttämään pitkälle tulevaisuuteen. Näistä syistä tiedonsiirtoformaattien kehittämisessä on vahva painatus avoimeen tiedonsiirtoon. Tiedonsiirtoformaatti on syytä tehdä monipuoliseksi ja muokattavaksi sen sijaan, että siinä pyrittäisiin määrittämään turhan tarkasti tiedon esitystapaa. [28, s. 10.]

Yleisiä tiedonsiirtoformaatteja käytettäessä on huomioitava niiden kehittyminen. Tiedonsiirron tarpeet ja mahdollisuudet saattavat muuttua tietyn ajanjakson jälkeen, kun uusi standardoitu tiedonsiirtoformaatti syrjäyttää aikaisemmin käytössä olleet. Tällöin vanhassa formaatissa oleva tieto saattaa hävitä. Tiedonsiirtoformaatteja käytettäessä on syytä huomioida niiden elinikä arkistossa ja tarkoin harkittava myös suunnitelmien paperitulosteiden säilyttämistä. Mallinnettu tieto on myös tarpeen säilyttää suunniteluohjelman omassa natiivitiedostomuodossa. [28, s. 11.]

### 7.2.1 IFC

IFC-tiedonsiirtoformaatti on kansainvälisen International Alliance for Interoperabilityn (tunnetaan nykyään nimellä buildingSMART) kehittämä avoin ISO-standardoitu XML-pohjainen tiedostomuoto. IFC-tiedonsiirtoformaatin tiedostopääte on ".ifc". IFC on akronyymi englannin kielen sanoista Industry Foundation Classes, eli vapaasti suomennettuna "rakennuselementtien ja objektien luokittelujärjestelmä". Formaatin perusajatus on saavuttaa eri oliopohjaisten ohjelmistojen välinen objekti- ja parametrisyhteensopivuus rakentamisen suunnittelussa ja ylläpidossa. [29, s. 1.]

IFC suunniteltiin ja kehitettiin joustavaksi ja laajennettavaksi. Formaattiin voidaan alkuperäisen IFC-skeeman lisäksi lisätä tiettyihin tarkoituksiin soveltuvia lisämääritelmiä. Näitä lisämääritelmiä kutsutaan nimellä Model View Definition (MVD). Käytännössä tämä siis tarkoittaa, että voidaan määritellä, mitä IFC-muotoista tietoa eri toimijoiden välillä siirretään eri käyttötilanteissa. IFC-formaatista on julkaistu useita versioita. Nykyisin yleisin ohjelmistoissa käytössä oleva versio on IFC 2x3, vaikka sen seuraaja IFC4 (aikaisemmin nimeltään IFC 2x4) on julkaistu jo vuoden 2013 alussa. [30.]

Useimmat rakennusalan mallinnusohjelmat osaavat kirjoittaa ja/tai lukea IFC-tiedostoja, mutta silti yhteensopivuusongelmia on eri ohjelmistojen välillä. IFC-objektien ja elementtien määritykset eivät ole täydellisiä, vaan niitä kehitetään jatkuvasti. IAI (nykyisin buildingSMART) sertifioi ohjelmistot (kuva 14), jotka ovat IFC-yhteensopivia. Yleisten tiedostomuotojen sertifioinnista huolimatta malleja tutkittaessa on havaittu poikkeavuuksia avattaessa niitä eri ohjelmilla. IFC-sertifioinnilla ei olekaan tarkoitus taata täydellistä yhteensopivuutta kaikkien mahdollisten sertifioitujen ohjelmistojen välillä, vaan lähinnä varmistaa tietyssä määrin luottamus siihen, että ohjelmistot ovat yhteensopivia [32]. Mallinnusohjelmien ja lukemattomien eri objektien ominaisuuksien kirjosta johtuen kaiken tietosisällön siirtymistä toiseen ohjelmaan ei voida taata. On

todennäköistä, että jotakin tietoa saattaa kadota tiedonmuuntamisen aikana. Tästä syystä IFC-tiedostoihin tulee suhtautua varauksella, vaikka IFC-formaatti onkin jo muodostunut standardiksi talonrakennusalan tiedonsiirtoformaattina. [29, s. 1; 31.]



Kuva 14. IFC-sertifioidulla ohjelmistolla on oikeus logon käyttöön. [29.]

Tiedon siirtämistä natiivimuotoisesta tiedostosta toiseen tiedonsiirtoformaatin kautta voidaan tutkia eri menetelmillä. Hyvä menetelmä tutkia tiedon siirtymistä on tallentaa ohjelma A:ssa tiedosto IFC-formaattiin, joka luetaan toisessa ohjelmassa B. Ohjelma B muuntaa IFC-formaatissa luetun tiedoston omaan natiivimuotoiseen formaattiinsa. Sen jälkeen tiedosto tallennetaan IFC-formaattiin ohjelmalla B. IFC-tiedosto luetaan uudelleen ohjelmalla A. Tällä koejärjestelyllä saadaan selvitettyä, mitä mallissa on muuttunut tiedonsiirtojen seurauksena. Alkuperäistä ja siirrettyä tiedostoa verrataan keskenään ja selvitetään, onko muunto hävittänyt tietoja ja onko malliin tullut esimerkiksi lisää meta-tietoja. Mikäli ohjelmistot täyttävät IAI:n asettamat vaatimukset, saavat ne IFC-sertifikaatin. [31; 32.]

### 7.2.2 LandXML

LandXML-formaatti on kehitelty infrarakennusalan tarpeisiin. LandXML on avoin XML-pohjainen tiedonsiirtostandardi, jonka kehitystä on hallinnoinut LandXML-organisaatio. Formaatti kehitettiin samoista syistä, kuin IFC-tiedonsiirtoformaatti. IFC ei kuitenkaan soveltunut infrarakentamisen – muun muassa maanmittauksen ja suunnittelun – tiedonsiirto- ja tallennustarpeisiin, minkä vuoksi LandXML-organisaatio kehitti oman tiedonsiirtoformaatin vuonna 1999. [28, s. 13.]

Formaatista on julkaistu neljä versiota, joista uusin LandXML 1.2 julkaistiin vuonna 2008. LandXML-formaattiin voidaan tallentaa suunnittelu- ja mittaustietoa XML-muotoisina tekstitiedostoina. LandXML-formaatin skeema on määritelty niin, että vanhemmista LandXML-tiedostoversioista voidaan lukea tiedot uudempiin versioihin. LandXML on avoin formaatti, joten se ei ole riippuvainen käytettävästä ohjelmistosta tai tietyn yrityksen intresseistä. Formaatti ei määrittele, miten tiedot esitetään graafisesti, jolloin esitystavasta huolehtiminen jää ohjelmistojen määritettäväksi. Nämä ominaisuudet ovat tehneet formaatista ihanteellisen tiedonsiirtoon ja tiedon tallentamiseen. LandXML-tiedonsiirtoformaatti on vielä laajasti käytössä infrasuunnittelussa, mutta siihen perustuva Inframodel (IM) on vahvasti ottamassa tulevaisuuden jalansijaa alalla. [28, s. 13.]

### 7.2.3 Inframodel

Inframodel on suomalainen infrarakennusalan suunnittelua varten tehtetty tiedonsiirtoformaatti, joka perustuu LandXML-tiedonsiirtoformaattiin. Inframodel on LandXML-formaatin tavoin avoin menetelmä infratietojen siirtoon. Formaatti on kehitetty laajentamalla LandXML-formaatin skeemaa sopimaan suomalaisten suunnittelu- ja tiedonhallintatarpeisiin. [28, s. 13; 34.]

Formaatista on julkaistu kolme versiota. Ensimmäinen versio (IM1) julkaistiin vuosina 2002–2003. Tavoitteena oli parantaa silloisen juuri julkaistun LandXML 1.0 -formaatin havaittuja heikkouksia ja selvittää, soveltuuko se suunnitteluohjelmistojen väliseen tiedonsiirtoon. Tarkoituksena oli IFC- ja LandXML-tiedonsiirtoformaatin tavoin kehittää tiedonsiirtoa ja vähentää ohjelmistojen välisiä yhteensopivuusongelmia rakennusprojektin eri suunnitteluvaiheissa. IM1:n päätavoitteeksi asetettiin kyky tallentaa karttatietoa, pohjatutkimusdataa, maastomalleja, maaperämalleja, suunnitelmien otsikkotietoa, väylien geometriaa, poikkileikkaustietoa sekä vesihuoltoa koskevaa tietoa. [28, s. 14.]

Inframodel 2 (IM2) kehitettiin vuosina 2005–2006. Kehitysprojekti tehtiin yhteistyössä LandXML-organisaation kanssa. IM2-kehitysprojekti keskittyi IM1-formaatin parantamiseen ja määritelmien tarkentamiseen. IM2 laajennettiin myös tukemaan geosuunnittelua, vesihuollon ja vesiväylien suunnittelua sekä alue- ja ympäristösuunnittelua. Kehitysprojektissa huomioitiin myös LandXML 1.1 -tiedonsiirtoformaatin julkaisu, ja tähän varauduttiin ylläpito- ja jatkokehityssuunnitelmalla, jonka lopputuotteena saatiin seuraava Inframodel-versio. [28, s. 14.]

Inframodel 3 (IM3) julkaistiin vuonna 2013, ja se on formaatin ensimmäinen versio, jota kokeiltiin perusteellisesti pilotointiprojekteissa vuoden 2013 aikana. Kokeiluun sisältyi myös ohjelmistojen ristiintestaus, jota esitellään luvussa 7.2.1, eli käytännössä formaatilla testattiin ohjelmistojen yhteensopivuutta. Formaatin tavoitteeksi on asetettu sen laajamittainen hyödyntäminen koko infra-alalla Suomessa. Visiona on täysin yhtenäinen tiedonsiirtokäytäntö infrarakennusalaalla. IM3 perustuu viimeisimpään LandXML 1.2 -versioon, ja IM3 on laajennettu soveltumaan myös kuvaamaan väylien varusteita, kuten kaiteita, aitoja, jalustoja ja ratatietoja. [28, s. 15; 34.]

Inframodel 4 (IM4):n kehitystyö alkoi IM3:n julkaisun yhteydessä. IM4-tiedonsiirtoformaattia on tarkoitus kehittää soveltumaan infra-siltoihin, paalutukseen, stabilointeihin, liikenteenohjaukseen, johtoihin ja kaapeleihin yms. Myös IM4:ää seuraava Inframodel 5 (IM5) on suunnitteluasteella. IM5:een on tarkoitus liittää tunnelirakenteet, opastin- ja turvalaitteet ja määrätiedon hallinta. [33.]

### 7.3 Testatut ohjelmat ja niiden ominaisuudet

Tutkittavaksi otetaan yleisesti käytettyjä tietomallinnusohjelmia. Tutkimus suoritetaan tietomallien yhteensovittamista silmälläpitäen, eikä tutkimuksessa oteta kantaa siihen, miten yksittäisiä tietomalleja tuotetaan. Suunnitteluohjelmistoista esitetään niiden käyttötarkoitus sekä joitain olennaisia ominaisuuksia ja työkaluja. Lisäksi tutkitaan ohjelmistoja, joihin lopullinen yhdistelmämalli eli koordinointimalli tulisi toteuttaa.

Ohjelmien tiedonsiirtoformaatteja esitetään liitteessä 2.

#### 7.3.1 Tekla Structures (versio 19.1)

Tekla Structures (TS) on monipuolinen ja visuaalinen suunnitteluympäristö, johon voidaan luoda yhdistelmämallia. Ohjelmisto toimii oliopohjaisesti ja siitä löytyy erittäin laaja objektikatalogi, joten se soveltuu erinomaisesti rakennesuunnitteluun. Ohjelmistoon voidaan tuoda pintamalleja referensseinä, tai vaihtoehtoisesti importoida pintamalli (esim. kolmioverkko dwg-tiedostomuodossa) TS:n omaan natiivimuotoon erillisen työkalun avulla.

Loppuvuodesta 2013 TS:ään julkaistiin Tekla Civil Integration -työkalu, jonka avulla voidaan tuoda Tekla Civilistä väylien, maastomallien ja maaperämallien pintamalleja TS:ään joko TS:n natiivimuodossa tai referensseinä. Työkalun avulla muunnos voidaan tehdä myös toiseen suuntaan, eli viedä esimerkiksi sillan kannen rakenne Tekla Civiliin. Tekla Structures ja Tekla Civil toimivat käytännössä aina eri koordinaattimaailmassa, – TS-mallin ollessa mielivaltaisessa paikalliskoordinaatistossa x- ja y-suunnassa, ja TC-mallin ollessa todellisessa kunnan koordinaatistossa – joten työkalun avulla joudutaan tekemään koordinaattimuunnos. Työkalu lukee pinnat suoraan Tekla Civilin mallikansiosta, joka käytännössä tarkoittaa sitä, että Tekla Structures ja Tekla Civil -mallien tulee olla samassa verkossa.

Suunnitteluprosessin aikana lähtötiedot voivat muuttua tai täsmentyä, joten muiden tekniikkalajien tietomallit on järkevintä tuoda TS:ään referensseinä, jos niitä ei ole tarkoitus muokata Tekla Structures -ympäristössä. Tällöin vältetään tilanteelta, jossa ”vanhentuneet” rakenteet, pinnat yms. joudutaan poistamaan yksitellen tietomallista ja korvaamaan uusilla. Vaihtoehtoinen menetelmä on muuntaa siirrettävä data TS:n omaan natiivimuotoon. Tätä menetelmää käytettäessä kannattaa kuitenkin tuoduille objekteille antaa esimerkiksi sama *Class*, jolloin voidaan haluttaessa piilottaa tai poistaa tuodut rakenteet tai pinnat. Tekla Civil Integration -työkalulla tuodut pinnat joudutaan – menetelmästä riippumatta – poistamaan manuaalisesti ja korvaamaan uusilla.

### 7.3.2 Tekla Civil

Tekla Civil (TC) on infrarakenteiden suunnitteluun käytettävä tietomallinnusohjelma, jossa on kattavat muokkaustyökalut infrastruktuuritiedon hallintaan. Ohjelmalla voidaan suunnitella muun muassa väylämäisiä ja aluemaisia infrastruktuurirakenteita jatkuvaa 3D-mallia hyödyntäen. Väylämäisiä suunnittelukohteita ovat esimerkiksi valtatie, rautatie, kadut, tunnelit ja putkikaivannot. Aluemaisia suunnittelukohteita ovat esimerkiksi kiertoliittymät, pysäköintialueet, kaivaukset ja kiitoradat. Ohjelmalla saadaan tuotettua malli, joka muodostuu rakennekerroksien rajapinnoista, joiden avulla ohjelma tekee tarkat massa- ja määrälaskennat, työmaamittauksen ja 3D-visualisoinnin. Tekla Civilissä on myös sovellukset varuste- ja viheraluesuunnitteluun, putkilinjojen suunnitteluun, pohjatutkimuksiin, maastomallin luomiseen ja työmaatoimintoihin, kuten koneohjaukseen.



Ohjelma soveltuu siltapaikan suunnittelualueen väylä- ja aluemallin luomiseen. Mallista voidaan luoda esimerkiksi LandXML-siirtoformaattissa oleva tiedosto, jota voidaan hyödyntää sillan suunnittelussa lähtötietomallina. Ohjelma tukee myös viimeisintä Inframodel 3 -tiedonsiirtoformaattia. Tekla Civil Integration -työkalulla voidaan tuoda sillan tuotemallista sillan kannen ylä- ja alapinnat Tekla Civiliin. Täysin pystysuorien pintojen tuonti on kuitenkin mahdotonta, sillä ohjelma ei hyväksy kahta eri pistettä samassa x- ja y-koordinaatissa. Tästä syystä esimerkiksi pystysuoria seiniä tai pilareita ei voida lukea ohjelmaan. Ongelma ratkeaa, kun pystysuoralle objektille annetaan esimerkiksi yhden millimetrin vinous pystysuunnassa.

### 7.3.3 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on yhdistelmämallien tarkasteluun hyvin soveltuva ilmaisohjelma. Kaikki rakennusprojektin osapuolet voivat yhdistää mallinsa, tehdä törmäystarkastelut ja jakaa tietoa yhdessä samassa BIM-ympäristössä. Ohjelman avulla projektin osapuolet voivat tunnistaa ja ratkaista ongelmatilanteita ja suunnitteluvaiheessa ennen rakennustöiden alkamista. Ohjelmaan voidaan lukea tietoa yleisimpien tiedonsiirtoformaattien (IFC, XML) lisäksi muun muassa DGN- ja DWG-muodossa.

Ohjelmassa ei ole mallinnustyökaluja, eli avattuja malleja ei voida muokata. Sen sijaan yksittäisistä avatuista tietomalleista (IFC) voidaan tehdä projektikokonaisuus. Tämän kokonaisuuden muodostamiseen tarvittava tieto tallennetaan TeklaBimsightProject-tiedostoon (TBP). Näin kokonaisuutta ei tarvitse kastata jokaisella kerralla uudestaan, kun ohjelma avataan ja halutaan tarkastella projektia.

### 7.3.4 Bentley Navigator V8i

Bentley Navigator on monipuolinen katseluohjelma, jolla voidaan hyödyntää suunnitteluohjelmilla luotua dataa. Ohjelmalla voidaan katsella 2D- ja 3D-dataa ja rasteritiedostoja sekä tutkia niihin liitettyä attribuuttitietoa. Ohjelma soveltuu hyvin yhdistelmämallien tarkasteluun. Törmäystarkastelun avulla voidaan tehdä mallien sisäisiä tai mallien välisiä tarkasteluja. Lisäksi törmäystarkasteluun voidaan ottaa haluttuja osakokonaisuuksia. Malleihin voidaan tehdä punakynämerkintöjä ja niistä voidaan tehdä 2D- ja 3D-PDF-tulosteita.

Ohjelmassa ei ole mallinnustyökaluja, mutta linkitetyistä (referenssit) malleista voidaan muodostaa projektikokonaisuus. Projekti voidaan tallentaa OVERLAY.DGN-tiedostoon.

### 7.3.5 AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D -ohjelmassa on kattavat työkalut infrarakenteiden suunnitteluun ja mallintamiseen. Ohjelmalla voidaan suunnitella ja mallintaa väylämäisiä ja aluemaisia infrastruktuurirakenteita. Ohjelmalla saadaan tuotettua malli, joka muodostuu rakennekerroksien rajapinnoista. Mallintaminen tapahtuu valmiista lähtötietodatasta kuten pistepilvestä luodun ”näkömän” muokkaamiseen, eli tehdyt muutokset eivät vaikuta lähtötietomalliin. Jos lähtötietomalliin tehdään muutoksia, päivittyvät nämä myös halutessa Civil 3D:n suunnittelumalliin.

Ohjelmaa käyttävien suunnittelijoiden välinen tiedonsiirto tapahtuu yhteisessä projektitietokannassa, joka tulee määrittää jokaisen projektin alussa. Tietokantaan tallennetaan viittauksia (data shortcuts) tehdyistä malleista, jolloin suunnittelun eri osapuolet saavat toistensa mallit käyttöönsä referensseinä.

Mallista voidaan tallentaa LandXML-muotoista dataa, jota voidaan hyödyntää lähtötietoineistona muiden tekniikanalojen malleissa.

### 7.3.6 Revit Structure

Revit Structure on rakennusalan tietomallintamiseen tarkoitettu oliopohjainen suunnitteluohjelma. Revit sisältää ominaisuuksia arkkitehtisuunnittelua, mekaniikan, sähköjärjestelmien, putkituksen ja rakenteiden teknistä suunnittelua sekä rakentamista varten. Ohjelma sisältää kattavan ja laajennettavan objektitietokatalogin. Tiedonsiirto Autodeskin eri suunnitteluohjelmien välillä on helppoa ja luotettavaa. Ohjelmaan voidaan siirtää esimerkiksi Civil 3D:llä toteutettu inframalli. Tuettuja tiedonsiirtoformaatteja ovat muun muassa IFC- ja LandXML-formaatit.

Revitissä on mahdollisuus määrittää projektille erikseen paikallis- ja maailmankoordinaatistot. Tällöin mallin osille voidaan määrittää tiedonsiirtoformaattiin tallennettaessa niiden todellisen sijainnit maailmankoordinaatistossa. Näin vältetään tilanteelta, jossa joudutaan jälkikäteen siirtämään mallin osat haluttuun paikkaan yhdistelmämallissa.

Koordinaattimuunnos voidaan tehdä myös mallille, joka on tuotu ohjelmaan IFC-formaatissa, ja malli voidaan tallentaa uusilla tiedoilla uuteen IFC-tiedostoon.

## 8 Tietomallien yhteensovittamisen menetelmät

Alun perin kaksiulotteista suunnittelua tukevat ohjelmistot ovat ajan myötä päivittyneet tukemaan kolmiulotteisten viivojen ja muotojen piirtämistä ja mallintamista. Ohjelmat ovat oletusarvoisesti pystyneet jakamaan tietoja keskenään, kun näillä geometrisilla piirustusobjekteilla ei ole ollut lisämääritelmiä, kuten materiaalitietoja, rakennusosatie-toja, suhteita toisiin objekteihin yms. Ohjelmien natiivimuotoiset tiedostot muuttuvat yleensä lukukelvottomiksi toisille ohjelmille, kun näitä tietoja määritetään ohjelman ob-jekteille. Tämä aiheuttaa eri ohjelmien yhteensovivuusongelmia. Yleisiä tiedonsiirto-formaatteja on kehitetty vähentämään näitä yhteensovivuusongelmia. Tässä luvussa selvitetään eri ohjelmistojen välisen tiedonsiirron luotettavuutta yleisillä tiedonsiirtofor-maateilla.

Tutkimustuloksia esitetään liitteessä 3. Liitteessä 4 esitetään eri tekniikanalojen tieto-mallien yhdistämiseen soveltuvia tiedonsiirtoformaatteja.

### 8.1 Menetelmien testaus

Eri ohjelmien tiedonsiirron luotettavuutta testataan tallentamalla kussakin ohjelmassa mallinnettu tietomalli tiedonsiirtoformaattiin. Tiedonsiirtoformaatti avataan referenssinä samassa ohjelmassa, jolloin voidaan luotettavasti tutkia, mitä tietosisältöä formaattiin on tallentunut. Tämän jälkeen tiedonsiirtoformaatti avataan seuraavassa ohjelmassa. Näin menettelemällä saadaan tietoon, mitä tietosisältöä siirtyy tiedonsiirtoformaatin rajoissa ohjelmasta toiseen. Tutkimuksessa selvitetään myös, mitä tiedonsiirtoformaat-teja eri ohjelmat lukevat ja tallentavat.

### 8.2 Tulokset

Tutkimuksen tuloksena havaittiin, että tiedonsiirtoformaatteihin tallentuu hyvinkin katta-vasti tietoa, vaikka ne eivät välttämättä tue vielä ohjelmien uusimpia toiminnallisuuksia. Havaittiin, että kaikki ohjelmat eivät hyödynnä kaikkea tiedonsiirtoformaattiin tallenne-

tusta informaatiosta. Tietomallinnusohjelmiin kehitetään jatkuvasti uusia ominaisuuksia ja työkaluja. Tästä syystä joissakin ohjelmissa ei voida hyödyntää aivan kaikkea toisen ohjelman tietosisällöstä, – esimerkiksi uudenlaisia objekteja tai niiden informaatiotietoja – vaikka tarvittava informaatio löytyy tiedonsiirtoformaateista.

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että luotettavaan tiedonsiirtoon päästään käyttämällä IFC- ja LandXML-tiedonsiirtoformaatteja. Pintamallien siirtoon soveltuvien DGN- ja DWG-formaattien käyttöä tulee harkita, sillä niihin ei voida määrittää geometrian lisäksi juuri muuta informaatiotietoa.

## 9 Johtopäätökset ja yhteenveto

Insinööriytyössä oli tarkoituksena kehittää toimintamalli siltapaikan yhdistelmämallin eli koordinoitumallin luomiseen tilaajan tarpeita ja käytännön tietomallintamista silmälläpitäen. Tarkoituksena oli siis selvittää, miten siltapaikan yhdistelmämalli muodostuu ja miten tietomallien yhteensovittaminen käytännössä tapahtuu. Tämä tapahtui selvittämällä eri ohjelmien ominaisuuksia, jonka lisäksi tutkittiin yleisten tiedonsiirtoformaattien toimivuutta käytännössä. Tavoitteena oli löytää luotettava tiedonsiirtomenetelmä eri tietomallinnusohjelmien välillä.

Käytännön tietomallinnuksesta oli jo omakohtaista kokemusta työn alussa, joten tutkimusongelmiin päästiin nopeasti käsiksi. Yleisimmät tiedonsiirron ja mallinnustekniset haasteet olivat tiedossa. Työn aikana havaittiin myös joitakin uusia – lähinnä mallinnusteknisiä – haasteita. Haasteisiin vastattiin kirjallisista lähteistä sekä keskusteluista saadun tiedon avulla. Lisäksi käytännön mallintamista ja tiedonsiirtoa testattiin alalla yleisesti käytössä olevilla tietomallinnusohjelmilla ja tiedonsiirtoformaateilla. Työssä ei niinkään pyritty ratkaisemaan kaikkia ongelmakohtia, vaan tarkoituksena oli lähinnä selvittää, mitä haasteita käytännön tietomallinnus infrasuunnittelussa asettaa, ja miten siltapaikan yhdistelmämalli saadaan luotua ajankohtaisilla työkaluilla.

Tietomallintaminen tuo useita etuja perinteiseen kaksikulotteiseen suunnitteluun verrattuna. Merkittävä tietomallin hyödyntämiskeino on sen visuaalisuus. Tietomalliin voidaan halutessa liittää suunnittelukohteen kaikki tiedot, kun taas piirustus- ja dokumenttipohjaisessa suunnittelussa kohteen tiedot ovat hajallaan eri tiedostoissa. Kun kohteen tiedot löytyvät samasta mallista, voidaan mahdolliset ristiriidat mallien välillä havaita hel-

pommin. Tämän lisäksi mallin osat (objektit) sisältävät informatiivista tietoa, kuten osan nimen, materiaalin, tilavuuden yms. Monimutkaisesti parametrisointujen objektien luominen tietomalliin on kuitenkin todettu olevan haasteellista. Kaksiulotteisessa suunnittelussa ongelmaa ei ole, koska menetelmä perustuu taso- ja leikkauspiirustusten laatimiseen. Voisi siis sanoa, että suunnittelijan on helpompi piirtää havainnollistava leikkauskuva rakenteesta, kuin mallintaa se.

Perinteinen kaksiulotteinen suunnittelu ei katoa tietomallintamisen tieltä vielä aivan lähivuosina, eikä siitä tule täysin luopuakaan. Käytännön tietomallintaminen helpottuu huomattavasti, kun rakennettavasta kohteesta on laadittu kaksiulotteiset taso- ja leikkauspiirustukset, joissa rakenteille on määriteltä niiden sijainnit ja linjaukset hankkeessa käytettävässä koordinaatistossa. Joka tapauksessa siirtyminen tietomallintamiseen on väistämätön kehitysaskel infrasuunnittelussa.

Eri suunnittelunalat tuottavat yleensä omat tietomallinsa. Kun nämä mallit liitetään toisiinsa, puhutaan yhdistelmämallista. Yhdistelmämallista hankkeen jokainen osapuoli – niin suunnittelija, rakennuttaja, urakoitsija kuin käyttäjäkin – saa kokonaiskuvan rakennusprojektista. Heti hankkeen alussa on sovittava yhteisistä pelisäännöistä, jotta eri suunnittelunalojen tietomallit saadaan keskustelemaan keskenään. Hankkeen alussa on ensikädessä määriteltävä projektissa käytettävä koordinaatisto, jota jokaisen suunnittelijan tulee käyttää omissa malleissaan. Näin menettelemällä suunnittelijat voivat hyödyntää muiden tekniikanalojen suunnitelmia omissa malleissaan. Lisäksi yhdistelmämallin muodostaminen helpottuu.

Edellytyksenä tietomallipohjaiselle suunnittelulle on, että suunnittelun eri osapuolet määrittävät yhteisen tiedonsiirtotavan, jotta mallien yhdistäminen on käytännössä mahdollista. Hankkeen kaikki tietomallit tulee toteuttaa hyvää mallinnustapaa noudattaen. Näin menettelemällä haluttu tieto saadaan jaettua hankkeen eri osapuolille luotettavasti. Tiedonsiirtoon tulisi käyttää yleisesti sovittuja tiedonsiirtoformaatteja. Näin varmistetaan, että hankkeen kaikki osapuolet saavat avattua muiden suunnittelijoiden luomia tietomalleja. Yleisiä tiedonsiirtoformaatteja ovat esimerkiksi IFC, LandXML ja Inframodel. Tässä työssä keskityttiin selvittämään näiden tiedonsiirtoformaattien ominaisuuksia ja toimivuutta käytännössä.

Yleisiä tiedonsiirtoformaatteja tutkimalla saatiin selville, että niillä saadaan tallennettua ja jaettua riittävän kattavasti tietoa mallinnetuista rakennusosista. Ehdottoman tärkeitä

tietoja ovat osan geometria, tyyppi, nimi ja jotkin metatiedot, mm. materiaalitiedot. Yleisiä tiedonsiirtoformaatteja käyttämällä voidaan varmistua siitä, että mahdollisimman moni infra-alan tietomallinnus- ja katseluohjelma voi keskustella keskenään. Ohjelmistontarjoajien omien ohjelmien väliseen tiedonsiirtoon tarkoitetut siirtoformaatit harvoin soveltuvat toisten ohjelmistontarjoajien ohjelmien käytettäväksi. Formaattit ovat yleisesti standardoituja ja tarkoitettu palvelemaan koko rakennusala, jolloin yksittäisten ohjelmien toiminnallisuuden tarpeita ei kyetä riittävällä nopeudella sisällyttämään niihin. Tästä syystä osa suunnitteluohjelmalla tuotetusta tiedosta saattaa hävitä tallennettaessa standardoituihin tiedonsiirtoformaatteihin. Tutkimuksen tuloksena kuitenkin todettiin, että standardoituja tiedonsiirtoformaatteja voidaan yleisesti pitää luotettavimpana tapana siirtää suunnittelutietoa hankkeen jokaisen osapuolen hyödynnettäväksi.

Tutkimuksessa kerättiin laajasti tietoa ajankohtaisista tietomallivaatimuksista, käytännön tietomallintamisesta sekä tietomallinnuksen haasteista, joten tietomallintamiseen perehtymätönkin saa tätä työtä lukemalla kuvan siitä, mistä tietomallintamisesta on kyse. Myös tietomallintamiseen perehtynyt voi saada arvokasta lisätietoa mallintamisesta. Tämän lisäksi työstä saatiin käytännön mallintamista silmälläpitävä tietopaketti, jota voidaan soveltaa siltapaikan tietomallien yhteensovittamista koskevien suunnitteluohjeiden laatimiseen.

## Lähteet

- 1 Tietomallintaminen uudistaa infra-alan. 2013. Verkkodokumentti. <[http://www.rts.fi/infrabim/infrabim\\_uusi/](http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/)>. Haettu 7.1.2014.
- 2 Siltojen tietomalliohje. 2014. Verkkodokumentti. <[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2014-06\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf)>. Haettu 6.3.2014.
- 3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Yleinen osuus. Verkkodokumentti. Rakennustieto. Haettu 13.12.2013.
- 4 Penttilä, Hannu, Nissinen, Sampsa, Mittaviiva Oy & Niemioja, Seppo, System-Studio Oy. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 13.1.2014.
- 5 Tietomallinnus. 2013. Verkkodokumentti. RIL. <<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>>. Haettu 9.12.2013.
- 6 Rakennuksen tietomalli. 2013. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennuksen\\_tietomalli](http://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennuksen_tietomalli)>. Haettu 9.12.2013.
- 7 Tietomallinnus. 2007. Verkkodokumentti. Maisema-arkkitehtuuri. <<http://www.maisema-arkkitehtuuri.com/sorvali/tietomallinnus/>>. Haettu 18.12.2013.
- 8 Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa. 2004. Verkkodokumentti. Pro IT. <<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>>. Haettu 19.12.2013.
- 9 Tuhola, Esa & Viitanen, Kristiina. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Jyväskylä: Tammertekniikka. Haettu 8.1.2014.
- 10 Maastomalli. 2012. Verkkodokumentti. Lauri Kopposela. <<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40484/Kopposela%20Lauri.pdf?sequence=1>>. Haettu 19.12.2013.
- 11 Yhdistelmämallit. 2013. Verkkodokumentti. Grandlund. <<http://www.granlund.fi/suunnittelu/tietomallinnus/yhdistelmamallit/>>. Haettu 10.12.2013.
- 12 Hietanen, Jiri. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 8.1.2014.
- 13 Virtanen, Juuso. 2011. Väylähankkeen lähtötietomalli ja sen muodostaminen. Haettu 22.1.2014.

- 14 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Rakennesuunnittelu. Verkkodokumentti. Rakennustieto. Haettu 27.12.2013.
- 15 PRE/InfraBIM tietomallivaatimukset ja -ohjeet, Osa 4: Rakennemallit. 2013. Verkkodokumentti.  
<[http://www.infrabim.fi/infrabim\\_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM\\_Mallinnusohjeet\\_OSA\\_4\\_20092013.pdf](http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM_Mallinnusohjeet_OSA_4_20092013.pdf)>. Haettu 29.1.2014.
- 16 Tuuhea, Sami. 2010. Tietomalli pääsuunnittelijan apuna. Verkkodokumentti.  
<<http://lib.tkk.fi/Reports/2010/urn100326.pdf>>. Haettu 10.2.2014.
- 17 Tietomalliviestintä. 2013. Verkkodokumentti. Liikennevirasto.  
<[http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/urakoitsijat\\_suunnittelijat/tietomallit/tietomalliviestinta](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/urakoitsijat_suunnittelijat/tietomallit/tietomalliviestinta)>. Haettu 9.12.2013.
- 18 Suunnitteluohje: Taitorakenteiden tietomallinnusohje. 2013. Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Haettu 22.1.2014.
- 19 Liukas, Juha, Virtanen, Juuso. 2013. PRE/InfraBIM vaatimukset ja ohjeet, Osa 2.0, Lähtötiedot. Sito Oy. Haettu 22.1.2014.
- 20 InfraBIM tietomallivaatimukset ja -ohjeet, Osa 2: Lähtötietomalli. 2012. Verkkodokumentti.  
<[http://www.rts.fi/infrabim/infrabim\\_uusi/mallinnusohjeita/12\\_08\\_24\\_InfraBIM\\_Mallinnusvaatimukset\\_osa2\\_LUONNOS.pdf](http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/mallinnusohjeita/12_08_24_InfraBIM_Mallinnusvaatimukset_osa2_LUONNOS.pdf)>. Haettu 22.1.2014.
- 21 Sillansuunnittelun lähtötiedot. 2005. Verkkodokumentti. Tiehallinto.  
<<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sillansuunnittelunlahtotiedot2005.pdf>>. Haettu 20.2.2014.
- 22 Siltapaikkojen luokitusohje. 2013. Verkkodokumentti. Liikennevirasto.  
<[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2013-09\\_siltapaikkojen\\_luokitusohje\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-09_siltapaikkojen_luokitusohje_web.pdf)>. Haettu 20.2.2014.
- 23 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Laadunvarmistus. Verkkodokumentti. Rakennustieto. Haettu 13.12.2013.
- 24 Törmäystarkastelu. 2013. Verkkodokumentti. Novapoint.  
<[http://wiki.novapoint.com/doku.php/fi:np:virtual\\_map:menu:viewer:clash](http://wiki.novapoint.com/doku.php/fi:np:virtual_map:menu:viewer:clash)>. Haettu 10.12.2013.
- 25 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Määrälaskenta. Verkkodokumentti. Rakennustieto. Haettu 27.12.2013.



- 26 PRE/InfraBIM tietomallivaatimukset ja -ohjeet, Osa 3: Mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa ennen rakennussuunnitelman laadintaa. 2013. Verkkodokumentti.  
<[http://www.infrabim.fi/infrabim\\_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM\\_Mallinnusohjeet\\_OSA\\_3\\_Mallinnus\\_hankkeen\\_eri\\_vaiheissa\\_131129.pdf](http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM_Mallinnusohjeet_OSA_3_Mallinnus_hankkeen_eri_vaiheissa_131129.pdf)>. Haettu 13.3.2014.
- 27 Kemppainen, Liisa. 2012. Infrahankkeen 3D-tuotemallinnusprosessin arviointi ja kehittäminen. Verkkodokumentti.  
<[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41059/Insinoorityo\\_LKemppainen\\_2012.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41059/Insinoorityo_LKemppainen_2012.pdf?sequence=1)>. Haettu 22.1.2014.
- 28 Horn, Frans. Rakennustuotemallit kalliorakennuskohteiden suunnittelun ja rakentamisen apuvälineinä. Haettu 7.3.2014.
- 29 IFC-tiedonsiirto. 2011. Verkkodokumentti. Micro Aided Design.  
<<http://www.mad.fi/mad/tiedostot/pdf/kasikirja14/YS.IFC.pdf>>. Haettu 13.1.2014.
- 30 Standardit. 2014. Verkkodokumentti. BuildingSMART Finland.  
<<http://www.buildingsmart.fi/5>>. Haettu 13.1.2014.
- 31 Lipman, Robert, Palmer, Mark & Palacios, Sebastian. 2011. Assessment of conformance and interoperability testing methods used for construction industry product models. Automation in construction 20 (2011), s. 418-428. Haettu 13.1.2014.
- 32 Certification details. 2010. BuildingSMART. <<http://www.buildingsmart-tech.org/certification>>. Haettu 13.1.2014.
- 33 Liukas, Juha. Built Environmen Process Reengineerin (PRE): Inframodel3-tiedonsiirtoformaatin käyttöönottoprojekti – työpaja 12.12.2012. Sito Oy. Power-Point-esitys.  
<[http://www.inframodel.fi/docs/tyopaja/IM3\\_Tyopaja1\\_Inframodel3\\_kayttoonotto.pdf](http://www.inframodel.fi/docs/tyopaja/IM3_Tyopaja1_Inframodel3_kayttoonotto.pdf)>. Haettu 7.3.2014.

## Osien numerointi ja nimeäminen

Sillan mallinnuksessa käytettävät Phase:t

Phase:	Nimi:
100	Maatuki T1
200	Maatuki T4
310	Välituki T2
320	Välituki T3
400	Päällysrakenne
600	Varusteet ja laitteet
700	Liittyvät rakenteet
900	Muut siltapaikan rakennusosat
1000	Muu mallinnusteknillinen tieto (referenssi)

Class:	Nimi:
99*	Maaston/Väylien pinnat
202*	Paaluantura
203*	Paaluantura
204*	Paalun betonitäyte
205*	Pilari
207*	Laakeripalkki
210*	Etumuuri
250*	Kansi
251*	Reunapalkki
253*	Siipimuuri
254*	Jälkivalu
255*	Pintarakenne
281*	Siirtymälaatta
282*	Paalukärki
283*	Teräskaide
284*	Laakeri/varaus
285*	Kuivatuslaitteet
286*	Varusteet/laitteet
287*	Varusteet/laitteet
288*	Varusteet/laitteet
390*	Jänneteräs/suojaputki
391*	Jänneankkuri

## Raudoituksen class

Class:	Nimi:
500*	Jälkivalu pääteräs
501*	Jälkivalu haka
504*	Tartunta
511*	Siipimuuri pystyteräs
512*	Siipimuuri vaakateräs
513*	Siipimuuri pystyteräs
514*	Siipimuuri vaakateräs
515*	Siipimuuri haka
516*	Siipimuuri haka
521*	Palkin sivupinnan teräs
522*	Palkin alapinnan teräs
523*	Palkin yläpinnan teräs
524*	Palkin haka
525*	Palkin lisäteräs
530*	Paalu pystyteräs
531*	Paalu kierrehaka
540*	Päätypalkin etupinnan pystyteräs
541*	Päätypalkin etupinnan vaakateräs
542*	Päätypalkin takapinnan pystyteräs
543*	Päätypalkin takapinnan vaakateräs
544*	Päätypalkin haka
545*	Päätypalkin lisäteräs
570*	Alusrakenteet pystyteräs
571*	Alusrakenteet vaakateräs
572*	Alusrakenteet pystyteräs
573*	Alusrakenteet vaakateräs
574*	Alusrakenteet haka
575*	Alusrakenteet lisäteräs
581*	Kannen yläpinnan pitkittäisteräs
582*	Kannen yläpinnan poikittaisteräs
583*	Kannen alapinnan pitkittäisteräs
584*	Kannen alapinnan poikittaisteräs
584*	Reunapalkki vaakateräs
591*	Reunapalkki haka
592*	Reunapalkki lisäteräs

## Referenssien class

Class:	Nimi:
2	Mittapiste
4	TSV
5	Pääpiste
6	Paalukulma

## **Ohjelmien tiedonsiirtoformaatit**

Tähän liitteeseen on kirjattu testattujen ohjelmien tiedonluku- ja tiedontallennusformaatteja. Kolmiulotteisen mallintamisen kannalta olennaisia tiedonsiirtoformaatteja esitetään ohjelmistokohtaisesti seuraavassa:

### **Tekla Structures 19.1**

Lukuformaatit:

IFC, DWG, DGN

Tallennusformaatit:

IFC, 3D DWG, 3D DGN

### **Tekla Civil**

Lukuformaatit:

Inframodel XML, DWG, DGN

Tallennusformaatit:

Inframodel XML, DWG, DGN + kuvatulostus

### **Tekla BIMsight**

Lukuformaatit:

IFC, DWG, DGN

Tallennusformaatti:

TBP \*

### **Bentley Navigator**

Lukuformaatit: IFC, DWG, DGN, 3DS, 3DM

Tallennusformaatti: OVERLAY.DGN \*

### **AutoCAD Civil 3D**

Lukuformaatit: DWG, DGN, XML

Tallennusformaatit: DWG, DGN, XML

### **AutoCAD Revit**

Lukuformaatit: RVT, DWG, DGN, IFC, PCG (pistepilvi)

Tallennusformaatit:

RVT, IFC, DWG, DGN, NWC (Navisworks)

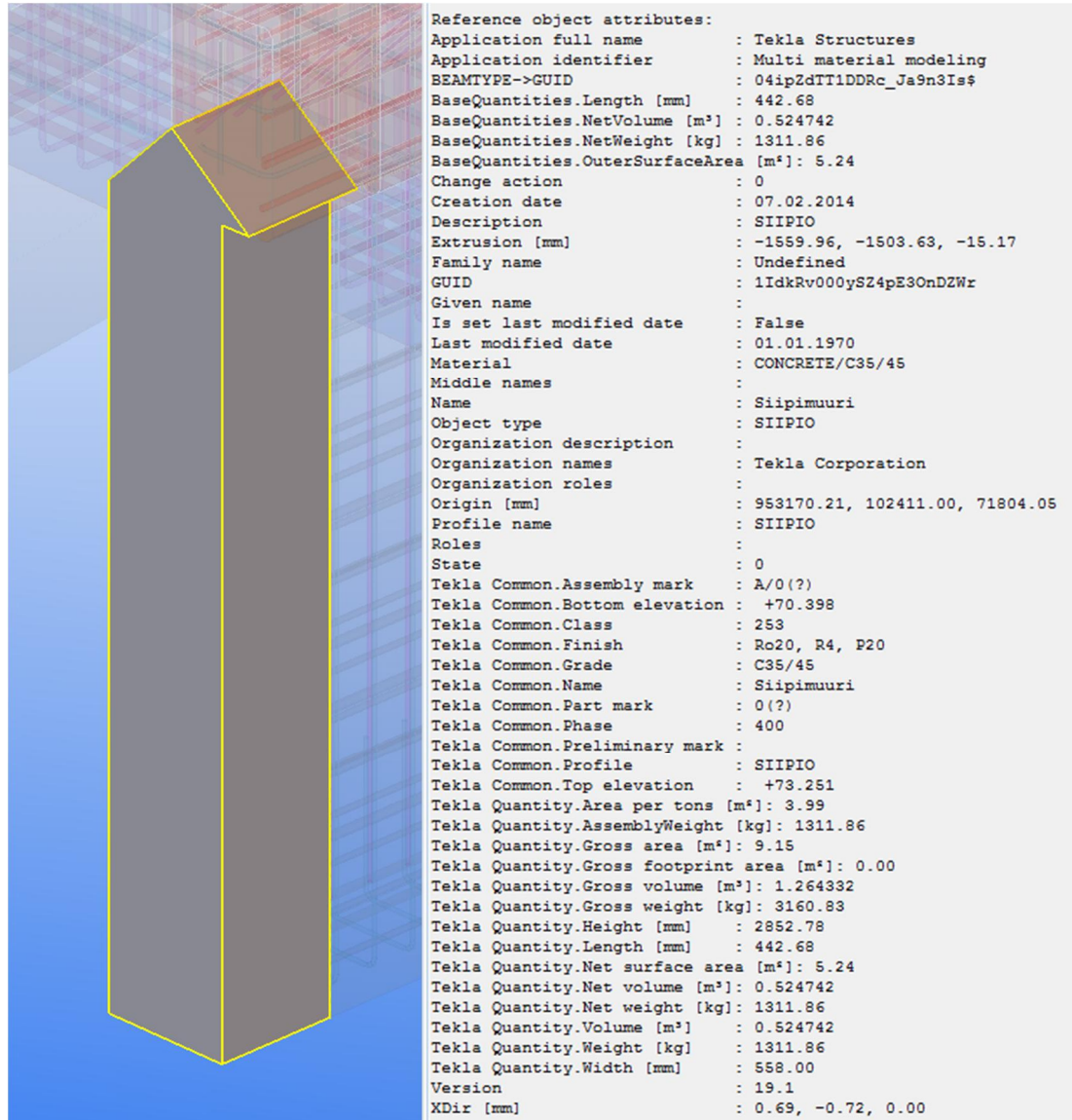
\* Vain projektikokonaisuuksien tallennus (tiedot luetaan referensseistä)

## **Tiedonsiirron testaus**

Tässä liitteessä tutkitaan eri tiedonsiirtomenetelmien luotettavuutta sekä kuvataan luvussa 8.1 esitetyllä tutkimusmenetelmällä saatuja tuloksia. Lisäksi tarkastellaan kaarevien rakennusosien raudoitukseen liittyviä ongelmatilanteita.

### **1. vaihe:**

Ohjelmalla A tallennetaan rakennusosa (kuva 1) tiedonsiirtoformaattiin. Tiedosto avataan samalla ohjelmalla, jolloin saadaan selville osaan tallentunut tietosisältö.



Kuva 1. Tarkasteluun valittu rakennusosa ja sen tietosisältö formaattimuunnoksen jälkeen.

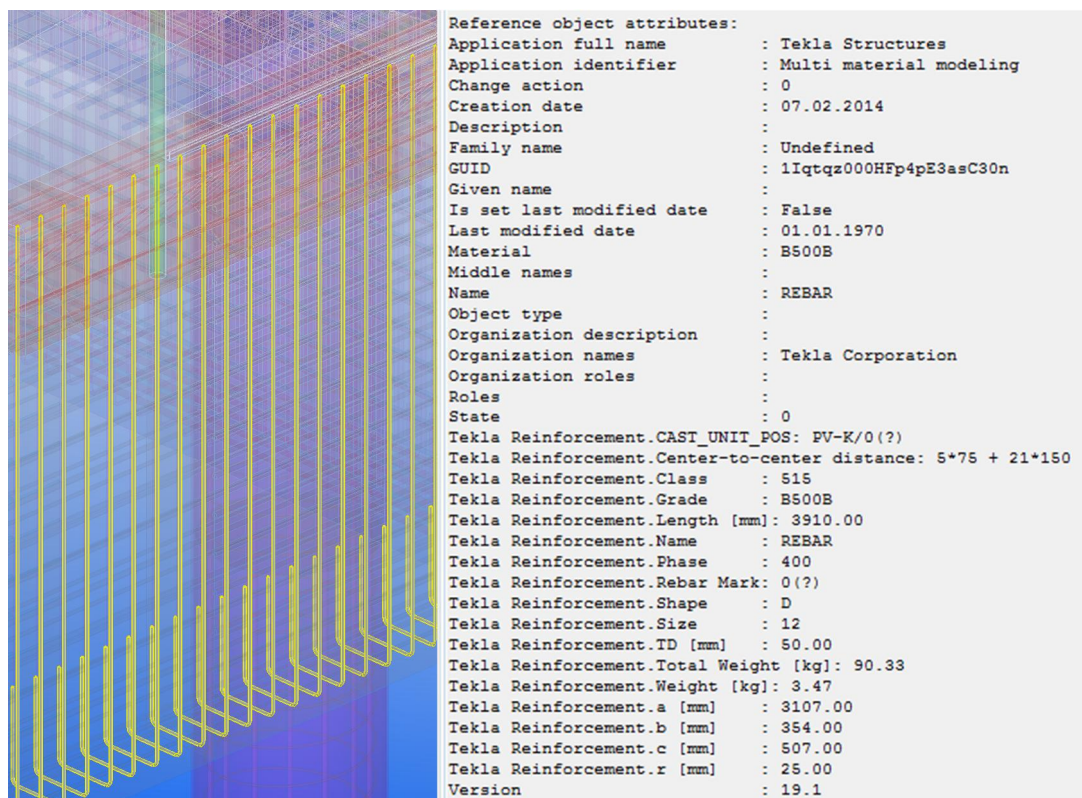


Rakennusosalle IFC-muunnoksessa tallentuneita tietoja ovat muun muassa:

- geometria
- nimi
- asetuspisteiden koordinaatit
- tyyppi
- pituus linjauksen suuntaan
- tilavuus
- nettopaino
- pinta-ala
- kuvaus
- materiaali + lisätiedot
- objektityyppi
- profiilin nimi
- class
- phace.

Voidaan todeta, että rakennusosalla on tallentunut halutut tiedot. Siirtoformaattiin tallentuu myös tietoja objektin mallintamiseen käytetystä ohjelmasta (mm. ohjelman nimi ja versio sekä mallinnuspäivämäärä).

Seuraavaksi valitaan tarkasteltavaksi yksi raudoitusryhmä (kuva 2). Tarkastelulla pyritään selvittämään raudoitusosaan tallentuneita tietoja.



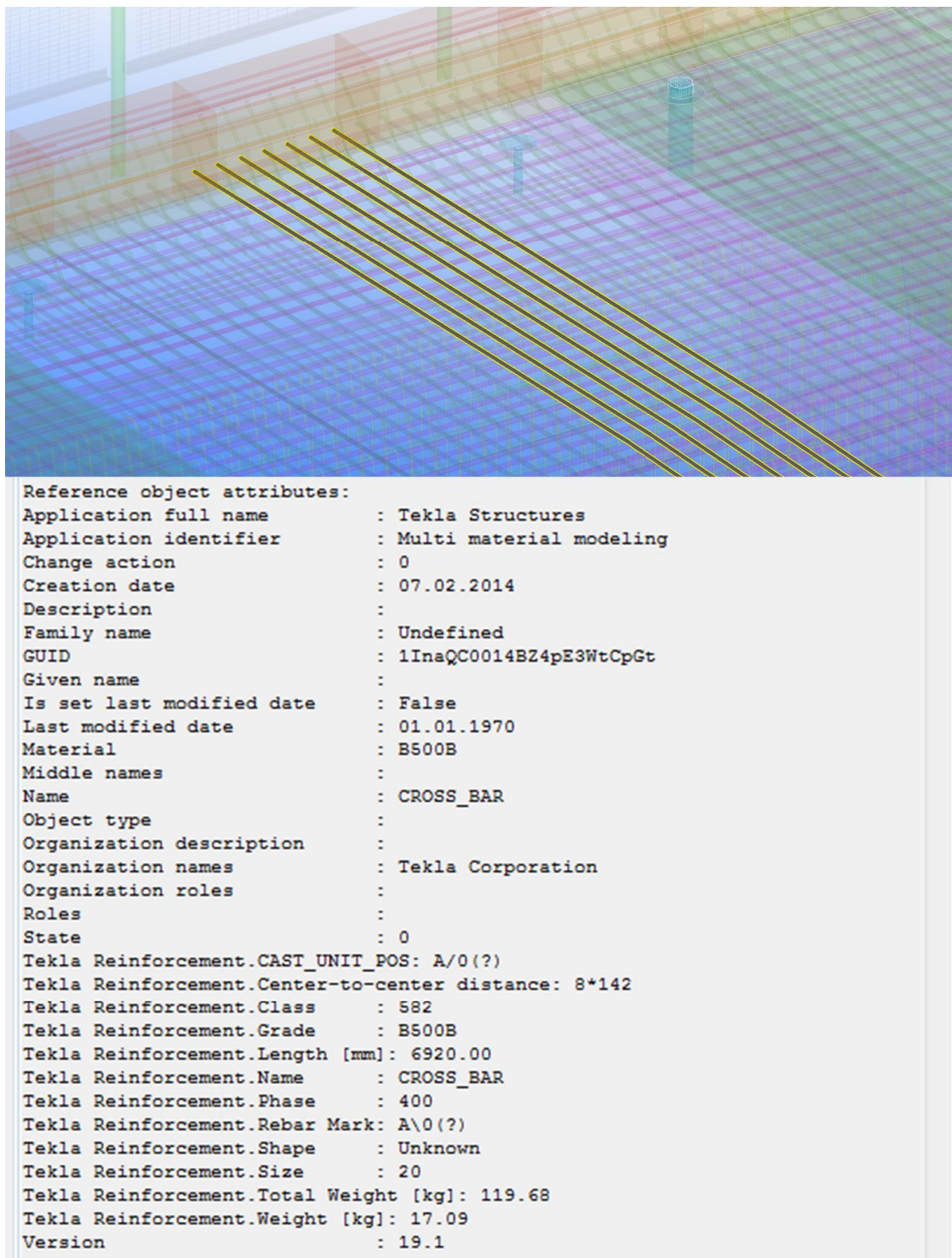
Kuva 2. Raudoituksen tarkastelu.

Raudoitusosalle tallentuneita tietoja ovat muun muassa:

- geometria
- sijainti
- nimi
- tyyppi
- materiaali
- keskiöetäisyydet
- pituus
- halkaisija
- muoto
- nettopaino
- class
- phace.

Voidaan todeta, että raudoitusryhmälle on tallentunut halutut tiedot.

Seuraavaksi tarkastellaan kaarevan palkin yläpintaa noudattelevaa raudoitusryhmää. Raudoitus on tarkoitus toteuttaa ns. viuhkamaisena, eli raudoitustangoilla on eri keskiöetäisyys palkin yläpinnan kummallakin reunalla.



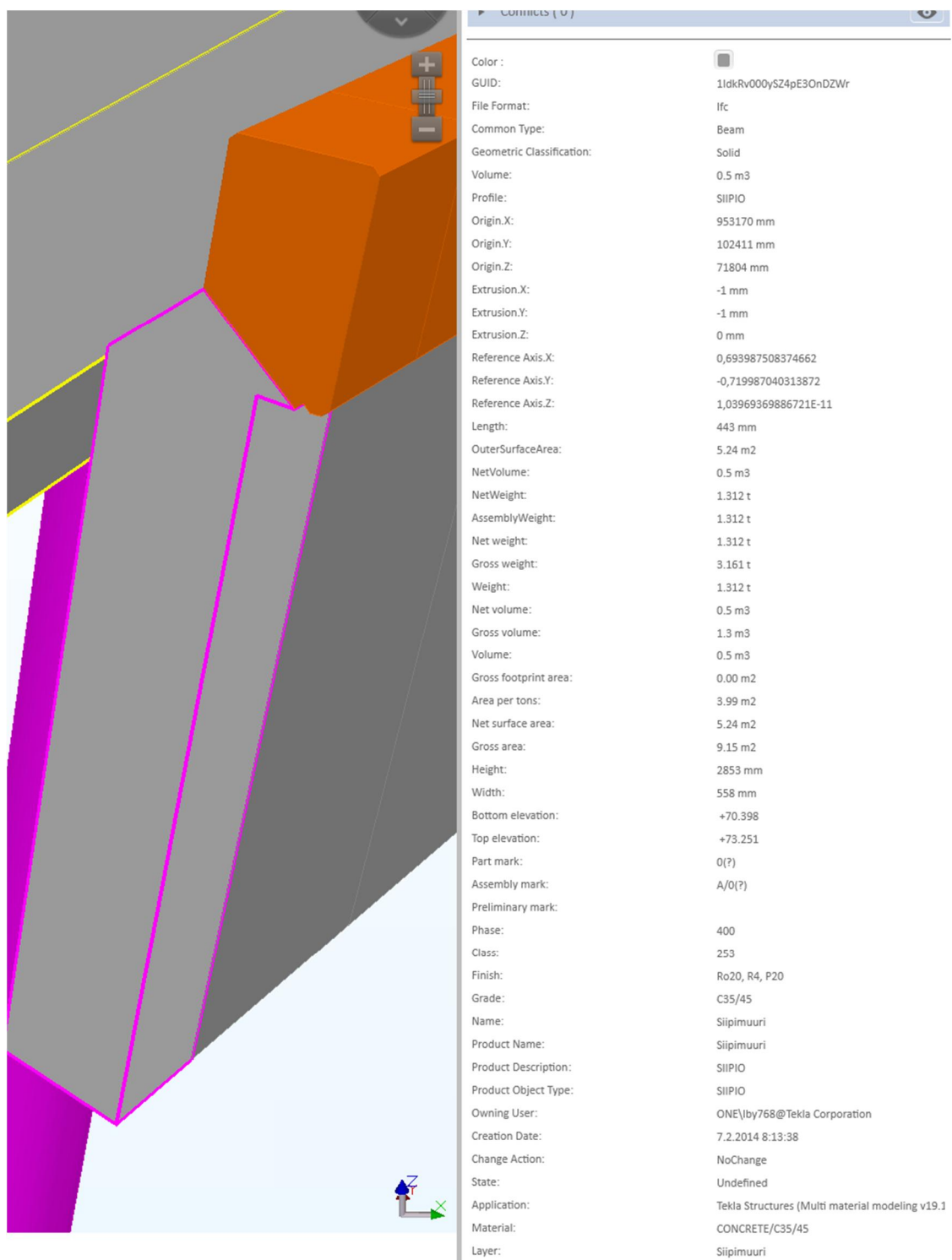
Kuva 3. Viuhkamaisen rauditusryhmän tarkastelu.

Raudoituksille määrättiin raudoitustyökalulla keskiöetäisyydeksi 150 millimetriä. Raudoituksen jakovälin havaitaan kuitenkin olevan 142 millimetriä (kuva 3). Tämä johtuu

siitä, että työkalu mallintaa raudoitusten jakovälin väärin, vaikka itse työkalussa raudoitejako olisikin asetettu oikein.

## **2. vaihe:**

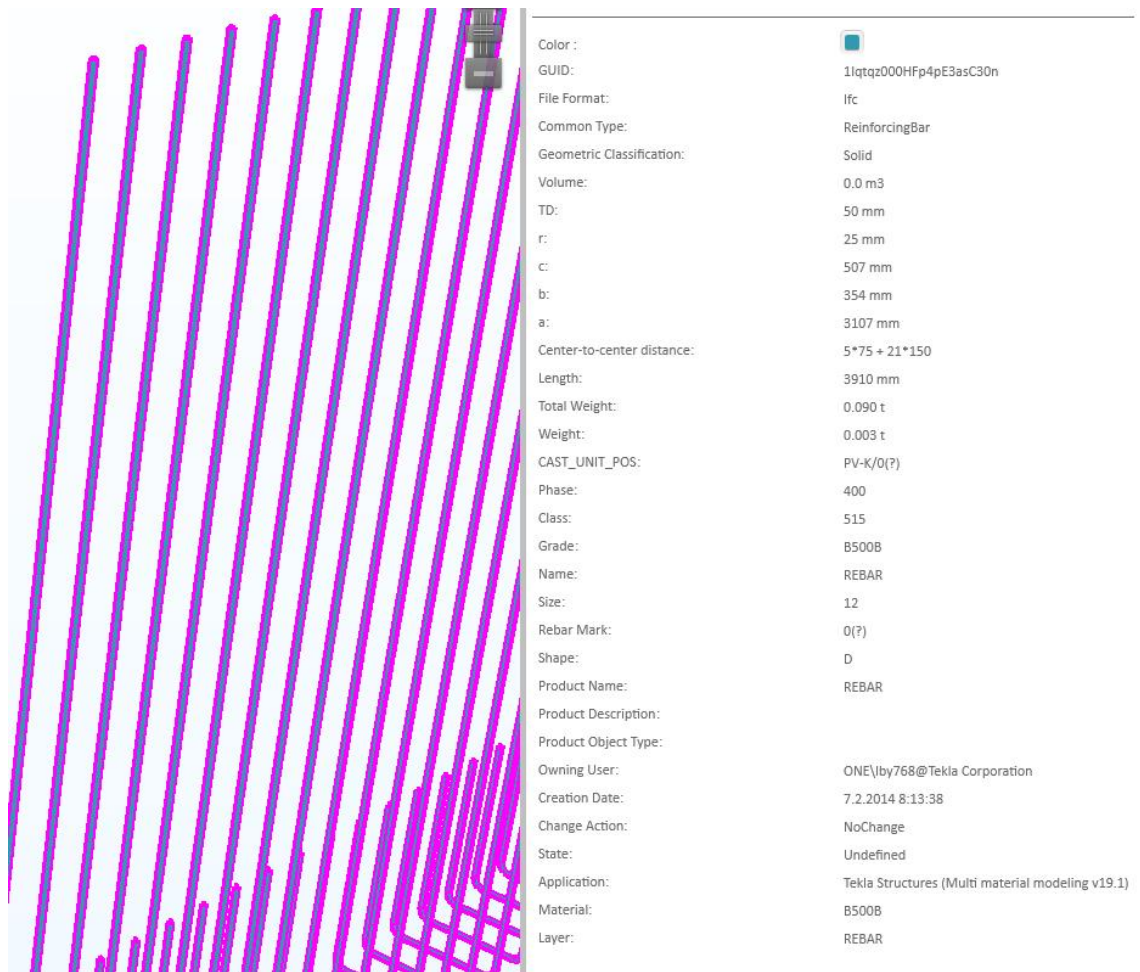
Rakennusosa avataan ohjelmassa B. Tarkastellaan, pystyykö ohjelma B hyödyntämään saman tietosisällön, kuin ohjelma A. Havaitaan, että halutut tiedot saadaan selville myös ohjelmalla B (kuvat 1 ja 4).



Kuva 4. Rakennusosa ohjelmassa B.

Tarkastellaan vielä raudoitusosan tietoja. Havaitaan, että halutut tiedot saadaan selville myös ohjelmalla B (kuvat 2 ja 5).





Kuva 5. Raudoitusosa ohjelmassa B.

## Tekniikkalajimallien tiedonsiirtoformaatit esimerkkihankkeessa

Tässä liitteessä esitetään siltapaikan yhdistelmämallin eri tekniikanalojen tietomallien tallennukseen ja jakamiseen käytettyjä tiedonsiirtoformaatteja. Tässä liitteessä keskitytään suunnittelijoiden väliseen mallien jakamiseen sekä tilaajalle luovutettaviin tiedonsiirtoformaatteihin. Yhdistelmätietomallin luomiseen käytetään Pöyryn sisäisessä tarkastuksessa Bentley Navigator ja Navisworks Manage -ohjelmia.

Taulukko 1. Tekniikkalajimallien siirtoformaatit suunnittelijoiden välisessä tiedonsiirrossa.

MALLIEN JAKAMINEN SUUNNITTELIJOIDEN KESKEN		
TEKNIIKANALA	KÄYTETTY OHJELMA	KÄYTETYT SIIRTOFORMAATIT
Arkkitehtisuunnittelu	(Rhinoceros) * Revit Structure Tekla Structures	(3DM) * IFC
Silta- ja taitorakennesuunnittelu	Revit Structure Tekla Structures	IFC
Kutu- ja aluesuunnittelu	Tekla Civil	DWG
Maisemasuunnittelu	MicroStation TerraModeler	DGN, DWG
Kalliotilojen suunnittelu	MicroStation Tekla Civil	DGN, DWG DWG
Kalliotilojen rakennesuunnittelu	Tekla Structures	IFC
Geosuunnittelu	Tekla Civil TerraModeler	DWG DGN, DWG
Johtosiirto	TerraPipe	DGN, DWG
* Kilpailutusvaiheen arkkitehtimalli. Jatkossa käytetään Revit Structurea ja Tekla Structuresia.		

Pintamallien siirtoon käytetään yhteensopivuusongelmien minimoimiseksi DWG-formaattia. Näin voidaan varmistua siitä, että pintamalleja voidaan hyödyntää jokaisella hankkeessa käytettävällä suunnitteluohjelmalla. Mallit luovutetaan tilaajalle niiden natiivitiedostomuodossa sekä tietosisällöltään kattavimmassa siirtoformaatissa.



Taulukko 2. Yhdistelmämallin julkaisuun käytettävät tekniikkalajimallien tiedonsiirtoformaatit.

YHDISTELMÄMALLIN JULKAISU		
TEKNIIKANALA	KÄYTETTY OHJELMA	KÄYTETYT SIIRTOFORMAATIT
Arkkitehtisuunnittelu	Revit Structure Tekla Structures	IFC 2x3
Silta- ja taitorakennesuunnittelu	Revit Structure Tekla Structures	IFC 2x3
Kutu- ja aluesuunnittelu	Tekla Civil	IM3, LandXML 1.2
Maisemasuunnittelu	MicroStation TerraModeler	DGN, DWG LandXML 1.2
Kalliotilojen suunnittelu	MicroStation Tekla Civil	DGN, DWG IM3, LandXML 1.2
Kalliotilojen rakennesuunnittelu	Tekla Structures	IFC 2x3
Geosuunnittelu	Tekla Civil TerraModeler	IM3, LandXML 1.2 LandXML 1.2
Johtosiirto	TerraPipe	LandXML 1.2