

LAB-ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Yhdyskuntatekniikka

Lauri Tainio

## **Tietomallin ominaisuustiedon merkitys sillan määrälaskennassa**

Opinnäytetyö 2020

## Tiivistelmä

Lauri Tainio

Tietomallin ominaisuustiedon merkitys sillan määrälaskennassa,

54 sivua, 4 liitettä

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Yhdyskuntatekniikka

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Timo Lehtoviita, LAB-ammattikorkeakoulu, kehityspäällikkö Aki Kopra, Kreate Oy sekä laskentapäällikkö Antti Kakko, Kreate Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli koota yhteen siltojen tietomallien ominaisuustiedoissa ilmeneviä vaihtelevuuksia, joiden pohjalta laadittiin opinnäytetyön tilaajalle IFC-ohje tietomallipohjaista määrälaskentaa varten. Ohjeen tavoitteena oli tehostaa opinnäytetyön tilaajan Kreate Oy:n tietomallipohjaista määrälaskentaa minimoimalla laskennanaikaiset virheet sekä havaita tietomallin ominaisuustiedoissa ilmenevät virheet ja eroavaisuudet määrälaskennan aikana.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään tietomallipohjaisen määrälaskennan kannalta oleellisin silloista, tietomalleista, IFC:stä sekä määrälaskennasta ja siinä käytetyistä sovelluksista. Osittainen tietomallipohjainen määrälaskenta suoritettiin neljästä valmistuneesta sillasta ja kokonaisvaltainen määrälaskenta tarjouskohteena olevasta sillasta. Määrälaskennan aikana havaitut ominaisuustietojen virheet ja eriävyydet koottiin IFC-ohjeeseen.

Opinnäytetyön aineistona käytettiin tietomallinnuksen ja määrälaskennan ohjeita, tietomallivaatimuksia, opinnäytetyön tilaajan aineistoja, alan kirjallisuutta sekä siltojen määrälaskennasta muodostuneita aineistoja. Määrälaskentojen vertailussa käytettiin eri hankkeiden tilaajien luovuttamia määräluetteloita.

Opinnäytetyön tuloksena laadittiin IFC-ohje, jonka avulla tehostetaan opinnäytetyön tilaajan tietomallipohjaista määrälaskentaa. Työn lopussa on pohdittu vaihtoehtoja siltojen tietomallipohjaisen määrälaskennan kehittämiseen.

Asiasanat: määrälaskenta, ominaisuustieto, silta, tietomalli

## **Abstract**

Lauri Tainio

Role of BIM Attribute Data in Bridge Quantity Surveying, 54 Pages, 4 Appendices

LAB University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Infrastructure

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Mr. Timo Lehtoviita, Lecturer, LAB University of Applied Sciences, Mr. Aki Kopra, Development Manager, Kreate Ltd., Mr. Antti Kakko, Account Manager, Kreate Ltd.

The purpose of the study was to find and examine notes and errors about attribute data in bridge models and include them into IFC instruction. The instruction was made for the mandator of this bachelor's thesis Kreate Ltd. and the goal was to improve BIM-based bridge quantity surveying with increasing effectiveness and minimizing mistakes made during quantity surveying.

The theory section of this study was composed of bridge terminology, IFC, bridge models, quantity surveying and used software. Partial quantity surveying was made for four bridges and comprehensive quantity surveying was made for a bridge under offer. Noticed errors and divergences were put together into IFC instruction.

The material of this study was compiled of BIM and quantity surveying requirements, mandator's materials and field of study literature. The results of quantity surveys were used as material with ready-made quantity lists as well.

As a result of the study IFC-instruction was made to develop the mandator's BIM-based quantity surveying. At the end of this thesis alternative ways to improve BIM-based quantity surveying of bridges were discussed.

Keywords: Quantity Surveying, Attribute Data, Bridge, BIM

## Sisällys

Käsitteet.....	6
1 Johdanto.....	8
2 Tietomallinnus.....	9
2.1 IFC.....	10
2.2 Tietomallien hyödyntäminen.....	11
2.3 Edellytykset tietomallien laajaan hyödyntämiseen.....	13
3 Siltakäsitteet.....	14
3.1 Sillan päärakenneosat.....	15
3.1.1 Päällysrakenne.....	16
3.1.2 Alusrakenne.....	16
3.1.3 Varusteet ja laitteet.....	17
3.1.4 Siltapaikan rakenteet.....	18
3.2 Sillan päämitat.....	19
4 Siltatyypit.....	21
4.1 Putki- ja kehäsillat.....	22
4.2 Taivutetut sillat.....	23
4.2.1 Laattasillat.....	24
4.2.2 Palkkisillat.....	24
4.3 Puristetut sillat.....	26
4.4 Vedetyt sillat.....	27
5 Määrälaskenta.....	28
6 Siltojen rakentamisessa ja määrälaskennassa käytettävät tietomallit.....	33
6.1 Sillan tuotemalli.....	35
6.2 Siltapaikan yhdistelmämalli.....	36
6.3 Toteutusmallit.....	37
6.3.1 Raudoitemalli.....	37
6.3.2 Telinemalli.....	38
6.3.3 Konepajamalli.....	39
6.4 Toteumamalli.....	40
6.5 Ominaisuustiedot.....	41
7 Määrälaskennassa käytettävät tietomallisovellukset.....	43
7.1 Simplebim.....	43
7.2 Trimble Connect.....	44
8 Tietomallipohjainen määrälaskenta.....	45
8.1 Siltojen tietomallien tarkistus.....	46
8.2 Määrälaskenta siltojen tietomalleista.....	47
9 Yhteenveto ja pohdinta.....	51
Lähteet.....	53

## Liitteet

Liite 1. Määrät tietomallista, Silta 1

Liite 2. Määrät tietomallista, Silta 2

Liite 3. Määrät tietomallista, Silta 3

Liite 4. Määrät tietomallista, Silta 4

## Käsitteet

3D-tietomalli	Kolmiulotteinen tietomalli. Termi sekoitetaan usein virheellisesti 3D-malliin, joka ei välttämättä täytä tietomallin kriteereitä.
4D-malli	Neliulotteinen, kolmiulotteiseen tietomalliin yhdistetty aikataulutiedot.
5D-malli	Viisiulotteinen, neliulotteiseen tietomalliin yhdistetty kustannustiedot.
BIM	Building Information Model, tietomalli. Käytetään myös termistä Building Information Modelling, tietomallinnus.
IFC	Industry Foundation Classes, rakennusalan standardi (EN ISO 16739) oliopohjaiseen talo- tai infrarakenteen tiedonsiirtoon tietomalleja käyttävien sovellusten välillä.
IFC-malli	Yleistermi .ifc-tiedostomuodossa olevista tietomalleista.
Immateriaali	Aineettomat objektit. Esimerkiksi mallinnetut sillan mittatiedot.
Inframalli	Infrakohteen tietomalli. Yleisimmin LandXML -tiedostomuotoa.
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisointijärjestö, joka laatii riippumattomia standardeja.
Littera	Litteranumero, jolla saadaan oikea suorite kohdistettua oikealle rakennusosalle laskennan ja laskutuksen aikana.
Nimikkeistö	Nimikkeistöt mahdollistavat hankkeen eri osapuolten tiedon käsittelyn samoja periaatteita, ryhmittelyjä ja määrittämisperiaatteita noudattaen.

Olio	Tietomallissa sijaitseva objekti, joka on tiettyä asiaa kuvaavien tietojen kooste, jota käsitellään tietomallisoveluksissa yhtenä kokonaisuutena. Oliopohjaisessa mallintamisessa olio sisältää ominaisuuksia ja yhteyksiä toisiin olioihin.
OpenBIM	Avoin tietomallinnus, jossa tiedonkäsittelyssä ja -siirrossa käytetään universaaleja standardisoituja tiedon siirtoformaatteja yhteensopivuuden varmistamiseksi.
Panos	Panosnimikkeistön mukainen hinnoittelun perusyksikkö, joka sisältää työpanokset, materiaalit, alihankinnat, kaluston ja muut panokset.
Suorite	Työsuorite, joka sisältää rakennusosan ja työsuorituksen.
Taitorakenteet	Taitorakenteita ovat kaikki sellaiset rakenteet, jotka vaativat lujuuslaskelmiin perustuvia suunnitelmia. Tällaisia ovat esimerkiksi sillat, rautatierummut, laiturit, tunnelit, paalulaatat ja tukimuurit.
Tietomalli	Kolmiulotteisesti suunnitellun rakennekokonaisuuden ja sen rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa.
Väylävirasto	Organisaatio, joka vastaa valtion tieverkon, rautateiden ja vesiväylien kehittämisestä, kunnossapidosta sekä liikenteen ja maankäytön yhteensovittamisesta.

# 1 Johdanto

Sillan rakentamis- ja korjausurakoissa määrätietojen laskeminen tehokkaasti ja virheettömästi on suuressa roolissa osana tavoitteissa onnistunutta siltahanketta. Määrälaskentaa toteutetaan urakan hankeselvitys- ja kilpailutusvaiheesta aina kohteen valmistumiseen saakka. Ennen rakennusalaakin koskettanutta digitalisaatiota siltojen määrälaskenta toteutettiin perinteiseen tapaan laskemalla suunnitelmista määrätiedot, joiden pohjalta saatiin laadittua urakalle tarjoushinta. Nykyisin määrät pyritään laskemaan tietomallipohjaisesti tehokkuuden ja tarkkuuden maksimoimiseksi. Haasteita kuitenkin tuottaa suunnittelunohjaus, sillä infrarakennusalan sidosryhmillä ei ole yhteistä toimintatapaa tietomallien sisällön tuottamisesta, jonka vuoksi tietomallin ominaisuustiedoissa esiintyy vaihtelevuutta. Tietomallien roolin kasvaminen luo erityispiirteitä perinteiseen määrälaskentaan nähden, mikä näkyy määrälaskijoiden työnkuvan siirtymisenä enemmän määrä- ja tietomalliasiantuntijan rooliin.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Kreate Oy, joka on yksi Suomen johtavista infrarakentamisen yrityksistä. Yritys syntyi vuonna 2015, kun kolme infra-alan yritystä; Fin-Seula Oy, Insinööritoimisto Seppo Rantala Oy ja Kesälahden Maansiirto Oy yhdistyivät. Yrityksen yhteenlaskettu liikevaihto oli noin 220 miljoonaa euroa vuonna 2019 ja työntekijöitä yrityksessä työskentelee yli 450 henkilöä. Lisäksi Kreate Oy:n osakkuusyrityksenä toimii vaativaan pohjarakentamiseen erikoistunut KFS Finland Oy.

Opinnäytetyön tilaajan kokemusten perusteella tietomallipohjaisessa määrälaskennassa ongelmia tuottaa oikeanlaisen määrätiedon ulostuonti tietomallista ilman jälkikäteen tehtäviä korjauksia. Tämä on pääosin seurausta tietomallin ominaisuustiedon vaihtelevuudesta, mitä aiheuttaa eri suunnittelijatahojen poikkeavista käytännöistä sekä tietomallinnuksen ohjeistuksen tulkinnanvaraisuudesta. Jotta siltojen tietomalleista saadaan oikeat määrätiedot tuotua tehokkaasti ulos, tulee määrälaskennalla olla toimintamalli.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on koota yhteen siltojen tietomallien ominaisuustiedoissa ilmeneviä vaihtelevuuksia, joiden pohjalta laaditaan opinnäytetyön tilaajalle IFC-ohje tietomallipohjaista määrälaskentaa varten. Ohjeen tavoitteena

on tehostaa opinnäytetyön tilaajan Kreate Oy:n tietomallipohjaista määrälaskentaa minimoimalla laskennanaikaiset virheet sekä havaitsemalla tietomallin ominaisuuksiedoissa ilmenevät virheet ja eroavaisuudet määrälaskennan aikana. IFC-ohje tulee opinnäytetyön tilaajan sisäiseen käyttöön, joten ohjetta ei julkaista tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyössä käsitellään määrälaskennan kannalta oleellinen sisältö silloista, tietomallinnus, määrälaskenta, rakentamisessa ja määrälaskennassa käytettävät tietomallityypit, määrälaskennan ohjelmistot sekä ominaisuuksitietojen havainnot. Opinnäytetyön aineistona käytetään tietomallinnuksen ja määrälaskennan ohjeita ja vaatimuksia, opinnäytetyön tilaajan aineistoja, alan kirjallisuutta sekä määrälaskennasta muodostuvaa materiaalia. Tämä työ rajataan koskemaan ainoastaan infran taitorakenteiden IFC-tiedostomuotoisia tietomalleja, jolloin talon- ja maanrakennuksen tietomallit on rajattu työstä pois.

## **2 Tietomallinnus**

Rakennuksen tietomallinnus eli BIM on kolmiulotteisen digitaalisen tietomallin luomista rakennuksesta tai infrakohteesta. Tietomallin perimmäinen tarkoitus on koota yhteen kaikki rakenteisiin kohdistuva tieto ja informaatio, joka on perinteisesti sijainnut erilaisissa suunnitelmissa ja dokumenteissa hajallaan. Tietomalliin sijoitettavat tiedot tallennetaan kerran, jonka jälkeen niitä pystytään hyödyntämään myöhemmin koko suunnittelu- ja toteutusketjun ajan aina kohteen kunnossapitoon asti. Koska tietomalli sisältää kaiken rakenteeseen liittyvän tiedon, siitä pystytään luomaan yksinkertaisimpia malleja riisumalla osa tietosisällöstä, jolloin saadaan halutunlaiset tiedot tietomallista esiin ja epärelevantit tiedot piilotettua. (Väylä 2019; RIL 2020.) Tietomallin tietosisällön muokkaus helpottaa huomattavasti tietomallista johdettujen suunnitelmien, leikkausten tai vaikkapa laskelmien uudelleen määrittämistä, sillä tiedon muuttaminen tapahtuu vain tietomallissa, kun perinteisessä kaksiulotteisessa suunnittelussa täytyisi muuttaa jokaista dokumenttia erikseen.

Eri suunnittelualat pystyvät luomaan erilaisilla suunnitteluohjelmilla samasta kohteesta omat tietomallinsa, jotka yhdistämällä saadaan yhdistelmämalli. Tämän

mallin avulla pystytään ehkäisemään rakenteiden ristiriitaisuudet jo suunnittelu- vaiheessa, jolloin virhe ei siirry suunnittelusta rakentamisvaiheeseen. (Väylä 2019.)

Jotta eri suunnittelutahojen tietomallit olisivat yhteensopivia, tulee tiedostofor- maatin olla sama. Talonrakennusalalla on käytetty yleisesti IFC-tiedonsiirtofor- maattia, kun taas infrarakentamisessa käytetään LandXML-tiedonsiirtoformaat- tia, pois lukien taitorakenteet, joissa käytetään talonrakennusalan tapaan IFC- muotoista tiedonsiirtoa. (Väylä 2019.)

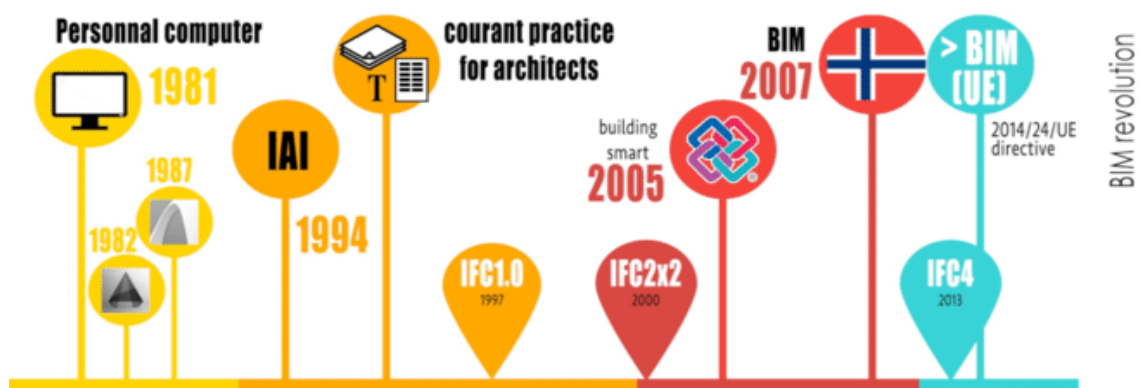
## 2.1 IFC

Industry Foundation Classes eli IFC on avoin ja neutraali ISO-standardisoitu oliopohjainen tiedonsiirtomuoto, jonka avulla siirretään rakennusosapohjaista tie- toa eri ohjelmistojen välillä. IFC-tiedonsiirrolla on eri versioita, joita kehittää kan- sainvälinen järjestö Buildingsmart, jonka edeltäjänä toimi IAI eli International Alli- ance for Interoperability. Yleisimmin käytetty tiedonsiirtoformaatti on ISO16739 standardisoitu IFC2x3, joka on vanhin versio virallisista IFC-tiedostomuodoista, uusimman version IFC4.3 odottaessa standardisointia. (M.A.D 2013; Buil- dingsmart 2020.) IFC:n kehittämisen pääasiallisena tavoitteena on tiedon tallen- tamisen ja siirtämisen riippumattomuus eri ohjelmistojen välillä.

IFC:n kuvaustapa perustuu joko EXPRESS- tai IFCXML- tiedonmäärittelykieleen, joista siltojen tietomalleissa käytetään pääsääntöisesti EXPRESS-kieltä. Tiedon- määrittelykielen avulla olioille voidaan määritellä ominaisuustietoja eli attribuut- teja. EXPRESS-tiedonmäärittelykielessä attribuutit kuvaavat sekä luokan ominai- suudet että luokkien väliset relaatiot. Luokat määrittävät samankaltaisten olioiden ominaisuudet, mikä mahdollistaa saman luokan tietojen kokoamisen yhteen tie- tomallin eri osista. Käytännössä tämä mahdollistaa ominaisuustietojen luetteloin- nin tietyn luokan mukaan, esimerkiksi hakemalla tietomallista materiaalit, jolloin tietomalli luetteloi eri materiaalit näkyviin, tietomallin osia huomioimatta. (Karstila; IFC Wiki.)

Digitalisaation vaikutus rakennusalaan alkoi jo 1960-luvulla, kun perinteisen tek- nisten suunnitelmien käsin piirtämisen rinnalle syntyi tietokoneavusteinen kaksi-

ulotteinen CAD-suunnittelu, joka tulee englanninkielisestä termistä Computer Aided Design. 1980-luvulla 2D-suunnitteluohjelmat yleistyivät ja 1990-luvun aikana se syrjäytti, varsinkin kehittyneissä teollistuneissa maissa, suunnitelmien käsin piirtämisen. Nopeasti 2D-suunnittelun rinnalle kehitettiin 3D-mallintaminen, jossa suunnittelu toteutuu kolmiulotteisena ja suunnittelutuloksia pystytään tarkastelemaan tietokoneelta eri kuvakulmista. Myöhemmin 3D-suunnitelmiin alettiin sisällyttämään rakennusosakohtaisesti ominaisuustietoja, jolloin syntyi ensimmäiset tietomallit (Laakso & Kiviniemi 2012.) Kuvasta 1 ilmenee tietokonepohjaisen suunnittelun kehittyminen kohti nykyajan IFC-pohjaista tietomallinnusta.



Kuva 1. BIM-kehityksen aikajana (Charlotte Dautremont 2019)

Vaikka kolmiulotteinen suunnittelu on osa tietomallintamista, tulee ymmärtää, että kolmiulotteiset suunnitelmat eivät välttämättä ole tietomalleja, sillä tietomallit ovat huomattavasti laajempia sisällöltään ja käyttötarkoitukseltaan. Aito tietomalli sisältää 3D-suunnitelmien lisäksi tietoa rakenteesta sekä ominaisuuksista, joita käytetään sillan suunnittelusta ylläpitoon.

Buildingsmartin kehitteillä oleva IFC Bridge on luotu OpenBIM ympäristöön laajentamaan IFC-mallien käyttöä silloissa sekä määrittämään silloille oma räätälöity IFC-tietosisältönsä. Tulevaisuudessa siltojen tietomallien tietosisältö tulee yhdenäistymään ja soveltumaan paremmin siltojen tietomallien vaatimuksiin.

## 2.2 Tietomallien hyödyntäminen

Siltojen rakentamisessa tietomalleja ei hyödynnetä vielä samassa mittakaavassa kuin talonrakennusalalla. Mahdollisia syitä ovat tietomallin säilyttäminen hankkeen yhdellä osapuolella kuten tilaajalla tai suunnittelijalla, jolloin urakoitsija on

rakentanut sillan perinteisillä suunnitelmilla. Lisäksi urakoitsijoiden kokemattomuus tietomalleista on voinut johtaa tilanteeseen, jossa tietomalleista saatu hyöty on koettu riittämättömäksi. Tietomallien käyttöönottoa ja opettelua on pidetty kalliina prosessina, vaikka todellisuudessa tietomallien potentiaaliset hyödyt tuottavat pidemmällä aikavälillä taloudellisia säästöjä. (RIL 179-2018, 361.)

Tietomallien suurin hyöty perustuu siihen, että kaikki tieto on yhdessä paikassa kaikkien toimijoiden ulottuvilla. Siksi on ensiarvoisen tärkeää, että sillasta laaditaan yhdistelmämalli, jonka avulla kaikki hankkeen osapuolet pystyvät huomaamaan ristiriitaisuudet ja virheet sekä tarvittaessa tuomaan yhdestä tietomallista tarvittavat suunnitelmat ulos. Täysin tietomalleihin pohjautuvassa rakentamisessa suunnitelmat voidaan lukea suoraan mallista, jolloin paperisia suunnitelmia ei tarvita, pois lukien rakenteet, joita ei katsota tarpeellisiksi mallintaa työläyden vuoksi kuten laakerit, liikuntasaumalaitteet ja tyyppisuunnitelmien mukaiset rakenteet. (RIL 179-2018, 361–363.) Tietomallien täyden potentiaalin saavuttamiseksi urakoitsijan tulisi panostaa tietomalliosaamisen kouluttamiseen henkilökunnalleen, mikä vaatii usein yritykseltä oman tietomallinnukseen erikoistuneen toimihenkilön tai työryhmän, jonka tehtävänä on organisoida ja kehittää yrityksen tietomallikäytäntöjä.

Tietomallit tulisi täyden hyödyn saavuttamiseksi säilyttää yhteisellä pilvipalvelu-alustalla, jossa tieto on välittömästi kaikkien eri osapuolten saatavilla. Päivitettävää yhdistelmämallia voidaan käyttää visuaalisena tiedonhallinnan työkaluna, sillä ideaalitulanteessa yhdistelmämalli sisältää kaiken tarvittava rakenneosiin liittyvän informaation sekä paikkatiedon. (RIL 179-2018, 362.)

Aikataulu voidaan visualisoida laatimalla sillan tietomallista 4D-malli, jossa sillan toteutuneet, käynnissä olevat ja tulevat työvaiheet on värikoodattu viikkotasoin. Siltojen rakentamisessa käytetään kuitenkin vielä pääsääntöisesti perinteisiä yleis- ja kolmiviikkoisaikatauluja, mutta tulevaisuudessa 4D-mallit voivat olla tärkeässä osassa siltojen rakentamista toimien joko pääasiallisena työvaiheiden aikatauluna tai perinteisten aikataulujen tukena.

Rakentamisen aikana tietomallit toimivat kolmiulotteisina sillan rakennussuunnitelmina, jolloin paperiset suunnitelmat eivät ole välttämättömiä. Tällöin on kuitenkin tärkeää, että mallit ovat mahdollisimman tarkkoja ja virheettömiä. Työnaikaiset rakenteet, kuten telineet, voidaan mallintaa tietomallin pohjalta, jolloin erillisiä telinesuunnitelmia ei tarvita. Telineiden valmistuttua niistä tehdään tarkemittaukset ja saatuja tuloksia verrataan alkuperäiseen tietomalliin törmäystarkasteluna, jolloin vältetään yhteensopivuusongelmilta. Tarkemittaukset tehdään myös valmiista rakenteista, joiden pohjalta laaditaan toteumamalli, mihin on korjattu poikkeamat sijainnissa ja mittatoleransseissa. Valmiista sillasta laadittua toteumamallia pystytään hyödyntämään niin sillan ylläpidossa, jälkilaskennassa kuin tulevaisuudessa sillan korjaamisessa.

### **2.3 Edellytykset tietomallien laajaan hyödyntämiseen**

Tietomallien laajamuotoiseen hyödyntämiseen edellytetään eri sidosryhmiltä yhteisiä pelisääntöjä. Yksi tärkeimmistä edellytyksistä on hyvä mallinnustapa, joka siltojen tietomalliohjeessa (Liikennevirasto 2014, 7) on esitetty seuraavasti:

*Hyvä mallinnustapa tarkoittaa sitä, että malli on tehty loogisesti, kurinalaisesti annettujen vaatimusten mukaan ja siihen liittyy mallia täydentävä ja selittävä tietomalliselostus. Lisäksi hyvään mallinnustapaan kuuluu, että malliin on tehty suunnittelijan oma laadunvarmistus, johon sisältyy mm. visuaalinen tarkastus, törmäystarkastelu, tarkastusraportti. Hyvän mallinnustavan mukaan tehtyä mallia voidaan käyttää sujuvasti vaadittuihin tehtäviin.*

Jotta hyvä mallinnustapa toteutuisi eri siltojen tietomalleissa, tulee osapuolten noudattaa siltojen tietomalliohjeen lisäksi uusimpia versioita yleisistä tieto- ja infamallivaatimuksista, joita Suomessa ylläpitää Buildingsmart.

Tietomallien laajan hyödyntämisen tärkeä edellytys on laadukas tietomalliselostus, joka on kuvaus tietomallin sisällöstä, käyttötarkoituksesta sekä tarkkuustasosta. Jokaisen sillan tietomallille tulee liittää tietomalliselostus, johon tulee sisällyttää vähintään seuraavat asiat (Liikennevirasto 2014, 54):

- kohde ja yhteystiedot
- mallin sisältö
- tietomalliin liittyvät muut tietomallit
- käytetty ohjelmisto versioineen sekä tiedostomuoto

- koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä
- kuvaus osien nimeämisestä ja numeroinnista
- puutteet ja keskeneräisyydet
- väylägeometrian ja liittyvien rakenteiden tarkkuus tietomallissa
- mallin tarkastuksen tilanne
- laadunvarmistus
- tarkastus- ja hyväksymistiedot
- muut huomioitavat asiat.

Tietomalliselostusta tulee päivittää aina, kun tietomalliin tai sen tietoihin tehdään muutoksia. Työmalleissa, eli suunnittelun aikaisissa keskeneräisissä tietomalleissa, tietomalliselostus toimii myös muistiinpanovälineenä muutoksia ja huomioita selvennettäessä. (YTV 2012a.)

Huomionarvoista on kuitenkin, että tietomalliselostus eroaa infra- ja talohankkeiden välillä siinä, että talonrakennusalalla eri tietomalleilla on omat tietomalliselostukset. Infrahankkeessa tietomalliselostus laaditaan usein koko hankkeen kattavana, jolloin eri tietomalleille ei välttämättä laadita omia tietomalliselostuksia. (Lehtoviita 2020.) Tämä kertoo osaltaan tietomallikäytäntöjen yhteneväisen linjan puutteesta sekä edelleen käynnissä olevasta tietomallinnuksen murroksesta. Tietomallien laaja hyödyntäminen edellyttääkin tarkennuksia tietomalliselostuksen laadintaan varsinkin infra-alalla.

### **3 Siltakäsitteet**

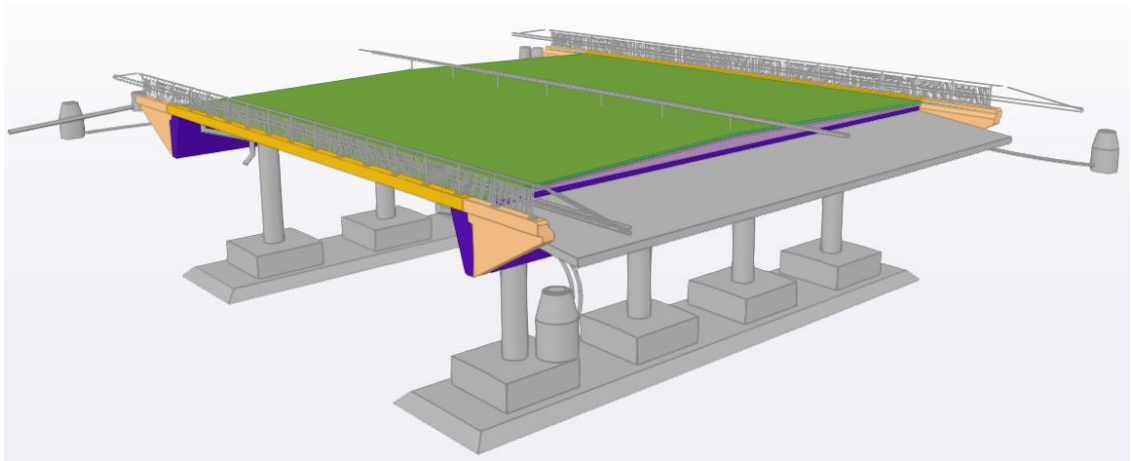
Silta on taitorakenne, joka mahdollistaa henkilö-, ajoneuvo- tai muun liikenteen kulkemisen vesistön, rotkon tai muun esteen yli. Suomessa silloiksi voidaan kutsua rakenteita, joiden vapaa-aukko on vähintään 2,0 metriä. Jos vapaa-aukko on tätä pienempi, käytetään rakenteesta nimeä rumpu. Huomionarvoista on kuitenkin, että kahdella eri sillalla voi olla yhteiset väli- ja maatuet. Tällöin sillan kahdeksi eri sillaksi erottaa ajoradan keskellä olevat reunapalkit. Siltapaikkana pidetään sillan välitöntä ympäristöä, joka sisältää siltapaikan rakenteet. (RIL 179-2018, 39; Liikennevirasto 2013, 10.)



### 3.1.1 Päälysrakenne

Päälysrakenne mahdollistaa sillan ylityksen, kantamalla sillalle tulevan liikennekuorman väylän tai esteen yli. Sen tehtävänä on siirtää pysyvät ja muuttuvat kuormat alusrakenteelle. Päälysrakenteeseen (Kuva 3) sisältyvät seuraavat rakenteet (Liikennevirasto 2013, 15–16; RIL 179-2018, 44):

- Pääkannatin, joka on päälysrakenteen kantava osa. Yleisimmin kansilaatta tai palkit.
- Tiesilloissa pintarakenne, joka sisältää vedeneristyksen ja päällysteet.
- Ratasilloissa päälysrakenne, joka sisältää tukikerroksen ja raiteen.



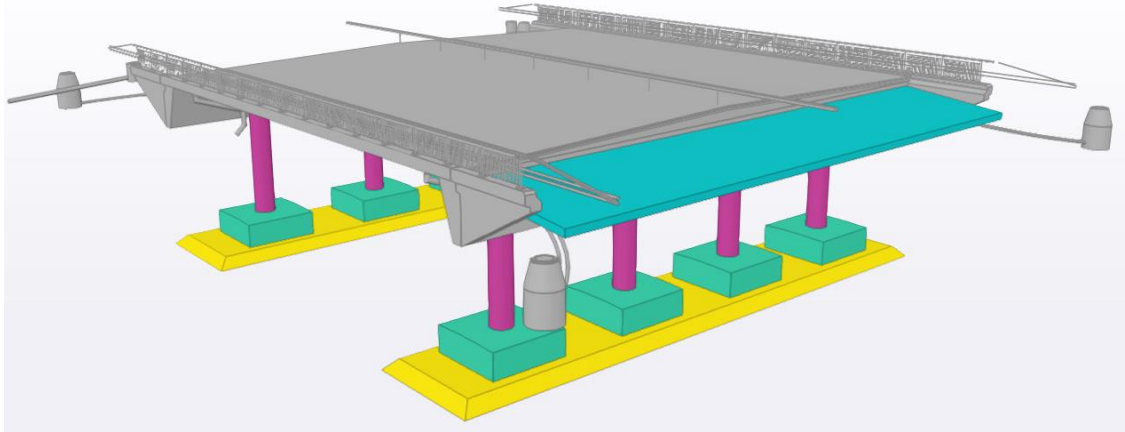
Kuva 3. Vt 5 Nuutilanmäki-Juva silta S20, päälysrakenteet tietomallista (Sweco Oy)

### 3.1.2 Alusrakenne

Alusrakenne siirtää päälysrakenteeseen kohdistuvat kuormat kallioon tai kantavaan maapohjaan. Lisäksi alusrakenteet tukevat sillalle tulevaa väylärakennetta, jotta sillan alittavan maaleikkauksen rakentaminen onnistuu. Alusrakenteisiin (Kuva 4) sisältyvät seuraavat rakenneosat (Liikennevirasto 2013, 15; RIL 179-2018, 44–45):

- peruslaatat
- paalut

- tukiseinät ja tukimuurit
- väli- ja päätytuet
- siirtymälaatat.

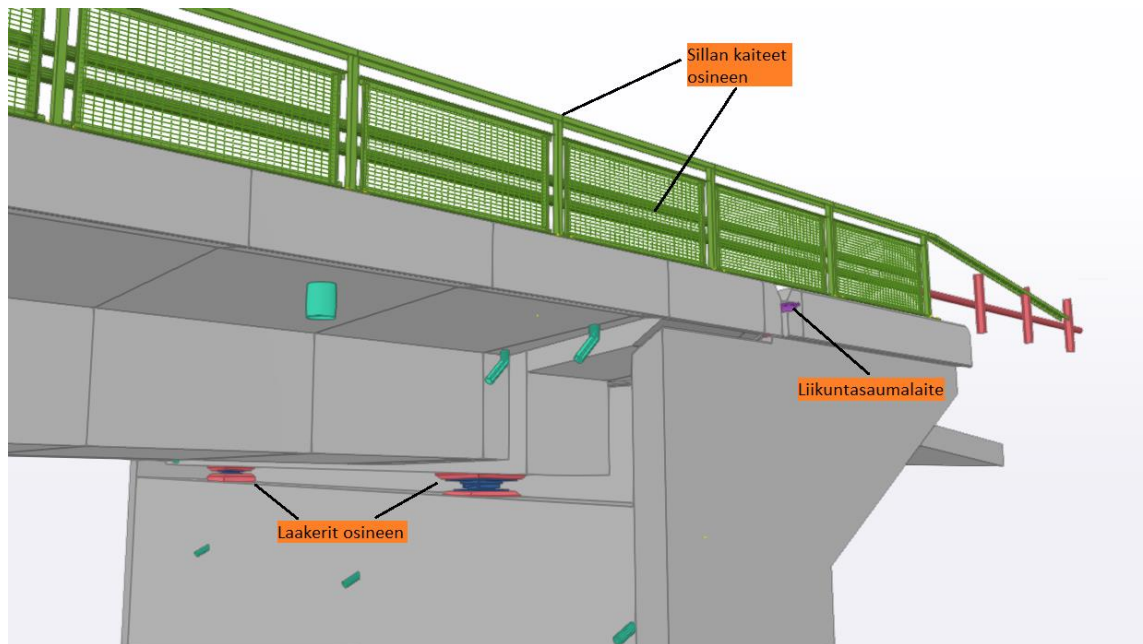


Kuva 4. Vt 5 Nuutilanmäki-Juva silta S20, alusrakenteet tietomallista (Sweco Oy)

### 3.1.3 Varusteet ja laitteet

Sillan varusteet ja laitteet (Kuva 5) ovat rakenteita, jotka ylläpitävät sillan toimivuutta, turvallisuutta ja käyttöikää sekä tukevat alus- ja päällysrakenteen toimintaa. Näitä rakenteita ovat (Liikennevirasto 2013, 15; RIL 179-2018, 45):

- laakerit ja niiden osat
- liikuntasaumalaitteet
- sillan kaiteet
- valaisimet pylväineen
- sillan mahdolliset hoitotasot
- muut varusteet.

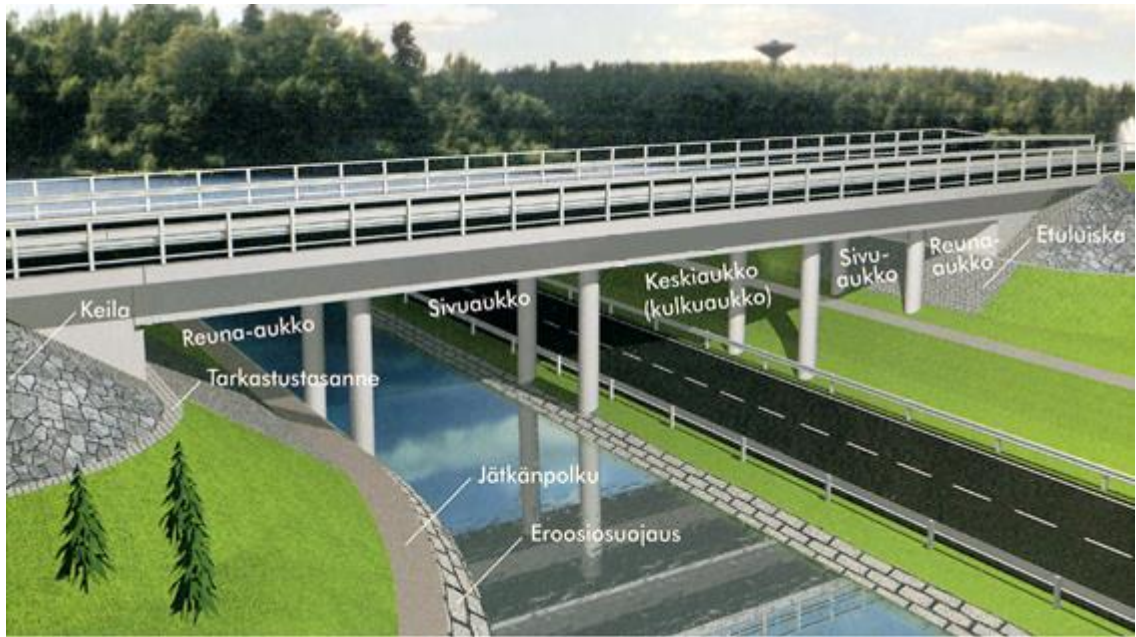


Kuva 5. Mt 132 Klaukkalan ohikulkutie silta S5, varusteita tietomallista (Insinööritoimisto Ponvia Oy)

### 3.1.4 Siltapaikan rakenteet

Siltapaikan rakenteita (Kuva 6) ovat fyysisen sillan ulkopuolella olevat rakenteet, jotka ovat välttämättömiä siltapaikan pitkäikäisyyden, turvallisuuden ja kuivatuksen takaamiseksi. Näitä rakenteita ovat (Liikennevirasto 2013, 15; RIL 179-2018, 45):

- luiskat ja keilat verhoiluineen
- jätkänpolut
- tarkastustasanteet
- portaat ja kulkutasanteiden kaitteet, pois lukien fyysisen sillan kaitteet
- kuivatusjärjestelmät, kuten sadevesikourut ja kaivot.



Kuva 6. Siltapaikan rakenteita (Liikennevirasto 2015, 31)

### 3.2 Sillan päämitat

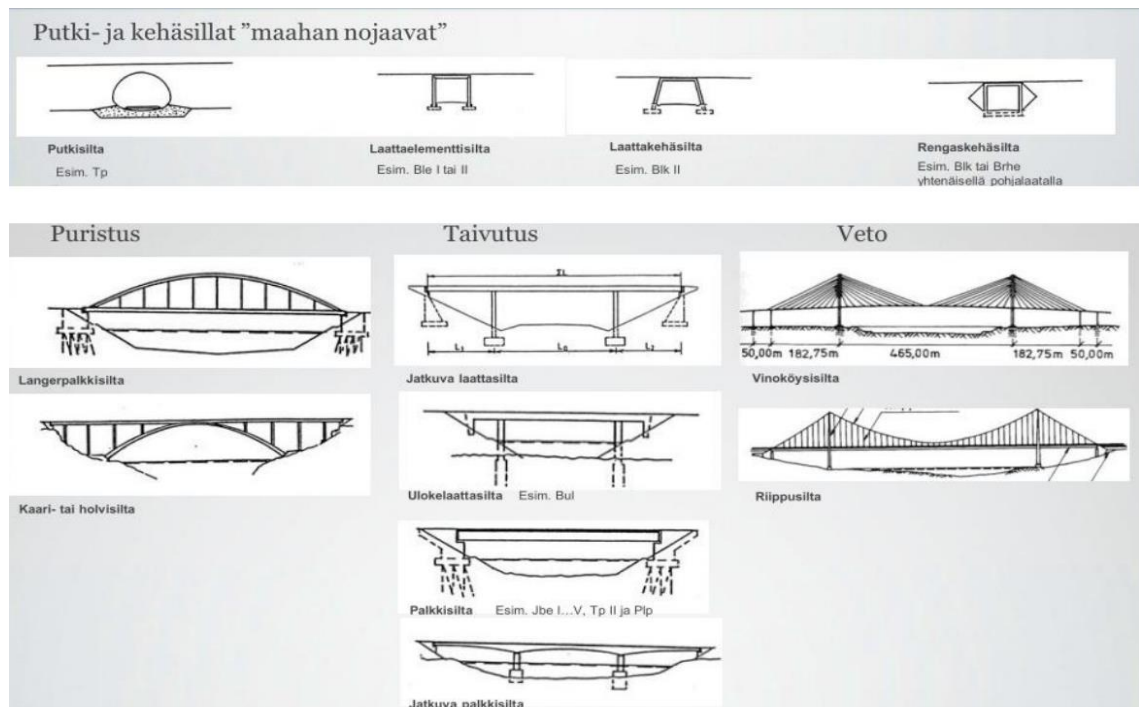
Jotta sillat olisivat käyttökelpoisia ja ne valmistuisivat suunnitelmien mukaisina, tulee sillalle määrittää päämitat. Taulukossa 1 on määritetty tiesillan tärkeimmät päämitat, jotka tulee ilmetä tiesillan suunnitelmista. Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä rautatiesilloja, joten niiden päämitat on rajattu taulukosta pois.

Termi	Selitys
Hyödyllinen leveys (HI)	Sillan kaiteiden sisäreunojen välinen etäisyys. Tiesilloissa useimmiten tien leveys + 0,5 metriä.
Jännemitta (Jm)	Kahden peräkkäisen tuen välinen etäisyys keskeltä tukea mitattuna keskilinjaa pitkin.
Vapaa-aukko (Va)	Kahden peräkkäisen tuen pienin vaakaetäisyys sillan keskilinjän suunnassa.
Vapaa alikulkukorkeus	Tiesilloissa päällysrakenteen alapinnan ja alittavan väylän tien pinnan pienin korkeusero. Vesistöisilloissa päällysrakenteen alapinnan ja alittavan väylän mitoitusvedenpinnan pienin korkeusero.
Pääkannattajan rakennekorkeus	Ilmaisee kantavan rakenteen korkeuden ylä- ja alapinnan välillä.
Päällysrakenteen kokonaiskorkeus	Tien tasausviivan ja päällysrakenteen alimman pinnan välinen etäisyys korkeussuunnassa.
Pääpisteet	Määrittävät sillan sijainnin.
Pääpiste (P)	Reunapalkin sisäreunan ja tukilinjän leikkauspisteet koordinaattimuodossa.
Pääpiste (S)	Päätytukien siipimuurien ulkoreunat koordinaattimuodossa.
Sillan kokonaisleveys (B)	Päällysrakenteen kantavan rakenteen leveys mitattuna ulkoreunoista keskilinjaa kohtisuorassa.
Sillan kokonaispituus (L)	Sillan ääripäiden etäisyys reunalinjaa pitkin mitattuna.
Sillan vinous, $\alpha$ [gon]	Sillan keskilinjän normaalin ja päällysrakenteen tukilinjän välinen kulma.
Sillan risteyskulma, $\beta$ [gon]	Ylittävän ja alittavan väylän keskilinjojen välinen terävä kulma.
Tasausviiva	Sillan päällysrakenteen ylimmän pinnan keskilinjän korkeus asema.

Taulukko 1. Sillan päämitat (Järvinen 2007, 5-6; RIL 179-2018, 40–41)

## 4 Siltatyypit

Sillan kantavat rakenteet määräävät sillan tyypin, joka kertoo sillan pääkannattimen staattisen toimintatavan, joita ovat puristus, taivutus ja veto. Kuvassa 7 on esitetty siltatyypit staattisen toimintatavan perusteella.



Kuva 7. Siltatyypin jaottelu staattisen toiminnan perusteella (RIL 179-2018, 46)

Pääkannattimen rakennusmateriaalina käytetään betonia, jännitettyä betonia, terästä, kiveä tai puuta. Suomen siltojen rakennusmateriaalina on käytetty selkeästi eniten betonia, noin 60 % osuudellaan. (RIL 179-2018, 45–47.)

Uuden sillan siltatyypin valintaan vaikuttaa usein ensisijaisesti kokonaiskustannukset. Valinnassa otetaan kuitenkin huomioon myös muita tärkeitä seikkoja kuten turvallisuus, ylläpito, ympäristö sekä esteettisyys. Jos sillan esteettinen ulkonäkö katsotaan suureksi osaksi siltapaikkaa tai kaupunkikuvaa, järjestetään usein siltakilpailu. (RIL 179-2018, 45–47.)

Eri siltatyypeille on laadittu jännemittavälit, joiden rajojen sisällä siltatyyppi on toimiva ja kustannustehokas ratkaisu. Taulukossa 2 on esitetty tyypillisimmät jännemittat eri siltatyypeille.

SILTATYYPPI	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	100	150	>200		
1. PUTKI- JA KEHÄSILTA	█																	
2. LAATTASILTA		█																
3. BETONINEN PALKKISILTA			█															
4. JÄNNITETTY BET. PALKKISILTA				█														
5. JÄNNITETTY BET. KOTELOPALKKISILTA									█									
6. LIITTOPALKKISILTA				█														
7. KAARI- JA HOLVISILTA										█								
8. VINOKÖYSISILTA														█				

Taulukko 2. Siltatyypin tyypilliset jännemitta-alueet tiesilloille Suomessa (RIL 179-2018, 47)

#### 4.1 Putki- ja kehäsillat

Putkisilta (Kuva 8) on kustannustehokas siltatyypin lyhyen jännemitan sillaksi. Se koostuu tehdasvalmisteisesta rengas- tai holvirakenteesta, joka on yleisimmin valmistettu teräksestä tai tapauskohtaisesti myös betonista. Lyhyen jännemitan vuoksi siltatyypin toimii useimmiten parhaiten pienten vesistöjen ylityksessä tai kevyen liikenteen alikulkukäytävänä, jossa vapaata alikulkukorkeutta pystytään lisäämään sillan alaosan teräsbetonielementeillä, jolloin yläosa koostuu teräksestä holvista. (RIL 179-2018, 47.) Putkisillojen jännemitan alaraja on noin kaksi metriä, sillä sillan määrittelyn mukaan alle kahden metrin vapaa-aukon omaavista siltamaisista rakenteista käytetään termiä rumpu.



Kuva 8. Teräksisiä putkisilloja (RIL 179-2018, 47)

Kehäsilta on betoninen paikalla valettu yksiaukkoinen laattakehäsilta, joka on yleisin kevyen liikenteen alikulkukäytävissä käytetty siltatyypin. Sivuseinät ja kansi muodostavat yhdessä jäykän kehän, joka yhdistyy seinistään jäykästi peruslaattoihin. Siltatyypin siipimuurit voidaan rakentaa ylittävän väylän suuntaisina tai 30–60 asteen kulmassa. Jäykän rakenteensa vuoksi siltatyypin staattinen toiminta perustuu taivutettuun kehärakenteeseen. Siltatyypin jaetaan suorajalkaiseen kehäsiltaan (Blk I) ja vinojalkaiseen kehäsiltaan (Blk II), jotka ovat esitetty kuvassa 9. (RIL 179-2018, 48–49.)



Kuva 9. Suora- ja vinojalkainen kehäsilta (RIL 179-2018, 48)

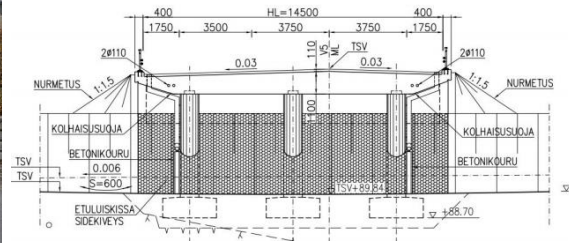
Kehäsillassa ei ole laakereita tai liikuntasaumalaitteita, jonka vuoksi se on huoltovapaa silta. Siltatyypistä on laadittu yleisyytensä vuoksi tyyppisuunnitelmat sekä perustamistavan periaatteet maan- ja kallionvaraun sekä paaluille perustamassa. (RIL 179-2018, 49.) Tämän vuoksi kehäsillojen suunnittelu on ajallisesti ja taloudellisesti tehokasta, joka vaikuttaa suoraan siltahankkeen kokonaiskustannuksiin.

## 4.2 Taivutetut sillat

Kaikilla taivutetuilla silloilla on yhteistä staattinen toimintatapa. Siltatyypeissä pääkannatin vastaanottaa siltaan kohdistuvat hyötykuormat taivutuskapasiteetin avulla. Päärakennusmateriaaleina voidaan käyttää teräsbetonia, jännitettyä betonia, terästä, puuta tai näiden yhdistelmää, jolloin on kyseessä liittorakenteinen silta. Taivutettuihin siltatyyppeihin sisältyvät laattasillat sekä palkkisillat.

#### 4.2.1 Laattasillat

Suomen tiesilloista yli kolmasosa on teräsbetonisia laattasiltoja, joita käytetään pääsääntöisesti tieliikenteen alikulkukäytävinä, risteyssiltoina sekä rautatieliikenteessä alikulkusiltana. Kuten kuvasta 10 huomataan, siltatyypin optimaalinen jännemitta on 8–20 metriä, mutta jännitettynä jännemittaa pystytään kasvattamaan huomattavasti suuremmaksi. Laataksi katsotaan rakenne, jonka leveys on vähintään kolme kertaa suurempi kuin rakenteen korkeus. (RIL 179-2018, 49.)



Kuva 10. Tyypillinen laattasilta alikulkukäytävänä ja sen poikkileikkaus (RIL 179-2018, 49)

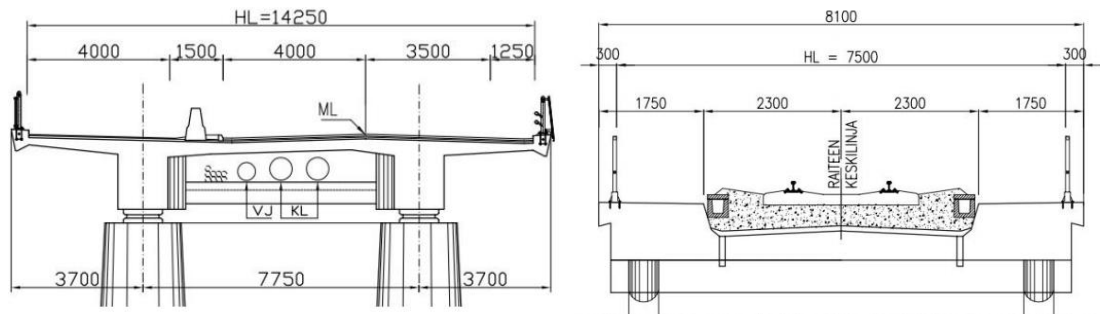
Laattasilloissa ei tyypillisesti ole laakereita eikä liikuntasaumalaitteita, pois lukien poikkeuksellisen pitkät laattasillat tai kun pilarit ovat alle 5 metriä korkeat. Laattasillat rakennetaan yksi- tai moniaukkoisina vaihdellen aukkovaatimuksen mukaan. (RIL 179-2018, 49–50.) Tyypillisimmistä laattasilloista on kehäsiltojen tapaan laadittu typpisuunnitelmat, jotka tehostavat suunnittelua.

#### 4.2.2 Palkkisillat

Palkkisilta on tiesiltojen yleisin siltatyypin keskipitkillä jännemitoilla. Palkkisiltojen jännemitan optimaalinen käyttöalue alkaa yksiaukkoisista 20 metrin jännemitan silloista päättyen aina moniaukkoisiin, jopa 100 metrin siltoihin. Betoniset palkkisillat (Kuva 11) jännitetään lähes poikkeuksetta siitä saatavan hyödyn vuoksi. Tällöin palkin rakennekorkeutta on mahdollista pienentää ja jännevälin kasvattaminen mahdollistuu. Palkkina pidetään rakennetta, jonka leveys on maksimissaan 4 kertaa tehollinen korkeus. Sillan suuntainen palkki jaetaan usein kahteen palkkiin hyödyllisen leveyden ollessa yli 10 metriä. (RIL 179-2018, 50–52.)

Palkkisilloilla on erilaisia alaluokkia, kuten:

- betoniset, teräksiset ja puiset palkkisillat
- liittopalkkisillat
- betoniset kaukalopalkkisillat (Kuva 12)
- betoniset kotelopalkkisillat sekä
- ristikkopalkkisillat.



Kuva 11 ja 12. Tyypillisen betonisen jännitetyn palkkisillan poikkileikkaus ja kaukalopalkkisillan poikkileikkaus ratasillassa (RIL 179-2018, 51)

Liittopalkkisilta on yleisin teräspalkkisilta, jossa teräspalkki toimii yhdessä betonisen kannen kanssa pääkannattimena. Siltatyyppi soveltuu parhaiten pitkän jännevälin vesistösiltoihin jännevälin optimiarvon ylärajan ollessa yli 150 metriä sekä yksiaukkoisena myös lyhyemmän jännevälin siltoihin, kun rakentamisaika on kriittinen kiertoreittien haastavuuden vuoksi. Työmenetelmät poikkeavat huomattavasti paikalla valettaviin siltoihin verrattuna, kun suurien teräsosien valmistus siirtyy työmaalta konepajalle ja osat asennetaan suurina lohkoina paikalleen nostamalla tai työntämällä, jolloin päällysrakennetta varten ei erillisiä tukitelineitä tarvita. (RIL 179-2018, 51.)

Betoniset kaukalopalkkisillat ovat pääosin rautatiesilloissa käytetty siltatyyppi siltoihin, kun rakennekorkeus tulee minimoida. Siltatyyppissä palkit muodostavat kaukalon, joka muistuttaa keskeltä koverrettua laattaa.

Betonisia jännitettyjä kotelopalkkisilloja käytetään pitkän jännemitan silloissa, kun pääjänteen pituus on yli 70 metriä. Siltatyyppin vahvuutena on betonin määrän optimointi poikkileikkauksensa vuoksi ja hyvä väännön kesto, jonka vuoksi sitä

käytetään usein kaarevissa silloissa sekä suurta vääntöjäykkyyttä vaativissa kahden raiteen rautatiesilloissa. Kotelopalkkisillasta on myös liittorakenteinen versio, jossa kotelona toimii teräs rakenne, jonka päälle valetaan betoninen kansi. (RIL 179-2018, 53–54.)

Ristikkopalkkisilta on tyypillinen rautatiesilloissa käytetty siltatyyppejä. Useimmiten pääkannattajan materiaalina toimii teräksinen kansilevy sekä teräsristikot, jotka valmistetaan hitsaamalla. Kevyen liikenteen ristikkopalkkisilloissa kansirakenne on yleisimmin puuta. (RIL 179-2018, 54–55.)

### **4.3 Puristetut sillat**

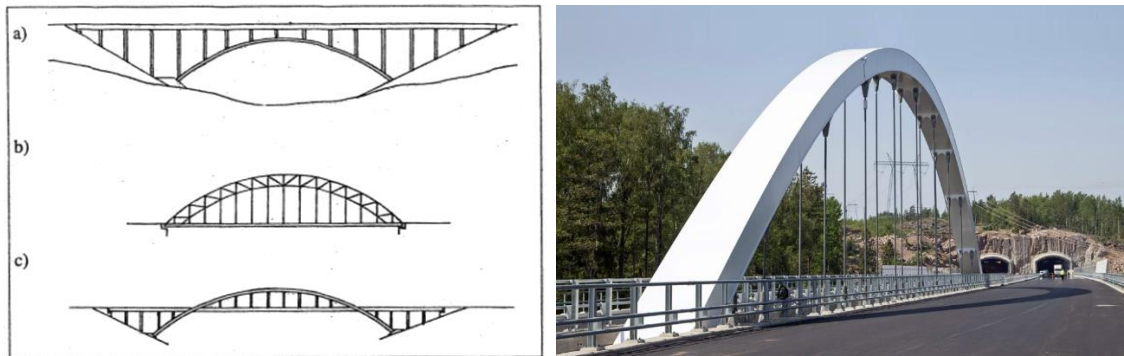
Puristetuissa silloissa pääkannattimena toimii kannen lisäksi kaarirakenne, jonka staattinen toiminta perustuu puristusjännitykseen. Kaarirakenne voi sijaita joko päällysrakenteen ala- tai yläpuolella. Puristetut sillat jakaantuvat pääkannattimensa staattisen toiminnan mukaan kaarisiltoihin, holvisiltoihin ja langer-palkkisiltoihin. (RIL 179-2018, 55–56.)

Kaarisillassa kaari voi sijaita joko päällysrakenteen alapuolella, yläpuolella tai molemmin puolin (Kuva 13). Kaaren sijaitessa päällysrakenteen alapuolella, päällysrakenne tukeutuu kaareen pilareiden avulla, kun taas kaaren sijaitessa yläpuolella, päällysrakenne on ripustettu kaaresta terästankojen avulla. Suomessa kaarisiltoja on käytetty pääosin vesistösiltoina jännemittojen vaihdellessa pääosin 60-70 metrin välillä. (RIL 179-2018, 55–56.)

Holvisilta eroaa kaarisillasta massiivisella holvilla, joka sijaitsee aina päällysrakenteen alapuolella. Aukko vaatimuksen mukaan holvisilta voidaan suunnitella yksi- tai moniaukkoisena.

Langer-palkkisilta eroaa kaari- sekä palkkisillasta staattisen toimintansa perusteella. Siltatyyppejä koostuu vetotangollisesta kaaresta sekä kantena toimivasta palkista. Kaarirakenteen tehtävänä on ottaa vastaan palkkiin kohdistuvat pystykuormat, jotka pyrkivät taivuttamaan palkkia. Toisin kuin kaarisillassa, langer-palkkisillassa alusrakenteisiin ei kohdistu vaakavoimia palkin levätessä vapaasti tuettuna alusrakenteiden päällä. Langer-palkkisilta on useimmiten yksiaukkoisen, kaaret teräsrakenteisia hitsattuja koteloita, joita on siltoja kahden yleisimmin

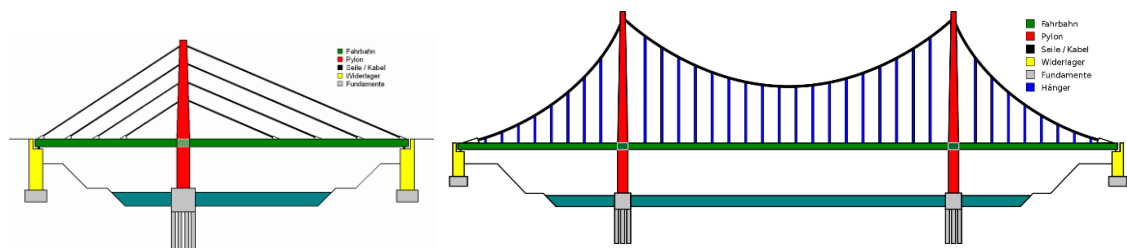
kaksi. (RIL 179-2018, 55–56.) Kuvassa 14 on esitetty Suomessa harvinainen yksikaarinen langer-palkkisilta.



Kuva 13 ja 14. Kaarisillan variaatiot (Järvinen 2007, 68) ja Vt 7 Koskenkylä-Kotka Ahvenkosken yksikaarinen langer-palkkisilta (Teräsrakenneyhdistys 2016)

#### 4.4 Vedetyt sillat

Vedetyt siltatyytit ovat tyypillisiä pitkän jännevälän tiesilloissa. Niiden staattinen toimintatapa perustuu pystypyloneihin kiinnitettyjen teräsköysien vetojännitykseen. Vedetyt sillat jakaantuvat vinoköysi- ja riippusiltoihin (Kuva 15 ja 16).



Kuva 15 ja 16. Vinoköysi- ja riippusillan havainnollistamiskuvat (Matthias Müller 2009)

Vinoköysisillassa pääkannattimen pystypylonista ulkonevat teräsköydet kannattelevat kansirakennetta, jolloin sillan suurinta vapaa-aukkoa pystytään kasvattamaan jännitetyn palkin tavoin. Useimmiten kansi toimii kuitenkin taivutettuna rakenteena, jolloin se osallistuu kuormien vastaanottamiseen köysien lisäksi. Pylonin yksittäiset köydet ovat eri kulmassa kanteen nähden, jolloin kuormat eivät jakaannu kaikille köysille tasaisesti. Köyden ja kannan välisenä kulmana on pidetty vähintään 25 astetta. (RIL 179-2018, 56–57.)

Siltatyypin kustannustehokas jännemitta alkaa 100 metristä, jolloin silta toimii parhaiten pitkäjänteisissä vesistösilloissa ja silloin, kun halutaan luoda siltapaikalle oma näyttävä maamerkkinsä. Köysillä kannatetun siltaosuuden kustannukset ovat huomattavasti kalliimmat kuin tavanomaisen palkkisillan, joten pidemmissä silloissa usein vain pääaukot kannatetaan köysillä ja sillan tulojäteet palkkisilloin. (RIL 179-2018, 56–57.)

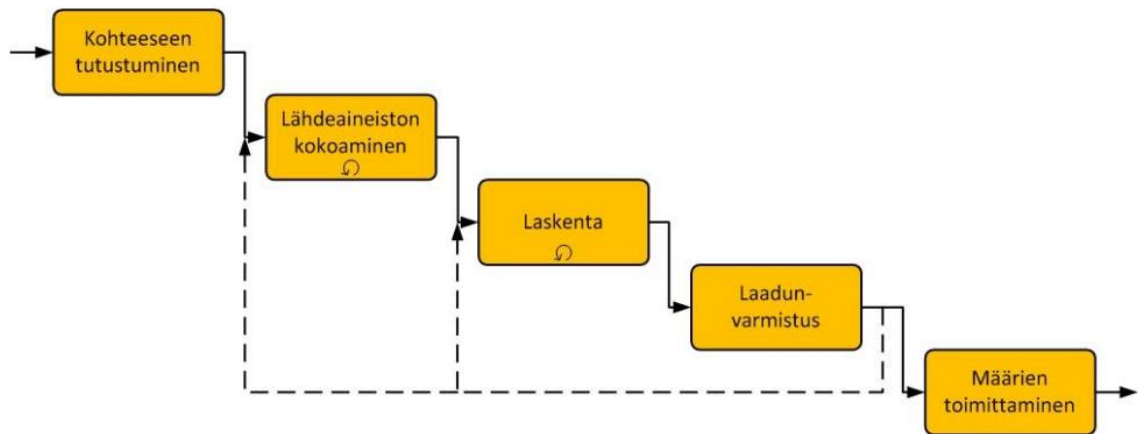
Riippusillat ovat pisimpien jännemittojen siltatyyppi, jonka kustannustehokas jännemitta alkaa vasta 500 metristä. Suomessa siltatyyppi on varsin harvinainen. Riippusilloissa päällysrakennetta kannattelee vetotangot, jotka ovat kiinni pylönien ja päätyankkureiden kautta kulkevasta riippuköydestä. (RIL 179-2018, 57.)

## **5 Määrälaskenta**

Määrälaskennassa tavoitteena on laskea urakan materiaalien ja suoritteiden määrät jäseneltyyn määräluetteloon. Määrätietoja hyödynnetään urakan tarjouksen määrittämisessä, hankintojen tekemisessä sekä urakan loppuvaiheen jälkilaskennassa. Määrälaskenta on olennainen osa kustannusten määrittelyssä, minkä vuoksi tässä opinnäytetyössä sivutaan osittain myös kustannuslaskentaa. Siltaurakoihin tai yksikköhintoihin liittyvää hinnoittelua ei käsitellä tässä työssä arkaluontoisuutensa vuoksi.

Sillan määrälaskenta sisältää sillan rakennusosien määräsuoritteiden laskemisen ja niiden saattamisen jäseneltyyn määräluetteloon. Yleensä julkiset tilaajat, kuten Väylävirasto, luovuttavat tarjouspyyntöaineiston mukana valmiin määräluettelon, jota hyödynnetään urakan tarjoushinnan määrittelyn pohjana varsinkin sidottujen määrien osalta. Lähes poikkeuksetta tilaaja ei kuitenkaan vastaa määräluettelon tietojen oikeellisuudesta, jolloin vastuu määräluettelosta jää urakoitsijalle. Urakoitsijan tulee aina tarkistaa määrätiedot tarkistuslaskennalla, jolla urakoitsija varmistaa tilaajalta saatujen määrätietojen oikeellisuuden laskemalla ne itse. Jos tilaaja ei sisällytä tarjouspyyntöaineistoon määräluetteloa, sen laatiminen tietomallin tai suunnitelmien pohjalta siirtyy kokonaisuudessaan urakoitsijan tehtäväksi.

Sillan määrälaskennan eteneminen (Kuva 17) aloitetaan tutustumalla siltakohteeseen ja sen lähdeaineistoon. Lähtötietojen pohjalta suoritetaan sillan määrien laskenta joko suoraan suunnitelmakuvista tai tietomallista. Lasketut määrät analysoidaan kattavuuden, tarkkuuden ja luotettavuuden osalta esimerkiksi laskeamalla määrät toisessa tiedostoformaattissa olevasta mallista tai suunnitelmakuvista ja vertaamalla tuloksia toisiinsa. (YTV 2012b.) Tapauskohtaisesti tarkistuksen apuna voidaan käyttää myös aiemmin valmistuneiden referenssikohteiden jälkilaskennoista saatuja määrätietoja, jolloin suuruusluokat ja tunnusluvut antavat suuntaa antavan arvion määrätietojen paikkansa pitävyydestä. Lopulta tarkistettut määrät jaotellaan rakennusosanimikkeistön mukaisesti määräluetteloon.



Kuva 17. Määrälaskennan etenemisen kaavio (YTV 2012b, 14)

Jotta tiedonvaihto rakennushankkeen eri osapuolien välillä olisi toimivaa ja luotettavaa, määrälaskennassa sekä hankkeen osien luokittelussa käytetään nimikkeistöä, joka toimii standardina hankkeen osittelulle. Erilaisia rakennusosa- ja hankenimikkeistöjä ovat muun muassa Talo 2000, Talo 90, Talo 80 ja Infra 2015. Siltahankkeissa käytetään tyypillisimmin Infra 2015 rakennusosa- ja hankenimikkeistöä, jonka pääryhmät ovat (Rakennustietosäätiö RTS 2015.):

1. Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
2. Päällys- ja pintarakenteet
3. Järjestelmät
4. Rakennustekniset rakennusosat
5. Hanketehtävät.

Määrälaskennassa käytettävät nimikkeet sijoitetaan eri pääryhmiin, jotka jaotellaan edelleen pääryhmää tarkentaville litteroille. Taulukossa 3 on havainnollistettu nimikkeiden sijoittuminen määräluetteloon sekä pääryhmien alaryhmät.

Esimerkki sillan määräluettelon litteroinnista Sivu 3 (6)  
 Laajitus: Lauri Tainio 4.5.2020 Tulostettu 4.5.2020

Numero	Nimike	Sijaintikoodi	Yksikkö	Määrä	Huomautukset
4200	SILLAT				
4207	Sillan peruslaatat				
4207:1	Muotit ja telineet				
		310	m2tr	50	
		320	m2tr	50	
4207:2	Raudoitteet				
	-teräs B500B				
		310	kg	6500	Sisältää pilarin tartunnat
		320	kg	6500	
4207:4	Betoni				
	-betoni C30/37-3	310	m3rtr	45	
	-betoni C30/37-3	320	m3rtr	45	

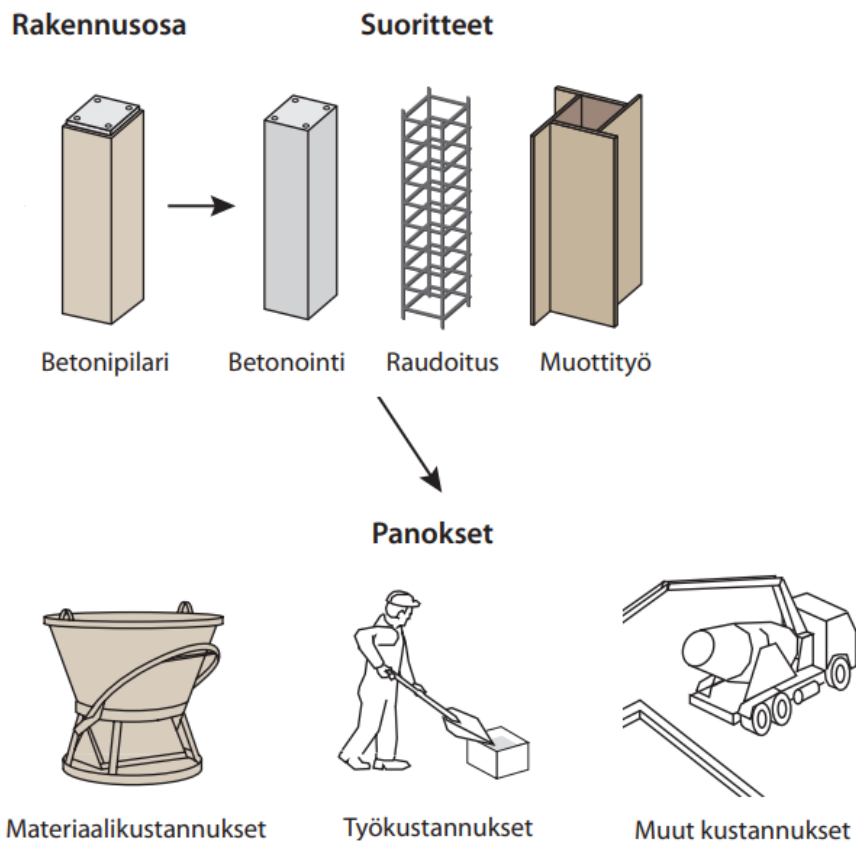
### Taulukko 3. Sillan nimikkeiden sijoittuminen määräluetteloon

Sillan rakenneosat numeroidaan sijainnin mukaan, jolloin suoritteiden sijoittaminen eri osiin siltaa helpottuu sijaintikoodien avulla (Tiehallinto 2008, 12–13):

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

Sijaintikoodeja tarkennetaan käyttämällä alanumerointia. Esimerkiksi toisen välituen kolmas pilari ilmaistaan sijaintikoodilla 323. Näin eri litteranumeroiden suoritteet saadaan kohdistettua halutuille rakenneosille.

Määrälaskenta jakaantuu rakennusosapohjaiseen ja suoritepohjaiseen määrälaskentaan. Kahden eri määrälaskentatavan erottaa määrätiedon jaottelu eri päätasen mukaan. Rakennusosapohjaisessa määrälaskennassa lasketaan rakennusosien määrät tyypeittäin, kun taas suoritepohjaisessa määrälaskennassa lasketaan tarkemmin eri rakennusosien suoritteet, kuten esimerkiksi rakennusosien raudoitteiden yhteispaino kilogrammoina ja betonointien tilavuudet kuutiometreinä. Sillan tarjousvaiheen määrälaskenta suoritetaan usein suoritepohjaisena määrälaskentana, jossa sama suorite voi toistua monella eri litteranumerolla. Määräluettelon pääasiallinen käyttötarkoitus on toimia sillan kustannusarviona, jolloin eri suoritteille lisätään hinta panoksien eli erilaisten kustannuksien perusteella. Huomioitavaa on kuitenkin, että suoritteen hinta on usein rakennusosa-kohtainen, sillä eri rakennusosilla sama suorite voi koostua eri panoksista, jolloin kustannuksetkin vaihtelevat. Esimerkiksi tavanomaisen rakenteen betonointi voi erota suoritehinnoiltaan paljonkin poikkeuksellisen vaativan kohteeseen verrattuna, sillä panoskustannukset vaihtelevat tapaus- ja rakennekohtaisesti. Kuvassa 18 on havainnollistettu rakennusosan suoritteet ja panokset.



Kuva 18. Teräsbetonipilarin suoritteet ja panokset (Ratu 2018, 45)

Rakennusosien ja suoritteiden määrien mittauksessa käytetään eri määryksikköjä (Taulukko 4), joista valitaan käytettäväksi tarkoituksenmukaisimmat suunnitelmaratkaisuihin perustuen. Käytetyt mittayksiköt tulee ilmaista määrä- ja yksiköhintaluetteloissa epäselvyyksien välttämiseksi. Pääsääntöisesti määrät mitataan teoreettisin mittayksiköin. Poikkeuksena on nimikkeet, joita ei voida luotettavasti suunnitella tai niiden luotettavat määrät ovat tiedossa vasta valmistumisen jälkeen, jolloin määrät mitataan todellisina mittayksikköinä.

Mittayksikkö	Selitys
m <sup>3</sup> ctr	Teoreettinen kiintotilavuus, joka mitataan suunnitelmiin piirrettyjen rajojen tai tietomallin mukaan.
m <sup>3</sup> ctd	Todellinen kiintotilavuus, joka mitataan rakennusosien lopullisten rajapintojen mukaisesti työn valmistuttua.
m <sup>3</sup> ctr	Teoreettinen rakennetilavuus, joka mitataan suunnitelmaan piirrettyjen tai tietomallin rajapintojen mukaisena rakenteena.
m <sup>3</sup> ctd	Todellinen rakennetilavuus, joka mitataan rakenteen todellisten rajapintojen mukaisista rajapinnoista.
m <sup>3</sup> itd	Todellinen irtotilavuus, joka määritetään kuljetusvälineen lavatilavuuden avulla. Käytetään maarakenteissa.
m <sup>2</sup> tr	Teoreettinen pinta-ala, joka mitataan suunnitelmiin merkittyjen reunamerkintöjen avulla
m <sup>2</sup> td	Todellinen pinta-ala, joka määritetään maastossa työstettyjen alueiden reunojen mukaisina.
mtr	Teoreettinen pituus, joka määritetään suunnitelmiin merkittyjen mittaviivojen lukuarvojen avulla ja poikkeustapauksessa mittojen puuttuessa, mittaamalla mittaviiva.
mtd	Todellinen pituus, joka määritetään maastossa mittaamalla.
t, kg	Todellinen massa tonneina tai kilogrammoina.
kpl	Kappalemäärät.

Taulukko 4. Määrälaskennan mittayksiköt (Rakennustietosäätiö RTS 2015)

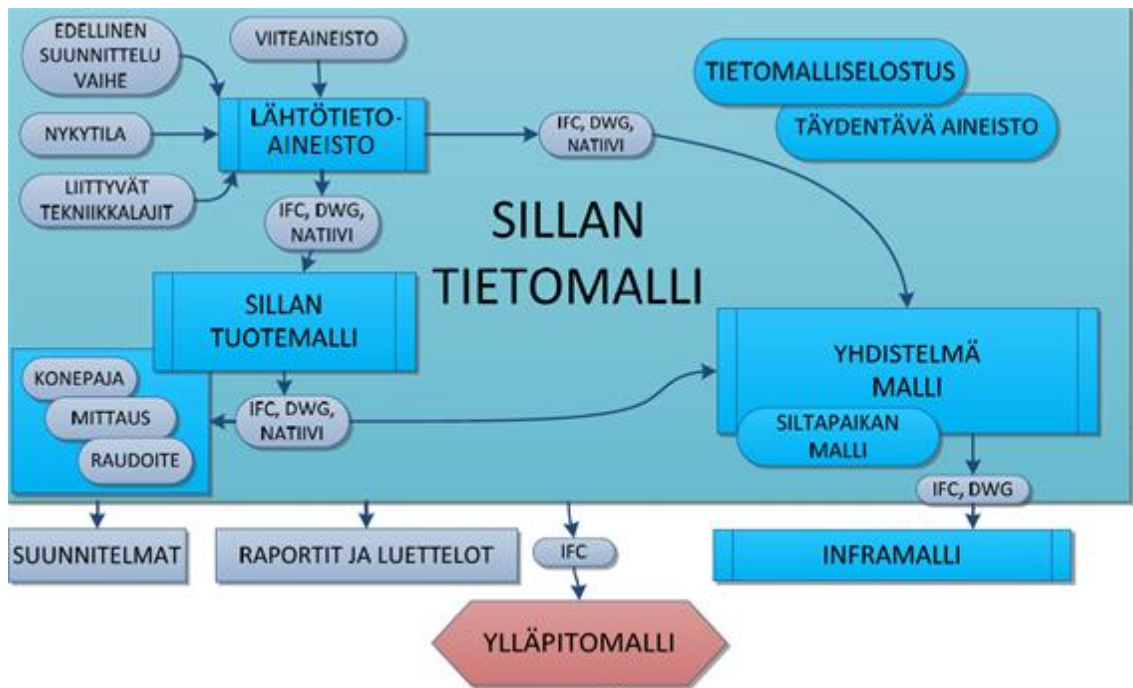
Määrälaskennassa on tärkeää huomioida, että urakan tilaajan luovuttama määräluettelo sisältää harvoin kaikki siltaurakan hinnoitteluun tarvittavat määrät. Todennäköisesti suoritteet vaativatkin lisätarkennuksia, vaihtamisen toiseen mittayksikköön tai yhden suoritteen jakamisen useammaksi suoritteeksi. Lisätarkennukset ovat usein seurausta määräluettelossa käytetystä karkeasta mittayksiköstä kuten kappalemääristä, jotka eivät kuvasta tarpeeksi suoritteen hinnan muodostumista. Esimerkiksi sillan tippaputkien kappalemääriä tulisi tarkentaa pituuksin, kun taas siirtymälaatat sisältävät tyypillisesti vain betonitilavuudet, vaikka rakenteeseen sisältyy myös raudoituksen ja vesieristyksen suoritteet.

Urakoitsijan määrälaskijoilta vaaditaankin vankkaa ammattitaitoa, jotta määräluettelon määrät saadaan vastaamaan todellisia määriä ja mittayksiköt toimisivat kunkin suoritteen hinnan perustana. Määrälaskijoiden laskentakäytännöt vaihtelevat usein, minkä takia määrälaskennan tulosten tulkitseminen voi olla hidasta ja haasteellista. Määrälaskennan käytännöt tulisikin saada standardinomaisiksi, jotta laskennan seuranta ja tulosten läpikäynti selkeytyisi.

## **6 Siltojen rakentamisessa ja määrälaskennassa käytettävät tietomallit**

Tässä työssä keskitytään vain rakentamisessa ja urakoitsijan määrälaskennassa hyödynnettäviin rakennussuunnitelmavaiheen tietomalleihin, jonka perusteella muiden suunnitteluvaiheiden tietomallit on rajattu pois tästä työstä. Tässä opinäytetyön osiossa esitettyjä tietomalleja ei ole käytetty määrälaskennassa.

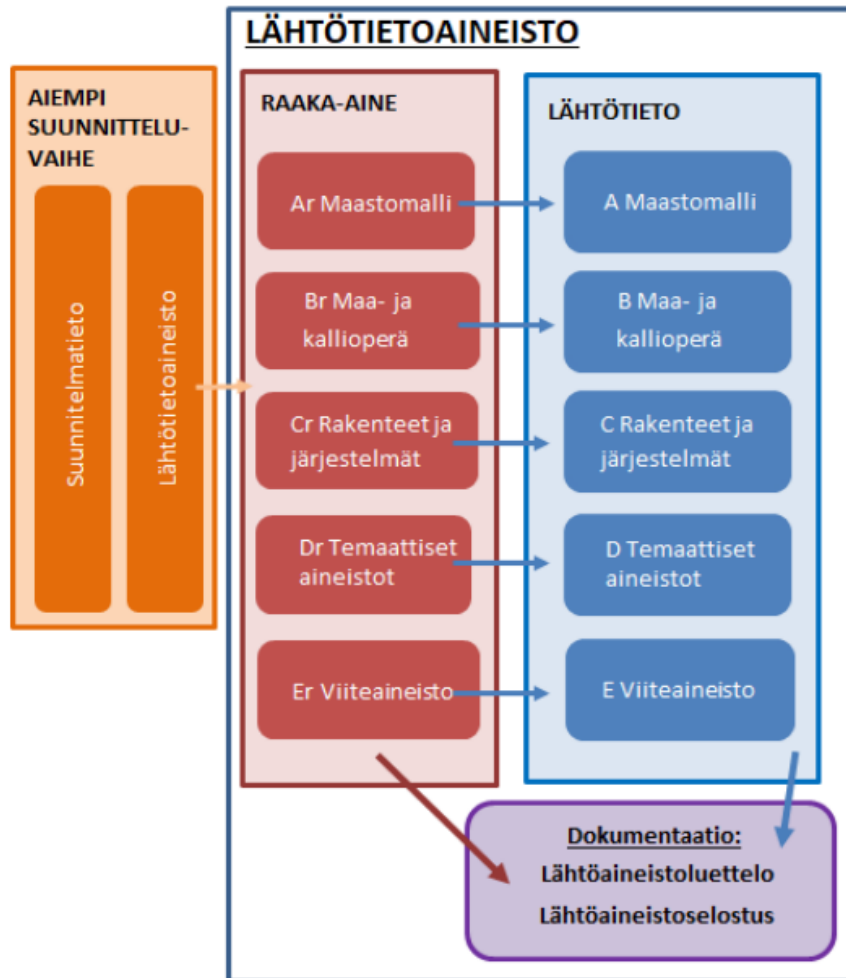
Siltojen tietomallien muodostuminen (Kuva 19) alkaa lähtötietoaineiston keräämisellä. Yleiset inframallivaatimukset vuodelta 2015 sisälsivät lähtötiedoista koostetun lähtötietomallin, joka kumottiin vuoden 2019 päivitettyssä versiossa. Lähtötiedoista kootusta aineistosta käytetään nykyisin termiä lähtötietoaineisto.



Kuva 19. Sillan tietomallin muodostuminen ja tiedonsiirrossa käytetyt formaatit (Liikennevirasto 2014, 12)

Sillan mallintamisen lähtökohtana pidetään lähtötietoaineistoa, joka sisältää eri lähteistä koostettua digitaalista aineistoa, joita käytetään sillan tietomallien lähtötietona. (YIV 2019.)

Kuvassa 20 on havainnollistettuna lähtötietoaineiston rakenne ja lähtötietojen sisältö. Lähtötietoaineistoon päivitetään hankkeen edetessä uusia lähtötiedoiksi katsottavia tietoja, kuten esimerkiksi myöhemmin tehtävien pohjatutkimusten tulokset.

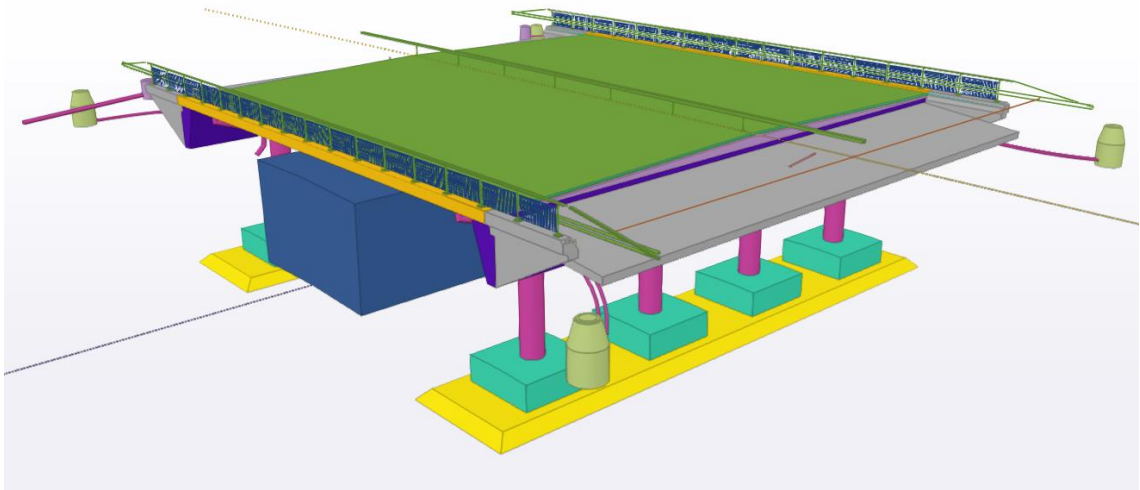


Kuva 20. Lähtötietoaineiston rakenne (YIV 2019, 51)

Lähtötietoaineiston raaka-aineet ovat muokkaamatonta lähtötietoaineistoa, joista muokataan tietomallinnukseen soveltuvaa lähtötietoa. Raaka-aine -tiedostoja voi olla hanketta kohden jopa tuhansia tai kymmeniä tuhansia, minkä vuoksi ainoastaan lähtötiedot nimetään. (YIV 2019, 51–57.)

## 6.1 Sillan tuotemalli

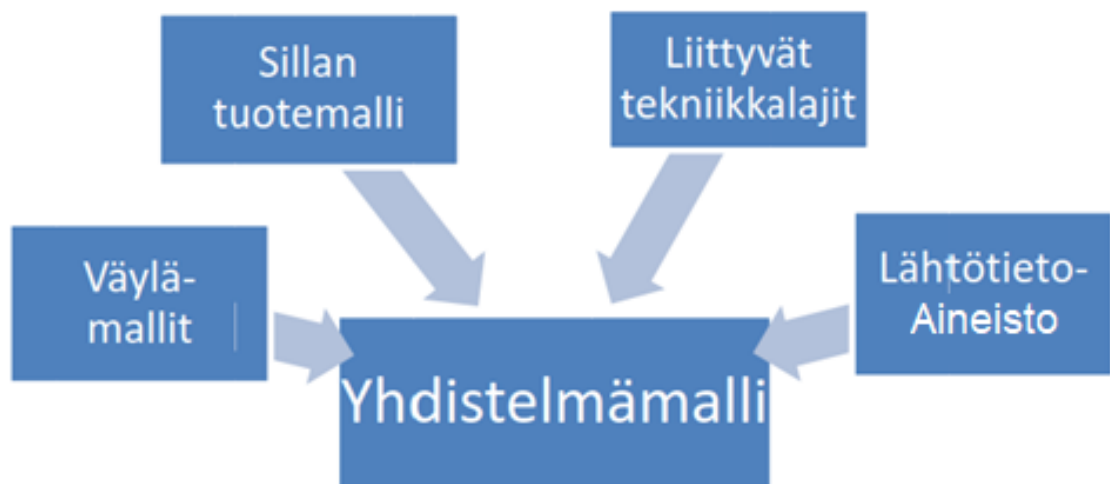
Rakennussuunnitteluvaiheessa sillasta mallinnetaan kokonaisuus, joka sisältää kaikki varusteet, laitteet, raudoitukset, maaperätiedot sekä immateriaalitiedot. Kokonaisuudesta syntyy sillan tuotemalli, jonka jokaiselle rakenneosalle on määritetty ominaisuustiedot, joita hyödynnetään niin sillan rakentamisessa kuin määrälaskennassa. Kuvassa 21 on esitettyä sillan tuotemalli, jossa eri rakenneosat sekä immateriaaliset tiedot kuten hyödyllinen leveys ja aukon vaatima tila on värikoodattu, jolloin tietomalli on visuaalisesti havainnollisempi.



Kuva 21. Vt5 Nuutilanmäki-Juva silta S20 tuotemalli (Sweco Oy)

## 6.2 Siltapaikan yhdistelmämalli

Siltapaikan yhdistelmämalli on siltapaikan kokonaisuuden kannalta oleellisin malli, sisältäen sillan lähtötietomallin, tuotemallin, tekniikkalajien mallit sekä siltaan kuuluvien maarakenteiden mallin. Kuvassa 22 on havainnollistettu yhdistelmämallin muodostuminen. Mallia täydennetään tarvittaessa myös selostavalla aineistolla, josta tietomalliselostus on pakollinen. Hankekohtaisesti sillan yhdistelmämalli voidaan rajata myös koko hankkeen inframallista. (Liikennevirasto 2014, 12–15.)



Kuva 22. Periaatekaavio siltapaikan yhdistelmämallin muodostumisesta (Liikennevirasto 2014, 31)

Siltapaikan yhdistelmämallin (Kuva 23) pohjalta pystytään suunnittelemaan jokaisella työmaalla pakollinen aluesuunnitelma, sillä malli sisältää kaiken tarvittavan tiedon siltapaikasta sekä tilatarpeita kuvaavasta immateriaalitiedosta. Optimitalteessa kaikki rakentamiseen tarvittava tieto on koottuna yhdistelmämalliin, josta rajaamalla haluttuja osuuksia pois, saadaan kyseisellä hetkellä tarvittu aineisto näkyviin. Yhdistelmämallista voidaan esimerkiksi tarkastella pelkästään sillan raudoitteita piilottamalla muut rakenteet näkyvistä.



Kuva 23. Siltapaikan yhdistelmämalli (Liikennevirasto 2014, 31)

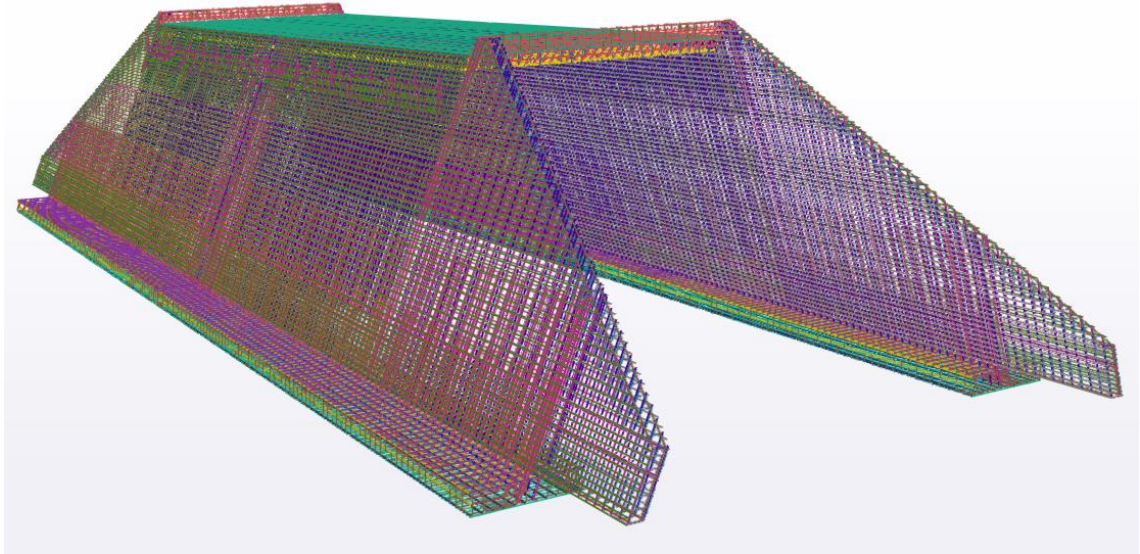
### 6.3 Toteutusmallit

Toteutusmallit ovat sillan tuotemallin pohjalta jatkojalostettuja malleja, joita käytetään rakenneosien valmistuksessa sekä työnaikaisissa rakenteissa. Tuotemallista poiketen, toteutusmalleissa on otettu huomioon esikohotukset ja muodonmuutokset, jotka ovat kriittisessä roolissa sillan valmistumisen kannalta mittatoleranssien sisällä.

#### 6.3.1 Raudoitemalli

Raudoitemalli on tuotemallista laadittu malli, josta on riisuttu pois kaikki muut rakenteet paitsi raudoitukset. Kuvassa 24 on esitetty kehäsillan S35 raudoitus,

missä raudoitukset ovat tarkasteltavissa yksittäisen harjateräksen tasolla. Raudoitemallin pohjalta suunnitellaan raudoituksen tuenta raudoituspukein ja työraudoitin ellei niitä ole erikseen mallinnettu. Työnjohdon ja valvonnan suorittamat raudoitustarkastukset ennen betonointitöitä helpottuvat, kun raudoitusta voi verrata suoraan visuaaliseen malliin perinteisten suunnitelmakuvien sijaan.

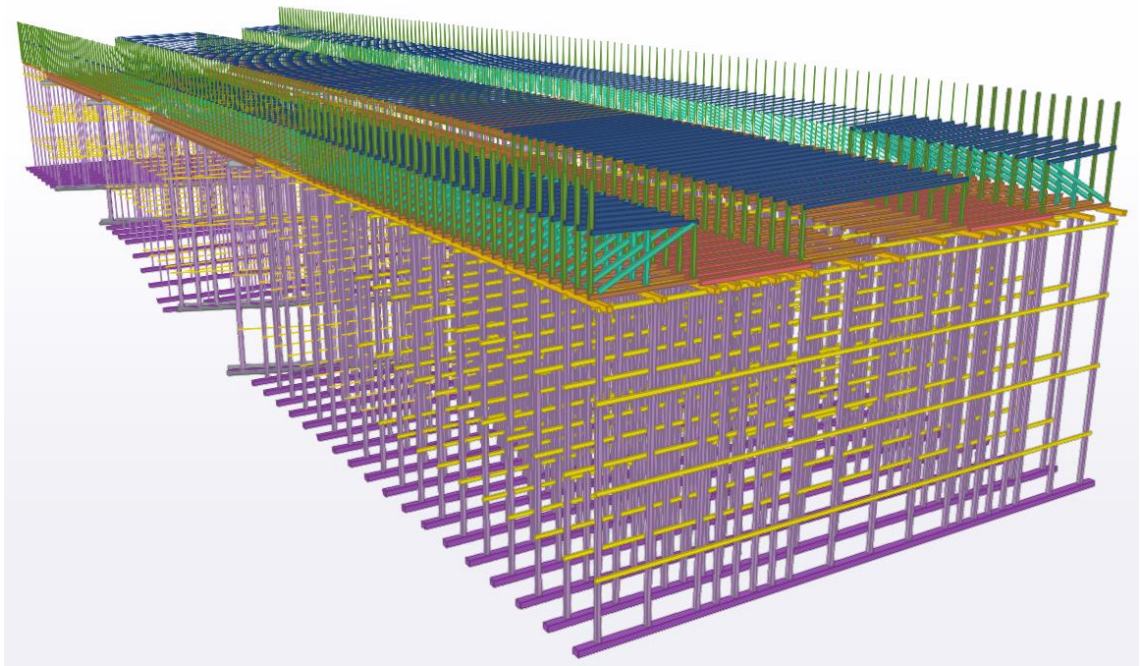


Kuva 24. Vt 5 Nuutilanmäki-Juva, kehäsillan S35 raudoitemalli (Sweco Oy)

Raudoitusmallista saadaan määrätiedot helposti taulukkomuotoon määrälaskentaa varten ja erillisiä raudoiteluetteloita ei tarvita materiaalien hankintaa varten, jos materiaalitoimittajan kanssa on erikseen sovittu raudoitemallin käytöstä raudoitehankinnoissa.

### 6.3.2 Telinemalli

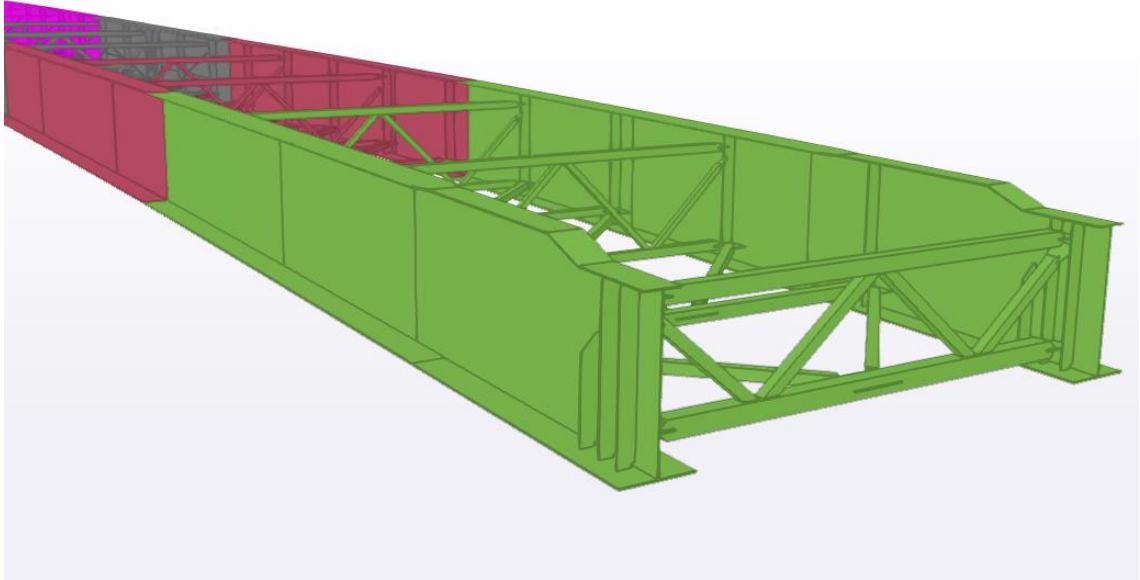
Telinemallilla kuvataan sillan rakennusaikainen tuenta muottia ja raudoittamista varten. Väylävirasto on hyväksynyt käytännön, jonka mukaan erillisiä telinesuunnitelmia ei vaadita, jos sillalle on laadittu telinemalli (Liikennevirasto 2014, 34). Kuvassa 25 on esitettyä havainnollistava kuva Metsäkylän risteyssillan telinemallista, jossa on esitetty kaikki sillan tuentaan vaadittu materiaali sillan päällysrakenteen muotti-, raudoitus- ja betonointitöitä varten. Telinemallin avulla pystytään tarkastelemaan sillan tuentaa yksityiskohtaisesti sekä tuomaan telinemat materiaalien määrätiedot tarvittaessa ulos taulukkomuotoon.



Kuva 25. Mt 132 Klaukkalan ohikulkutie, Metsäkylän risteyssillan S4 telinemalli (Kreate Oy)

### 6.3.3 Konepajamalli

Konepajamalli (Kuva 26) on konepajatuotantoa varten erikseen laadittu malli, josta ilmenee sillan teräsrakenteet sekä detaljit, joita ei esitetä mittatarkasti tuotemallissa. Esimerkiksi kiinnitysosat kuten pultit, hitsisaumat ja naulaukset esitetään usein vain konepajamallissa, sillä tuotemallissa niitä ei vaadita mallinnettavan. (Liikennevirasto 2014.) Konepajamalli eroaa lisäksi sillan tuotemallista siltä osin, että tuotemallissa silta on mallinnettu valmiissa muodossaan ja sijainnissaan, kun taas konepajamallissa huomioidaan tarkasti rakenneosien esikohotukset, muodonmuutokset sekä niihin kohdistuvat kuormitukset. Useimmiten konepajamallin IFC-tiedostomuodossa oleva malli on riisutumpi ominaisuustiedoiltaan verrattuna suunnitteluohjelmien käyttämään natiivimalliin, jolloin työmaalla ei ole yksityiskohtaisempaa natiivimallia käytössä. Syiksi on muodostunut vakiintunut toimintatapa, jossa natiivimalli siirtyy suunnittelijalta osat valmistavalle konepajalle ohjelmistojen yhteensopivuuden takia sekä työmaiden puute natiivimallin käyttöön soveltuvista ohjelmistoista.



Kuva 26. Vt 9 parantaminen Jännevirran kohdalla, silta S1 havainnollistava kuva konepajamallista (Ramboll Oy)

#### **6.4 Toteumamalli**

Toteumamalli, josta käytetään yleisesti myös termiä as built-malli on tietomalli, johon kootaan sillassa käytetyt rakennusosakohtaiset materiaalit, mittausraportit sekä tarkentavat tiedot. Malliin päivitetään rakennusaikana syntyneet suunnitelmuutokset kuten sillan vedeneristyksen muutos kermieristyksestä nestemäiseen vedeneristykseen. Toteumamallin pääasiallinen tehtävä onkin kuvata toteutuneen sillan rakenteet tilaajalle luovutusta varten.

Toteumamallia verrattaessa sillan tuotemalliin pystytään huomaamaan poikkeamat sekä toleranssiylitykset, joita rakentamisvaiheessa on syntynyt. Toteumamallia luodessa voidaan hyödyntää laserkeilausmittausta, jonka avulla silta mitataan kolmiulotteisena sekä muita mittauksia kuten takymetrin avulla tehtyjä tarkemittauksia. (Liikennevirasto 2014.) Ideaalitulanteessa toteumamalli pystytään luomaan sillan tuotemallin pohjalta, jos toleranssiylityksiä ei synny.

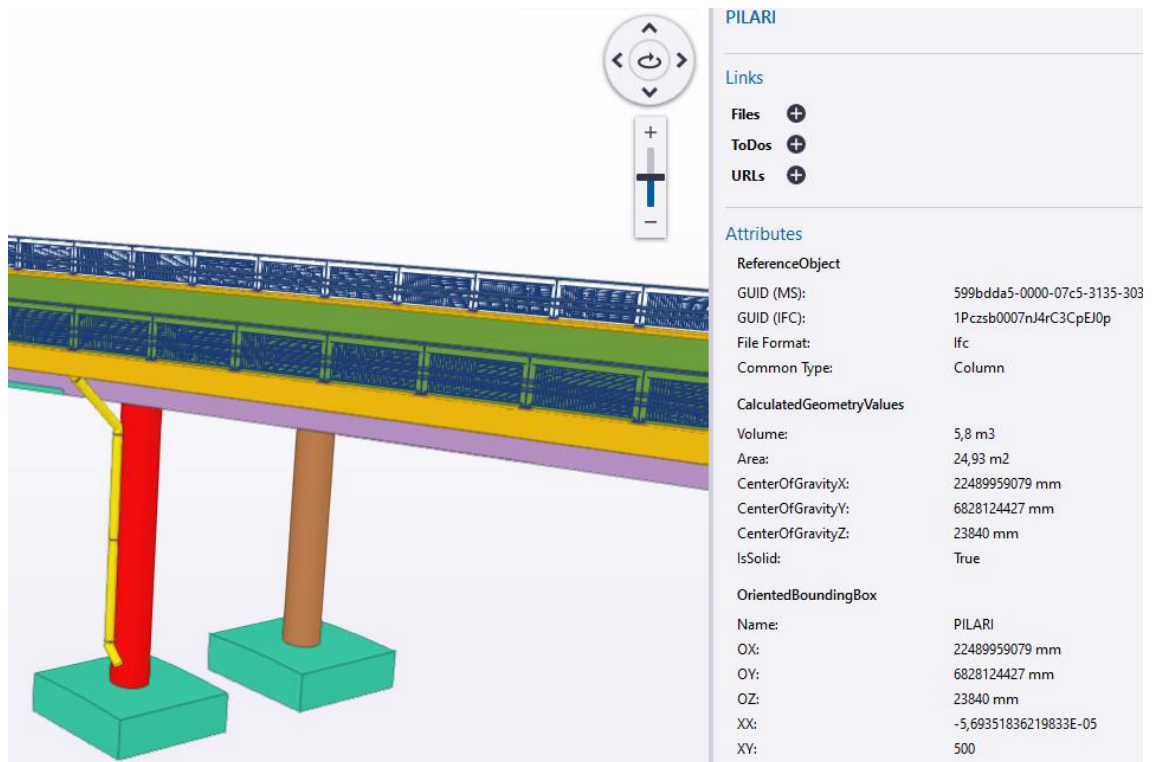
Väyläviraston kehittämän taitorakennerekisterin avulla pyritään hallinnoimaan ja hyödyntämään Suomen silloista laadittuja toteumamalleja siltojen ylläpidossa, korjauksissa sekä uusien siltojen ja väylien suunnittelussa.

## 6.5 Ominaisuustiedot

Ominaisuustiedot eli attribuutit kuvaavat tietomallin sisältämien objektien tietosisältöä (Kylmälä 2015). Siltojen tietomalliohjeessa on määritetty sillan rakenneosien mallintamisen tarkkuustaso, jotta vältytään mallin tarkkuuteen ja mallinnustapaan liittyviltä epäselvyyksiltä eri osapuolten välillä. Rakenneosat ja järjestelmät tulee mallintaa siten, että niistä on ominaisuustiedoista tunnistettavissa vähintään (Liikennevirasto 2014, 25–26):

- nimi ja tyyppi
- sijainti ja geometria
- rakenneosien komponentit ja materiaalitieto
- sekä tilavuus määrälaskentaa varten.

Rakennusosien tiedon tulee siirtyä suunnitteluohjelmiston käyttämästä natiivista tiedostomuodosta IFC-tiedostomuotoon, minkä vuoksi rakenneosat tulee suunnitella niille tarkoitetuilla työkaluilla. Esimerkiksi seinät suunnitellaan seinä-työkalulla, kun taas anturat antura-työkalulla. (Liikennevirasto 2014, 25–26.) Tämä on ensiarvoisen tärkeää, sillä virhe rakennusosan ominaisuustiedoissa voi tuottaa useita virheitä määrälaskijan laatiin määräluetteloihin. Kuvassa 27 on esitetty osa sillan tietomallia, josta on valittuna pilari tarkasteltavaksi. Viereen avautuu luettelo kaikista rakenneosan ominaisuustiedoista eli attribuuteista. Vastaavasti sillasta pystytään valitsemaan kaikki pilarit yhtäaikaisesti, jolloin saadaan pilareihin tarvittavat tiedot, esimerkiksi tilavuudet, koottua yhteen määrälaskentaa varten.



Kuva 27. Sillan tietomallista valittu pilari ja sen ominaisuustiedot (Sweco Oy)

Ominaisuustiedoista löytyy rakennusmateriaalien tiedot eriteltyinä, mikä helpottaa myös työmaajohdon päivittäistä toimintaa, kun tarvittavat tiedot ovat koottuna tietomallissa luetteloon. Kuvaan 28 on kerättyä määrälaskijan ja työnjohdon tarvitsemia tietoja ominaisuustietoluettelosta pilarin osalta.

Tekla Quantity		Rakennusosan tunnus:	Ro11
Weight:	14,573 t	Rasitusluokkaryhmä:	R1
Volume:	5,8 m3	Rasitusluokka:	XC3,XC4,XD3,XF4
Gross footprint area:	0,80 m2	Pakkasenkestävyys:	50
Area per tons:	1,70 m2	Pintakäsittely:	IMPREGNOINTI
Net surface area:	24,90 m2	Betonipeite:	50
Height:	1000 mm	Sijainti:	Välituki T2
Width:	1000 mm	Materiaali:	C35/45
Length:	7440 mm	Rakenneosa:	PILARI

Kuva 28. Ominaisuustietoja luettelosta

## 7 Määrälaskennassa käytettävät tietomallisovellukset

### 7.1 Simplebim

Tietomallien potentiaali rakennusalan tuottavuuden parantajana on ollut jo pitkään rakennusalan toimijoiden tiedossa. Kehitystä on kuitenkin hidastanut se, ettei tietomallikäytännöt ole hyvin standardisoituja. Eri tahoilta saadut tietomallit ovat erilaisia, tietoa puuttuu tai tieto sijaitsee väärässä paikassa. Simplebim -ohjelmistoa pystytään hyödyntämään edellä mainittujen ongelmien ratkaisemisessa.

Simplebim-ohjelmisto on suunniteltu toimimaan rakennushankkeen kaikilla osapuolilla; suunnittelijoilla, urakoitsijoilla sekä konsulteilla. Ohjelmiston avulla pystytään luomaan omia standardisoituja malleja, joilla valmiiseen IFC-malliin pystytään automaattisesti sisällyttämään urakoitsijan omaa sisältöä esimerkiksi kustannus- ja määrätietoihin liittyen. (Datacubist Oy.) Toisin kuin pelkästään IFC-mallien katseluun tarkoitettut sovellukset, Simplebim toimii myös työkaluna ominaisuustietojen virheiden tai puutteiden muokkaamisessa ja silloin, kun tavoitteena on riisua tietomallista ylimääräisiä osuuksia pois ja laatia esimerkiksi sillan tuotemallista toteutusmalleja.

Simplebim-ohjelmassa on mahdollisuus käyttää tyhjiä tai valmiita template-pohjia, joiden avulla käyttäjä pystyy luomaan tarkistus- ja havainnointisääntöjä tietomallista. Hyvin tehdyllä template-pohjalla pystytään havaitsemaan ohjelmalla avatusta tietomallista tyypillisimmät virheet sekä huomionarvoisimmat kohdat, joihin käyttäjän tulee reagoida. Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa pystytään template-pohjan avulla huomioimaan päällekkäisyyksiä, puutteita ominaisuustiedoissa tai virheitä.

Opinnäytetyön tilaajalle laadittavassa IFC-ohjeessa hyödynnetään Simplebim-sovelluksen ominaisuustietojen hallintaan liittyviä työkaluja, jolla määrälaskija erottaa jo määrälaskennan alussa epäkohdat, jotka voivat vaikuttaa määrälaskennan tuloksiin. Lisäksi ohjeen avulla pystytään sillan tietomallista luomaan lohkoittuja tietomalleja kuten alusrakenteiden raudoitemalli, jolloin tiedon käsittely katseluohjelmissa on helppokäyttöisempää, kun halutaan tarkastella vain haluttuja osia sillasta.

## 7.2 Trimble Connect

Trimble Connect -sovellus toimii infrahankkeiden tiedonhallinnan yhteiskäyttöalustana eri sidosryhmien välillä. Sovelluksen avulla pystytään yhdistämään eri tekniikkalajien tietomallit aina lähtötiedoista rakentamisen aikaisiin tietomalleihin, jolloin tiedonjako tehostuu rakennusprojektin eri osapuolten välillä. (Civilpoint 2019.) Sovellus toimii aineiston jakamisen työkaluna eri osapuolten välillä hankkeen eri vaiheissa (Civilpoint 2019):

- esiselvitys ja suunnittelu
- kustannusarvio ja kilpailutus
- rakennussuunnittelu ja aikataulut
- rakentaminen
- luovutus ja kunnossapito.

Trimble Connectin etuna tietomallien katseluohjelmiin nähden on mahdollisuus projektikohtaisen tietopankin luomiseen, kommunikointi sovelluksen sisäisesti sekä yhteensopivuus Microsoft Teams -ohjelman kanssa, jonka avulla voidaan helposti lisätä uusia käyttäjiä projekteille sekä kommunikointi etäyhteyksien avulla.

Trimble Connect tukee tiedonsiirrossa standardiformaatteja, kuten tietomallinnuksessa käytettäviä IFC-, LandXML- ja Inframodel-tiedostomuotoja sekä perinteisen 2D- ja 3D-suunnittelun DWG -tiedostoja. Sovellus on riippumaton suunnittelussa käytettävistä ohjelmistoista, mutta laajin tuki on suunnattu Trimblen omille sovelluksille, kuten esimerkiksi Tekla-suunnitteluohjelmille.

Trimble Connectista on käytössä verkko- sekä työpöytäversio, jotka eroavat toisistaan muutamilla ominaisuuksilla. Lisäksi sovelluksesta on tietomallien katseluun mobiiliversio, jota ei kuitenkaan käytetä määrälaskennan työkaluna. Ainoastaan verkossa toimivalla versiolla pystytään suorittamaan

- yksittäisten pisteiden koordinaattien merkitseminen
- objektien ryhmittäminen
- tehokkaampi tiedon ulosottaminen suuresta objektien määrästä kerralla
- ominaisuustietojen lisääminen.

## 8 Tietomallipohjainen määrälaskenta

Tietomallien avulla määrälaskentaa pystytään tehostamaan huomattavasti ja määrätietojen käyttöä hyödyntämään erilaisissa päätöksentekotilanteissa. Tietomallipohjainen määrälaskenta perustuu määrien ulos tuontiin tietomallista perinteisen manuaalisen mittaamisen sijaan tietokoneavusteisella mittaamisella tietomallista tai hakemalla objektien ominaisuustietojen pohjalta tietomallista halutut suoritteet luetteloituun muotoon. Määrät voidaan mitata niin arkkitehdin, rakennekuin talotekniikan tietomalleista sekä näiden yhdistelmämalleista. Lähtökohtaisesti tietomallipohjainen määrälaskenta toteutetaan kuitenkin yhdistelmämallin pohjalta yhteensopivuuden varmistamiseksi, ellei erikseen muuta sovita (YIV 2015.)

Hyvin laaditusta tietomallista on mahdollista hakea eri suoritteiden halutut määrät oikeilla hakutermeillä ilman varsinaista mittaamista. On kuitenkin huomattava, että eri suoritteissa käytetään eri määrälaskennan mittayksiköitä, jolloin määrälaskijan tulee ottaa huomioon suoritteiden määrähaussa oikeat hakutermit. Trimble Connect -ohjelmassa ilman mittaustyökaluja saadut suoritteiden määrät on haettu seuraavin hakutermein:

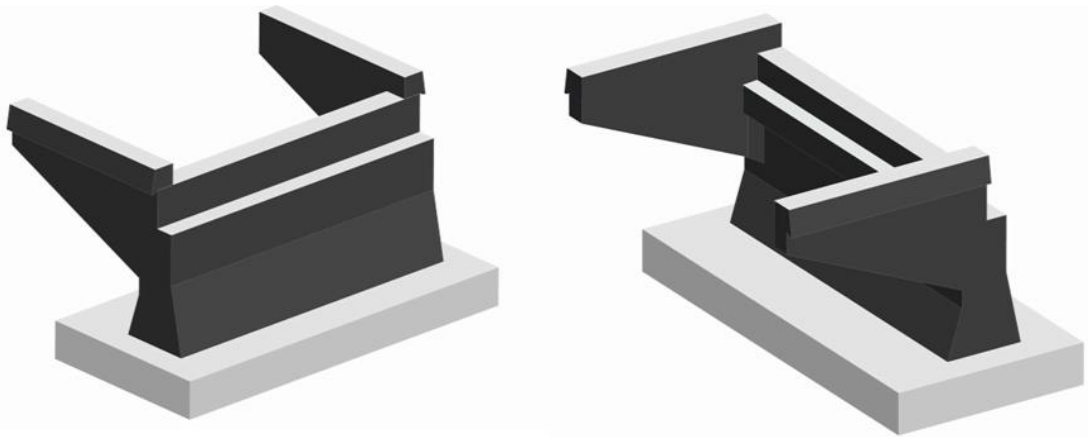
Suoritteet	Hakutermit
Raudoitekilot	Material, Total Weight
Betoniosien tilavuudet	Material, Volume
Paalujen pituudet	Material, Length
Kaiteiden pituudet	Material, Length
Kappalemäärät	Quantity

Taulukko 5. Trimble Connect-määrälaskennassa käytetyt hakutermit

Suoritteet, joiden määrälaskennan mittayksiköt ovat pinta-aloina, joudutaan lähes poikkeuksetta mittaamaan itse tietomallista, sillä ominaisuustiedoissa ilmoitettu pinta-ala on usein ilmoitettu nettopinta-alana, jonka ohjelma laskee suoraan objektin kaikista pinnoista. Tämän vuoksi sillan pintarakenteet, muotit sekä muut

pinta-alaa määrälaskennan yksikkönä käyttävät suoritteet tulee mitata tietomallista sen sijaan, että tiedon poimisi ominaisuustietojen perusteella.

Muottipinta-alaa laskettaessa otetaan huomioon vain ne pintojen alat, joihin tavanomaisimmilla menetelmillä työtä tehdessä käytetään muottia. Rakenteiden yläosien vaakapintoja ei lasketa muottipinta-alaan eikä uria ja viisteitä usein huomioida. (Tiehallinto 2008.) Kuvassa 29 on havainnollistettu muottipinta-alan laskeminen sillan maatuesta.



Kuva 29. Maatuen muottipinta-ala tummennettuna (Tiehallinto 2008)

Osa tietomallisovelluksista kykenee lähes automaattiseen määrätietojen ulos tuontiin. Tämä vaatii kuitenkin virheetöntä ja ennalta sovitun ohjeistuksen mukaan mallinnettua tietomallia ja itse sovellukselta ymmärrystä, millainen määräluettelo ominaisuustietojen pohjalta tulee muodostaa. Kuitenkin lähes poikkeuksetta osa määrätiedoista tulee määrittää mittaamalla tietomallista tai suunnitelma kuvista määrien tarkastamiseksi sekä kaikkien määrien saattamiseksi yhteen.

## 8.1 Siltojen tietomallien tarkistus

Simplebim-sovellusta hyödynnettiin IFC-ohjeessa sillan tietomallin ominaisuustietojen virheiden tarkastukseen sekä sillan tuotemallin erotteluun eri toteutusmalleiksi. Tietomallien tarkastelussa käytettiin vakioituja suunnitelmaohjelmakohtaisia template-pohjia, joiden avulla sovellus tekee tietomallista havaintoja sekä merkitsee virheitä ja päällekkäisyyksiä. Sovellus sallii myös käyttäjän itse laatimien template-pohjien käyttämisen tietomallien tarkistuksen apuna, mikä vaatii kuitenkin käyttäjältä syvää perehtymistä sovelluksen käyttöön ja toimintatapaan

sekä IFC-kuvauskielen rakenteeseen. Opinnäytetyön laajuuden rajoitusten vuoksi tässä työssä ei laadittu Simplebim-sovellukseen yrityskohtaista template-pohjaa. IFC-ohjeessa käsitelty ominaisuustietojen automaattinen tarkastus sekä osamallin luominen Simplebimin avulla luo kuitenkin mahdollisuuksia jatkokehittelyyn, joista template-pohjan laatiminen on yksi potentiaalisimmista kehityskohteista.

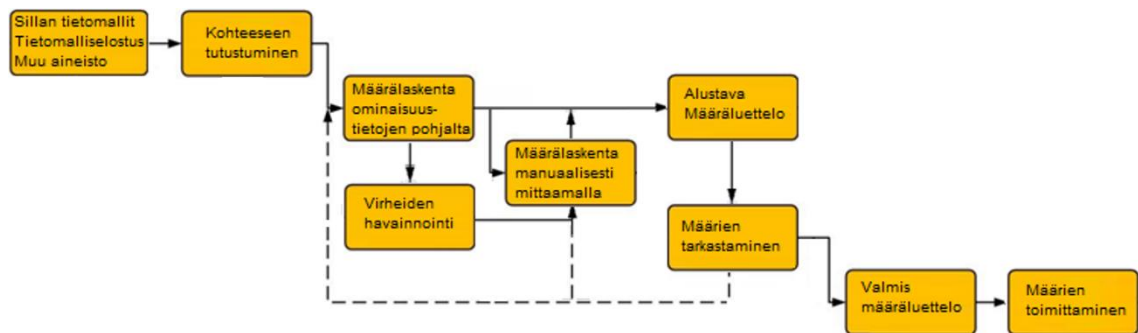
## **8.2 Määrälaskenta siltojen tietomalleista**

Opinnäytetyötä ja IFC-ohjetta varten suoritettiin ominaisuustietojen pohjalta osittainen tietomallipohjainen määrälaskenta neljän eri sillan tietomallista sekä kokonaisvaltainen määrälaskenta tarjouskohteena olevan sillan tietomallista Trimble Connect -ohjelmaa hyödyntäen. Siltojen tietomalleista neljä on mallinnettu Tekla Structures -suunnitteluohjelmalla ja yksi Autodesk Revit Structures -suunnitteluohjelmalla. Tämän opinnäytetyön aiempien osioiden tietomalleja ei ole käytetty määrälaskennoissa suunnittelijoiden anonymiteetin varmistamiseksi.

Määrälaskenta rajattiin käsittelemään neljän ensimmäisen sillan osalta suoritteita, jotka ovat sillan kokonaiskustannuksien kannalta oleellimmat ja määritettävissä tietomallin ominaisuustietojen avulla. Saatujen määrätietojen tulokset koottiin Microsoft Excel -taulukoihin (Liitteet 1–4), joita verrattiin kyseisten silta-kohteiden tilaajien luovuttamiin määräluetteloihin. Määrälaskennan aikana ilmenneet ominaisuustietojen havainnot koottiin yhteen opinnäytetyön tilaajalle laadittavaa IFC-ohjetta varten. Lisäksi suoritettiin kokonaisvaltainen tietomallipohjainen määrälaskenta tarjouskohteena olevasta sillasta opinnäytetyön tilaajalle. Tietojen arkaluontoisuuden vuoksi tarjouskohteena olevan sillan määräluetteloa ei julkaista.

Siltojen tietomallipohjaisessa määrälaskennassa edettiin kuvan 30 kaavion mukaisesti. Ennen varsinaista määrälaskentaa tutustuttiin kohteiden aineistoihin, kuten sillan tietomalleihin ja tietomalliselostuksiin. Koko prosessin aikana havainnoitiin mahdollisia puutteita tai virheitä, jotka voivat vaikuttaa määrätiedon oikeellisuuteen. Määrien laskenta suoritettiin Trimble Connect -sovelluksella ominaisuustietojen pohjalta, jolloin yhdistetyin hakutermein (Taulukko 5) saatiin osa

määrätiedoista siirrettyä suoraan alustavaan määräluetteloon. Tietomallipohjaisen määrälaskennan puutteet sekä suoritteet, joita ei tietomallipohjaisesti pystytty määrittämään, mitattiin manuaalisesti tietomallista. Siltojen osittaisissa määrälaskennoissa edettiin prosessikaaviossa alustavaan määräluetteloon ja kokonaisvaltaisessa määrälaskennassa valmiiseen määräluetteloon. Määrätiedon tarkastaminen toteutetaan tyypillisesti toisen määrälaskijan toimesta ja tarkastamisessa voidaan hyödyntää lisäksi referenssikohteiden määräluetteloita, jotka luovat suuntaa antavan arvion suoritteiden määrien oikeellisuudesta. Osittaisten määrälaskentojen määrien tarkistamisessa hyödynnettiin valmiita määräluetteloita.

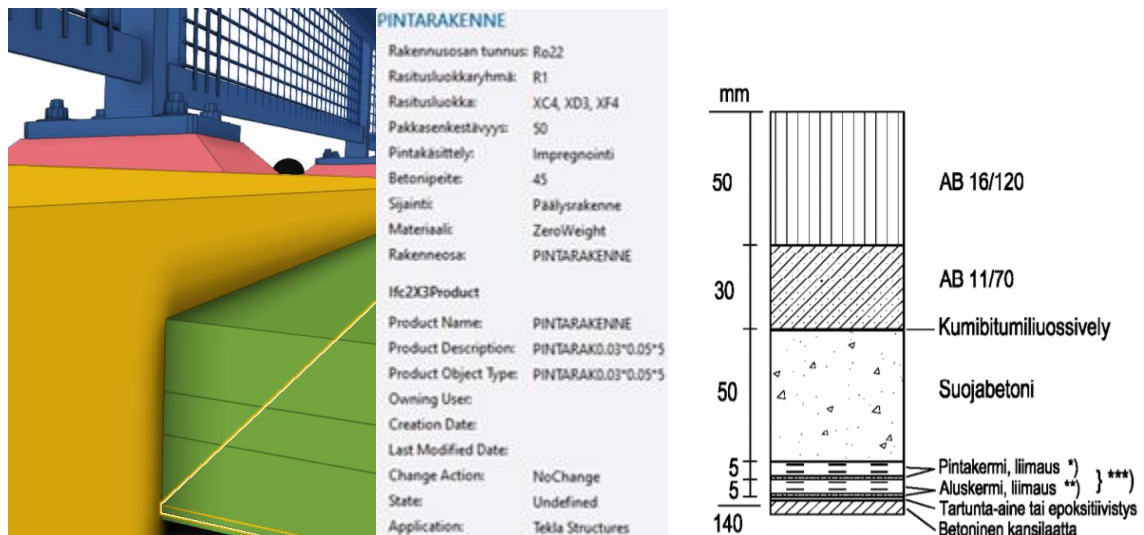


Kuva 30. Siltojen tietomallipohjaisen määrälaskennan prosessikaavio

Ensimmäisen sillan määrälaskennan aikana havaittiin tietomallin ominaisuustiedoissa puutteita, joita löytyi myöhemmin myös muiden siltojen määrälaskennoista. Kyseisen sillan tietomallista saatujen määrien ja tilaajan määräluettelon tietojen välillä oli eniten vaihtelevuutta kaikista tarkastelun kohteena olevista silloista. Tilaajan määräluettelossa päällysrakenteen betonit vastasivat tietomallin sillan kannen betonitilavuuksia, jolloin laaditusta määräluettelosta puuttui osa päällysrakenteen betonointien suoritteista. Toinen merkittävä havainto oli tietomallin paaluobjektien nimeäminen kahdella eri tavalla *PILE* ja *PAALU*, joiden välinen ero objektitasolla oli paalun halkaisija. Paalun halkaisijan erosta huolimatta kaikki paalut tulisi nimetä tietomallissa samalla tavalla, jolloin minimoidaan riski, että osa paaluista jäisi määräluettelosta pois. Paalut tulisi selkeyden vuoksi mallintaa paalutyypin ja halkaisijan perusteella eri väreihin, mikä osaltaan tehostaisi määrälaskentaa.

Todenmukaisen määrätiedon kannalta oleellisin havainto oli toisen sillan tietomallissa ilmennyt objektien mallintaminen kahteen kertaan. Ominaisuustietojen pohjalta määrätietoja haettaessa epäkohtaan ei alkuun kiinnittänyt huomiota ennen kuin vertasi saatuja tuloksia valmiiseen määräluetteloon, jossa betonien ja raudoitteiden määrät olivat puolet pienempiä. Tarkemmassa tietomallin tarkastelussa havaittiin, että yksittäisen objektin kuten reunapalkin piilottaminen ei onnistunut piilottamatta objektia toistamiseen. Muut objektit tarkistamalla saatiin varmuus, että kaikki objektit oli mallinnettu kahteen kertaan. Syyksi selvisi määrälaskennan edetessä, että raudoitemalli oli nimensä vastaisesti todellisuudessa sillan tuotemalli, joka sisälsi kaikki sillan rakenteet. Sillan tietomalliaineisto sisälsi siis kaksi sillan tuotemallia, joista toinen oli nimetty raudoitemalliksi. Tämä suunnitteluvirhe ei vaikuttanut määrälaskennan lopputulokseen määrien suuruusluokan tarkistuksen vuoksi, mutta riski virheelliseen määrätietoon kasvoi huomattavasti. Väärin nimetyn sillan tuotemallin korjaus voidaan toteuttaa Simplebim-sovelluksella, jolloin sillan tuotemallista saadaan muokattua pelkät raudoitteet sisältävä raudoitemalli. Määrälaskentaa varten toimenpide ei kuitenkaan ollut välttämätön.

Toisen sillan tietomallista havaittiin lisäksi selkeä virhe määräluettelon pintarakenteiden materiaalien kanssa. Sillan tietomallin ominaisuustietojen mukaan päällysteet sekä vesieristyksen olivat betonisia rakenteita (Kuva 31). Kyseisen sillan pintarakenteiden materiaalit varmistettiin ja kyseessä oli yksi yleisimmistä sillan kannen tyyppisuunnitelmista (Kuva 32) mikä vahvisti, että tietomallissa on pintarakenteiden osalta mallinnusvirhe.



Kuva 31 ja 32. Sillan pintarakenteet virheellisellä ominaisuustiedolla sekä oikealla sillan kannen pintarakenteiden tyyppisuunnitelma (Liikennevirasto 2004)

Kolmannen sillan tietomallin ominaisuustiedot olivat kattavimmat ja vähiten virheitä sisältävät. Tietomallista ei kuitenkaan pystytty määrittelemään päällysteen ja vedeneristysten materiaaleja puutteellisen ominaisuustiedon takia. Määrätiedot vastasivat parhaiten tilaajan laatimiin määräluetteloihin muiden siltojen tietomalleihin verrattuna.

Neljännän sillan tietomalli sisälsi kriittisimmät puutteet ominaisuustiedoissa. Raudoitteiden ominaisuustiedot eivät sisältäneet painoa, jolloin raudoitteiden määriä ei pystytty tuomaan määräluetteloon. Lisäksi paaluobjektit eivät sisältäneet pituutta, jolloin paalut mitattiin mittatyökälulla paalujen vähäisen lukumäärän takia. Kyseinen silta oli mallinnettu muista silloista poiketen Revit Structures-sovelluksella, mikä ei kuitenkaan ole yksiselitteinen syy puutteisiin. Kyseisellä sovelluksella mallinnettuja siltoja oli määrälaskennan otannassa vain yksi, jolloin ei ole vertailukelpoista verrata suunnitteluohjelmien välisiä tuloksia. Raudoitteiden paino ja paalujen pituus pystytään tarvittaessa lisäämään tietomallin ominaisuustietoihin Simplebim-sovellusta hyödyntäen, mikä vaatii kuitenkin syvällistä perehtymistä tietomallien muokkaamiseen sekä sovelluksen käyttöön.

Yleisimmät puutteet ominaisuustiedoissa kaikkien määrälaskennan siltojen osalta liittyivät paalujen, betonin ja raudoitteiden tarkentavien tietojen puutteeseen sekä mallintamattomiin objekteihin. Siirtymälaattojen raudoituksia ei mallin-

nettu yhdessäkään tietomallissa, jolloin määrälaskennassa käytettiin siirtymälaattojen raudoitteiden osalta suuntaa antavaa arviota 140 kg raudoitetta per 1 m<sup>3</sup> betonia. Syy raudoitteiden mallintamattomuuteen selittyy pääosin siirtymälaattojen yksinkertaisesta rakenteesta sekä yleisesti käytössä olevista tyyppisuunnitelmista paikallavalu- ja elementtirakenteisille siirtymälaatoille.

Kaikkien siltojen tietomalleissa toistui samat puutteet vedeneristyksien mallintamisessa. Maanvastaisten rakenteiden vesieristystä ei mallinnettu yhdenkään sillan tietomallissa ja kaikkien siltojen kannen vedeneristeistä puuttui materiaalitietoja. Havaittiin selkeästi, että eri suunnittelijoiden käytännöistä riippumatta, tyyppisuunnitelmat omaavia rakenteita ei mallinnetta täydellisesti yleisesti saatavilla olevan tiedon takia. Työmaajohdon päivittäistä toimintaa tukisi, jos kaikki tarpeellinen tieto rakennettavasta sillasta olisi mallinnettu. Tällöin sillan tietomallin pohjalta pystyttäisiin omaksumaan rakentamisen kannalta kaikki tarpeellinen tieto ja aikaa vievältä tiedon hakemiselta välttyttäisiin.

Sillan eri rakenneosatyypit ovat nimetty tietomalleissa *Product Name (IFC 2x3)* -termein, joissa ilmeni vain vähän virheitä. Määrälaskennan kannalta tärkeimpien suoritteiden rakenneosat oli löydettävissä oikein termein suunnittelijasta riippumatta. Virheellisiä *Product Name* -termejä esiintyi vain rakenneosissa, joissa ominaisuustiedot sisälsivät myös muita aiemmin mainittuja virheitä.

## 9 Yhteenveto ja pohdinta

Täysin tietomallipohjaiseen siltojen määrälaskentaan siirtyminen edellyttää virheettömiä tietomalleja ja tulkinnasta riippumattomia mallinnus- ja määrälaskentaohjeita, jotka on laadittu yksinomaan silloille. Näin siltojen tietomallipohjainen määrälaskenta tehostuu ja määrälaskennan aikana syntyvät virheet pienenevät. Tietomallien ominaisuustietojen virheiden ja puutteiden syyt koostuvat kuitenkin monesta muuttujasta, joihin ei ole yksiselitteistä vastausta. Erilaisia puutteita havaittiin samojen suunnitteluohjelmien ja siltatyyppien välillä, joten virheiden muodostumisessa painottuvat ohjeistuksien tulkinta ja puutteellisuus sekä suunnittelijakohtaiset käytännöt. Jotta siltojen tietomallit saataisiin yhdenmukaisiksi ominaisuustietosisällöiltään, ohjeistuksia ja vaatimuksia tulisi kehittää suuntaan,

jossa tulkinnanvaraisuutta ei ilmene. Tällöin erot suunnittelijoiden ja suunniteluohjelmien välillä kapenisivat, mikä näkyisi tehokkuuden parantumisena niin suunnittelussa, määrälaskennassa kuin rakentamisessakin.

Infrahankkeissa jokaisen sillan tietomallilla tulee olla oma tietomalliselostus, johon merkitään puutteet tietomalleissa niin objekti- kuin ominaisuustietotasolla. Sillan tietomallin sisältäessä mallintamattomia rakenteita tai ominaisuustiedon puutteita tulisi ne ensisijaisesti korjata tietomalliselostukseen merkitsemisen sijaan. Usein kuitenkin raskasta mallinnusta vaativat detaljitason varusteet ja laitteet ovat urakoitsijan käytössä olevissa tietomalleissa yksinkertaistetussa muodossa, jolloin mallinnustarkkuus tulisi ilmetä tietomalliselostuksesta.

Siltojen tietomallipohjainen määrälaskenta perustuu pääosin määrälaskijoiden omiin käytäntötapoihin, sillä siltojen ja muiden taitorakenteiden tietomallipohjaiseen määrälaskentaan ei ole omaa kattavaa määrälaskentaohjetta. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistön määrämittausohjetta, Sillan määräluettelo 2008 ja Siltojen tietomalliohjetta 2014 voidaan soveltuvin osin hyödyntää tietomallipohjaisen määrälaskennan tukena, mutta ne eivät sellaisenaan toimi määrälaskennan ohjeistuksena taitorakenteiden tietomalleille. Taitorakenteiden IFC-malleille tulisikin laatia oma tarkentava määrämittausohjeensa sekä kehittää tietomalliohjeistusta myös urakoitsijoiden määrälaskentaan paremmin soveltuvaksi esimerkiksi ominaisuustiedon sisällön tiukemmilla vaatimuksilla.

Opinnäytetyön tuloksena kehitettiin IFC-ohje, joka toimii opinnäytetyön tilaajan taitorakenteiden tietomallipohjaisen määrälaskennan tukena. Ohjeen tavoitteena on opastaa määrälaskijaa tietomallipohjaisessa määrälaskennassa Trimble Connect-sovellusta hyödyntäen sekä auttaa havaitsemaan määrälaskennan kannalta kriittisimmät ongelmakohdat jo hyvissä ajoin, jotta vältettäisiin virheellisen tai puutteellisen määräluettelon synty. Ohjeessa on määrälaskennan lisäksi esitetty sillan tietomallin tarkistaminen Simplebim template-pohjien avulla sekä tietomallin pilkkominen kevyempiin osamalleihin kuten raudoitemalliin. IFC-ohjeessa läpi käytyjen ominaisuustietojen virheiden ja havaintojen avulla pystytään jatkokehittämään ominaisuustietojen automaattiseen havainnointiin template-pohja Simplebim-sovellukseen. Ohjetta tullaan todennäköisesti kehittämään kartoittamalla IFC-ohjeen käyttökokemuksia käyttöönoton jälkeen.

## Lähteet

Building Smart 2020. Industry Foundation Classes (IFC). <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>. Luettu 8.5.2020.

Civilpoint 2019. Tuote-esite. [https://civilpoint.fi/wp-content/uploads/2018/01/CivilPoint\\_Tuote-esite\\_2019\\_web.pdf](https://civilpoint.fi/wp-content/uploads/2018/01/CivilPoint_Tuote-esite_2019_web.pdf). Luettu 6.5.2020.

Datacubist Oy. Simplebim benefits. <https://simplebim.com/benefits/>. Luettu 9.4.2020.

IFC Wiki. [http://www.ifcwiki.org/index.php?title=IFC\\_Wiki](http://www.ifcwiki.org/index.php?title=IFC_Wiki). Luettu 8.5.2020.

Järvinen, V. 2007. Tekniikan tohtori. RTEK-3610 Sillanrakennuksen perusteet - luentomateriaali. 30.8.2007. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennetekniikka.

Karstila, K. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Rakennusten tuotemallintamisen sanasto. Luettu 8.5.2020.

Kylmälä, A. 2015. Tietomallien hyödyntäminen tien yleissuunnittelussa. Aalto-yliopisto. Diplomityö.

Laakso, M. & Kiviniemi, A. 2012. The IFC standard - a review of history, development, and standardization, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Vol. 17, pg. 134 - 161, <http://www.itcon.org/2012/9>

Lehtoviita, T. 2020. Lehtori. LAB-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyön välikokous 24.4.2020.

Liikennevirasto 2004. Sillan suunnittelun täydentävät ohjeet. Liite 4.1 Kannen pintarakenteet. [https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/sillansuunnitayd\\_a.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/sillansuunnitayd_a.pdf). Luettu 20.5.2020.

Liikennevirasto 2013. Taitorakenteiden tarkastusohje. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2013-17\\_taitorakenteiden\\_tarkastusohje\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-17_taitorakenteiden_tarkastusohje_web.pdf). Luettu 30.3.2020.

Liikennevirasto 2014. Siltojen tietomalliohje. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2014-06\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf). Luettu 24.3.2020.

M.A.D. Micro Aided Design Oy 2013. IFC-tiedonsiirto. [https://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC\\_web.pdf](https://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC_web.pdf). Luettu 6.4.2020.

Rakennustietosäätiö RTS 2015. INFRA 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö. Määrämittausohje. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RIL 179-2018 Sillat. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL.

RIL 2020. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL. Artikkelin. <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>. Luettu 20.3.2020.

Tampereen kaupunki 2016. Tampereen Tilakeskus. Tietomalliohje suunnittelijoille. [https://tampereentilapalvelut.fi/wp-content/uploads/materiaalit/suunniteluohjeet/TRE\\_TIKE\\_tietomalliohje\\_suunnittelijoille.pdf](https://tampereentilapalvelut.fi/wp-content/uploads/materiaalit/suunniteluohjeet/TRE_TIKE_tietomalliohje_suunnittelijoille.pdf). Luettu 24.3.2020.

Tiehallinto 2008. Sillan määräluettelo. Helsinki.

Trimble 2020. Trimble Connect Capabilities. <https://connect.trimble.com/capabilities>. Luettu 6.5.2020.

Väylävirasto 2019. Mikä on tietomalli? Artikkel. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli->. Luettu 30.3.2020.

YIV 2015. Väylävirasto 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 9. Määrälaskenta ja kustannusarviot.

YIV 2019. Väylävirasto 2019. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019.

YTV 2012a. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu.

YTV 2012b. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 7. Määrälaskenta.

Suunnitteluohjelma: Tekla

Silta 1

	Product name (lfc2X3)	Materiaali	Määrä	Yksikkö	Määräluettelossa	Ero	Lisätietoja
<b>Betonit</b>							
Päällysrakenne		C35/45-3	808	m3rtr	680	128	Määräluettelossa suoritteena päällysrakenteen betonit, määrät vastaavat pelkän kannen betoneja
<i>Kansi</i>	KANSI	C35/45-3	677	m3rtr	-	-3	Määräluettelon puute
<i>Siipimuurit</i>	SIIPIMUURI	C35/45-3	6	m3rtr	-	-	Määräluettelon puute
<i>Päätypalkit</i>	PÄÄTYPALKKI	C35/45-3	96	m3rtr	-	-	Määräluettelon puute
<i>Reunapalkit</i>	REUNAPALKKI	C35/45-3	28	m3rtr	-	-	Määräluettelon puute
Pilarit	PILARI	C30/37-3	39	m3rtr	65	-26	halk. 1000 mm
Siirtymälaatat	SIIRTYMÄLAATTA	CONCRETE	60	m3rtr	60	0	Ei betonia tarkentavia tietoja mallissa
Paalun betonitäyte	PAALUN BETONITÄYTE	C30/37-2	58	m3rtr/mtr	53	5	Huom! Määräluettelossa ilmaistu metreinä, määrä kuitenkin oikea! (53*pi*r^2)
Paalut							
<i>Pile</i>	PILE	STEEL/S35S12H, halk. 813 mm	53	mtr	53	0	HUOMI Paaluja löytyy hakusanoilla: Paalu & Pile! Mallinetaan palkkina (BEAM)
<i>Paalu</i>	PAALU	STEEL/S35S12H, halk. 711 mm	38	mtr	81	-43	Paaluista puuttuu tarkentavat tiedot, kuten RD700/RD800
Raudoitukset	erilaisia		139288	kg	145277	-5989	Raudoiteluettelosta kokonaismäärät. Ei sis. siirtymälaattojen raudoituksia (ei mallinnettu). Jännitysankkurien spiraaliraudoitteet eivät sis. Total Weighttiin.
<i>A500HW raudoitteet</i>	-	A500HW	138925	kg	-	-	
<i>Spiraliraudoitteet</i>	Undefined	Undefined	363	kg	-	-	
Kannen päällyste	PÄÄLLYSTE	MISCELLANEOUS/ASFALTTIBETONI	1149	m2tr	330	-819	Asfaltti laskettu pinta-alana mallista! Nettoala /2 antaa hiukan (+10m2) isomman alan. Määräluettelossa virhe
Kaitteet	Steel Assembly	STEEL, CFRHS200X120X5	59	mtr	66	-7	Määrä suoraan yhtenäisestä kaideobjektista.

## Liite 1. Määrät tietomallista, Silta 1

Suunnitteluohjelma: Tekla

Silta 2

	Product name (lfc2X3)	Materiaali	Määrä	Yksikkö	Määräluettelossa	Ero	Lisätietoja
Betonit							
Päällysrakenteet			368	m3rtr	368	0	
<i>Kansi</i>	KANSI	C35/45 Ro2, R1, XC3, XC4, XF2, P30	286	m3rtr	-		HUOM!!! Kansi mallinnettu kahteen kertaan päällekkäin, jolloin Volume (KANSI) on tuplasti liikaa!
<i>Siipimuurit</i>	SIIPIMUURI	C35/45 Ro12, R1, XC3, XD2 XC4, XF2, P30	10	m3rtr	-		
<i>Päätypalkit</i>	PÄÄTYPALKKI	C35/45 Ro20, R1, XC3, XC4, XF2, P30	72	m3rtr	-		
Reunapalkit	REUNAPALKKI	C35/45 Ro22, R1, XC4, XD3, XF, P50	16	m3rtr	16	0	HUOM!!! Reunapalkit mallinnettu kahteen kertaan päällekkäin, jolloin Volume on tuplasti liikaa!
Pilarit	PILARI	C35/45 Ro10, R1, XC3, XC4, XF2, P30	37	m3rtr	37	0	HUOM!!! Pilarit mallinnettu kahteen kertaan päällekkäin, jolloin Volume on tuplasti liikaa!
Siirtymälaatat	SIIRTYMÄLAATTA	C30/37 Ro23, R1, XC2, XD1, XF4, P50	51	m3rtr	52	-1	Siirtymälaatta mallinnettu palkkina, vaikka laatta nimessäkin
Raudoitukset	erilaisia	B500B	64170	kg	64300	-131	Mallissa raudoitukset mallinnettu tuplana, ei siirtymälaattojen raudoituksia
<i>Spiraaliraudoitteet</i>	JÄNNEANKKURI	S235JR, halk. 16 mm	426	kg	-		Tuplana.. Jännitysankkurien päiden spiraaliraudat oma Material -kategoria
Kannen päällyste	PINTARAKENNE	R022, R1, XC4, XD3, XF4, P50	498	m2tr	505	-7	Mallinnettu betonina vaikka määräluettelon mukaan AB 11/70 30 mm + SMA 16/100 50 mm
Kaiteet	erilaisia	STEEL/S355J2H	76	mtr	76	0	Laskettu kaiteen mitta itse, koska kaikki objektit ns. pilkottuina pienempiin osiin.

Rakennusosat mallinnettu kahteen kertaan, määrähaku antaa 2x määrän

## Liite 2. Määrät tietomallista, Silta 2

Suunnitteluohjelma: Tekla

Silta 3

	Product name (Ifc2)	Materiaali	Määrä	Yksikkö	Määräluettelossa	Ero	Lisätietoja
Betonit							
Päällysrakenteet			452	m3rtr	452	0	sisältää kannen, siipimuurit, pääty- ja reunapalkit
Kansi	KANSI	C35/45 Ro21,R1,XC3,XC4,XF2,XD1 P30	380	m3rtr	-		
Siipimuurit	KANSI	C35/45 Ro12, R1, XC3, XC4, XD2, XF4, P30	7	m3rtr	-		
Päätypalkit	PÄÄTYPALKKI	C35/45 Ro20, R1, XC3, XC4, XF2, P30	35	m3rtr	-		
Reunapalkit	REUNAPALKKI	C35/45 Ro22, R1, XC4, XD3, XF4, P50	30	m3rtr	-		
Pilarit, välituet	PILARI	C35/45 Ro22 Ro11, R1, XC3,XC4,XD3,XF4, P50	32	m3rtr	32	0	sisältää myös tunkkaus"pilarit"
Peruslaatat	PERUSLAATTA	C35/45 Ro7 Ro11, R1, XC2,XD1,XF4 P50	101	m3rtr	101	0	
Siirtymälaatat	SIIRTYMÄLAATTA	C30/37 Ro23, R1, XC2,XD1,XF4, P50	29	m3rtr	-		
Rauditus	erilaisia						
B500B raudoitteet			70084	kg	69710	374	Määräluettelo ei sisällä siirtymälaattojen raudoituksia
Kannen päällyste	SMA 16/120	MISCELLANEOUS	672	m2	675	-3	materiaalia ei määritetty ominaisuustietoihin, Product Name viittaa materiaaliin
Kaiteet	TERÄSKAIDE	STEEL/Steel_Undefined	144	mtr	144	0	

Liite 3. Määrät tietomallista, Silta 3

Suunnitteluohjelma: Revit

Silta 4

	Rakennusosan nimi	Materiaali	Määrä	Yksikkö	Lisätietoja
Betonit					
	Kansi Betonikansi	C35/45-3, P30 Ro21	453	m3rtr	
	Reunapalkit Reunapalkki	C35/45-3, P50 Ro22	14	m3rtr	
	Pilarit Betonipilari	C35/45-3, P50 Ro11	32	m3rtr	
	Siipimuurit Siipimuuuri	Betoni C35/45-3, P30 Ro12	6	m3rtr	
	Päätypalkit Päätypalkki	C35/45-3, P30 Ro12 IT-betoni	93	m3rtr	
	Siirtymälaatan konsolit Siirtymälaatan konsoli	C35/45-3, P30 Ro12 IT-betoni	6	m3rtr	
	Siirtymälaatat Siirtymälaatta	C30/37-3, P50 Ro23	50	m3rtr	
	Paalujen betonoinnit -	-	38	m3rtr	Huom! Mitattu paalujen tilavuudet, todellisuudessa määrä on vähemmän
Paalut	Paalu	Teräs, koko 914x12,5	58	mtr	<b>Paalujen pituuksia ei määritetty! Tärkeä tieto. Mittatyökälulla pituuden laskeminen.</b>
Rauditus					
	B500B Rauditus	Teräs B500B	0	kg	Raudoituksille ei ole määritetty painoa ominaisuustietoihin!
Kannen päällyste	Kivimastikiasfaltti SMA	Kivimastikiasfaltti SMA 22	599		
Kaiteet	Kaideosat	Teräs; H2-tyyppi	94	m	

Liite 4. Määrät tietomallista, Silta 4