



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KEHÄSILLAN MALLINNUS JA MALLINNUSOHJE SILTASUUNNITTELUUN TEKLA STRUCTURES

TEKIJÄ: Karri Piippo

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Karri Piippo			
Työn nimi Kehäsillan mallinnus ja mallinnusohje – Tekla structures			
Päiväys	3.2.2020	Sivumäärä/Liitteet	28/1
Ohjaajat Lehtori Viljo Kuusela, lehtori Matti Mikkonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Pöyry Finland Oy			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Pöyry Finland Oy:lle kehäsillasta urakkalaskentavaiheen 3d-malli, josta saatiin tuotettua mittapiirustuksia sekä materiaalien määräärvioita. Lisäksi tarkoituksena oli tehdä mallinnusohje siltasuunnitteluun, mikä helpottaisi aloittelevan mallintajan työtä.</p> <p>Mallinnettu kehäsilta oli kaksiaukkoinen risteyssilta. Kaikki sillan betoniosat ja suuri osa pintarakenteista sekä varusteista ja laitteista mallinnettiin paikalleen paikalliskoordinaatistoon. Myös sillan betonirauhoitukset mallinnettiin suurelta osin. Tekla Structuresia käytettiin mallinnusohjelmana. Mallinnusohje tuotettiin mallintamisen aikana esiin nousseiden ongelmien, käytettyjen työkalujen ja hyväksi koettujen mallinnusratkaisuiden pohjalta.</p> <p>Lopputuloksena oli käyttökelpoinen mallinnusohje sekä tavoitteet täyttävä kehäsiltamalli. Kehäsiltamalli oli tarpeellinen yrityksen projektille urakkalaskennan piirustusten tuottamista ja määräärvioita varten. Kehäsiltamalli myös toimi siltapaikan visualisoinnissa sekä lähtötietona seuraavassa suunnitteluvaiheessa. Mallinnusohje kokoaa mallintamisessa tarvittavaa tietoa yhteen paikkaan nopeuttaen ja selkeyttäen aloittelevien siltojen mallintajien oppimisprosessia.</p>			
Avainsanat Tekla Structures, siltamalli, mallintaminen, kehäsilta			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author Karri Piippo			
Title of Thesis Modeling of Frame Bridge and Modeling Instructions – Tekla Structures			
Date	February 3, 2020	Pages/Appendices	28/1
Supervisor(s) Mr Viljo Kuusela, Senior Lecturer, Mr Matti Mikkonen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Pöyry Finland Oy			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The objective of this final project was to produce a 3d-model of frame bridge for Pöyry Finland Oy. The bridge was modelled for contract calculation phase. The 3d-model served for making dimensional drawings and estimating the amounts of materials. Another purpose was to produce a modeling guide for bridge planning that would make the modeling process easier for unexperienced modellers.</p> <p>The frame bridge that was modelled was a double-span overbridge. All concrete parts and most of surface structures, devices and accessory were modelled on place in the local coordinate system as well as most of the reinforcing bars. The modelling program used was Tekla Structures. The modelling guide was made based on problems that occurred, tools used and well experienced modelling solutions.</p> <p>As a result of this thesis there were a usable modelling guide and a modell of frame bridge that meets the set requirements. The company needed the modell for the drawings and for estimating the material amounts. It also served for visualizing the bridge site and as source information in the next planning phase. The modelling guide compiles information required in modelling process in one place thus making the learning process of unexperienced modellers faster and clearer.</p>			
<p><b>Keywords</b> Tekla Structures, bridge modell, modelling, frame bridge</p>			

## ESIPUHE

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Pöyry Finland Oy. Tahdon kiittää yritystä ja siinä toimivia henkilöitä mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö. Kiitän myös vinkeistä, jotka helpottivat opinnäytetyön tekemistä. Erityisesti tahdon kiittää Mikko Kuosmasta, jonka ehdotuksesta tämä opinnäytetyö sai aiheensa ja joka minua opasti siltojen suunnittelun ensiaskelilla. Savonia-ammattikorkeakoulun puolelta tahdon kiittää Ville Kuusela opinnäytetyöni ohjaamisesta.

Joensuussa 3.2.2020

Karri Piippo

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	LÄHTÖTIETOAINAINEISTO SILTOJEN SUUNNITTELUSSA.....	7
2.1	Nykytilamalli .....	7
2.1.1	Maastomalli.....	7
2.1.2	Maa- ja kallioperä .....	8
2.1.3	Rakenteet ja järjestelmät.....	8
2.1.4	Temaattinen aineisto.....	8
2.2	Liittyvien tekniikkalajien suunnitelmat.....	10
2.2.1	Väyläsuunnitelmat.....	10
2.2.2	Verkostot.....	10
2.2.3	Geosuunnitelmat.....	11
2.2.4	Valaistus.....	11
2.2.5	Muut liittyvät rakenteet.....	11
2.3	Edellinen suunnitteluvaihe.....	11
3	SILTOJEN TIETOMALLIOHJEET JA VAATIMUKSET .....	12
3.1	Yleiset tietomallivaatimukset.....	12
3.2	Yleiset inframallivaatimukset.....	13
3.3	Väyläviraston julkaisut ja ohjeet.....	13
3.4	Kaupunkien ohjeet .....	13
4	KEHÄSILLAN OSAT .....	14
4.1	Kehäsillan alusrakenteet.....	14
4.2	Kehäsillan päällysrakenteet.....	16
4.3	Kehäsillan varusteet ja laitteet .....	17
4.4	Siltapaikan rakenteet .....	18
5	KEHÄSILLAN MALLINTAMINEN TEKLA STRUCTURESILLA.....	19
5.1	Sillan yleistiedot ja lähtökohdat.....	19
5.2	Mallinnusprosessi .....	20
5.3	Mallintamisen haasteet .....	24
6	YHTEENVETO.....	26
	LÄHTEET .....	27
	LIITE 1: MALLINNUSOHJE (SALATTU).....	29

## 1 JOHDANTO

Siltojen ja muiden taitorakenteiden suunnittelu, toteutus ja ylläpito on suurelta osin jo muuttunut tietomallipohjaiseksi. Tämä pätee myös yleisemmin infra-alalle. Tietomallintamisen tavoitteena on turvallisuuden, laadun, tehokkuuden ja kestäväen kehityksen tukeminen. Mallinnuksen ohella suunnittelussa tuotetaan edelleen myös perinteisiä dokumentteja.

Tekla Structures on Trimblen kehittämä ja omistama rakennesuunnittelussa laajalti käytössä oleva mallinnusohjelma. Tekla Structures sopii kaikkien materiaalien, mutta erityisesti teräksen ja betonin mallintamiseen. Tekla Structuresissa saadaan luotua rakenteesta tarkka ja yksityiskohtainen malli monimutkaisemmastakin rakenteesta. Tekla structuresia käytetään siltojen mallintamisessa yleisesti siksi, että betoniraudoitusten mallintaminen on sillä helpompaa kuin kilpailevilla ohjelmilla.

Tämä opinnäytetyö tehdään Pöyry Finland Oy:n toimeksiannosta liittyen Kuopion Savilahden kehittämissuunnitelman SALLI allianssiin. Toimeksiantoon kuuluu Yliopistorannan risteysillan mallintaminen urakkalaskentavaiheeseen ja siltojen mallinnusohjeen tekeminen aloittavalle siltojen mallintajalle Pöyryn käyttöön. Mallinnusohjelmaksi on valittu Tekla Structures. Vastaavanlaista ohjetta Pöyryllä ei vielä ole. Mallinnusohje tehdään vain Pöyryn käyttöön ja on siten salattu osa opinnäytetyötä.

Pöyry on maailmanlaajuinen konsultoinnin ja suunnittelun asiantuntija, jonka toimialoja ovat muun muassa energia, teollisuus ja infra. Pöyryn perusti Jaakko Pöyry vuonna 1958. Pöyryllä on Suomessa noin 1500 työntekijää ja yhteensä 5500 asiantuntijaa 40 maassa. Joulukuussa 2018 Ruotsalainen ÅF ilmoitti aikeistaan ostaa Pöyry ja kauppa toteutui tammikuun 2019 loppuun. Nykyään ÅF ja Pöyry ovat luoneet uuden AFRY brändin.

## 2 LÄHTÖTIETOAINIESTO SILTOJEN SUUNNITTELUSSA

Lähtötietoaineistolla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa olevia suunnittelua varten mitattuja, saatuja tai tuotettuja tuotteita. Lähtötietoaineistosta on aiemmin käytetty termiä lähtötietomalli (Yleiset inframallivaatimukset, 2019, 50).

Lähtötietomalli on nykytilamalli yhdistettynä sillan suunnittelussa tarvittaviin muihin lähtötietoihin. Tärkeimpiä lähtötietoja ovat väyläsuunnittelijan suunnitteluvaiheen aineisto jonka mukaan silta suunnitellaan. Infrasuunnittelu on nykyään pitkälti mallipohjaista. Suomessa tilaajalle luovutettavan infrasuunnitteluaineiston tulisi olla inframodel4- standardin mukaista. Taitorakenteiden mallinnsuohjelmistot eivät tue Inframodel sisäänkirjoitusta vaan mallinnetun aineiston tulisi olla 3D-DWG tai IFC formaatissa. (Siltojen tietomalliohje, 2014, 7, 17.)

Taitorakenteen suunnittelun lähtötiedot jakaantuvat kolmeen osaan; muiden tekniikkalajien tuottamiin suunnitelmätietoihin, nykytilannetta kuvaaviin tietoihin ja edellisen suunnitteluvaiheen aineistoon (Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje, 2014, 21). Tietomalli laaditaan eri suunnitteluvaiheissa vaadittuun laajuuteen ja tarkkuuteen. Lähtötietojen tarve määräytyy näiden tarpeiden pohjalta. Tarvittavat lähtötiedot on koottu suunnitteluvaiheittain Väyläviraston taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohjeeseen.

### 2.1 Nykytilamalli

Nykytilamalli kuvaa kohteen tämänhetkistä tilaa. Nykytilamalli ei sisällä suunniteltua aineistoa. Nykytilamalliin kuuluu maastomalli, maaperämalli, nykyiset rakenteet ja järjestelmät sekä temaattinen aineisto. Nykytilamalli tarkentuu tiedon lisääntyessä ja siirtyy sellaisenaan seuraavaan suunnitteluvaiheeseen. Nykytila kartoitetaan niin laajasti, että kaikki suunnitteluun vaikuttavat asiat saadaan malliin. (Siltojen tietomalliohje 2014, 8, 17.)

Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto- ohje liittää nykytilan tietojen rinnalle viiteaineiston. Viiteaineisto koostuu esimerkiksi suunnitteluperusteista, muiden konsulttien suunnitelmista, raporteista, selvityksistä, maastokäynteistä ja lausunnoista.

#### 2.1.1 Maastomalli

Maastomalli on maanpintaa kuvaava malli, jolla on korkeustiedon lisäksi muutakin tietoa kuten rinteiden viettosuunta tai luiskakaltevuudet. Korkeusmalli on maastomallin tärkein elementti. Korkeusmalli sisältää korkeuspisteiden joukon käyrinä tai kolmioverkkona. Pintamalli kuvaa maaston tai suunnitellun mallin ylintä pintaa. Maastomallin avulla saadaan arvioitua siltapaikalle tulevien kaivujen ja täyttöjen määriä. Maastomalli tuotetaan nykyään laserkeila-aineistosta. (Maanmittauslaitos.fi.)

### 2.1.2 Maa- ja kallioperä

Maaperästä oleellista lähtötietoa ovat pohjatutkimustulokset ja niiden perusteella tehdyt maaperämallit. Maaperämallit sisältävät tiedot maalajirajapinnoista sekä kallionpintamallin. Maaperätiedot mallinnetaan pintoina. (Siltojen tietomalliohje, 2014, s17.)

Maaperätietoihin kuuluvat myös muunmuassa tiedot pilaantuneista maista, olemassa olevista pohjanvahvistuksista pohjavesitiedot ja vesistösilloissa vedenkorkeus (Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto- ohje, 2014, 25). Tiedot pilaantuneista maista vaikuttavat siltapaikan kaivumassojen sijoitteluun ja uusiokäyttöön.

Pohjavedenpinnan korkeus vaikuttaa sillan rakentamisen kustannuksiin. Mikäli silta rakennetaan pohjavesipinnan alapuolelle, voidaan pohjaveden pintaa laskea tai sillan rakenteet vedeneristää ulkopuolelta. Pohjavesi voidaan laskea joko pysyvästi tai työnaikaisesti. Pohjaveden alennuksen ympäristövaikutukset voivat etenkin pilaantuneilla sekä koheesiomaa-alueilla olla merkittäviä (Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla, 2013, 13).

### 2.1.3 Rakenteet ja järjestelmät

Lähtötietoihin kuuluu myös tiedot nykyisistä rakenteista ja järjestelmistä. Siltaan liittyvät ja sillan läheisyyteen tulevat rakenteet ja järjestelmät esitetään oikeaan sijaintiinsa sidottuna joko tilanvarauksina tai todellisen kokoisina kappaleina (Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto- ohje, 2014, 44). Nykyisten järjestelmien tiedot, kuten verkostojen, väylien ja olemassa olevien taitorakenteiden sijainnit, ohjaavat suunnitteluratkaisuja. Silta on aina osa väylää ja siten väylän tiedot vaikuttavat siltaan ja siltapaikkaan. Maanpinnan alapuolella saattaa olla verkostoja, kuten osa vesihuolto- tai kaukolämpöverkkoa, jotka joudutaan siirtämään siltapaikan tieltä tai ottamaan huomioon sillan suunnitteluratkaisuihin.

### 2.1.4 Temaattinen aineisto

Temaattiseen aineistoon tärkeimpinä sisältyvät kaava-, kartta-, ja paikkatietoaineisto. Näiden pohjalta saadaan määritettyä olemassa olevien rakennusten ja kiinteistöjen paikat. Muita aineistoon kuuluvia sisältöjä ovat, ovat tie-, katu ja rata-alueiden rajat, liikennemäärät, erikoiskuljetusreitit ja ympäristötietoaineisto (Yleiset inframallivaatimukset, 2019, 53.)

Kartta-aineiston ollessa vanhaa, tai kun aineistot eivät täsmää, on mahdollista, että jokin osa on vanhassa koordinaatistossa tai korkeusjärjestelmässä. Tällöin tarvitaan mahdollisesti koordinaatistomuunnos. Koordinaatistomuunnoksesta aiheutuu kuitenkin aina muunnosvirhettä (Puupponen, 2008).

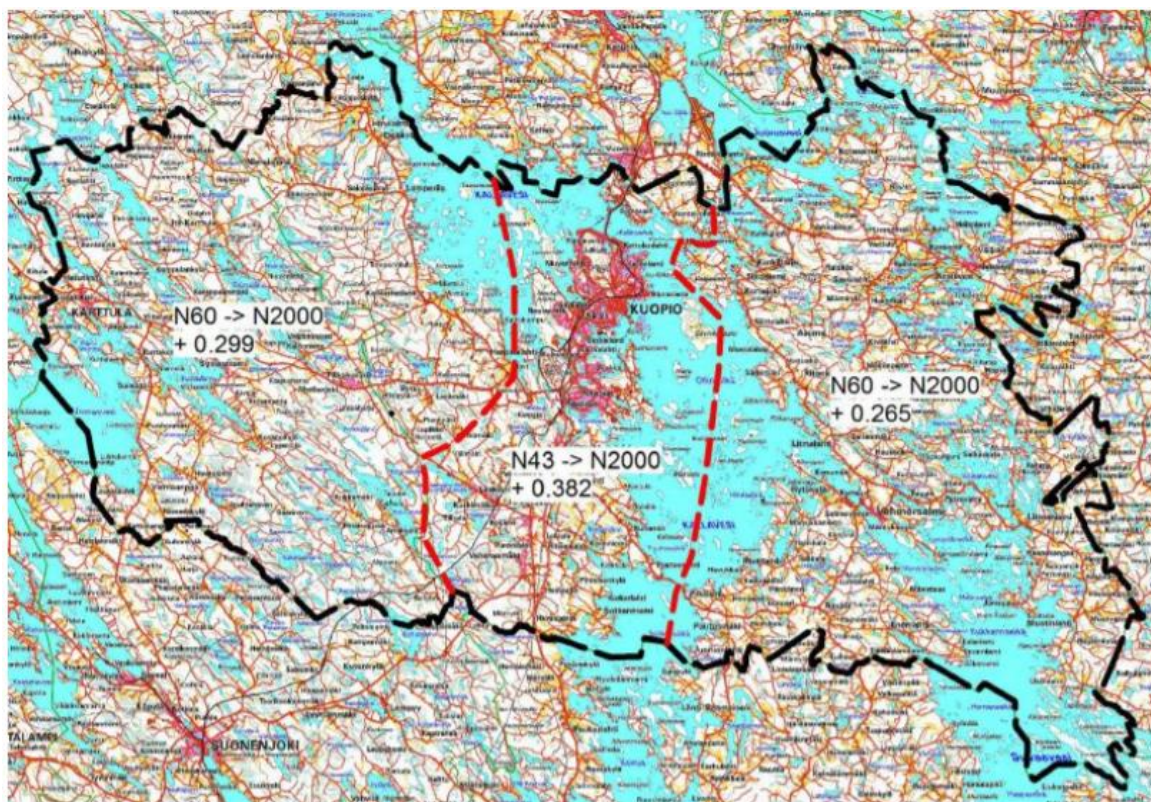


Aiemmin suomessa on ollut käytössä muunmuassa

- Kartastokoordinaattijärjestelmät
  - KKJ
  - YKJ
  - ETRS-TM35FIN,
  - WGS 84
  - ETRS GKn
- korkeusjärjestelmät N43 ja N60 N2000.

Muunnettaessa koordinaatteja järjestelmästä toiseen on huomioitava muunnosvirhe. Useinkaan muunnosvirheet eivät ole kriittisiä, vaan oleellista on, että muunnokset tehdään aina samalla menetelmällä ja näin säilytetään aineiston topologia. Kriittistä siis ei ole se, onko piste absoluuttisesti oikealla paikallaan. Tärkeää on, että muunnetut koordinaatit menevät aina samaan paikkaan. (PUUPPONEN, 2008).

Esimerkiksi kuopion kaupunki on sivuillaan antanut ohjeet Kuopion alueen korkeusjärjestelmien konversioon (kuva 1). Yleisimmin aiemmin käytössä olleen KKJ:n ja nykyään käytössä olevien EUREF-FIN koordinaatistojen väliset muunnoskaavat löytyvät Julkisen hallinnon suosituksista JHS 153 ja JHS 154 (PUUPPONEN, 2008).



Kuva 1: Kuopion kaupungin alueen korkeusjärjestelmien välinen muunnos (Kuopion kaupungin tasokoordinaatisto- ja korkeusjärjestelmien muutosinfo, 2012, 1).

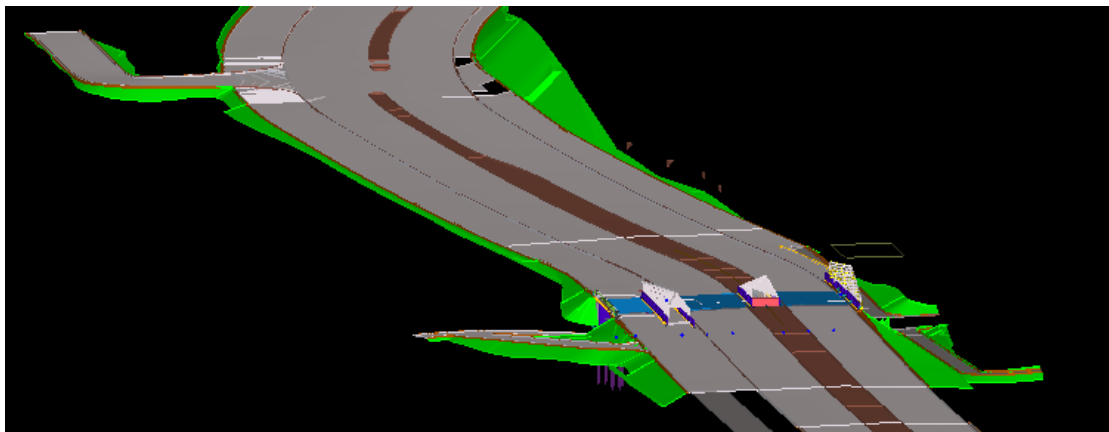
## 2.2 Liittyvien tekniikkalajien suunnitelmat

Siltojen suunnittelu on liitännäinen muiden tekniikkalajien suunnitelmiin. Eri tekniikkalajien suunnittelijoiden on tarpeellista vaihtaa tietoa suunnitelmien tarkentuessa. Tekniikkalajin suunnittelijat vastaavat aineistojensa toimittamisesta siltasuunnittelijalle ja toisin päin. Tiedonkulku on tärkeä elementti osana onnistunutta suunnitteluprosessia.

### 2.2.1 Väyläsuunnitelmat

Väyläsuunnittelijan suunnittelema väylämalli ja taulukoitu numeerinen aineisto ovat tärkeimmät lähtötiedot mitä sillansuunnittelija tarvitsee. Väylät vaikuttavat muun muassa sillan asemointiin, geometriaan ja jännemittoihin ja sitä myöten sillan suunnitelmiin siltatyyppin valinnasta lähtien. Väylän tiedoista sillan suunnitteluun lähtötietoina tarvitaan geometrialinjat, poikkileikkaustiedot, väylien kaideleveydet, liikennetekniset mitat, aukko vaatimukset, väylän rakenteen ylä- ja alapintamalli (Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje, 2014, 23).

Väyläsuunnittelijan tekemistä väylämalleista voidaan tarkistaa muun muassa rakennepaksuudet, sillan sijainti väylään nähden, sillan vapaa-aukko, rakenteiden peittosyvyudet ja mahdollisten tukirakenteiden sijainti alittavaan väylään nähden. Yleensä väylämallit halutaan lähtötiedoksi 3d-dwg muodossa. Väyläsuunnitelmat ovat useimmiten jo valmiit, kun siltaa aletaan suunnitella.



Kuva 2: väyläsuunnittelijan tekemä yläpintamalli siltapaikalla

### 2.2.2 Verkostot

Verkostosuunnitelmiin kuuluvat vesihuolto-, sähkö-, tele-, kaukolämpö- kaukokylmä- ja hulevesiverkostot. Myös siltoihin tulevien läpivientien tilavaraukset esitetään lähtötiedoissa. Läpivientejä voivat olla esimerkiksi sillan oman valaistuksen, verkoston tai väylän valaisinten kaapelinvarausputket. Rakennetuilla alueilla nykyisiä ja tulevia verkostoja on paljon. Verkostosuunnittelijoiden tarkkoja lähtötietoja tarvitaankin, että rakenteet saadaan sovitettua yhteen järkevästi ja kustannustehokkaasti. Verkostosuunnitelmat toimitetaan todellisissa koordinaateissa olevina tilanvarausobjekteina. Pistemäisten objektien kuten valaistuksen ja sähköisteyksen lähtötiedoiksi riittää sijaintitieto. (Siltojen tietomalliohje, 2014.)

### 2.2.3 Geosuunnitelmat

Geosuunnitelmat määräävät siltojen perusratkaisut: maanvarainen-, kallionvarainen- vai paaluperustus. Sillan perustamistapalausunto tiivistää tehdyt tutkimukset ja niiden tulokset. Tästä dokumentista sillan suunnittelija saa tukikohtaiset maa- ja suunnitteluparametrit, joiden perusteella perustukset suunnitellaan. Geosuunnittelija määrittää myös tarvittaessa suunnitelmissaan massanvaihdon laajuuden. Geosuunnitelmat täydentävät maa- ja kallioperän tietoja suunnittelun edetessä.

### 2.2.4 Valaistus

Valaistuksella voidaan korostaa siltapaikkaa ja sillan rakenteita erikoisin ja värillisin valoin tai valita tavanomainen, tien valaisimiin yhtenevä valaistus. Valaisinten kiinnitys voi vaikuttaa sillan ulkonäköön. (Sillat ja ympäristö, 2013.) Valaistussuunnittelijan suunnitelmista tulisi ilmetä sillan ja siltapaikan valaisinten paikat ja valaistuksen tarvitsemat tilavaraukset ja tiedot kaapelikaivoista.

### 2.2.5 Muut liittyvät rakenteet

Muut liittyvät taitorakenteet, kuten paalulaatat, tukiseinät, melusteet, portaikot, tunnelit ja laiturit voivat vaikuttaa suunniteltaviin rakenteisiin esimerkiksi perustustapaan, jäykistämällä rakennetta toispuoleisesti tai vaikuttamalla maanpaineisiin. Mallipohjaisessa suunnittelussa taitorakenteiden lähtötietojen siirtoformaatti on IFC (Yleiset inframallivaatimukset, 2019).

Sillan ympäristörakenne antaa lähtökohtia suunnitteluun niin mittakaavallisesti kuin ulkonäöllisestikin. Vesistöalueelle, taajaamaan tai metsäalueelle rakennettaessa tehdään suunnitteluratkaisuja erilaisista näkökulmista. Lisäksi joistain silloista halutaan erottuvia symboleita tai monumentaalisia rakennelmia ja toisista huomaamattomia ja ympäristöönsä sulautuvia.

## 2.3 Edellinen suunnitteluvaihe

Edellisen suunnitteluvaiheen suunnitelmat ja mallit ovat sellaisenaan lähtötietoa. Myös edellisen suunnitteluvaiheen lähtötiedot voidaan katsoa kuuluvaksi tähän kategoriaan (Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje, 2014, 32-33).

### 3 SILTOJEN TIETOMALLIOHJEET JA VAATIMUKSET

Siltoja suunniteltaessa Väyläviraston dokumentteihin viitataan useimmiten, koska ne kohdentuvat siltojen suunnitteluun. Väylän projekteissa näitä ohjeita noudatetaan tarkimmin. Muilla tilaajilla, kuten Helsingin kaupungilla voi olla omat ohjeensa tai Väylän ohjeita noudatetaan tilaajalle mieleisin, soveltuvien osin. Yleiset inframallivaatimukset sekä yleiset tietomallivaatimukset voivat ohjata siltojen mallintamista yleisemmällä tasolla. Yleiset tieto- ja inframallivaatimukset on tuottanut buildingSMART Finland. BuildingSMART Finland on suomalaisten rakennus ja infra-alan omistajien ja palveluntuottajien sekä suunnittelijoiden, urakoitsijoiden, korkeakoulujen ja yliopistojen sekä muiden toimijoiden muodostama yhteistyöfoorumi (Buildingsmart.fi).

#### 3.1 Yleiset tietomallivaatimukset

Yleiset tietomallivaatimukset ottavat laajasti kantaa eri tietomallintamisen osa-alueisiin. Yleiset tietomallivaatimukset keskittyvät mallintamiseen kiinteistöjen näkökulmasta.

Yleiset tietomallivaatimukset on Yleiset tietomallivaatimukset koostuvat 14 eri osasta:

- Osa 1 Yleinen osuus
- Osa 2 Lähtötilanteen mallinnus
- Osa 3 Arkkitehtisuunnittelu
- Osa 4 Talotekninen suunnittelu
- Osa 5 Rakennesuunnittelu
- Osa 6 Laadunvarmistus
- Osa 7 Määrälaskenta
- Osa 8 Havainnollistaminen
- Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- Osa 10 Energia-analyysit
- Osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- Osa 12 Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- Osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
- Osa 14 Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa.

Lisäksi aineistoon kuuluu täydentäviä liitteitä tilaajan ja talotekniikan ohjeiksi.

- YTV2012 Täydentävä liite ARK Tilaajan ohje
- YTV2012 Täydentävä liite RAK Tilaajan ohje
- YTV2012 Täydentävä liite Talotekniikan määrälaskentaohje
- YTV2012 Täydentävä liite Talotekniikan mallinnusvaatimuksia

Yleiset tietomallivaatimukset kokoavat melko kattavasti kiinteistöjen mallintamisvaatimukset ja tehtävät eri suunnitteluvaiheissa. Tietomallihankkeeseen ryhdyttäessä olisikin hyvä tutustua niin oman alansa vaatimukseen kuin yleiseen osuuteen ja laadunvarmistusten periaatteisiin ja projektinjohtajan kaikkiin osuuksiin (Yleiset tietomallivaatimukset, 2012, 5).

### 3.2 Yleiset inframallivaatimukset

Sillat suunnitellaan rakennetekniikan näkökulmasta ja yleiset inframallivaatimukset kohdentuvat perinteisen infrarakentamisen mallivaatimuksiin, joten yleiset inframallivaatimuksetkaan eivät suoraan sovellu ohjaamaan siltojen tietomallintamista. Inframallivaatimukset kuitenkin ohjaavat suurempien infraprojektien suunnittelua hanketasolla ja referensseinä käytettävien liittyvien tekniikkalajien, kuten väylien ja verkostojen malleja ja mallintamista.

Yleiset inframallivaatimukset sisältävät tietoa esimerkiksi infrahankkeen malliteknisistä vaatimuksista, tarkkuustasosta, lähtötietoaineistosta, laadunvarmistuksesta ja mallipohjaisesta rakentamisesta. Yleisiä inframallivaatimuksia voidaankin soveltaa urakkamuodoissa ja suunnitteluvaiheissa siltojen suunnitteluun. (Salonsaari, 2015)

### 3.3 Väyläviraston julkaisut ja ohjeet

Väylävirasto hallitsee ja ylläpitää Liikenneviraston ohjeita –sarjaa. Liikenneviraston ohjeista 6/2014, Siltojen tietomalliohje määrittelee raamit ja ohjaa siltojen ja muiden taitorakenteiden mallipohjaista suunnittelua. Ohjeet sisältävät tietoa muun muassa tietomallipohjaisen suunnittelun hankinnasta, eri suunnitteluvaiheiden mallintamistarkkuudesta ja laadunvarmistuksesta. Siltojen tietomalliohjeessa asetetaan vaatimukset myös taitorakennerekisteriin liitettävää ylläpitomallia varten tarvittavaan siirtomalliin ja sen vaatimuksiin.

Väyläviraston hallinnassa olevia muita tärkeitä ohjeita siltojen suunnitteluun ovat muun muassa eurokoodin soveltamisohjeet, tyyppisiltojen suunnitteluohjeet (BUL ja BLK) ja täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun.

### 3.4 Kaupunkien ohjeet

Kaupungeista vain Helsingillä on siltojen suunnitteluun ja mallintamiseen liittyviä ohjeita. Helsingin kaupungin rakennusviraston siltojen tietomallinusohe vastaa keskeiseltä sisällöltään väyläviraston siltojen tietomalliohjetta. Helsingin kaupungin ohje esittääkin ennemminkin tilaajakohtaisia tarkennuksia lähtötietojen hankkimiseen ja tietomallin laatimiseen (Nykänen, 2014).

## 4 KEHÄSILLAN OSAT

Kehäsillat ovat jännemitoiltaan pieniä siltoja. Suurin osa kehäsilloista rakennetaan Väylän tyyppiohjeiden mukaan (Sillat: RIL 179-2018, 121). Tyypillisimpiä kehäsilloja ovat pystyjalkaiset ja vinojalkaiset kehäsillat.



Kuva 3: Pystyjalkainen (vas.) ja vinojalkainen kehäsilta (oik.) (Sillat ja ympäristö, 2011, 47; Teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk II), 2011, 1)

Sillan osat jaetaan pääosiin ja niiden alla rakenneosiin. Päärakenneosat jaetaan alusrakenteisiin, päällysrakenteisiin, varusteisiin ja laitteisiin, sekä siltapaikan rakenteisiin (Sillat: RIL 179-2018, 44).

### 4.1 Kehäsillan alusrakenteet

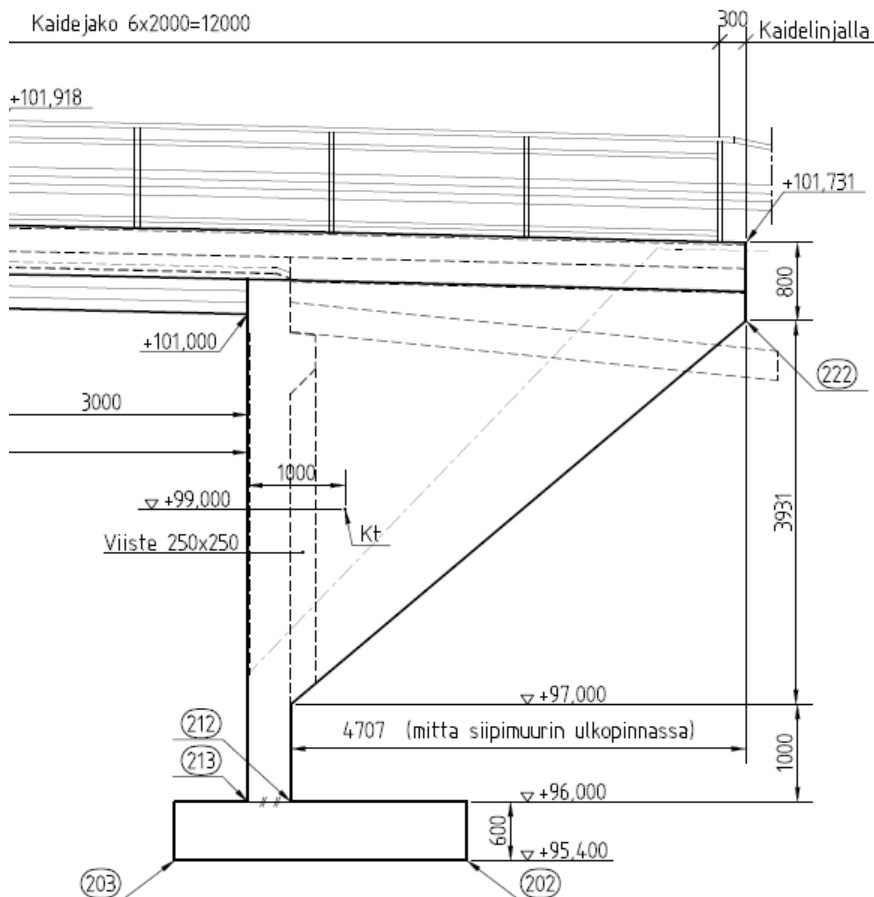
Kehäsillan alusrakenteita ovat

- peruslaatat
- välituet
- paalut
- siirtymälaatat
- siipimuurit
- reunapalkit
- tukiseinät ja -muurit.

Kehäsilta voidaan perustaa maanvaraisesti, kallionvaraisesti tai paalutettuna. Perustamistapa määräytyy siltapaikan pohjasuhteiden perusteella. Käytettäessä paaluperustusta, paalutyypin valitaan siltapaikan pohjasuhteiden perusteella (Teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk II), 2017, 15, 18). Alusrakenteiden eräs tehtävä on viedä päällysrakenteelta tulevat kuormat kantavaan maaperään (Sillat: RIL 179-2018, 44). Yleensä tätä tehtävää hoitavat peruslaatat ja paalut.

Kehäsillan siipimuurit voivat olla orientoituneena kehäsillan jalkojen suuntaan, ylimenevän väylän suuntaan tai 30-60 asteen kulmaan rakennettuna (Sillat: RIL 179-2018, 49). Siipimuurien pituudet ja päädyn korkeusasema määräytyvät luiskien mukaan; loivempi luiska tarkoittaa pidempää siipimuuria.

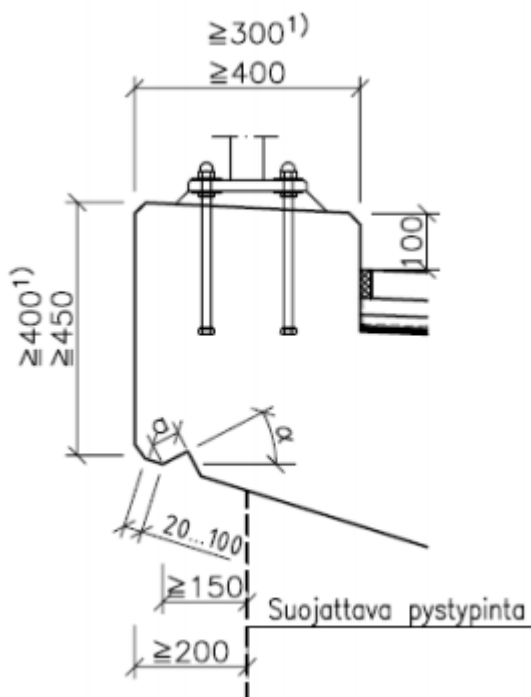
Siirtymäläattojen avulla tasataan sillan ja ylittävän väylän painumaeroja. Väylän tyyppiohjeen (Teräsbetoninen laattakehäsilta Blk II), 2017, 10) mukaan kehäsilta tulee varustaa aina 5m siirtymäläaatoilla.



Kuva 4: Mittapiirustus kehäsillan siipimuurista. Kuvassa näkyvät myös peruslaatta, reunapalkki sekä siirtymäläaatta konsoleineen.

Reunapalkki toimii sillan kansilaatan reunavahvisteena. Reunapalkkeja on kahta eri tyyppiä; matalaa ja korkeaa. Korkean reunapalkin etuna on pintavesien hallittu ohjaus pintavesiputkien kautta maahan. Matalaa reunapalkkia käytetään silloissa vain, kun sallitaan pintavesien hallitsematon kulkeutuminen reunapalkin yli. Reunapalkkeihin myös kiinnitetään sillan kaiteet.



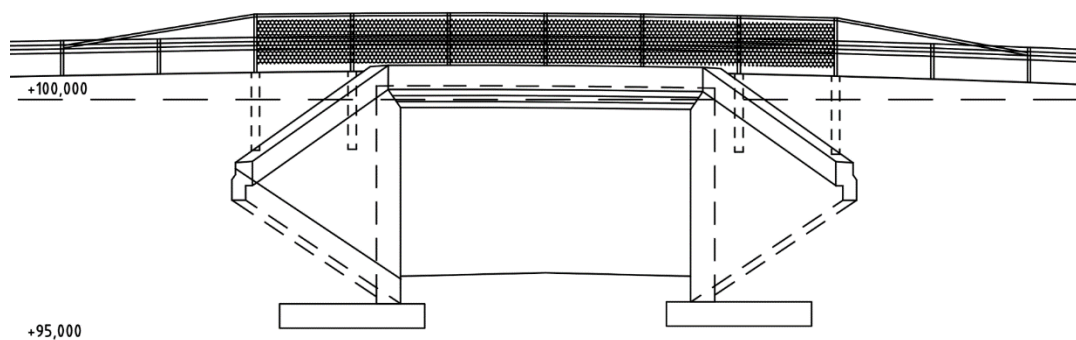


Kuva 5: Korkean reunapalkin eräs muotoiluperiaate ja vähimmäismitat. (Eurokoodin soveltamisohje, Betonirakenteiden suunnittelu – NCCI2, 2017, liite 4.)

Kaksi tai useampiaukkoisissa laattakehäsilloissa olevat välituet, jotka yleensä ovat pilareita, kuuluvat alusrakenteisiin.

#### 4.2 Kehäsillan päällysrakenteet

Kehäsillan päällysrakenteeseen kuuluu kehärakenne ja pintarakenne. Kehäsillan kehä muodostuu sillan jaloista ja kansilaatasta (Teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk II), 2017, 22). Kehärakenne vie aukon ylittävät kuormat, liikennekuorman ja omapainon, alusrakenteelle. (Sillat: RIL 179-2018, 44).



Kuva 6: Leikkauskuva kehäsillasta, jossa näkyy tiekaide, reunapalkki, kehärakenne, siipimuurit sekä peruslaatat.

Kehäsillan pintarakenteita ovat eristysalustan pohjustus- tai tiivistyskäsittely, ajoradan päällyste ja vedeneristys sekä vedeneristyksen suojakerros. Pintakerrosten on tarkoitus suojata sillan rakenteita ajoneuvoliikenteen aiheuttamalta mekaaniselta kulumiselta, kosteudelta ja kloridien aiheuttamalta kemialliselta rasitukselta. (Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun, 2017, 29.)

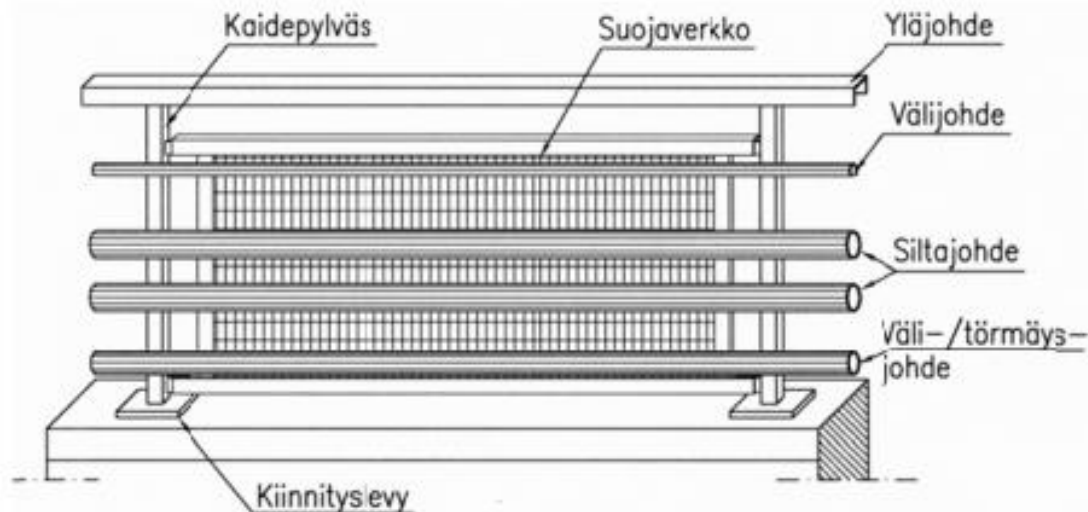


Rautatiesiltana toimivan kehäsillan päällysrakenteeseen kuuluu kehärakenteen ja pintarakenteen lisäksi kiskot, ratapölkkyt, sekä tukikerros (Sillat: RIL 179-2018, 44). Rautatiesillan ensisijainen vedeneristysratkaisu nykyään on 2-kertainen kermieristys ja suojabetoni. (Rautatiesiltojen korjaussuunnitteluohje, 2016, 20).

#### 4.3 Kehäsillan varusteet ja laitteet

Sillan varusteiden ja laitteiden ensisijainen tarkoitus on taata turvallisuus ja parempi käyttöikä sekä parantaa sillan toimintaa. Varusteita ja laitteita ovat esimerkiksi siltojen laakerit, liikuntasaumalaitteet, kaiteet, koskeutussuojaseinät, valaisimet, hoitosillat ja niin edelleen (Sillat: RIL 179-2018, 44). Kehäsilloissa ei käytetä laakereita eikä hoitosilloja. Kosketussuojaseinällä tarkoitetaan sähköistettyä rautatietä ylittävää sillan varustetta, joka estää kosketuksen radan jännitteisiin osiin. Sillan pintavesiä ohjataan muun muassa tippuputkien, syöksytorvien ja salaojien avulla.

Kaikkiin siltoihin tehdään sillankaiteet. Kaiteet tuovat turvallisuutta niin yli- kuin alikulkevalle käyttäjälle. Sillankaiteet tehdään yleensä joko teräksestä tai betonista. Kaiteita voidaan varustella tarpeen mukaan esimerkiksi kaiteisiin kiinnitettävien suojaverkoin tai meluntorjunta elementein. Sillan kaiteiden suositellaan olevan tyyppitestattuja (Siltojen kaiteet, 2012, 22.)

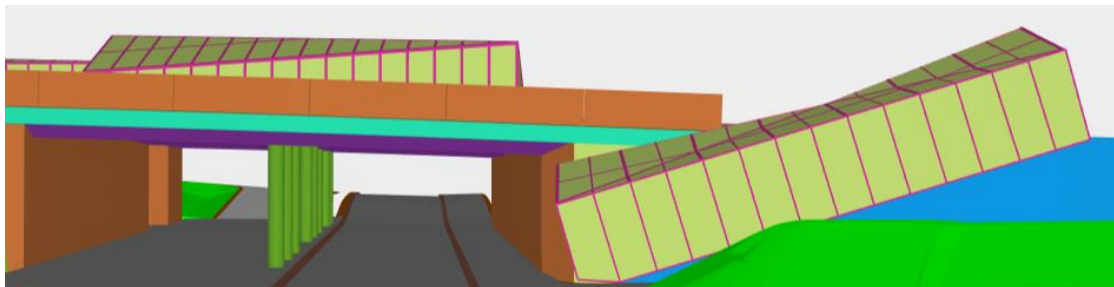


Kuva 7: Siltakaiteen osien nimiä (Siltojen kaiteet, 2012, 6).

Liikuntasaumojen tehtävänä on mahdollistaa rakenteiden liikkuminen toisiinsa nähden ja estää haluttujen rasiusten siirtyminen rakenneosalta toiselle. Betonirakenteissa liikuntasaumalla hallitaan tyyppillisesti betonin virumaa, kutistumaa ja lämpölaajenemista (Elementtisuunnittelu.fi).

#### 4.4 Siltapaikan rakenteet

Siltapaikan rakenteet koostuvat pääosin sillan ulkopuolella olevista rakenteista. Näitä rakenteita tarvitaan turvallisuuden ja pitkäaikaiskestävyyden takia. Siltapaikan rakenteita ovat esimerkiksi luiskat verhoiluineen, sadevesikourut ja -kaivot, pengerkaiteet ja portaatt. (Sillat: RIL179-2018, 45.)



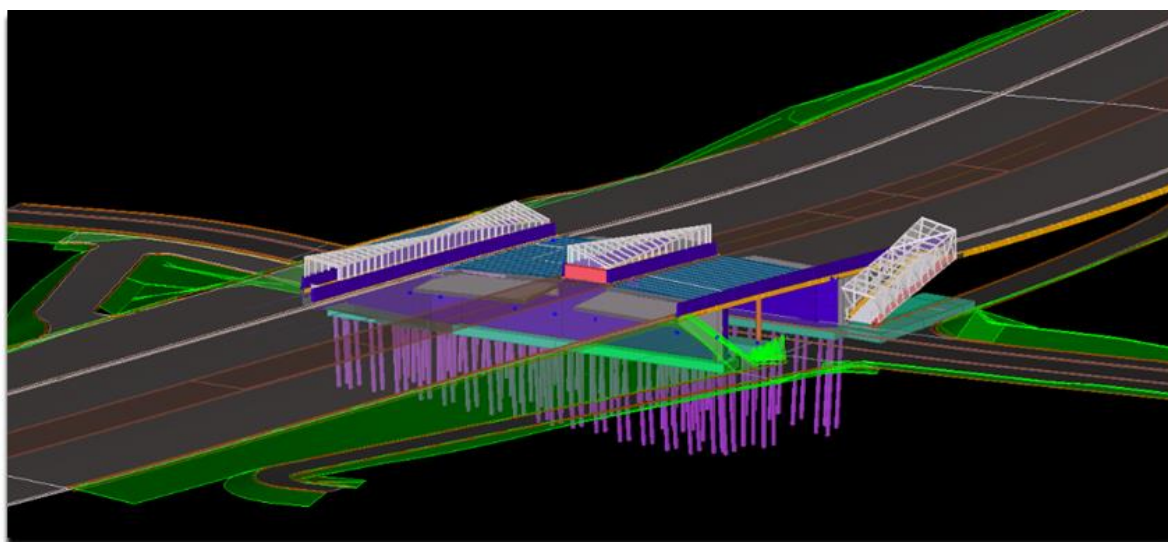
Kuva 8: Mallinnettuja siltapaikan rakenteita muun muassa katettu portaikko ja valoaukko

## 5 KEHÄSILLAN MALLINTAMINEN TEKLA STRUCTURESILLA

Siltojen mallintamista varten on olemassa ohjeistuksia, joita jo aiemmin tässä opinnäytetyössä on käyty läpi. Keskityn kuvailemaan tässä työssä kohteena olleen sillan mallintamista ja mallinnusprosessia kuin yleispätevästi kehäsillojen mallintamisesta, koska kohde oli epätyypillinen kehäsilta ja siten eroaa tyyppikehäsillan mallintamisesta. Yrityksen puolesta esitetyn toiveen vuoksi opinnäytetyössä ei kerrota mallintamisesta detaljitasolla.

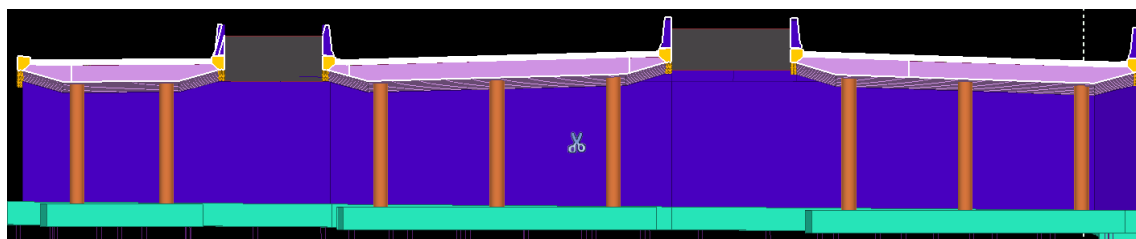
### 5.1 Sillan yleistiedot ja lähtökohdat

Tässä opinnäytetyössä mallinnettiin kaksiaukkoinen laattakehäsilta. Teräsbetoninen laattakehäsilta on yleinen kevyen liikenteen alikäytäväsilta. Laattakehäsilloista on olemassa Väylän suunnitteluohje, jota ei tässä kohteessa kuitenkaan voitu suoraan hyödyntää



Kuva 9: Mallinnettu kaksiaukkoinen laattakehäsilta

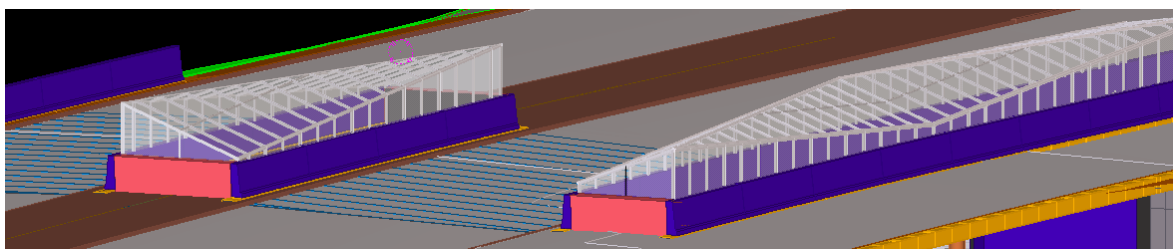
Opinnäytetyössä mallinnettu silta on risteyssilta eli sekä sillan yli että ali kulkee ajoneuvoilla liikuttava väylä. Työ aloitettiin SALLI allianssissa katusuunnitteluvaiheen jälkeen. Siltatyyppi oli valittu sekä yleissuunnitelma piirustukset sillasta olivat olemassa. Sillan ylimenevän väylän ajoratojen väliin oli valittu tehtäväksi valoaukot. Näin ollen tämän työn kehäsillassa oli kolme erillistä kantta.



Kuva 10: Poikkileikkaus mallinnetun kehäsillan kansista

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa urakkalaskentavaiheeseen malli Tekla Structuresilla. Mallintamisessa pyrittiin millimetrin tarkkuuteen. Tästä työstä haluttiin alun perin urakkalaskentaan tarvittavat piirustukset sekä kustannusarvioon betonikuutiot. Allianssin erityisluonteisuudesta johtuen vielä rakennesuunnitteluvaiheessakin pyrittiin kehittämään suunnitteluratkaisuja, joten luonnostelu ja suunnitelmien muutos kuuluivat oleelliseksi osaksi koko tätä työtä.

Tähän työhön vaikuttivat suuresti muiden tekniikkalajien suunnitelmat, ja yhteistyö muiden tekniikkalajien suunnittelijoiden kanssa oli tiivistä. Tästä kertoo osaltaan myös se, että mallia lähdettiin tuottamaan arkkitehtien tarvitsemien lähtötietojen ehdoilla. Arkkitehdit loivat visuaalisen ilmeen ja mallinsivat urakkalaskentavaiheeseen portaikkojen katokset sekä valoaukon. Tähän heille tuotettiin referenssimalli sillan reunapalkeista sekä sillan betonikaiteista, joihin valokatokset kiinnitettiin. Tässä opinnäytetyössä sillalle oli valittu tyyppitestatut betonielementtikaiteet juuri valoaukkojen kiinnittämistä varten, kun yleensä siltoihin suunnitellaan teräksiset kaiteet niiden keveyden takia.

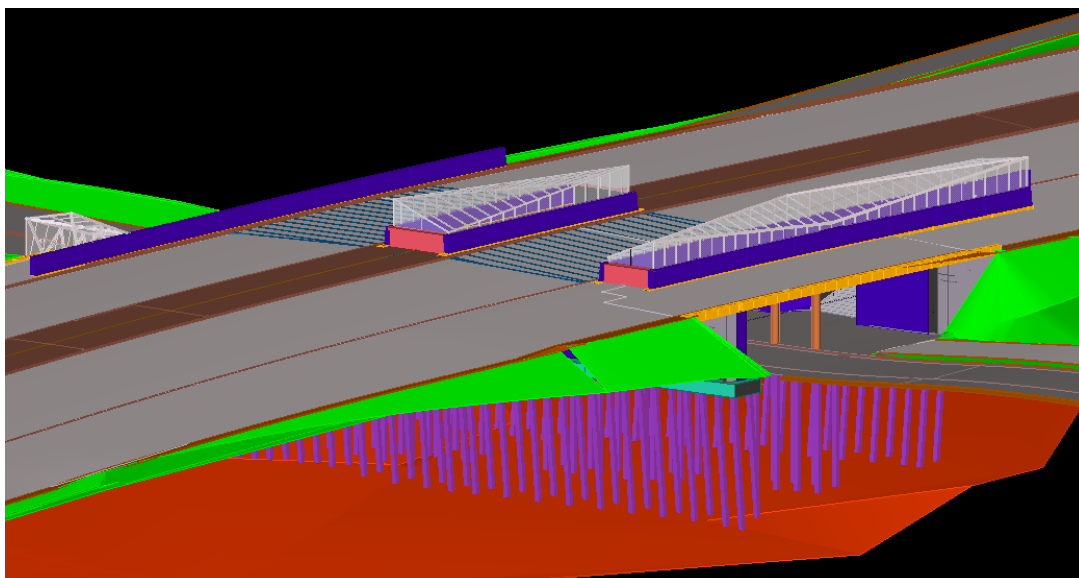


Kuva 11: Arkkitehtien suunnittelemat valoaukko ja porraskatokset noudattavat yhtenäistä geometrista tyyliä.

## 5.2 Mallinnusprosessi

Tässä opinnäytetyössä eräs ensimmäisistä tehdyistä asioista, oli paikalliskoordinaatiston luominen. Väylän tietomalliohje antaa kehykset paikalliskoordinaatistossa toimimiseen. Paikalliskoordinaatiston luominen ja erityisluonteet, kuten referenssien tuominen tiedostoon ja ifc:n uloskirjoittaminen on käyty tarkemmin mallinnusohjeessa.

Tämän jälkeen tuotiin lähtötietoja malliin: aiemman suunnitteluvaiheen aineisto, tärkeimpinä väyläsuunnittelijan tekemät väylämallit ylittävästä sekä alittavasta väylästä ja viereisestä jalkakäytävästä. Referenssien tuominen malliin on tarkemmin esitelty mallinnusohjeessa. Väylämallien avulla saatiin tarkistettua sillan asemointi väylään nähden. Väyläsuunnittelijalta saatiin myös väylien mittalinjojen koordinaattitieto. Sillan IFC-malli vietiin tasaisin välein allianssin yhdistelmämalliin ja eri tekniikkalajien törmäystarkastelut tehtiin yhdistelmämallissa. Näin ollen kaikkia muiden tekniikkalajien malleja ei tarvinnut tuoda Teklaan.

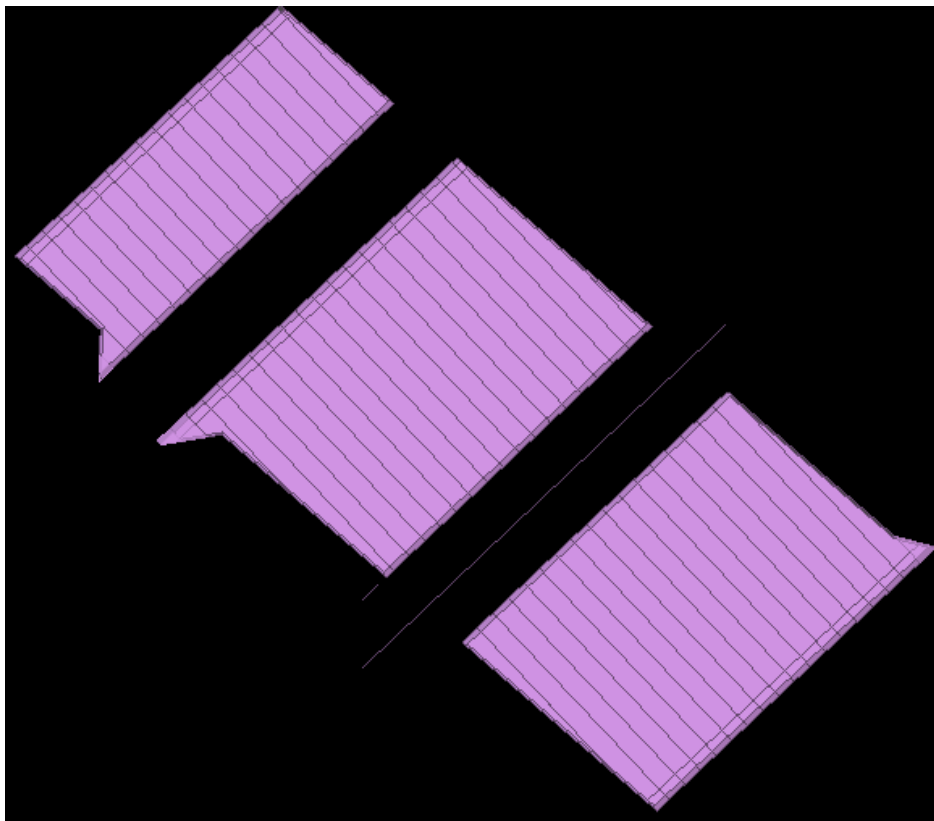


Kuva 12: Siltapaikalle tarpeellisia referenssejä

Ensimmäiseksi reunapalkkeja kokeiltiin mallintaa Teklan tavallisella palkkityökalulla, jonka päälle luotiin betonikaiteet samaisella työkalulla. Betonikaiteita varten luotiin oma profiilinsa custom profile-työkalulla. Eräs tapa custom profilen luontiin esitetään mallinnusohjeessa.

Tavallisen palkkityökalun ongelmaksi huomattiin, ettei reunapalkkien ja niihin liitännäisten betonikaiteiden sijoittaminen haluttuun tarkkuuteen ollut helppoa. Tästä syystä luonnosten ja revisioiden tekeminen perinteisellä työkalulla oli hankalaa. Ratkaisuksi löytyi beam extruder- makro, jota siltojen mallintamisessa käytetään melko yleisesti. Beam extruderin toimintaperiaate on pursottaa haluttua profilia kahden koordinaattipisteen tai koordinaattipistejonon välille. Beam extruderista ja sen käytöstä kerrotaan lisää mallinnusohjeessa.

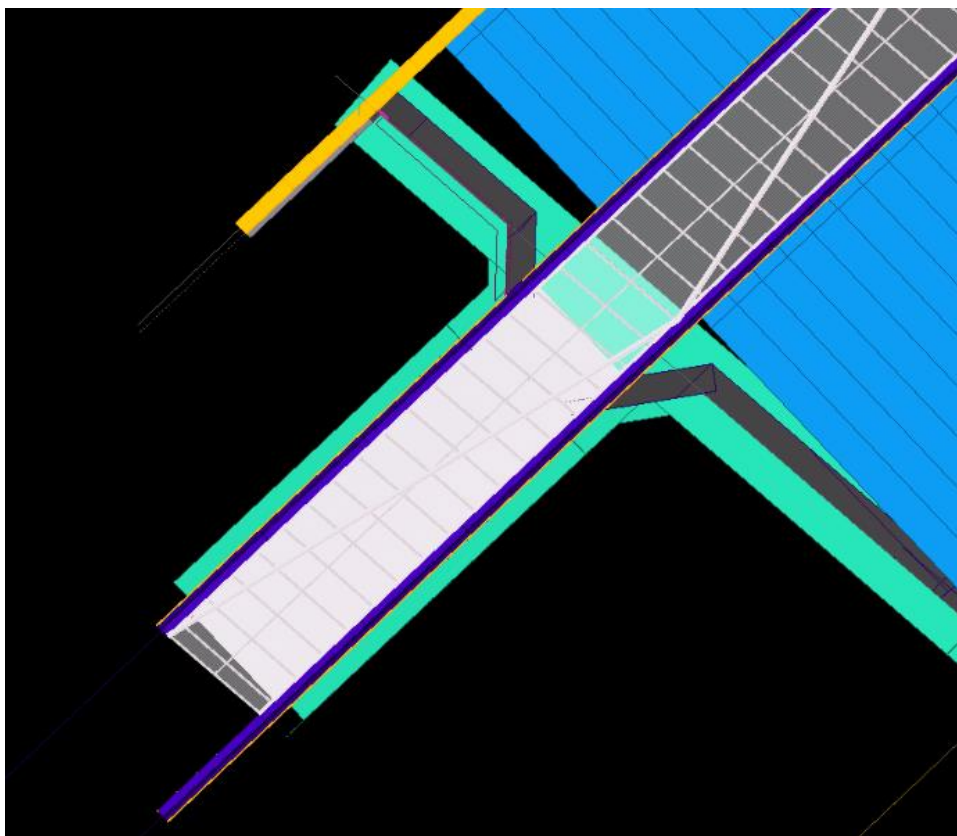
Reunapalkkien jälkeen mallinnettiin sillan kehä. Sillan kansilaatat pursotettiin beam extruderilla. Sillan kansilaatat olivat siltapaikan erityisyyden vuoksi tavallisesta poikkeavat. Yleensä sillan kansilaatan pää on suora. Tässä kohteessa kansilaattojen nurkkia viistettiin portaikkojen näkyvyyden ja tilantunnun parantamiseksi. Kehän jalat luotiin paikalleen aiemman suunnitteluvaiheen yleispiirustuksen avulla, joka oli tuotu referenssiksi malliin. Alikulkukorkeus määräsi kehän jalkojen pituuden sekä peruslaattojen koron. Kun nämä lähtötiedot oli lukittu, pystyttiin jalat sekä peruslaatat mallintamaan.



Kuva 13: Sillan kannet kuvattuna ylhäältäpäin.

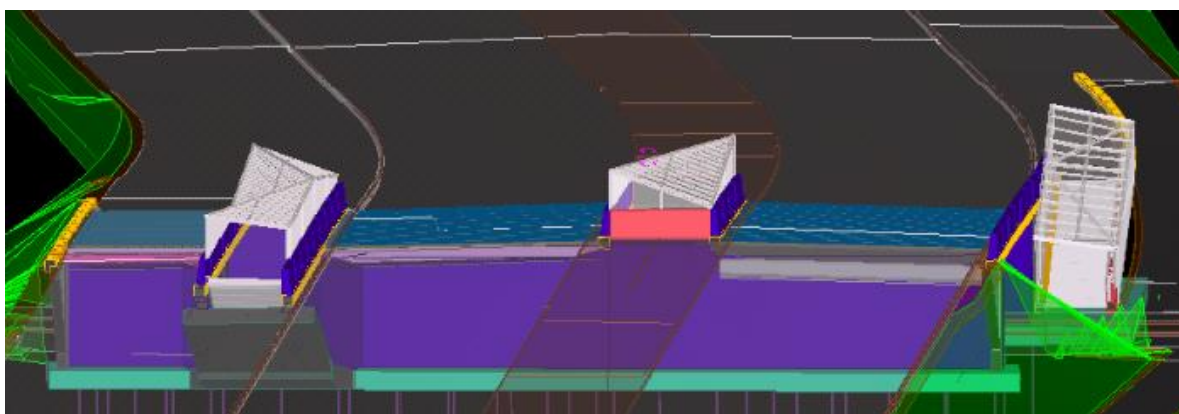
Siipimuurit, siirtymälaatat ja paalut mallinnettiin jo alkumetreillä luonnostasolle. Siipimuurien lopullinen muoto ja koko saatiin aikaiseksi vasta viimeisten rakenneosien joukossa. Paalujen paikat ja määrä saatiin varmistettua vasta rakennelaskelmien valmistuttua aivan urakkalaskentavaiheen loppuilla. Siirtymälaatta konsoleineen mallinnettiin paikalleen lähes viimeisenä. Nämä mallinnettiin ajoissa sen takia, että sillan visuaalinen ilme ja törmäystarkastelut yhdistelmämallissa olisivat edes luonnoksen tasolla.

Viimeisimpänä mallinnettiin portaikot siltojen väliin sekä sillan viereen. Porraskatoksen viisteet määräytyivät portaikon askelmien perusteella. Arkkitehdit määrittivät sopivat viisteet ja portaan lähtöpisteet tasossa. Portaon lähdön ja yläpään korot määräytyivät katusuunnittelijan tekemien väylien perusteella. Korokoero puolestaan määräsi portaikon pituuden ja sitä myöten portaikon "kaukalon" seinien pituuden.



Kuva 14: Sillan keskelle tulevan portaikon viisteet määräytyivät portaiden mukaan.

Sillan ulkopuolinen porraskatos tehtiin kaukaloksi, jonka portaat olivat kelluvana elementtinä kaukalon täyttöjen varassa. Porraskatoksen vierestä lähti kevyenliikenteen väylä, joka oli alempana kuin viereinen tie. Porraskatoksen ja kevyenliikenteen väylän väliin alun perin mallinnettiin tukimuuri, joka kuitenkin tarkemmassa tarkastelussa työn loppumetreillä korvattiin pysyvällä ponttiseinällä ja sen verhoilulla.



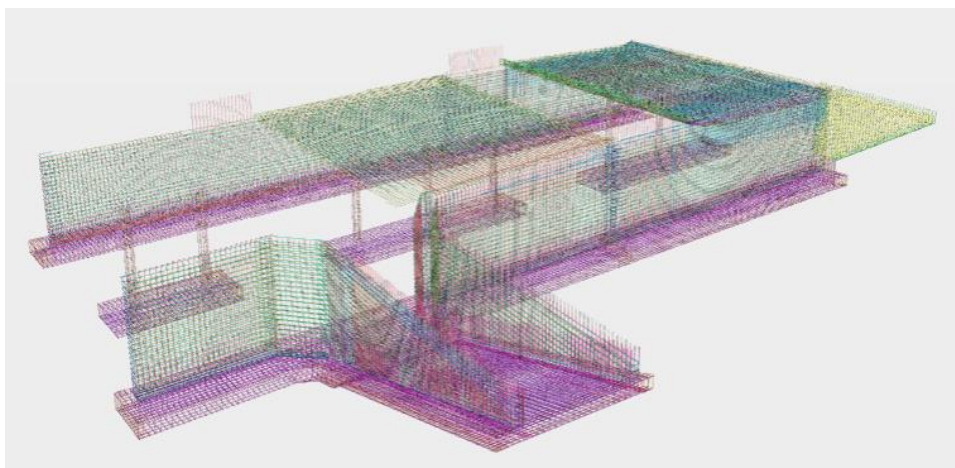
Kuva 15: Sillan valoaukko ja portaitot



Kun betoniosat oli saatu paikalleen lähtötietojen mukaisesti, alkoi betoniosien raudoittaminen. Raudoittamista kehoitettiin Teklan eri työkaluilla. Näistä työkaluista ja työtavoissa kerrotaan lisää mallinnusohjeessa. Raudoitukset saatiin mallinnettua sille asteelle, että mallista saatujen määrien perusteella pystyttiin loput approksimoimaan. Rakenneosat raudoitettiin seuraavassa järjestyksessä:

- peruslaatat
- pilarit
- kehän jalat viisteineen
- kaukalo
- reunapalkit
- kansi.

Raudoittaminen vei mallinnusprosessista eniten aikaa. Raudoittamista hidasti erilaisten raudoitustyylien ja työkalujen sekä asetusten kokeileminen. Lisäksi raudoitettavat osat olivat suurelta osin monimuotoisia ja siten osa raudoista täytyi laittaa manuaalisesti paikalleen.



Kuva 16: Siltaan mallinnetut raudat

### 5.3 Mallintamisen haasteet

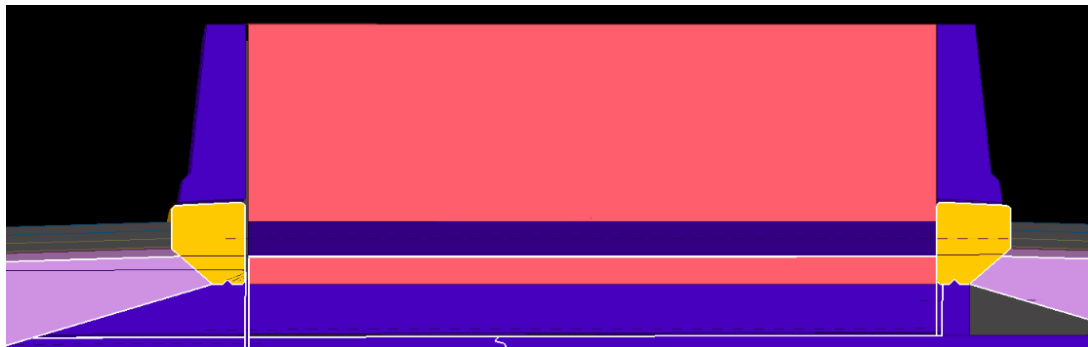
Yleisissä tietomallivaatimuksissa sanotaan, että rakennusosat mallinnetaan niille tarkoitetuilla työkaluilla. Siltojen rakennusosille ei ole valmiita työkaluja, joten rakenneosia mallinnetaan soveltaen. Tässä opinnäytetyössä esimerkiksi kansilaatta, kehän jalat sekä siipimuurit mallinnettiin palkkeina.

Suunnitelmien ja lähtötietojen muuttuessa ja tarkentuessa myös malli eli. Muun muassa betonikaiteita lisäiltiin, niiden aloituspistettä vaihdettiin, aukkovaatimusta vaihdettiin, reunapalkkien pituus eli, reunapalkkien leveys vaihtui sekä väylän ja sitä myöten myös sillan kansion poikkikaltevuus muuttui. Normaalisissa sillan suunnittelutilanteissa monet näistä lähtötiedoista on lyöty jo lukkoon ennen suunnittelun aloittamista.

Siltapaikan rakenteet ja erityisesti liittyvät taitorakenteet teettivät paljon töitä. Valoaukkojen päätyjen sekä sillan keskelle tulevan portaikon leikkaaminen ja muotoilu oli haastavaa. Sillan



valoaukkojen päädyt ovat monimuotoinen, valusaumallinen muuttuvalla kaltevuudella oleva vino rakenne. Osien leikkaamista on käsitelty mallinnusohjeessa tarkemmin.



Kuva 17: Sillan valoaukon pääty

Kuten muutkin lähtötiedot, myös raudoitteiden lähtötiedot muuttuivat ajan kuluessa. Tämä tarkoitti käytännössä betoniosien raudoittamista useampaan kertaan. Myös raudoitusten asettelu ja törmäystarkastelut olivat haastavia monimuotoisista raudoitettavista osista johtuen.

Teklasta löytyi myös bugeja, joihin kokeneemmatkaan mallintajat eivät ennen olleet törmänneet. Beam extruderilla mallinnetut reunapalkit sekä kansilaatta alkoivat hammastamaan. Beam extruderin ongelmaksi muotoutui muuttuvien aloituspisteiden hallinta erillisinä palkkeina pursotettujen objektien takia. Tähän eräs ratkaisu on esitetty mallinnusohjeessa.

Projektissa ei ollut mukana muita suunnittelijoita, joilla olisi ollut kovin paljoa ammattitaitoa mallintamisesta Tekla Structuresilla, joten mallintamisen ja ohjelmiston käytön joutui opettelemaan käytännössä itsekseen. Tämä heijastui siten myös kaikkeen mallintamiseen. Myöskään varsinaisia sillan mallintamisen ohjeita Tekla Structuresille ei ollut saatavilla.

## 6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tuotettiin kehäsillan urakkalaskentavaiheen malli sekä mallinnusohje. Mallinnettaessa kehäsiltaa, kokeiltiin erilaisia työkaluja ja tapoja mallintaa siltaa ja sillan osia. Näistä tavoista ja työkaluista valittiin parhaat ja tehtiin mallinnusohje.

Tavoitteena oli saada betoniosat mallinnettua sille tasolle, että mallista voidaan tuottaa piirustukset sekä määrät urakkalaskentaan. Vaikka kohde oli haasteellinen, tähän tavoitteeseen päästiin ja jopa raudoitukset saatiin mallinnettua suurelta osin. Opinnäytetyön alussa ajatuksena yrityksen puolella oli, ettei raudoitusten mallintamista keritä aloittaa.

Mallintamisen itseopiskelu johti tiettyihin epätarkkuuksiin, joita myöhemmässä suunnitteluvaiheessa jouduttiin korjaamaan. Se, ettei varsinaista ohjausta siltojen mallintamiseen ollut projektin sisällä, johti epätarkkuuksien lisäksi epäloogisiin mallintamisjärjestyksiin joiltain osin. Useasti muuttuneet lähtöt olivat osasy epätarkkuuksiin, kun aikaa ei jäänyt mallin viimeistelylle niin paljoa. Yrityksenkin puolelta tuli prosessin aikana ja jälkeen kommentteja, että yksinkertaisempi kohde olisi ollut tarkoituksenmukaisempi. Toisaalta monimutkaisemman kohteen ansiosta mallinnusohjeesta saatiin mallinnuksen osalta kattavampi. Lähtökohtiin nähden mallista saatiin kuitenkin hyvä.

Mallinnusohjeen oli tarkoitus tukea siltojen mallintamista Tekla Structuresilla aloittelevan mallintajan näkökulmasta. Ohje ei kata piirustusten tuottamista, joka olisi ohjeeseen hyvä lisä tulevaisuudessa. Ohjetta kirjoitettiin mallinnusprosessin aikana kerätyn kokemuksen pohjalta sillä ajatuksella, että mallintajan ei tarvitsisi etsiä tietoa monista eri paikoista ja kokeilla monia eri tapoja mallintaa siltaa, vaan ohje kokoaa käyttökelpoiset työkalut yhteen paikkaan. Mallinnusohjeesta tuli käyttökelpoinen ja täyttää tavoitteensa. Opinnäytetyön pääpaino oli siltamallin tuottamisessa ja mallinnusohje tuli luonnollisena sivutuotteena.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyö onnistui hyvin ja tavoitteisiin päästiin, osa alkuperäisistä tavoitteista jopa ylittäen. Mallinnusohje vaatii päivittämistä työkalujen ja ympäristön päivittyessä sekä uusien työkalujen ilmestyessä.

## LÄHTEET

buildingsmart.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-12-15] Saatavissa: <https://buildingsmart.fi>

elementtisuunnittelu.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-12-16] Saatavissa:  
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/liitokset/liitosten-toiminta/liikuntasamat>

KUOPION KAUPUNGIN TASOKOORDINAATISTO- JA KORKEUSJÄRJESTELMIEN MUUTOSINFO. 2012. [Viitattu 17.11.2019.] Saatavissa: <https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7450395/EUREF-tiedote-Kuopion+kaupunki.pdf/cdc6d29e-df6e-4fdf-ad3d-c813263e4961>

Maanmittauslaitos.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-12-15] Saatavissa:  
<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematieto/korkeusmallit>.

POHJAVEDEN HALLINTA ALIKULKUPAIKOILLA. Liikenneviraston oppaita 1/2013. [Viitattu 22.11.2019.] Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lop\\_2013-01\\_pohjaveden\\_hallinta\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lop_2013-01_pohjaveden_hallinta_web.pdf)

PUUPPONEN, Jyrki. Tunnetko koordinaatistomuunnokset? Positio 1/2008, 27-29. Saatavissa:  
[https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=1e974947-7122-43db-89a1-26407f7be54c&groupId=10128](https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document_library/get_file?uuid=1e974947-7122-43db-89a1-26407f7be54c&groupId=10128)

RAUTATIESILTOJEN KORJAUSSUUNNITTELUOHJE. Liikenneviraston ohjeita 12/2016. [Viitattu 16.12.2019] Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2016-12\\_rautatiesiltojen\\_korjaussuunnitteluohje\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2016-12_rautatiesiltojen_korjaussuunnitteluohje_web.pdf)

SILLAT JA TAITORAKENTEET. YIV2015-Yleiset inframallivaatimukset käytännössä. [Viitattu 15.12.2019.] Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/12/Minna-Salonsaari-2.pdf>

SILLAT JA YMPÄRISTÖ. Liikenneviraston oppaita 3/2013. [Viitattu 5.12.2019.] Saatavissa:  
[https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lop\\_2013-03\\_sillat\\_ymparisto\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lop_2013-03_sillat_ymparisto_web.pdf)

SILLAT. Suunnittelu toteutus ja ylläpito. RIL 179-2018. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

SILTOJEN KAITEET. Liikenneviraston ohjeita 25/2012. [Viitattu 16.12.2019.] Saatavissa:  
[https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo\\_2012-25\\_siltojen\\_kaiteet\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2012-25_siltojen_kaiteet_web.pdf)

SILTOJEN TIETOMALLIOHJE. Liikenneviraston ohjeita 6/2014. Helsinki. [Viitattu 4.12.2019.] Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2014-06\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf)

TERÄSBETONINEN LAATTAKEHÄSILTA (BLK II). Liikenneviraston ohjeita 9/2011 [Viitattu 15.12.2019.] Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo\\_2011-09\\_terasbetoninen\\_laattakehasilta\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2011-09_terasbetoninen_laattakehasilta_web.pdf)

TERÄSBETONINEN LAATTAKEHÄSILTA (BLK II). Liikenneviraston ohjeita 22/2017 [Viitattu 15.12.2019.] Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-22\\_terasbetoninen\\_laattakehasilta\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-22_terasbetoninen_laattakehasilta_web.pdf)

TIETOMALLIPOHJAINEN SILLAN KORJAUSSUUNNITTELU JA LÄHTÖTIETOJEN KOKOAMINEN. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Viitattu 15.12.2019.] Saatavissa:  
<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/22810/Nykanen.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

TÄYDENTÄVIÄ OHJEITA SILTOJEN SUUNNITTELUUN. Liikenneviraston ohjeita 25/2017. [Viitattu 11.11.2019.] Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-25\\_taydentavia\\_ohjeita\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-25_taydentavia_ohjeita_web.pdf)

YLEISET INFRAMALLIVAATIMUKSET 2019. [Viitattu 22.12.2019.] Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019\\_1.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf)

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET. Osa 1, yleinen osuus. [Viitattu 20.11.2019.] Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf)

LIITE 1: MALLINNUSOHJE (SALATTU)