



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TEKLA KOMPONENTTIKIRJASTO INSINÖÖRITOIMISTO LAATURAKENNE OY:LLE

TEKIJÄ: Anton Chmidt

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Chmidt Anton	
Työn nimi Tekla komponenttikirjasto Insinööri-toimisto Laaturakenne Oy:lle	
Päiväys	26.03.2018
Sivumäärä/Liitteet	47/0
Ohjaaja(t) Lehtori Viljo Kuusela, tuntiopettaja Teppo Houtsonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Insinööri-toimisto Laaturakenne Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli koota Insinööri-toimisto Laaturakenne Oy:lle komponenttikirjasto ja tehdä aloitus-pohja <i>Tekla Structures</i> -ohjelmistoon. Komponenttikirjastoon valittiin toimivimmat ja sopivimmat komponentit ja työkalut. Komponenteilla tarkoitetaan <i>Tekla Structures</i>ssa olevia rakenneosia kuten Sandwich-sokkeli-elementti ja siihen mallinnettavat yksityiskohdat kuten vaijerilenkkiliitokset. Yrityksen tarpeisiin räätälöidyt komponentit ja komponenttikirjasto edesauttaa tehokasta työskentelyä.</p> <p>Työn alussa selvitettiin yrityksen yleisimmät ja eniten suunnittelussa käyttämät elementit sekä niihin mallinnettavat yksityiskohdat. Selvityksen perusteella tutkittiin olemassa olleet komponentit ja valittiin niistä parhaiten sopivat. Osa komponenteista oli ennestään <i>Tekla Structuresin</i> komponenttikirjastossa, mutta osa ladattiin <i>Tekla Warehousesta</i>. Mikäli työkalu ei ollut sellaisenaan toimiva tai riittävän tehokas, työkalu tai komponentti muokattiin tai siihen lisättiin ominaisuuksia <i>Custom Component Editorilla</i>. Jos sopivaa työkalua ei löytynyt olemassa olleista työkaluista tai olemassa ollutta työkalua ei voinut muokata muokausestojen vuoksi, tehtiin kyseiset työkalut itse. Lähes kaikkiin valmiisiin työkaluihin tallennettiin optimaalisimmat oletus-attribuutit eli asetukset.</p> <p>Lopputuloksena saatiin toimiva komponenttikirjasto, joka mahdollistaa <i>Tekla Structuresin</i> käytön rakennesuunnittelussa. Komponenttikirjasto toimii hyvänä pohjana, jota tullaan varmasti jatkossa kehittämään tulevaisuuden tarpeiden mukaan. Työn aikana huomattiin miten tärkeää työkalujen räätälöinti ja esisäätäminen on, sillä ilman niitä <i>Tekla Structures</i> ei ole kilpailukykyinen olemassaolevien menetelmien kanssa.</p>	
Avainsanat <i>Tekla Structures, Custom Component Editor, Tietomallinnus, Tekla Warehouse</i>	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Civil and Construction Engineering, Construction Architect			
Author(s) Chmidt Anton			
Title of Thesis Tekla Component Catalog for Engineering Office Insinööritoimisto Laaturakenne Oy			
Date	26.03.2018	Pages/Appendices	47/0
Supervisor(s) Mr. Viljo Kuusela, Senior Lecturer, Mr. Teppo Houtsonen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Insinööritoimisto Laaturakenne Oy			
<p>Abstract</p> <p>The main objective of this final project was to create a template and custom component catalog in <i>Tekla Structures</i> software for Insinööritoimisto Laaturakenne Oy. The most suitable and most effective components and tools were added to the custom component catalog. Components in <i>Tekla Structures</i> refer to components which are used in modeling, such as sandwich wall component and its detailing such as cable loop connector. Customized components and component catalog contribute to more efficient usage of the <i>Tekla Structures</i>.</p> <p>At the beginning of the work, the company's most common and most used elements and the details to be modeled into those elements were researched. Based on the research, the existing components were examined and the most suitable ones were selected. Most of the components were in <i>Tekla Structures</i> component catalog as a default while some of them were downloaded from <i>Tekla Warehouse</i>. If the components or tools were somehow incomplete or not efficient enough, they were edited and features were added with <i>Custom Component Editor</i>. If there were no suitable tools available for certain tasks or if the available tools could not be edited due to editing protection, completely new tools were created to accomplish the required results. In almost every tool the attributes of the tool were edited and the optimal settings were set up for most efficient use.</p> <p>As a result of this thesis an efficient and easy to use component catalog was created, which allows <i>Tekla Structures</i> to be used efficiently in structural engineering. The Component catalog is now a good basis which will be further developed in the future. When working on this project, it became clear that without customization and component editing, <i>Tekla Structures</i> could not compete with other engineering tools.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Tekla Structures, Custom Component Editor, Building Information Modeling, Tekla Warehouse</p>			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Insinööritoimisto Laaturakenne Oy:lle vuonna 2018. Haluan kiittää yritystä työn mahdollistamisesta, sillä tämän työn ansiosta olen kehittynyt *Tekla Structuresin* käyttäjänä suuresti. Iso kiitos Insinööritoimisto Laaturakenne Oy:n toimitusjohtajalle Ari Korhoselle, sekä elementtisuunnittelija Aku Korhoselle, jotka auttoivat minua ymmärtämään mitä elementtisuunnittelu kyseisessä yrityksessä pitää sisällään.

Tutkiessani työkaluja *Custom Component Editorilla* aloin hahmottamaan *Teklan* toimintaperiaatteita entistä paremmin. Aloin myös ymmärtämään ohjelmoinnin osuutta *Teklalla* työskennellessä. Opinnäytetyön alkuvaiheessa opiskelin myös ohjelmoinnin perusteet, jotta työkalujen ohjelmointi olisi sujuvampaa. Ohjelmoinnin opeista on minulle varmasti hyötyä myös jatkossa.

Haluan myös kiittää läheisiäni jatkuvasta tuesta opinnäytetyön aikana. Äiti, kummi ja isovanhemmat kannustivat aikataulun toteuttamisessa jo kauan ennen opinnäytetyön alkua ja sen aikana. Kiitos puolisololleni Raunille, joka on ollut erittäin kannustava ja auttanut opinnäytetyön kieliasun kanssa. Erikoiskiitokset menevät myös pian syntyvälle esikoistyttärelleni, jonka arvioitu syntymäpäivä toimi myöskin erinomaisena motivaation lähteenä opinnäytetyötä tehdessä.

Kuopiossa 2.5.2018

Chmidt Anton

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tavoitteet	7
1.2	Tilaaja	7
1.3	Määritelmät	8
2	OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT	10
2.1	Yrityksen lähtökohdat ja toiveet Teklan käytöstä	10
2.2	Eri suunnitteluvaiheet ja niiden tasoinen mallintaminen	10
2.2.1	Yleissuunnitteluvaihe	11
2.2.2	Hankintoja palveleva suunnitteluvaihe	11
2.2.3	Toteutussuunnitteluvaihe	12
3	OLEMASSA OLEVIEN MALLINNUSTYÖKALUJEN VERTAILU JA VALINTA	13
3.1	Sokkeli	15
3.2	Seinäelementit	16
3.3	Väliseinäelementit	18
3.4	Liitostyökalut	19
3.4.1	Horisontaaliset liitokset	19
3.4.2	Vertikaaliset liitokset	21
3.5	Raudoitustyökalut	22
3.6	Valutarvikkeet	25
3.7	Aukkotyökalut	26
4	AVOIMIEN TYÖKALUJEN MUOKKAUS JA UUSIEN TYÖKALUJEN VALMISTUS	28
4.1	Custom Component Editor	28
4.1.1	Leikkaukset nurkkaliitoksiin	29
4.1.2	Teräkset kaikkiin vaijerilenkkiliitoksiin	31
4.1.3	Sidontapistevarauksien säätö ja terästen lisäys	34
4.2	Custom Component Dialog Editor	36
4.3	GIMP 2 (Thumbnailit ja Bitmapit)	40
4.4	Uusien työkalujen valmistus	41
5	TYÖKALUJEN ASETUSTEN ESISÄÄTÖ JA ALOITUSPOHJAN TALLENNUS	42
5.1	Työkalujen asetusten esisäättö	42
5.2	Aloituspohjan tallennus	43

6	TARKASTELU JA POHDINTA	44
6.1	Omia pohdintoja	44
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	46

1 JOHDANTO

Rakenteiden mallintaminen on yleistynyt viime vuosina. Paljon käytetty rakennemallinnusohjelma on *Tekla Structures*, myöhemmin *Tekla*. *Tekla* on tehokas mallinnustyökalu, joka tuo rakennesuunnittelua helpottavia ominaisuuksia. Ominaisuuksiin kuuluu piirustusten tuottaminen suoraan kolmiulotteisesta mallista, mallin jakaminen eri tahojen kanssa saumattoman yhteistyön mahdollistamiseksi sekä nopeat ja helpot muutokset suunnitteluvaiheessa.

Tekla sekä mukana asentuvat Suomi-ympäristön työkalut tarjoavat suunnittelijalle käyttöön ison määrän työkaluja, mutta sellaisenaan *Tekla* ei ole tehokkuudeltaan kilpailukykyinen aikaisempien suunnittelumetodien kanssa. Tästä syystä yritykset jalostavat olemassa olevia työkaluja omiin tarpeisiin, sekä valmistavat uusia työkaluja itse.

1.1 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on tutkia saatavilla olevia työkaluja yleisimpien rakenneosien mallintamiseen ja laatia yritykselle oma aloituspohja ja komponenttikirjasto, jossa käytetyimmät komponentit on räätälöity mahdollisimman hyvin yrityksen tarpeisiin ja toimimaan toistensa kanssa yhteen.

Tekla mahdollistaa saman asian tekemisen monella eri tavalla ja työkalulla. Opinnäytetyön tavoitteena on löytää näistä työkaluista optimaalisimmat. Työkaluja on tarjolla valmiina *Teklan* komponenttikirjastossa *Trimblen* valmistamina tai Suomi-ympäristöstä saatuna, sekä *Tekla Warehousesta*. *Tekla Warehouse* on *Trimblen* ylläpitämä internetsivusto, jossa käyttäjät voivat jakaa omia työkalujaan. *Tekla Warehousesta* löytyy myös monen tavarantoimittajan työkalut ja komponentit. Esimerkiksi Peikko Group® on julkaissut pilari- ja palkkiliitostyökaluja.

Mikäli yksittäiset työkalut eivät sellaisenaan vastaa yrityksen tarpeita, ne muokataan *Custom Component Editorilla*.

1.2 Tilaaja



Kuva 1: Insinööri-toimisto Laaturakenne Oy logo (laaturakenne.com)

Työn tilaajana toimii Insinööri-toimisto Laaturakenne Oy (kuva 1). Insinööri-toimisto Laaturakenne Oy on kuopiolainen yritys, joka on toiminut alalla jo yli kymmenen vuotta. Insinööri-toimisto Laaturakenne Oy:n toimenkuvaan kuuluu rakenne- ja elementtisuunnittelu, esijännitetyjen betonirakenteiden raudoitussuunnittelu sekä mitoitusohjelmistojen suunnittelu ja myynti. Pääosin työt kohdistuvat

kotimaan markkinoille, pääasiassa betonirakenteisiin asuin-, liike- ja teollisuusrakenteisiin. Insinööri-toimisto Laaturakenne Oy työllistää 3–5 työntekijää. (laaturakenne.com.)

1.3 Määritelmät

- **Aloituspohja** = Aloituspohja aukeaa, kun *Teklassa* aloitetaan uusi mallinnusprojekti, johon ei ole vielä mallinnettu mitään. *Teklan* käyttäjät voivat itse tehdä omat aloituspohjat. Tällä tavalla saadaan esimerkiksi aikaisemmin lajiteltu komponenttikirjasto aukeamaan aina kun uusi projekti käynnistetään.
- **Bitmap** = Kuvatiedoston tiedostomuoto. Tiedostomuodon lyhenne on *.bmp*. Kyseistä tiedostomuotoa on käytettävä *Custom Component Dialogissa*, jos sinne halutaan lisätä kuvia. Myös *Thumbnail*-kuivissa käytetään *Bitmap* tiedostoja.
- **Custom Component Dialog** = Komponentin tai työkalun asetusnäkyvä, jossa käyttäjä säätää kunkin työkalun asetuksia.
- **Custom Component Dialog Editor** = *Teklassa* oleva ominaisuus, jolla luodaan ja muokataan *Custom Component Dialogeja*.
- **Custom Component Editor** = *Teklassa* oleva tila, jossa työkaluja ja komponentteja voidaan tehdä ja muokata. Muokattava kohde erotellaan muusta mallista, sillä muokkaus tapahtuu erillisessä tilassa, jossa on pelkästään muokattava työkalu tai komponentti.
- **Komponentti** = *Teklassa* käytettävä kiinteä mallinnusosa. Esimerkiksi sisäkuori, väliseinä tai vaijerilenkki. Komponenteilla on oma hierarkia. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi vaijerilenkki ja sen kotelo ovat yhtä komponenttia eikä niitä pystytä räjäyttämättä mallintamaan erikseen. Mutta jos komponentti räjäytetään, saadaan kyseisestä komponentista kaksi komponenttia – kotelo ja siitä läpi kulkeva vaijerilenkki.
- **Komponenttikirjasto** = *Teklassa* oleva hakemisto, josta löytyy kyseiseen aloituspohjaan tallennetut ja mahdollisesti jälkikäteen lisätyt työkalut ja komponentit.
- **Parameter** = *Custom Component Dialogissa* käytetty ikkuna, johon käyttäjä syöttää työkalun muuttujiin arvoja.
- **Tekla Structures** = Rakennetietomallinnusohjelmisto
- **Thumbnail** = Kuvake joka näkyy käyttäjälle komponenttikirjastossa kyseisen työkalun kohdalla. *Thumbnail* auttaa käyttäjää ymmärtämään mikä työkalu on kyseessä ja mitä sillä tehdään.
- **Tietomallinnus** = Kolmiulotteiseen tilaan mallinnettu rakennus tai sen osa, joka sisältää ulkoisen muodon lisäksi myös tiettyjä tietoja. Esimerkiksi: Materiaali, paino, liitokset ja etäisyydet muihin mallinnettaviin osiin ja suunniteltu käyttöikä.
- **Trimble** = Yritys joka on kehittänyt *Tekla Structures* -ohjelmiston.
- **Työkalu** = Työkalujen avulla lisätään joko itse avaruuteen tai osoitettuun komponenttiin tiettyjä asioita. Esimerkiksi muita komponentteja, aukkoja tai liitoksia.

- **Variables-lista** = *Custom Component Editorissa* oleva lista, jossa on listattu kaikki kyseisen työkalun muuttujat.
- **Viitepisteet** = Mallinnettavassa kappaleessa olevat pisteet, joita liikuttamalla tai poistamalla käyttäjä voi säätää kappaleen muotoa tai liikuttaa sitä. Yleensä pisteet ovat kappaleen nurkissa.

2 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

Opinnäytetyön aloituspalaverissa selvitettiin yrityksen tarpeet ja laadittiin lista yleisimmistä elementeistä, joita yritys eniten suunnittelee. Opinnäytetyö päädyttiin rajaamaan sokkeli- ja seinärakenteisiin. Sokkeli- ja seinärakenteet ovat oleellinen osa rakennesuunnittelua, joten päätettiin keskittyä vain sokkeli- ja seinärakenteiden mallintamiseen, jotta yritykselle saadaan hyvä pohja *Teklan* käyttöä varten.

2.1 Yrityksen lähtökohdat ja toiveet Teklan käytöstä

Aikaisempien käyttökokemusten perusteella Insinööritoimisto Laaturakenne Oy (2018-04-05) toteaa, että *Tekla* on erittäin havainnollinen ja potentiaalisesti tehokas työkalu, jonka avulla suunnitteluaikeiset virheet vähenevät. Valitettavasti kuitenkin sellaisenaan *Tekla* ei ole riittävän tehokas kilpaillakseen, tällä hetkellä käytössä olevan, *AutoCad-ohjelman, jatkossa AutoCad*, kanssa. Monissa työkaluissa on puutteita, jonka seurauksena niitä täytyy muokata erikseen. Lisäksi komponenttikirjaston sisällön laatu vaihtelee laajasti ja yhteensopivuus eri komponenttien välillä on vaihtelevaa. Myös oikeanlaisten piirustusten tuottaminen on todella haastavaa. Edellämainittujen ongelmien seurauksena *Teklaa* käytettäessä työmenekki oli kolminkertainen *AutoCadiin* verrattuna.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että *Teklan* räätälöinti yrityskohtaisesti on ehdottoman tärkeää tehokkaan käytön mahdollistamiseksi. Insinööritoimisto Laaturakenne Oy (2018-04-05) toivoo, että tämän opinnäytetyön seurauksena *Tekla* saadaan tehokkuudeltaan *AutoCadin* tasolle, ainakin siltä osin mitä opinnäytetyön laajuus kattaa.

2.2 Eri suunnitteluvaiheet ja niiden tasoinen mallintaminen

Yleisten tietomallivaatimusten YTV2012 mukaan rakennuskohteen suunnittelu jaetaan erilaisiin suunnitteluvaiheisiin. Suunnitteluvaiheita ovat vaatimusmalli, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, hankintoja palveleva suunnittelu ja toteutussuunnittelu.

Vaatimusmalli- ja ehdotussuunnitteluvaiheet ovat niin aikaisia vaiheita, että niissä ei vielä tarvita tietomallia. Näissä vaiheissa esitetään rakennesuunnittelulle asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia, sekä rakennesuunnittelija arvioi arkkitehdin esittämien vaihtoehtojen toteutettavuutta. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 9)

Vaatimusmalli- ja ehdotussuunnitteluvaiheiden jälkeisissä vaiheissa tietomalli voi tulla mukaan suunnitteluun. Suunnitteluvaiheesta riippuen myös tietomallin tarkkuus kasvaa vaihe vaiheelta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä toteutussuunnitteluvaiheen tarkkuudella olevia komponentteja ja työkaluja.

2.2.1 Yleissuunnitteluvaihe

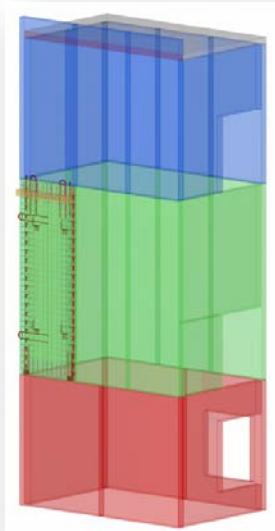
Yleissuunnitteluvaihe on ensimmäinen vaihe, jossa tietomallia voidaan hyödyntää. Malli ei ole yksityiskohtainen ja esimerkiksi seinien sisällä olevia raudoituksia ja muita yksityiskohtia ei mallinneta ollenkaan (kuva 2). Yleissuunnitteluvaiheessa kehitetään aikaisemmin valittua ehdotussuunnitelmaa. Ehdotussuunnitelmasta tehdään toteutuskelpoinen yleissuunnitelma. Tietomalli tarjoaa tässä vaiheessa visuaalisen yleiskuvan rakennuksesta ja toimii lähtötietona määrä- ja kustannuslaskennalle. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 9)



Kuva 2: Esimerkki mallitarkkuudesta yleissuunnitteluvaiheessa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 11)

2.2.2 Hankintoja palveleva suunnitteluvaihe

Hankintoja palveleva suunnitteluvaihe on rakennesuunnittelun seuraava vaihe. Tässä suunnitteluvaiheessa malli on jo paljon havainnollistavampi kuin yleissuunnitteluvaiheen malli. Mallissa löytyy esimerkkimäisiä yksityiskohtia yleisimpien rakenneosien osalta (kuva 3). Mallista pystytään tekemään määrälaskenta, jonka avulla voidaan esittää tarjouspyyntöjä. Lisäksi mallia voidaan käyttää työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnitteluun. Myös rakentamisaikataulun, sekä asennus- ja työjärjestyksen suunnittelu pystytään tekemään kyseisen tasoista mallia käyttäen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 11)



Kuva 3: Esimerkki mallitarkkuudesta hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 11)

2.2.3 Toteutussuunnitteluvaihe

Toteutussuunnitteluvaihe on viimeisin ja tarkin vaihe. Mallissa on tässä vaiheessa kaikki yksityiskohdat kuten raudoitukset, liitokset ja valutarvikkeet (kuva 4). Mallista voidaan tulostaa elementtikuvat ja tarkat määräluettelot. Tässä opinnäytetyössä käsitellyt työkalut ja komponentit on tehty ja säädetty toimimaan tämän suunnitteluvaiheen tarkkuudella. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 17)



Kuva 4: Esimerkki mallitarkkuudesta toteutussuunnitteluvaiheessa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 11)

3 OLEMASSA OLEVIEN MALLINNUSTYÖKALUJEN VERTAILU JA VALINTA

Teklassa on yleensä useampia työkaluja ja komponentteja, joilla tietty mallinnusvaihe voidaan toteuttaa. Useat työkalut selittyvät sillä, että niillä on eri valmistajat. *Trimble* tuottaa ja ylläpitää omia työkalujaan, Suomi-ympäristön mukana tulee suomalaisten tekemiä työkaluja ja komponentteja, sekä muiden käyttäjien tuottamia työkaluja voi ladata *Tekla Warehousesta*.

Työkalujen ja komponenttien valinta muodostuu useasta eri seikasta. Eri työkaluilla on usein erilaisia ominaisuuksia. Vertailua tehdessä on osattava ennustaa käytön kannalta tärkeät ominaisuudet ja otettava nämä huomioon. Hyvä työkalu on sellainen, joka muokkautuu käyttäjän tarpeiden mukaan mahdollisimman paljon, sekä toimii yhteen mahdollisimman monen muun työkalun kanssa. Esimerkiksi yleensä *Trimble:n* omat työkalut toimivat yhteen toistensa kanssa, mutta yhteentoimivuus muiden valmistamien työkalujen kanssa täytyy testata erikseen.

Työkalun valmistaja voi joko jättää työkalun avoimeksi tai lukita työkalun muokkaukselta. Tämä yksityiskohta on erittäin tärkeä työkalun valintavaiheessa, sillä avoimiin työkaluihin pystytään tarvittaessa lisäämään ominaisuuksia jälkikäteen. Lukitulle työkalulle näin ei voida tehdä.

Tässä opinnäytetyössä käytiin ensin läpi tarjolla olevat vaihtoehdot ja valittiin niistä sopivin. Sen jälkeen päätettiin onko valittuja komponentteja ja työkaluja tarvetta muokata tai onko tarvetta tehdä kokonaan oma komponentti tai työkalu (taulukko 1).

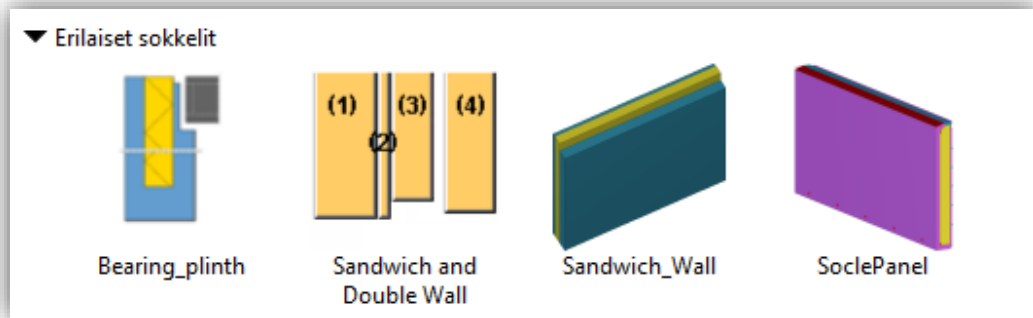
TAULUKKO 1. Verratut, valitut ja muokatut työkalut (Chmidt 2018)

Komponentti / työkalu	Valittu	Muokattu	Kehitetty oma tämän pohjalta
<u>SOKKELI- JA SEINÄTYÖKALU</u>			
Bearing_plinth			
Sandwich and Double Wall	X		
Sandwich_Wall			
SoclePanel			
<u>VÄLISEINÄTYÖKALU</u>			
Internal Wall	X	X	
Panel-valikkotyökalu			
Sandwich and Double Wall			
<u>VIEREKKÄISTEN SEINÄKOMONENTTIEN VÄLINEN LIITOSTYÖKALU</u>			
Wall to Wall Connection			
Wall Panel Corner Connection			
PC_EW_EW_GR_04	X	X	

PC_EW_EW_GR_05	X	X	
PC_EW_EW_GR_06			
PC_EW_EW_GR_07			
PC_EW_EW_GR_08			
PC_EW_EW_GR_09			
PC_EW_EW_GR_10			
PC_EW_EW_GR_11			
PC_EW_EW_GR_12	X	X	
PC_EW_EW_GR_13			
PC_EW_EW_GR_14	X	X	
PC_EW_EW_GR_15			
PC_EW_EW_GR_16	X	X	
PC_EW_EW_GR_17			
<u>PÄÄLLEKKÄISTEN SEINÄKOMPONENTTIEN VÄLINEN LIITOSTYÖKALU</u>			
Wall Panel Shoe Connection			
PC_IW_IW_GR_01			
PC_IW_IW_GR_02	X	X	
<u>RAUDOITUSTYÖKALU</u>			
Double Wall Edge and Opening Reinforcement	X		
Wall Panel Reinforcement	X		
Mesh Bars	X		
U bars Reinforcement			
Rebar-valikkotyökalu			
<u>Vedenpoistoaukot</u>			
Hole Generation			
PartCut-valikkotyökalu			
Polygon Hole Generation			
Hole creation and reinforcement			X
<u>AUKKOTYÖKALU</u>			
Sandwich Wall Window	X		
Hole Generation			
Hole cration and reinforcement			
<u>VALUANKKURITYÖKALU</u>			
Wall Vemo Inserter	X		

3.1 Sokkeli

Sokkelielementtejä voidaan mallintaa vähintään neljällä eri työkalulla (kuva 5).



Kuva 5: Tekla Structures® Erilaiset sokkelivaihtoehdot (Chmidt 2018-03-28)

Parametrit	1	2
Käytetäänko		Käytetään
Mistä saatu komponentti	Fin	Tekla
Onko muokattavissa	Kyllä	EI
Kuvat parametreista	Kyllä	Kyllä
Eristeen paksuus	Kyllä	Kyllä
Eristeen korkeus	EI	Kyllä
Eriste materiaali	Kyllä	Kyllä
Sisäkuoren paksuus	Kyllä	Kyllä
Sisäkuoren korkeus	Kyllä	Kyllä
Ulkokuoren paksuus	Kyllä	Kyllä
Ulkokuoren korkeus	Kyllä	Kyllä
Syvennys sisäkuoressa	Kyllä	Huonosti
Syvennyksen etäisyys sisäkuoren pinnasta	Kyllä	EI
Kannaksen korkeus	Kyllä	Kyllä
Kannaksen "pituus"	EI	Huonosti
Tekstit suomeksi	Kyllä	EI
Aukot		Kyllä

Kuva 6: Excel® Työkalujen vertailutaulukko (Chmidt 2018-03-28)

Tässä opinnäytetyön vaiheessa valittiin sopivinta sokkelin mallinnustyökalua. Sokkelityökalulla täytyy pystyä mallintamaan tietyn korkuisia ja levyisiä seinäkerroksia, jokaisen seinäkerroksen materiaali ja korkeus pitää pystyä muuttamaan erikseen. Lisäksi työkalulla pitää pystyä mallintamaan määrätyn korkuinen alakannas. Työkalun täytyy toimia yhteen rauditus-, liitos- ja aukoitustyökalujen kanssa. *SoclePanel* ja *Sandwich_Wall* olivat selkeästi muita huonompia ja siksi niitä ei edes otettu mukaan lopulliseen vertailuun. Jäljelle jääneistä *Bearing_plinth* ja *Sandwich and Double Wall* -työkaluista tehtiin vertailutaulukko (kuva 6) jossa vertailtiin työkalujen ominaisuuksia. Lopulta päädyttiin valitsemaan *Trimben* oma työkalu *Sandwich and Double Wall*.

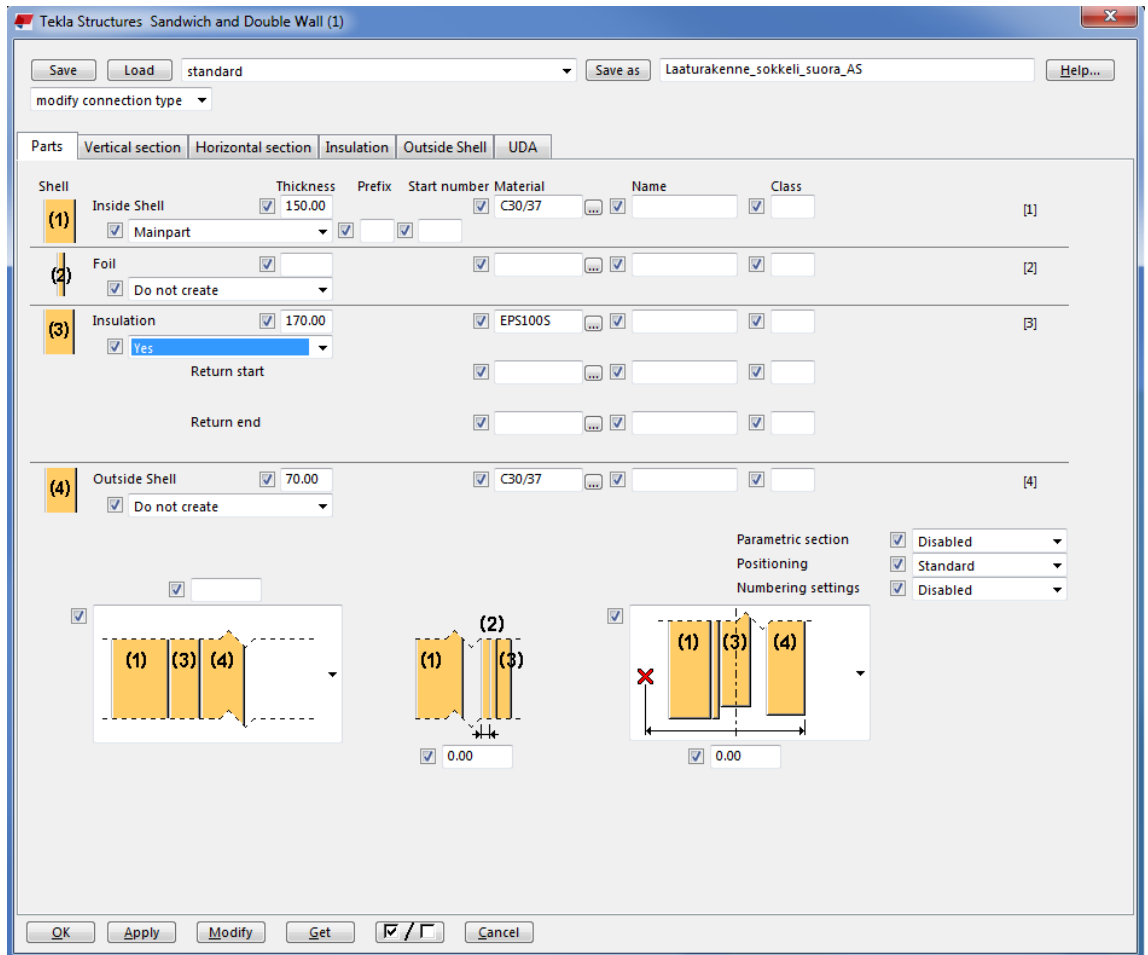
Sandwich and Double Wall -työkalu valittiin siitä syystä, että samalla työkalulla voidaan mallintaa sokkelin lisäksi myös lähes kaikki muut seinätyypit. Näin seinien mallintamisesta tulee tehokasta, sillä käyttäjän ei tarvitse kuin vaihtaa sokkelin esiasetuksesta, toisenlaisen seinän esiasetukseen seinän mallintamiseen siirtyessä. Lisäksi huomattiin, että *Trimblen* omat työkalut toimivat hyvin yhteen valitun työkalun kanssa. Isoin miinus valitussa työkalussa oli se, että työkalu oli lukittu. Lukituksen takia tiedettiin, että jatkossa kyseiseen työkaluun ominaisuuksien lisääminen on mahdotonta. Kyseinen työkalu arvioitiin kuitenkin jo sellaisenaan olevan riittävän toimiva, jolloin muokkaaminen ei ole tarpeen.

Sokkeli- ja seinätyökaluja valitessa, testattiin myös työkalujen toimivuus yleisimpien aukko- ja raudoitustyökalujen kanssa. Vaikka kyseisten työkalujen valinta tapahtui myöhemmässä vaiheessa, täytyi tarkistaa, että valittu *Sandwich and Double Wall* -työkalu toimii yleisimpien aukko- ja raudoitustyökalujen kanssa.

3.2 Seinäelementit

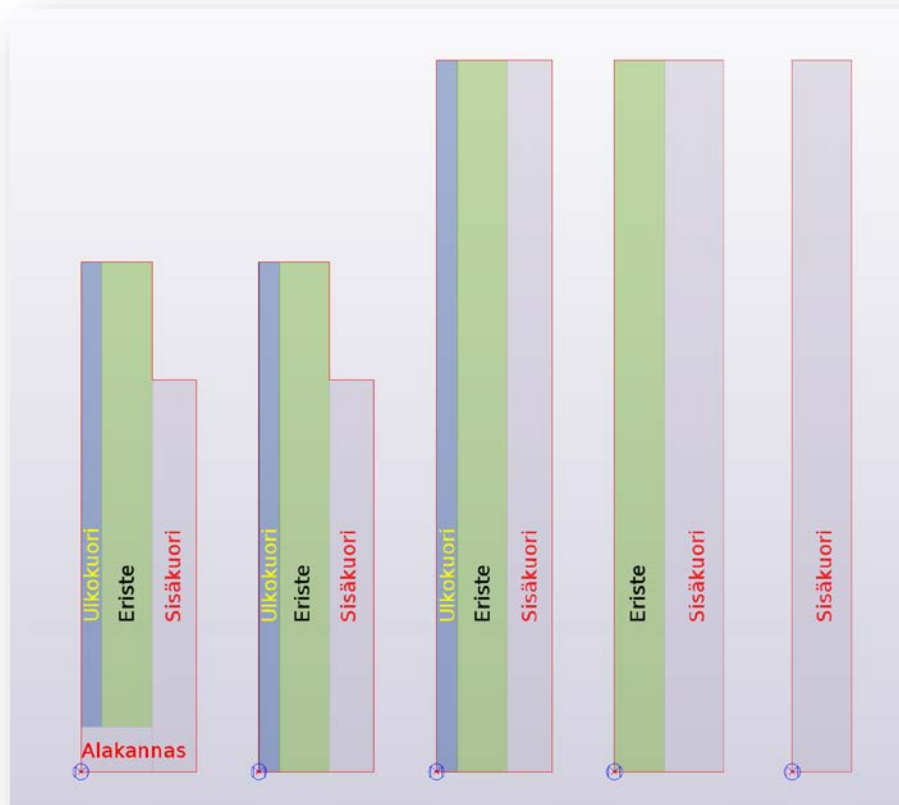
Sokkeleihin valittu *Sandwich and Double Wall* -työkalu mahdollisti myös seinien mallintamisen samalla työkalulla, joten tätä työkalua käytettiin.

Työkalu mahdollisti alakannaksen poistamisen asetuksia säätämällä, jolloin sokkelin sijaan mallintui Betonisandwich-komponentti. Työkalun asetuksia säätämällä saatiin komponentista pois myös seinäkerroksia, jolloin Betonisandwich-komponentista saatiin esimerkiksi sisäkuorikomponentti poistamalla ulkokuori (kuva 7).



Kuva 7: Tekla Structures® Sandwich and Double Wall -työkalun asetukset, seinäkerrosten määrittäminen (Chmidt 2018-04-04)

Jokaiselle seinätyypille tallennettiin valmiit esiasetuspohjat, jotta käyttäjä voi valita seinätyypin esiasetuksen valikosta. Komponenttien ja työkalujen asetusten esisäädöstä on selostettu tarkemmin osiossa 5.1 Työkalujen asetusten esisäätö.



Kuva 8: Tekla Structures® Erilaisia seiä Sandwich and Double Wall -työkalulla (Chmidt 2018-04-04)

(Kuva 8) Vasemmalta oikealle on listattu seuraavat komponentit:

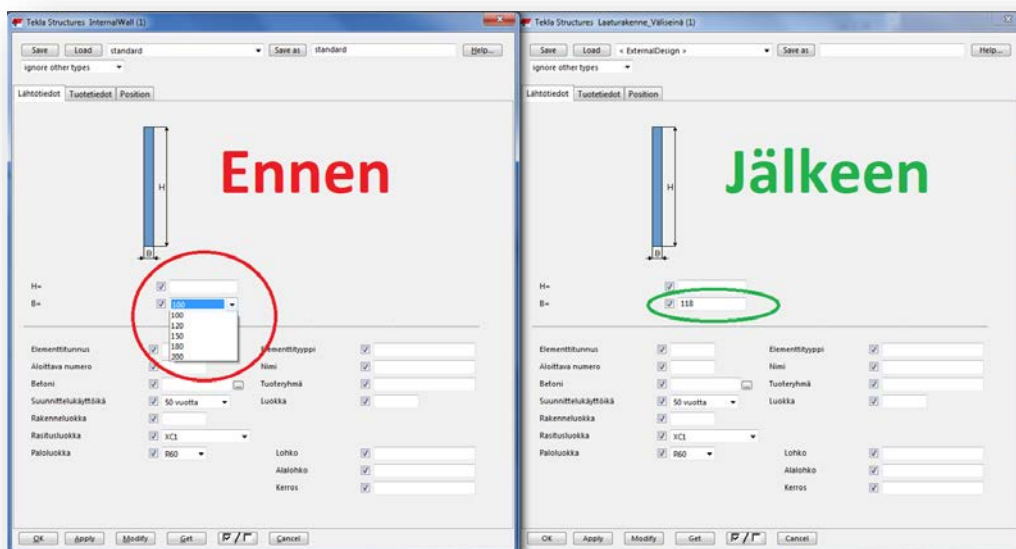
- sokkelielementti, jossa on alakannas
- sokkelielementti, jossa alakannas on poistettu
- betonisandwich seinäelementti
- sisäkuorielementti eristeellä
- sisäkuorielementti ilman eristettä.

3.3 Väliseinäelementit

Väliseinätyökalulla pitää pystyä mallintamaan halutun korkuinen ja paksuinen seinä, seinän täytyy toimia muiden työkalujen kanssa. Väliseinää valitessa vaihtoehtoina oli Suomi-ympäristön *Internal Wall* -työkalu, sekä *Teklan* valikosta löytyvä *Concrete Panel* -työkalu. Valikon työkalua ei voinut muokata *Custom Component Editorilla*, kun taas *Internal Wall* -työkalu oli avoin. Lisäksi *Internal Wall* -työkalun *Custom Component Dialog* on suomenkielinen, joten sen käyttö on selkeää.

Internal Wall -työkalun tarkastelussa huomattiin, että väliseinän paksuus määriteltiin *Attribute*-listalta. Jos seinän paksuudeksi täytyisi saada jokin erikoisempi paksuus, ei tämä olisi ollut mahdollista, sillä listalta ei löydy kuin yleisimmät paksuudet. Tästä syystä muutettiin *Custom Component Dialog Editorilla Attribute*-ikkuna *Parameter*-ikkunaksi, jolloin käyttäjä pystyy syöttämään seinän paksuu-

deksi minkä tahansa luvun (kuva 9). Tämän seurauksena *Custom Component Editorissa* olevaa *Variables*-listaa täytyi muokata. *Variables*-listalla olevat, profiilin määrittävät muuttujat sidottiin suoraan *Custom Component Dialogin Parameter*-ikkunoihin, jolloin seinän korkeus ja paksuus määräytyivät halutulla tavalla.



Kuva 9: Tekla Structures® Alkuperäinen Internal Wall ja uusi Laaturakenne_Väliseinä (Chmidt 2018-04-19)

3.4 Liitostyökalut

Liitostyökalulla tarkoitetaan työkalua, jolla tehdään kahden tai useamman komponentin väliin liitos. Liitos viestii käyttäjälle ja *Tekla*-ohjelmalle, että kaksi vierekkäistä komponenttia eivät ole vain sattumanvaraisesti vierekkäin, vaan ne on liitetty toisiinsa tietyin ehdoin. Liitostyökalun avulla näytetään myös, miten vierekkäiset työkalut on liitetty toisiinsa.

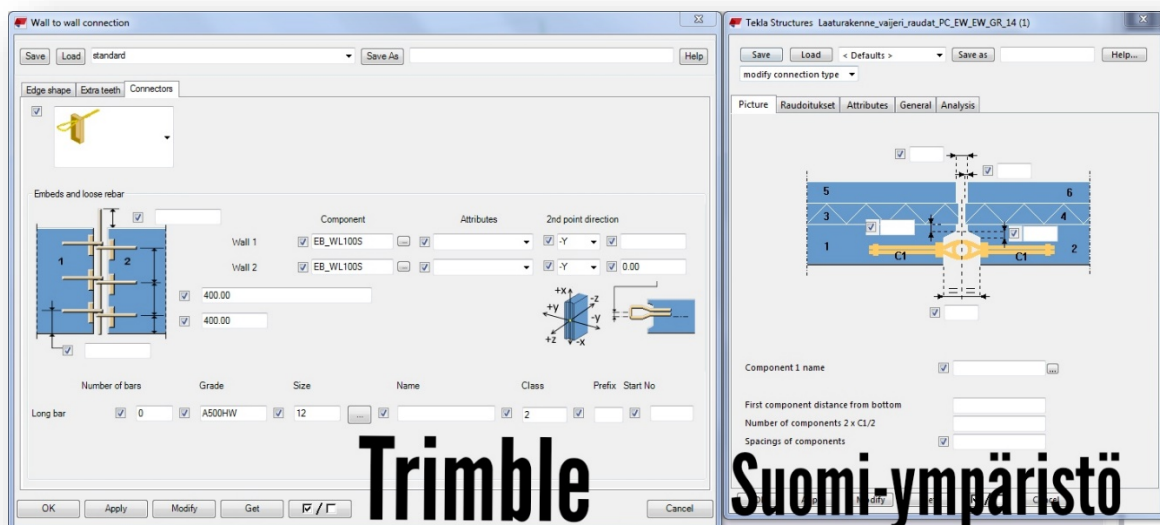
Yleensä liitokset koostuvat komponenttien välisistä saumoista sekä elementteihin lisätyistä valutarvikomponenteista, kuten vaijerilenkeistä tai terästapeista. Saumalla tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että käyttäjä voi määrittää liitoksen asetuksissa tuleeko komponentit kiinni toisiinsa vai tuleeko komponenttien saumaan tyhjä rako, jolloin liitostyökalu leikkaa komponentteja. Havainnollistavien kuvien avulla käyttäjän on helppo säätää tarkalleen oikeat saumapaksuudet tarvittaviin kohtiin.

Sokkeli- ja seinäkomponenteissa tarvittavat liitokset ovat horisontaaliset liitokset vierekkäisten seinäkomponenttien välillä, sekä vertikaaliset liitokset kerrosten välillä.

3.4.1 Horisontaaliset liitokset

Horisontaalisten liitostyökalujen avulla tehdään kahden sandwich komponentin välille liitos. Liitoksen avulla tehdään myös käyttäjän syöttämä määrä vaijerilenkkejä tietyllä jaolla. Horisontaalisiin liitoksiin

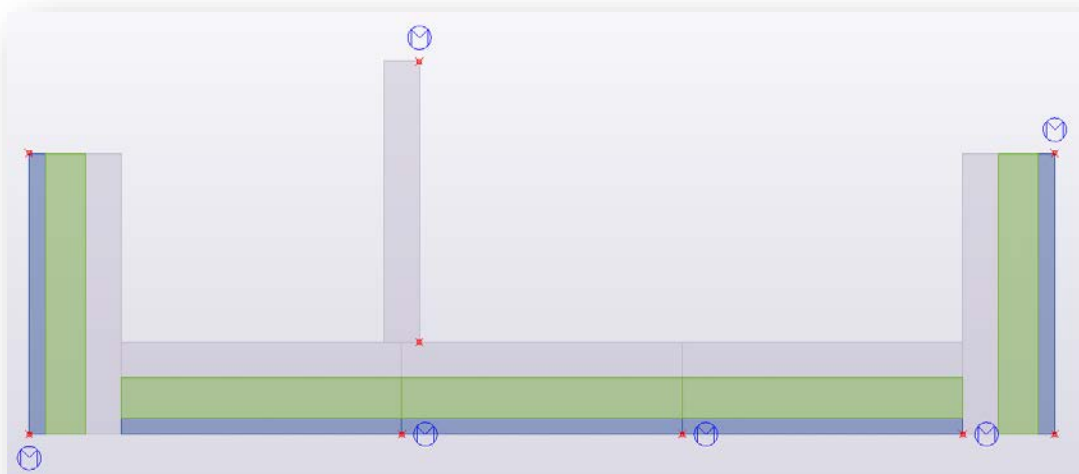
valittiin työkaluja kahden eri valmistajan välillä. Vaihtoehtoina olivat *Trimblen* omat työkalut sekä Suomi-ympäristön mukana tulleet liitokset.



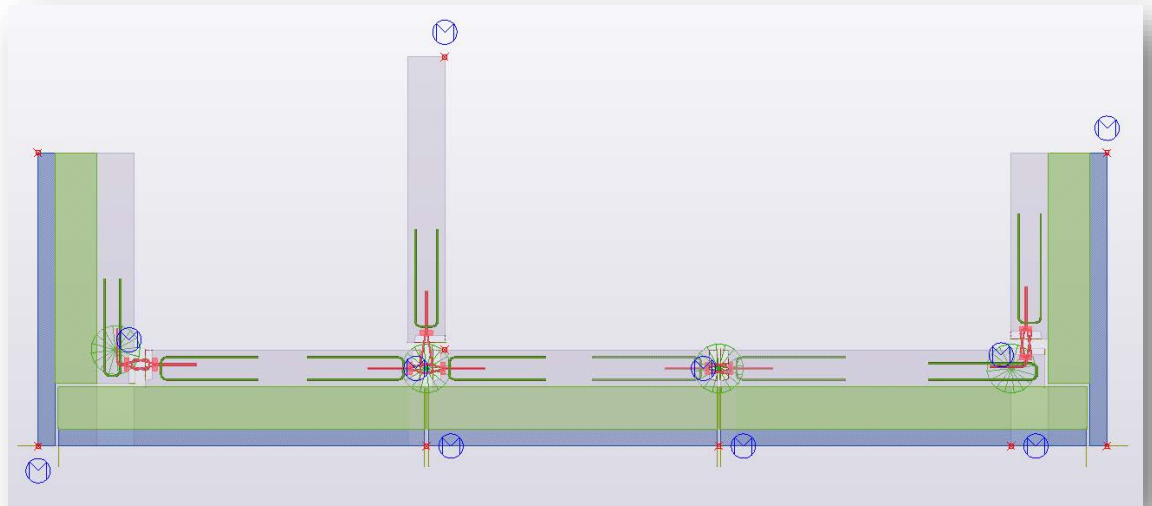
Kuva 10: Tekla Structures® Seinien liitostyökalujen vertailu (Chmidt 2018-04-06)

Kuvasta (kuva 10) näkyy, että *Trimblen* liitostyökalulla voidaan tehdä liitos ainoastaan kahden, käyttäjän osoittaman, kuoren väliin. Suomi-ympäristön työkalussa puolestaan käyttäjä osoittaa 2–6 kuorta, jolloin se pystyy tekemään liitoksen koko betonisandwichelementtiin. Lisäksi liitostyökaluun haluttiin lisätä ominaisuus, jolla lisätään lenkkiteräkset vaijerilenkkien kohdalle. *Trimblen* työkalu oli lukittu, joten ominaisuuden lisääminen oli mahdollista ainoastaan Suomi-ympäristön työkaluun. Edellämmainituista syistä päädyttiin Suomi-ympäristön liitoksiin.

Suomi-ympäristön liitostyökaluja on useita erilaisia, näistä työkaluista valittiin talteen ja muokattiin sopiviksi kaikki tarvittavat variaatiot. Kaikkiin valittuihin variaatioihin lisättiin lenkkiteräkset jokaisen lenkin kohdalle *Custom Component Editorilla* (kuvat 11 ja 12). *Custom Component Editorin* käytöstä selostettu tarkemmin osiossa 4.1 Custom Component Editor.



Kuva 11: Tekla Structures® Mallikomponentit ylhäältäpäin ilman liitoksia (Chmidt 2018-04-06)

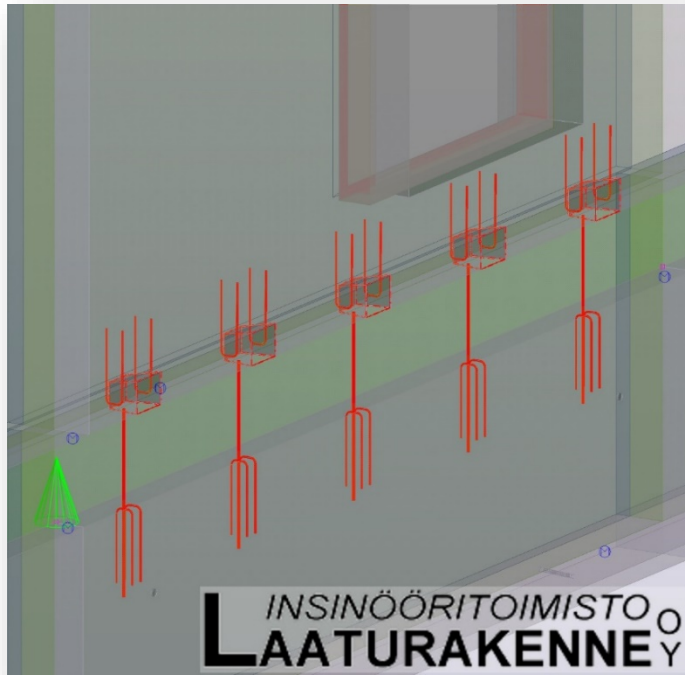


Kuva 12: Tekla Structures® Mallikomponentit ylhäältäpäin liitosten kanssa (Chmidt 2018-04-06)

3.4.2 Vertikaaliset liitokset

Vertikaalisen liitoksen avulla liitetään kaksi päällekkäin olevaa komponenttia yhteen, kyseinen liitos on oikealta nimeltään sidontapistevaraus. *Sidontapistevaraus-työkalulla* lisätään alemmaan komponenttiin tietyin välein terästäpit, jotka nousevat alemman komponentin yläpinnasta ja uppoavat ylemmän komponentin alapinnassa oleviin koloihin. Nämä ylemmän komponentin kolot muodostuvat myöskin *sidontapistevaraus-työkalulla*.

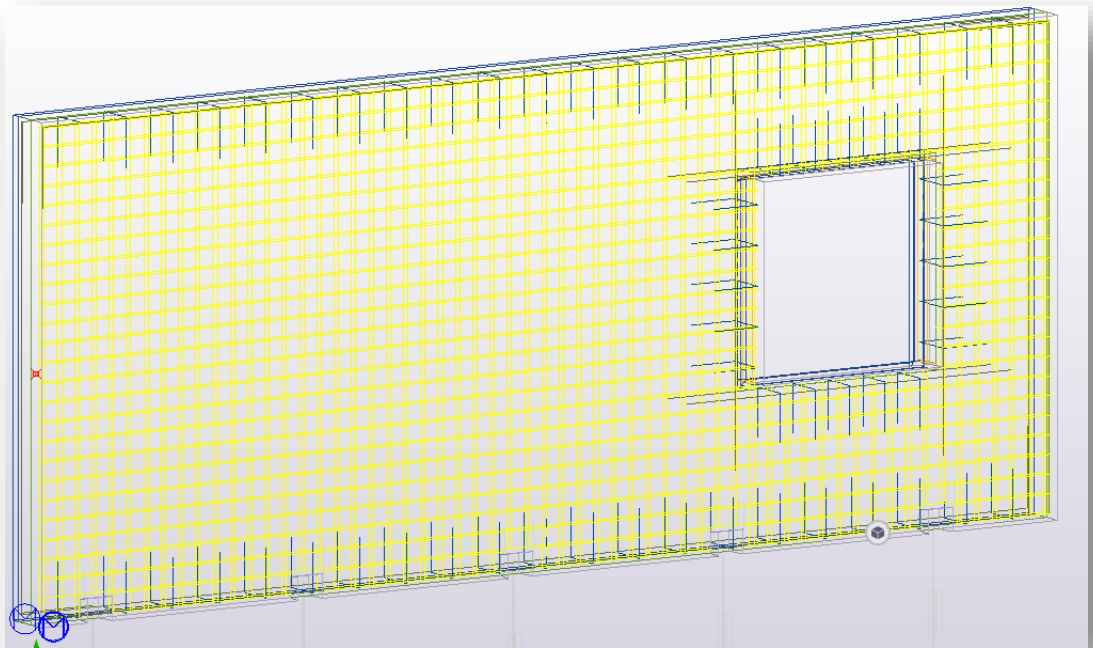
Tehtävään sopivin työkalu löytyi Suomi-ympäristöstä, mutta kyseinen työkalu oli puutteellinen, sillä sekä tappien, että kolojen molemmille puolille täytyi mallintua lenkkiteräkset. Tästä syystä kyseistä työkalua täytyi muokata *Custom Component Editorilla* ja lisätä työkaluun tämä ominaisuus (kuva 13).



Kuva 13: Tekla Structures® Laaturakenne_Sidontapistevaraukset_Thumbnail (Chmidt 2018-04-06)

3.5 Raudoitustyökalut

Raudoitustyökalun avulla mallinnetaan komponentin betonikuoriin raudoitusteräket. Sandwichelementissä on useita erilaisia teräksiä, kuten teräsverkkoja, pieliteräksiä, teräslenkkejä, erilaisia teräksiä valutarvikkeiden kohdilla ja aukkojen ympärillä kulkevia umpihakasia (kuva 14).

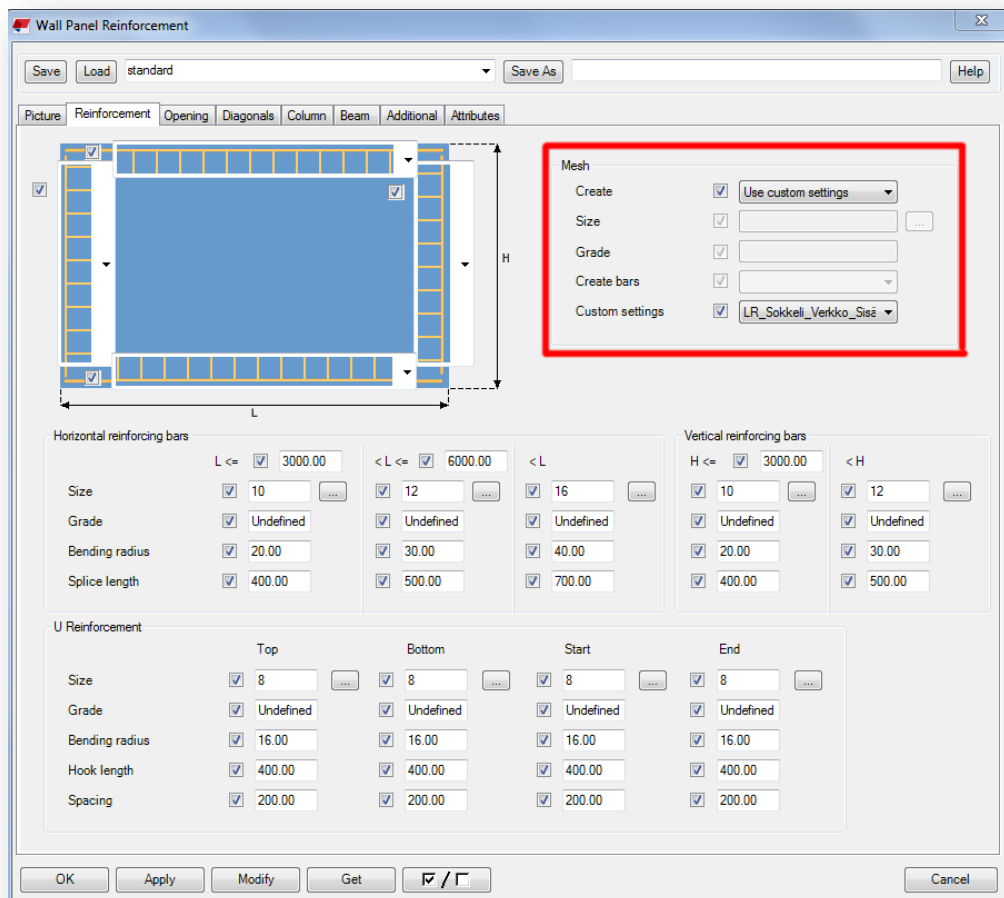


Kuva 14: Tekla Structures® Sandwichelementin raudoitukset (Chmidt 2018-04-19)

Valutarvikkeiden kohdille tulevat raudoitukset mallinnetaan valutarvikkeiden mallintamisen yhteydessä, samalla työkalulla. Näin saadaan vaihteleva määrä tarvittavia teräksiä, jotka ovat riippuvaisia valutarvikkeiden määrästä. Esimerkiksi sidontapistevarauksien molemmille puolille tulee teräkset, mutta kolojen lukumäärä ja sijainti vaihtelee tilanteen mukaan. Tällöin myös terästen määrä ja sijainti tulee vaihtua sidontapistevarausten mukaan.

Kaikki loput, aikaisemmin luetellut, raudoitukset täytyy mallintaa muilla työkaluilla. *Teklasta* löytyy työkalut, joilla saadaan kerrallaan lähes kaikki tarvittavat raudoitukset. Selvityksen jälkeen havaittiin, että näitä työkaluja on kaksi ja lisäksi on yksi teräsverkkojen mallinnus -työkalu. Ensimmäisenä tutkittiin teräsverkkojen mallinnustyökaluja ja päädyttiin *Mesh Bars* -työkaluun. Tämä työkalu on *Trimblen* oma työkalu, jossa on kaikki tarvittavat säätömahdollisuudet oikeanlaisten verkkojen mallintamiseen (kuva 16).

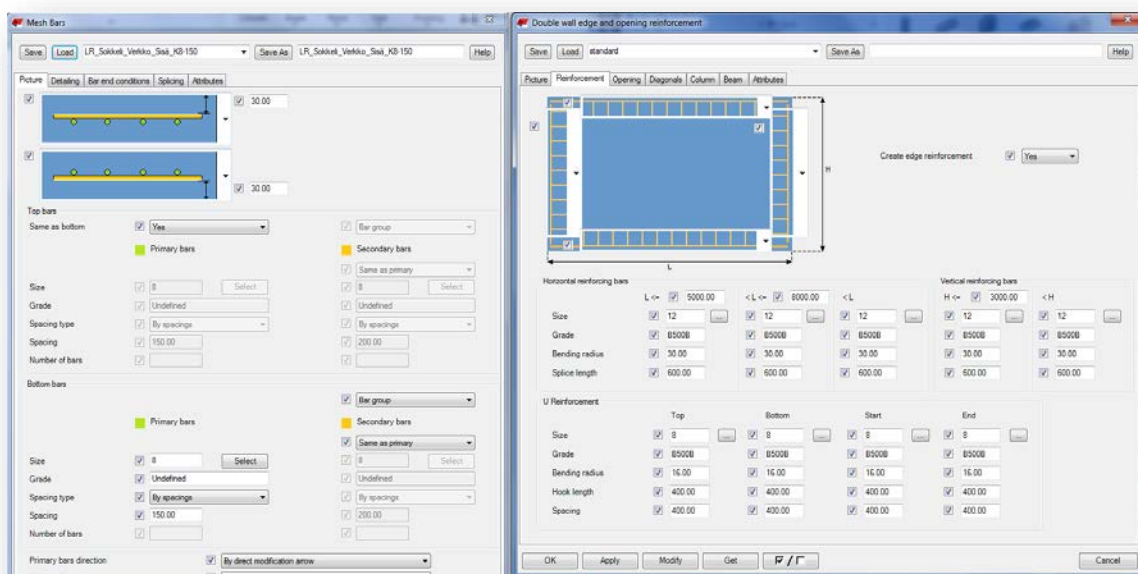
Tämän jälkeen tutkittiin *Wall Panel Reinforcement* -työkalua, jolla mallinnettaisiin kaikki muut raudoitukset. Työkalu vaikutti todella tehokkaalta, sillä siitä löytyi kaikki tarvittavat säätömahdollisuudet. Lisäksi tällä työkalulla pystyttiin samalla mallintamaan myös teräsverkot. Tällöin verkkojen asetukset esisäädettiin aikaisemmin mainitulla *Mesh Bars* -työkalulla, jonka jälkeen esisäädetty asetus valittiin kyseisessä työkalussa (kuva 15)



Kuva 15: Tekla Structures® Wall Panel Reinforcement aikaisemmin tallennettujen teräsverkkoasetusten valinta (Chmidt 2018-04-06)

Raudoitusten mallintamisen aikana huomattiin *Wall Panel Reinforcement* -työkalussa suuri ongelma. Työkalu ei huomionnut Betonisandwichin molempia betonikuoria, vaan kaikki teräkset mallintuivat vain yhteen kuoreen. Ongelma ratkesi osittain, kun työkalua käytettiin jokaiseen betonikuoreen erikseen, mutta lenkit joiden tarkoitus on mennä sisäkuoreesta ulkokuoreen, eivät toimineet halutulla tavalla ja ainoa ratkaisu ongelman korjaamiseksi oli viitepisteiden siirto oikeaan kohtaan käsin. Tässä vaiheessa tämä kuitenkin vaikutti olevan tehokkain tarjolla oleva ratkaisu, vaikkakin komponenttien säätäminen manuaalisesti ei ollut toivottua.

Vasta myöhemmässä vaiheessa, ikkunatyökaluja tutkittaessa, päätettiin tutkia myös toinen työkalu nimeltä *Double Wall Edge And Opening Reinforcement*. Kyseinen työkalu on lähes identtinen *Wall Panel Reinforcement* -työkalun kanssa. Yhtenä harvoista eroavaisuuksista on se, että kyseinen työkalu huomioi betonisandwichielementtien sisä- ja ulkokuoret, jolloin lenkit mallintuvat juuri oikealla tavalla molempiin kuoriin. Toinen eroavaisuus oli se, että teräsverkkoja ei voinut kyseisellä työkalulla mallintaa. Tästä syystä päädyttiin käyttämään *Mesh Bars* -työkalua verkkojen mallintamiseen ja *Double Wall Edge And Opening Reinforcement* -työkalua kaikkien muiden terästen mallintamiseen. Edellä mainittujen työkalujen avulla terästen mallintamisesta tuli tarkempaa ja tehokkaampaa, ilman että käyttäjän täytyisi säätää viitepisteitä käsin.



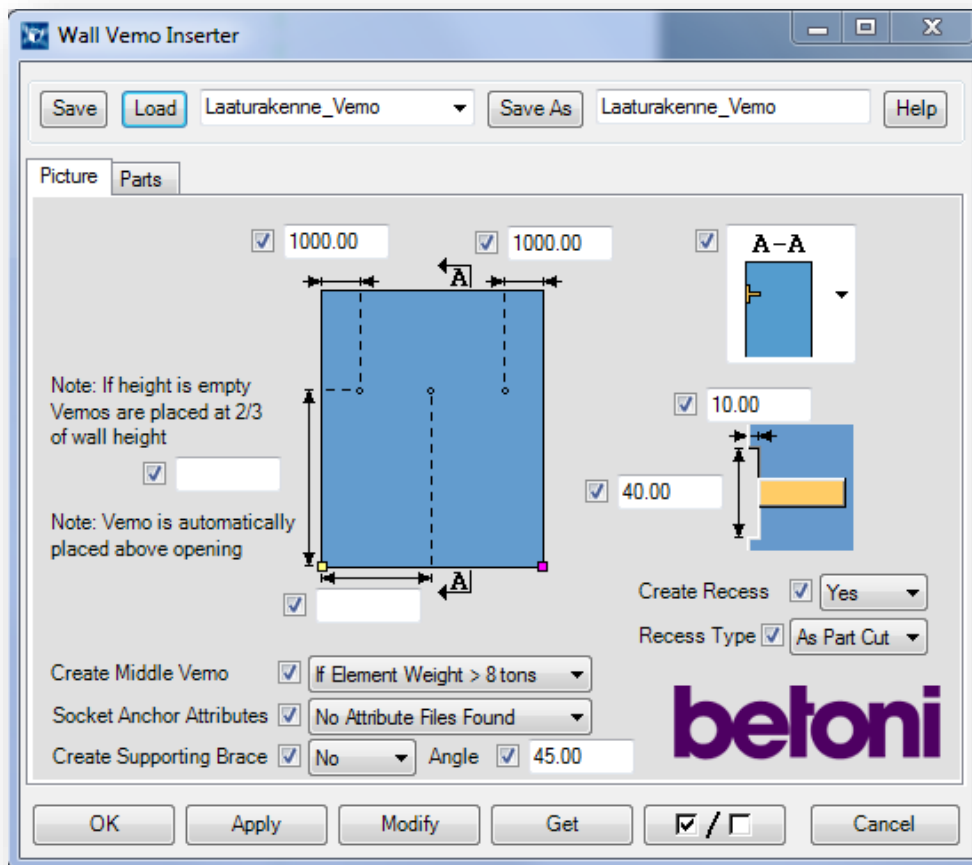
Kuva 16: Tekla Structures® Valitut raudoitustyökalut Mesh Bars ja Double Wall Edge And Opening Reinforcement (Chmidt 2018-04-17)

Wall Panel Reinforcement -työkalua käytetään yksikuoristen komponenttien raudoitusten mallintamiseen, esimerkiksi sisäkuori- ja väliseinäkomponenteissa.

3.6 Valutarvikkeet

Seinäelementtien valutarvikkeilla tarkoitetaan yleensä betoniin valettavia lisäosia kuten valuankku-reita, vaijerilenkkejä, nostolenkkejä ja muita lisäosia. Osa valutarvikkeista, kuten vaijerilenkit ja si-dontapistevaraukset mallinnetaan liitostyökaluilla liitosten mallintamisen yhteydessä. Asiaa on selos-tettu tarkemmin osiossa 3.4 Liitostyökalut. Kaikki muut valutarvikkeet, kuten valuankkurit ja tartun-talevyt mallinnetaan niille tarkoiteuilla työkaluilla.

Valuankkureiden mallinnukseen tarvittava työkalu ladattiin *Tekla Warehousesta*. *Wall Vemo Inserter*-työkalu on Betoniteollisuus ry:n kehittämä työkalu, joka on tarkoitettu ainoastaan valuankkureiden mallintamiseen (kuva 17). Kyseistä työkalua on helppo käyttää, se on selkeä ja sillä saadaan tehtyä halutut valuankkurit. Näistä syistä muiden vertailukelpoisten työkalujen hakeminen ei ollut tarpeel-lista.



Kuva 17: Tekla Structures® Wall Vemo Installer (Chmidt 2018-04-09)

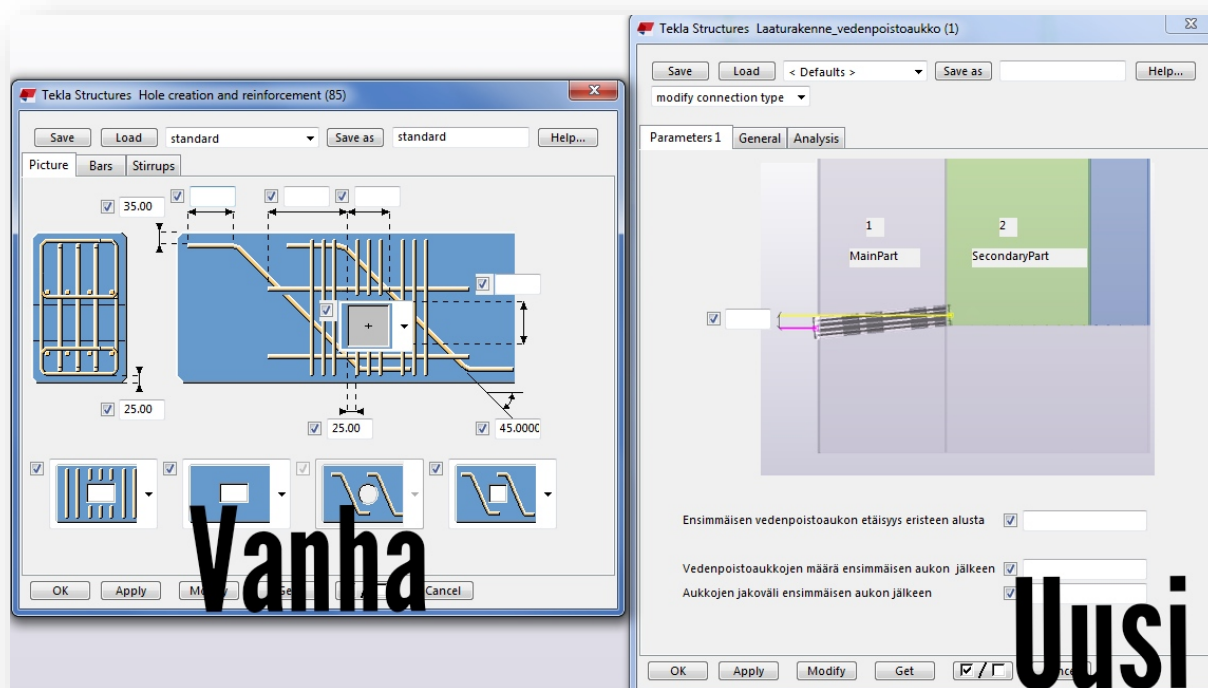
Sokkelielementtien sisäkuoreen tulevien vedenpoistoaukkojen mallintamiseen käytettiin aluksi *Hole creation and reinforcement (85)*-työkalua. Aukkotyökalujen vertailun tuloksena havaittiin, että ky-seinen työkalu oli tehokkain olemassa oleva työkalu yhden kuoren paksuisen pyöreän aukon mallin-tamiseen. Työkalussa oli kuitenkin monia puutteita. Suurimpana puutteena oli se, että työkalulla voi-tiin mallintaa kerrallaan vain yksi vaakasuora aukko sisäkuoreen, jonka jälkeen käyttäjä täytyisi ma-nuaalisesta tehdä seuraavat vaiheet:

- siirtotyökalua käyttäen siirtää aukko määrättyyn etäisyyteen elementin reunasta

- siirtotyökalua käyttäen nostaa sisempi aukon suu eristeen tasolle
- siirtotyökalua käyttäen nostaa ulompi aukon suu määrätylle tasolle, niin että aukko on hieman kallillaan.
- kopiointityökalua käyttäen kopioida aukkoja tietyin välein tietty määrä, koko elementin pituudelle.

Lisäksi työkalu oli turhan monimutkainen kyseiseen tehtävään, sillä työkalun tarjoamat raudoitukset ja muut säätömahdollisuudet vain sekoittivat käyttäjää.

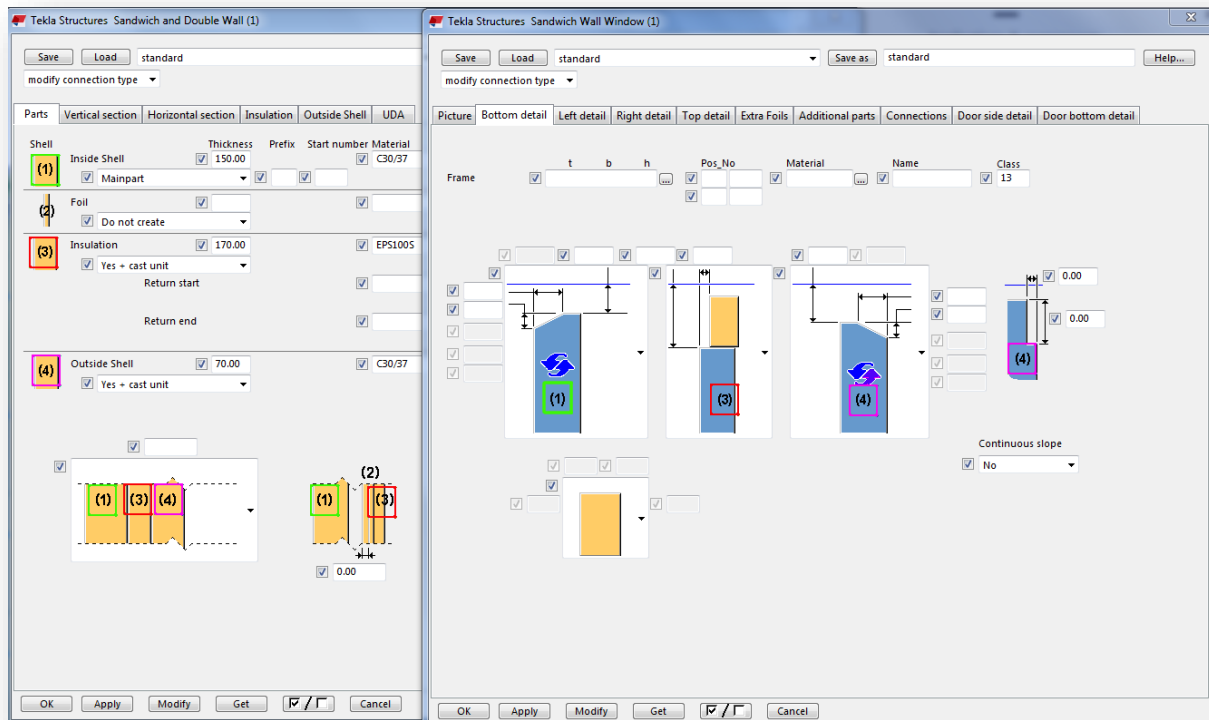
Edellämainituista syistä aukkojen mallintaminen oli hidasta, joten päädyttiin valmistamaan oma työkalu, jolla vedenpoistoaukkojen mallintaminen olisi tehokasta (kuva 18). Työkalu luki eristeen koron automaattisesti mallista ja asetti aukot oikeaan korkoon, niin että käyttäjä pystyi syöttämään halutun kallistuksen. Lisäksi käyttäjä pystyi syöttämään työkalulle aukkojen lukumäärän ja niiden välisen jaon. Uuden työkalun valmistus on selostettu tarkemmin luvussa 4.4 Uusien työkalujen valmistus.



Kuva 18: Tekla Structures® Vedenpoistoaukkojen mallinnus -työkalut (Chmidt 2018-04-09)

3.7 Aukkotyökalut

Aukkotyökaluksi valittiin *Trimblen Sandwich Wall Window* -työkalu. Työkalu oli erityisesti suunniteltu toimimaan yhteen aikaisemmin valitun *Sandwich and Double Wall* -työkalun kanssa, joten kyseiselle työkalulle ei löytynyt varteenotettavaa vertailukohdetta. Kyseisellä työkalulla on riittävän laajat ominaisuudet ja asetukset, joiden avulla tarvittavien yksityiskohtien mallintaminen onnistuu.



Kuva 19: Tekla Structures® Sandwich Wall Window ja Sandwich and Double Wall työkalujen yhteentoimivuus (Chmidt 2018-04-06)

Kuvasta (kuva 19) näkee, että molempien työkalujen asetuksissa seinäkerrokset on numeroitu samoilla numeroilla, jolloin kunkin seinäkerroksen säätäminen on selkeää ja helpommin ymmärrettävää. Sama numerointi kertoo esimerkiksi käyttäjälle, mikä osio poistuu ikkunatyökalusta, jos hän poistaa seinätyökalusta kerroksen 4.

4 AVOIMIEN TYÖKALUJEN MUOKKAUS JA UUSIEN TYÖKALUJEN VALMISTUS

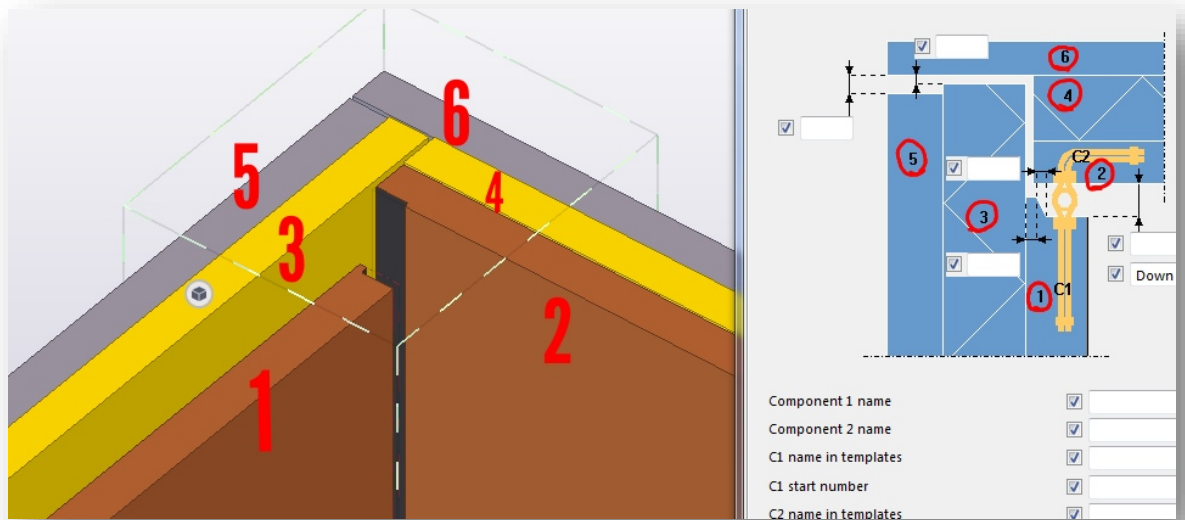
Teklan työkalujen kehittäjä on julkaisuvaiheessa voinut lukita työkalun tai jättää sen avoimeksi. Lukittua työkalua ei voida muokata jälkikäteen eikä lukitusta voida poistaa. Avointa työkalua puolestaan voidaan muokata ja siihen voidaan lisätä ominaisuuksia.

Lukittu työkalu ei sinällään ole huono asia, mikäli se on toimivuudeltaan ja ominaisuuksiltaan riittävän hyvä. Esimerkiksi moni *Trimblen* työkalu on lukittu, mutta työkalujen asetuksissa on niin paljon säädettäviä ominaisuuksia, että jälkikäteen muokkaamiselle ei ole tarvetta. Valitettavasti näin ei aina ole ja usein työkalua halutaan korjata, säätää tai lisätä siihen ominaisuuksia. Usein *Tekla Warehousesta* ladatut virallisten tavarantoimittajien valmistamat työkalut ovat lukittuja, mutta niiden muokkaus olisi tarpeellista. Esimerkiksi Betoniteollisuus ry:n valmistama *Wall Vemo Inserter* -työkalu on lukittu. Jos Vemot halutaankin asentaa esimerkiksi komponentin yläpintaan, kyseinen työkalu ei mahdollista sitä, eikä työkaluun päästä lisäämään kyseistä ominaisuutta.

Työkalua muokattaessa ei koskaan tallenneta muokattua työkalua alkuperäisen päälle, vaan muokattu työkalu tallennetaan uutena työkaluna, jotta alkuperäinen työkalu ei häviä. Tästä syystä termi muokkaus on hieman harhaanjohtava, sillä itse toimenpiteessä ei muokata alkuperäistä työkalua vaan siitä tehtyä kopiota.

4.1 Custom Component Editor

Custom Component Editor, myöhemmin *CCEditor*, on *Teklassa* oleva ympäristö, jossa työkaluja ja komponentteja valmistetaan ja muokataan. *CCEditor* on itse mallista eriävä tila, jossa esimerkiksi muokattava liitostyökalu on näkyvissä, tässä tilassa on myös molemmat seinäkomponentit, jossa liitostyökalu on kiinni. Työkalun valmistusvaiheessa käyttäjä on osoittanut liitettävät komponentit tiettyssä järjestyksessä, täten määrittäen komponenttien osoitusjärjestyksen myös käyttövaiheessa. Osoitusjärjestyksellä liitettävät komponentit numeroidaan, jotta työkalu tietää mistä komponentista on kyse (kuva 20). Esimerkiksi kyseistä nurkkaliitostyökalua käytettäessä, työkalu pyytää käyttäjää osoittamaan kuutta eri komponenttia ja käyttäjän on osoitettava kuutta seinän eri kerrosta oikeassa, kuvan mukaisessa järjestyksessä.

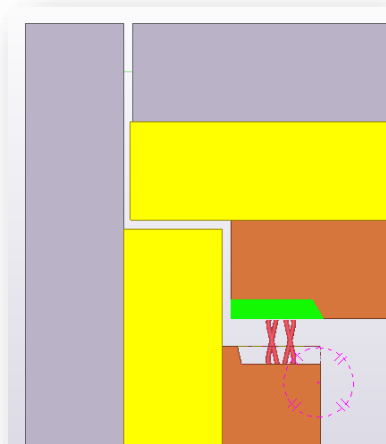


Kuva 20: Tekla Structures® Custom Component Editor työkalun osien osoitusjärjestys (Chmidt 2018-04-10)

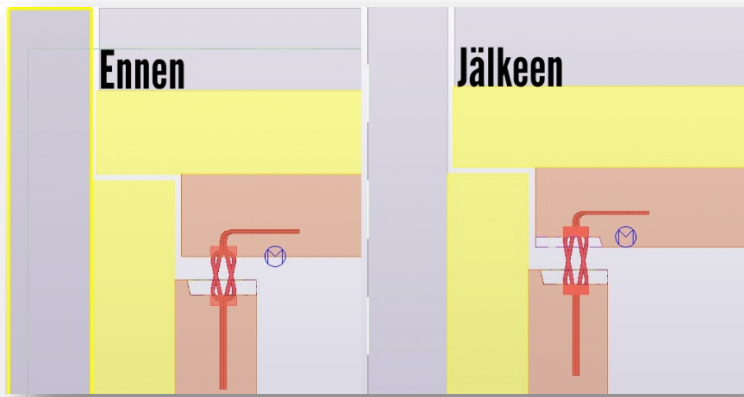
Kaikkiin tässä opinnäytetyössä käsiteltäviin vajjerilenkkiliitoksiin haluttiin lisätä teräslenkit vajjerilenkin kohdalle. Joihinkin liitoksiin lisättiin myös ylimääräinen pontti. Horisontaaliseen liitokseen, lisättiin teräslenkit sidontapistevarausten ja terästappien molemmille puolille.

4.1.1 Leikkaukset nurkkaliitoksiin

Käyttöön haluttiin ottaa kaksi erilaista ulkonurkkaliitosta. Molemmista valituista ulkonurkkaliitoksista puuttui toiseen sisäkuori-komponenttiin mallintuva pontti, pontti lisättiin muokkaamalla työkalua (kuva 22). Kyseinen leikkaus on osoitettu vihreällä värillä (kuva 21).

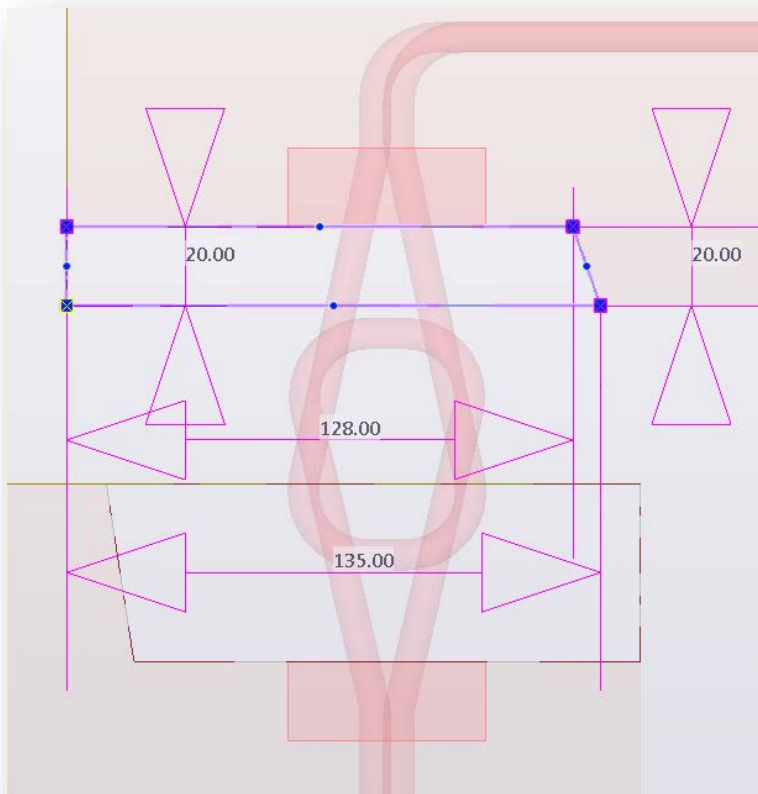


Kuva 21: Tekla Structures® Nurkkaliitosten leikkaus (Chmidt 2018-04-10)



Kuva 22: Tekla Structures® Nurkaliitosten leikkaus ennen ja jälkeen (Chmidt 2018-04-10)

Leikkaus tehtiin käyttämällä *Part Cut* -työkalua, jolla tehdään tietyn mittainen leikkaus sisäkuoreen. Leikkauksen kokoa voidaan muuttaa muuttamalla leikkauksen viitepisteiden sijaintia. Jokainen leikkauksen viitepiste on sidottu sisäkuori-komponentin ulkopintaan ja näiden kahden välinen etäisyys on lisätty Variables-listassa olevaan muuttujaan (kuva 23). Kyseiset muuttujat vietiin *Custom Component Dialogiin*, jossa käyttäjä voi muuttaa kyseisiä etäisyyksiä ja täten muuttaa loven kokoa. *CCDialogin* käytöstä selostettu tarkemmin osiossa 4.2 Custom Componen Dialog Editor.



Kuva 23: Tekla Structures® Leikkauksen viitepisteet ja niiden etäisyys sisäkuoren pinnoista (Chmidt 2018-04-10)

Leikkauksen korkeus määräytyy leikkauksen profiilista. Esimerkiksi leikkauksen profiili BL2965 tarkoittaa, että leikkauksen korkeus pystysuunnassa on 2 965 mm. Työkalun *Variables*-listaan lisättiin muuttuja, joka rakentaa kyseisen profiilin seuraavalla tavalla:

- Luetaan leikattavan sisäkuoren, mahdollisesti muuttuva, korkeus komponentin tiedoista. Esimerkiksi 2775.
- Lisätään saatuun korkeuteen vakiokirjaimet "BL", jolloin saadaan yhdistelmäksi BL2775.
- Muuttuja saa arvokseen kyseisen yhdistelmän, eli tässä tapauksessa BL2775.
- Leikkauksen profiiliksi määritellään kyseinen muuttuja, jolloin muuttujan arvon muuttuessa, myös profiili muuttuu.

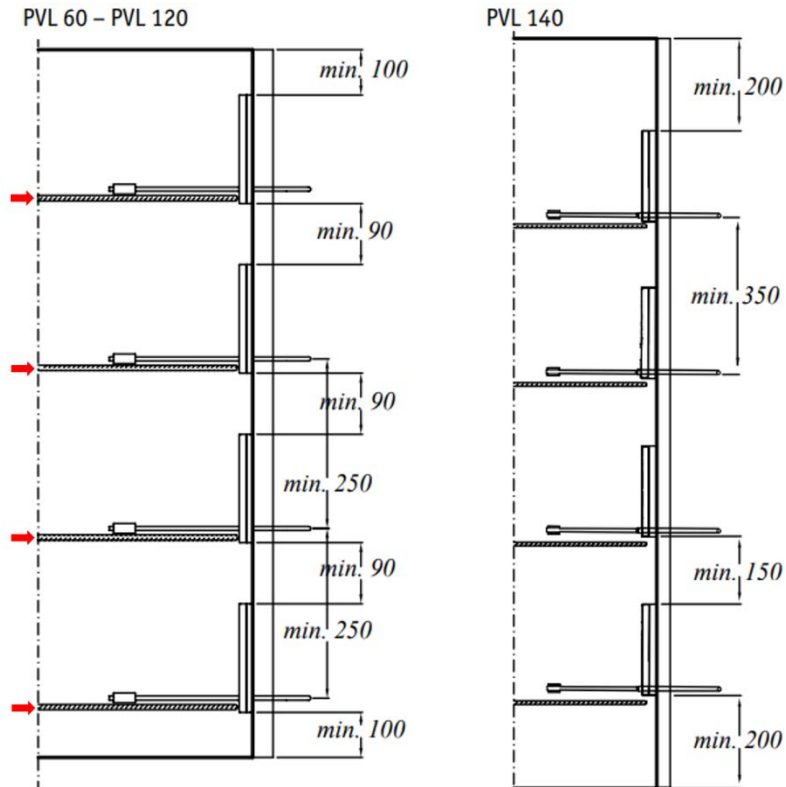
Uusi leikkaus vaatii myös sisäkuoressa olevien vaijerilenkki-komponenttien siirtämistä leikkauksen syvyyden verran ja kun kerta käyttäjä pystyy muuttamaan leikkauksen syvyyttä, täytyy myös lenkkien sijainti muuttua syvennyksen mukana. Tätä varten tutkittiin jo olemassa olevia lenkin muuttujia *Variables*-listasta ja löydettiin muuttujat, jotka vastaavat lenkkien sijainnista. Sijainnista vastaavat muuttujat ohjelmoitiin hakemaan arvot käyttäjän syöttämästä leikkauksen syvyydestä (kuva 24). Tällä tavalla lenkkien sijainti saatiin määräytymään aina niin, että lenkkien konsolin pinta on kiinni leikkauksen pinnassa, leikkauksen syvyydestä riippumatta.

Category	Name	Formula	Value	Value type	Variable t...	Visi...	Label in dialog box
Component parameters	P23		20.00	Length	Parameter	Sh...	2#elementin pontin syvyys
Model parameters	P24		128.00	Length	Parameter	Sh...	2#loven sisamitta
	P25		135.00	Length	Parameter	Sh...	2#loven ulkomitta
	P26	= "BL" + FP(Height, "737478DA-03F2-48...	BL2965.0	Text	Parameter	Sh...	2# aukon profiili
	P27_radius		18.00	Rebar b...	Parameter	Sh...	Raudoituksen kulma
	D7		0.00	Length	Distance	Hi...	D7.PVL.PANEL
	D8		0.00	Length	Distance	Hi...	D8.PVL.PANEL
	D10		0.00	Length	Distance	Hi...	D10.PVL.PANEL
	D9		0.00	Length	Distance	Hi...	D9.PVL.PANEL
	D11	=P8	75.00	Length	Distance	Hi...	D11.PVL.PANEL
	D5		45.00	Length	Distance	Hi...	D5.FITTING.Exrema top plane
	D12		45.00	Length	Distance	Hi...	D12.PVL.PANEL
	D6		15.00	Length	Distance	Hi...	D6.FITTING.Exrema top plane
	D4		15.00	Length	Distance	Hi...	D4.FITTING.Exrema top plane
	D3	=P9-P3	11.00	Length	Distance	Hi...	D3.FITTING.Exrema top plane
	D1		0.00	Length	Distance	Hi...	D1.FITTING.Exrema bottom plane
	D2	=P9	15.00	Length	Distance	Hi...	D2.FITTING.Exrema top plane
	D13	=P12-((P12-(P1+P2))/2)	96.00	Length	Distance	Hi...	D13.EB_VL80S.PANEL
	D17	=P4	600.00	Length	Distance	Hi...	D17.EB_VL80S.PANEL
	D18	=P4	600.00	Length	Distance	Hi...	D18.EB_VL80S.PANEL
	D15		0.00	Length	Distance	Hi...	D15.EB_VL80S.PVL
	D16		0.00	Length	Distance	Hi...	D16.EB_VL80S.PVL
	D24	=D19	36.00	Length	Distance	Hi...	D24.EB_VL80S.PANEL
	D19	=-1*P23	-20.00	Length	Distance	Hi...	D19.EB_VL80S.PANEL
	D20	=-1*P23	-20.00	Length	Distance	Hi...	D20.EB_VL80S.PANEL
	D25		0.00	Length	Distance	Hi...	D25.9000029.PANEL
	D26		0.00	Length	Distance	Hi...	D26.9000029.PANEL
	D27		0.00	Length	Distance	Hi...	D27.9000029.PANEL
	D28		0.00	Length	Distance	Hi...	D28.9000029.PANEL
	D29		0.00	Length	Distance	Hi...	D29.9000029.PANEL
	D30		0.00	Length	Distance	Hi...	D30.9000029.PANEL
	D31	=if(P14=0) then P4+100 else P4-100 ...	700.00	Length	Distance	Hi...	D31.EB_VL80S.PANEL
	D32	=if(P14=0) then P4+100 else P4-100 ...	700.00	Length	Distance	Hi...	D32.EB_VL80S.PANEL
	D35	=-1*P23	-20.00	Length	Distance	Hi...	D35.EB_VL80S.PANEL
	D33		0.00	Length	Distance	Hi...	D33.EB_VL80S.PVL

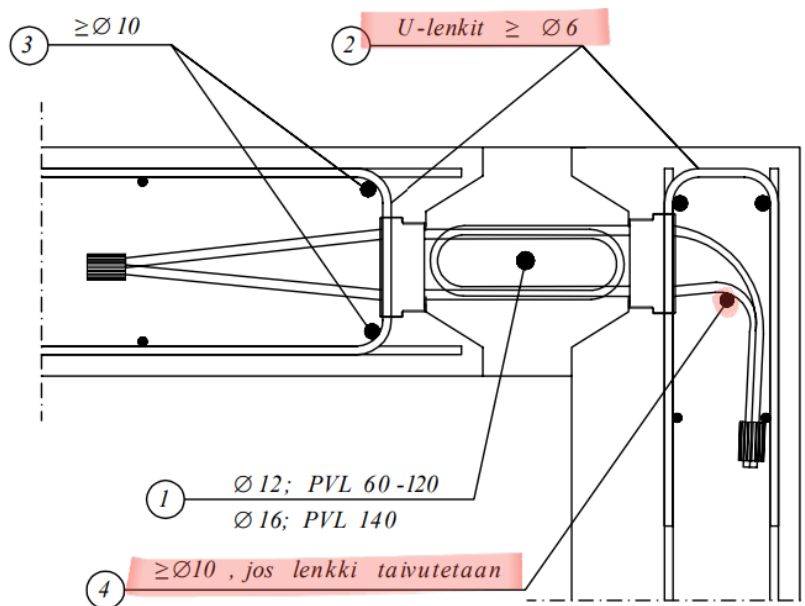
Kuva 24: Tekla Structures® Leikkauksen syvyyteen sidotut vaijerilenkit (Chmidt 2018-04-10)

4.1.2 Teräkset kaikkiin vaijerilenkkiliitoksiin

Kaikissa vaijerilenkkiliitoksissa, vaijerilenkin kohdalle asennetaan teräslenkit (kuvat 25 ja 26). Lisäksi taivutettuihin vaijerilenkkeihin tulee 10 mm pystyteräs vaijerilenkkien taitoksen kohdalle (kuva 26). Kaikkiin vaijerilenkkiliitos-työkaluihin lisättiin kyseiset teräkset.



Kuva 25: Lisäraudoitukset vaijerilenkeille (Peikko® 2016, 8.)



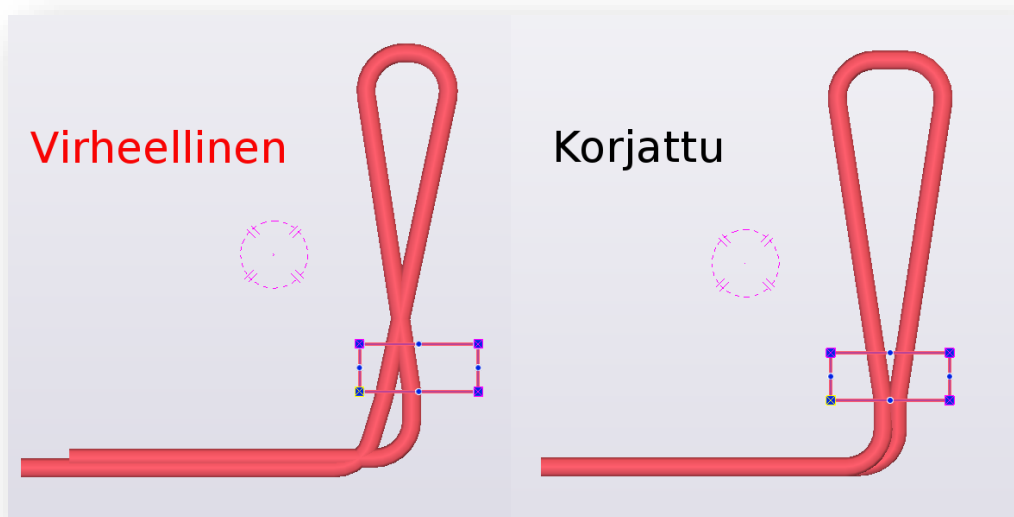
Kuva 26: Lisäraudoitukset vaijerilenkeille ylhäältäpäin (Peikko® 2016, 8.)

Teräslenkit mallinnettiin *Rebar Bar Group* -työkalulla. *Bar Group* -työkalu mahdollistaa määritetyn muotoisten raudoitusten mallintamisen tietyin välein. Raudoitusten u-muoto annettiin raudoitusten lisäämisen yhteydessä. Tämän jälkeen etsittiin työkalun *Variables*-listasta muuttujat, joihin käyttäjä syöttää vaijerilenkkien määrän ja niiden välisen jaon. Nämä samat muuttujat ohjelmoitiin myös ilmaisemaan teräslenkien määrän ja niiden väliset jaot. Tällä tavalla käyttäjän ei tarvinnut syöttää lukumääriä kahta kertaa, vaan molemmat hoituivat samasta asetussikkunasta. Teräslenkit sidottiin

vaijerilenkkien tavoin sisäkuorien alapintaan ja ensimmäisen lenkin korkeus sisäkuoren alapinnasta yhdistettiin vaijerilenkkien kanssa samaan muuttujan arvoon.

Muut teräksen asetukset kuten nimi, luokka, teräksen laatu, teräksen halkaisija, taivutuskulma, suojaetäisyys ja hakasten pituus määriteltiin erillisiin muuttujiin. Kyseiset muuttujat vietiin *Custom Component Dialogiin*, jossa käyttäjä pystyy antamaan kyseisille muuttujille arvot. *Custom Component Dialogin* käytöstä selostettu tarkemmin osiossa 4.2 *Custom Component Dialog Editor*.

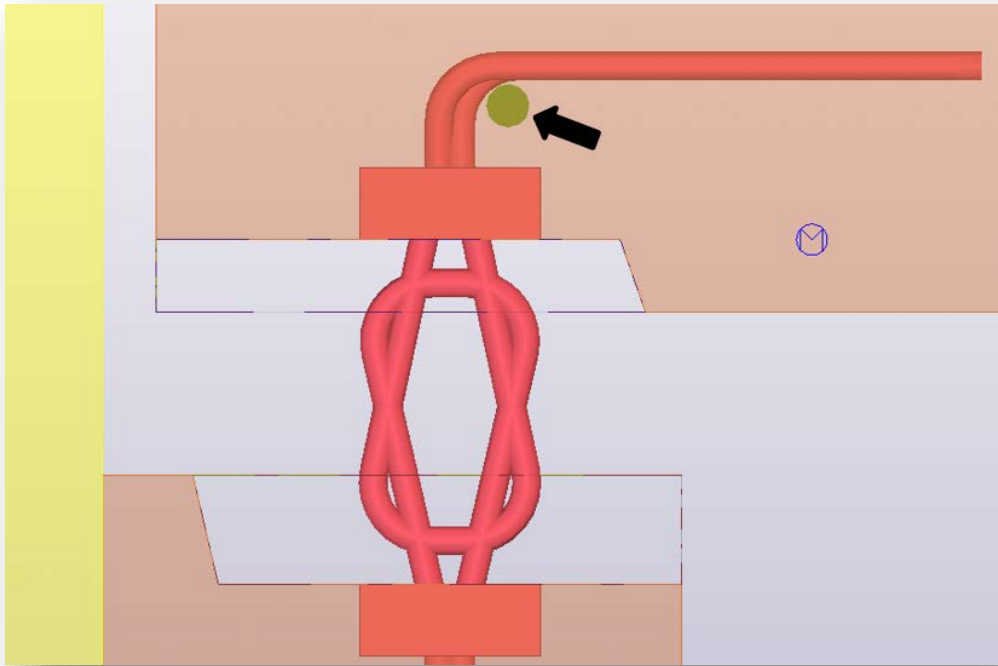
Taivutetun vaijerilenkin taitokseen tuleva pystyteräs mallinettiin *Rebar Bar* -työkälulla. Teräksen sijaintia määrittäessä täytyi varmistaa kaikkien käytössä olevien lenkkien muoto ja asettaa teräs niin että se ei mene yhdenkään lenkin päälle. Käytössä olleet lenkit olivat *EB_WL80BR*, *EB_WL80BL*, *EB_WL100BR*, *EB_WL100BL*, *EB_WL120BR* ja *EB_WL120BL*. Testissä huomattiin, että kaikki lenkit, pois lukien *EB_WL120BR*, olivat taitoksen kohdalla identtisiä. Kun *EB_WL120BR*-lenkkiä tutkittiin tarkemmin, huomattiin lenkin olevan muutenkin epämuotoinen ja käyttöön sopimaton (kuva 27).



Kuva 27: Tekla Structures® Virheellinen sekä korjattu vaijerilenkki EB_WL120BR (Chmidt 2018-04-11)

Kyseinen lenkki korjattiin tekemällä lenkki uudelleen *EB_WL120BL*-lenkkiä pohjana käyttäen, *EB_WL120BL*-lenkin taivutussuunta käännettiin vasemmalta oikealle, jonka jälkeen kaikista asetuksista ja muuttujista vaihdettiin nimi ja muut tiedot vastaamaan *EB_WL120BR*-lenkkiä.

Kaikkien käytössä olevien lenkkien ollessa taivutusten kohdalla samanlaisia, oli pystyteräksen mallintaminen mahdollista (kuva 28). Ainoastaan teräksen suojaetäisyys voi muuttua mallinnuksen aikana, joten suojaetäisyys sidottiin samaan muuttujaan teräslenkkien suojaetäisyyksien kanssa. Muut asetukset eivät kyseisessä teräksessä voi muuttua, joten ne asetettiin vakioiksi.



Kuva 28: Tekla Structures® Pystyteräs taivutettujen vaijerilenkkien taitoksessa (Chmidt 2018-04-11)

4.1.3 Sidontapistevarauksien säätö ja terästen lisäys

Suomi-ympäristön sidontapistevaraus-työkalulla ei voitu mallintaa raudoituksia kumpaankaan komponenttiin, joten työkaluun lisättiin kyseinen ominaisuus.

Vertikaalisen liitoksen alempaan komponenttiin lisättiin *Rebar Bar Group* -työkalulla kaksi rauditusryhmää, joista toiset mallintuivat tietyn matkan päähän terästapeista vasemmalle ja toiset saman matkan päähän terästappien oikealle puolelle. Ensimmäisen lenkin etäisyys sisäkuoren reunasta ja seuraavien lenkkien määrä ja jako otettiin suoraan terästappien muuttujasta, jolloin käyttäjän syöttämä tappien määrä ja niiden välinen etäisyys muuttavat myös raudituslenkkien määrän ja etäisyyden. Erillisessä muuttujassa käyttäjä voi syöttää raudituslenkkien etäisyyden tapeista. Tämä muuttuja vaikuttaa toiseen rauditusryhmään positiivisesti ja toiseen negatiivisesti, näin etäisyys terästapeista muuttuu kummassakin ryhmässä yhdellä kertaa (kuva 29). Kuvassa P8-muuttuja, on ensimmäisen tappin etäisyys sisäkuoren reunasta. P29-muuttuja on käyttäjän syöttämä raudituksen etäisyys tapista. D13 ja D17 on rauditusryhmien aloituspisteet sisäkuoren reunasta.

Name	Formula	Value	Value type	Variable t...	Visi...	Label in dialog box
P1	180.00	180.00	Length	Parameter	Sh...	var
P2	150.00	150.00	Length	Parameter	Sh...	var1
P3	150.00	150.00	Length	Parameter	Sh...	var2
P4	= "PL"+int(P1)	PL180	Profile	Parameter	Hi...	bottom_cut_profile
P5	= "PL_V"+int(P1)+ "*" +int(P3+2*(P1-P...	PL_V180*...	Profile	Parameter	Hi...	top_cut_profile
P6	= "BL"+int(D6)	BL6000	Profile	Parameter	Hi...	box_cut_profile
P7	15.00	15.00	Length	Parameter	Hi...	wj
P8	500.00	500.00	Length	Parameter	Sh...	First box from start
P9	4.00	4.00	Length	Parameter	Sh...	Number of arrays
P10	4*1000.00	4*1000.00	Distanc...	Parameter	Sh...	Spacing values
P11	90.00	90.00	Length	Parameter	Sh...	tap
P14	450.00	450.00	Length	Parameter	Sh...	tap_tartunta
P15	415.00	415.00	Length	Parameter	Sh...	tap_ulostulo
P18			Text	Parameter	Sh...	tap_prefix
P19	1	1	Number	Parameter	Sh...	tap_start no
P20	REBAR	REBAR	Text	Parameter	Sh...	tap_name
P21	3	3	Number	Parameter	Sh...	tap_class
P22_size	8	8	Rebar size	Parameter	Sh...	Raudoituksen profiili
P23_grade	A500HW	A500HW	Rebar g...	Parameter	Sh...	Raudoituksen teräksen laatu
P24	1	1	Number	Parameter	Sh...	Raudoituksen numero
P25	u_bar	u_bar	Text	Parameter	Sh...	Raudoituksen nimi
P26	30.00	30.00	Length	Parameter	Sh...	suojaetäisyys
P27	350.00	350.00	Length	Parameter	Sh...	sisemmän hakasen pituus
P28	350.00	350.00	Length	Parameter	Sh...	ulomman hakasen pituus
P29	35.00	35.00	Length	Parameter	Sh...	Raudoituksen etäisyys tapista
P32	371.00	371.00	Length	Parameter	Sh...	Ylempien terästen etäisyys
P33	621.000	621.000	Text	Parameter	Sh...	Parameter33
P34	135.00	135.00	Length	Parameter	Sh...	Tappi kolon sisällä
D6	6000.00	6000.00	Length	Distance	Hi...	D6.PANEL.IW_IW_GR_01
D2	= -P1	-180.00	Length	Distance	Hi...	D2.Plane.Extrema front plane
D13	= P8 - P29	465.00	Length	Distance	Sh...	D13.u_bar.Extrema left plane
D17	= P8 + P29	535.00	Length	Distance	Sh...	D17.u_bar.Extrema left plane

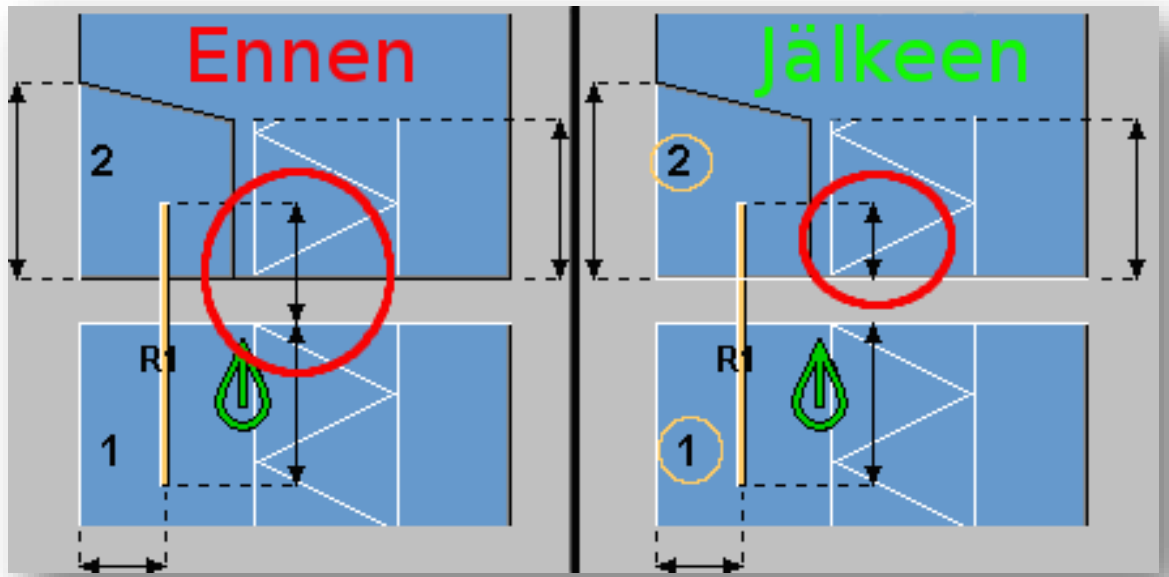
Kuva 29: Tekla Structures® Vertikaalisen liitoksen raudoitus Variables-lista (Chmidt 2018-04-12)

Muut teräksen asetukset kuten nimi, luokka, teräksen laatu, teräksen halkaisija, taivutuskulma, suojaetäisyys ja hakasten pituus määriteltiin erillisiin muuttujiin. Kaikki muuttujat vietiin *Custom Component Dialogiin*, jossa käyttäjä pystyy antamaan kyseisille muuttujille arvot. *Custom Component Dialogin* käytöstä selostettu tarkemmin osiossa 4.2 *Custom Componen Dialog Editor*.

Myös ylempään komponenttiin lisättiin sidontapistevaarausten molemmille puolille vastaavanlaiset teräkset. Teräkset lisättiin samalla periaatteella kuin alemman komponentin teräkset, mutta tässä tapauksessa terästen etäisyys kolon reunasta ei tarvinnut olla muuttujassa vaan etäisyydelle määriteltiin vakio arvo. Kaikki teräksen asetukset otettiin alemman komponentin muuttujista, joten samaa terästä käytettiin kummassakin komponentissa. Ainoastaan suojaetäisyys säädettiin ylemmissä raudoituksissa erikseen ja tämä muuttuja vietiin *Custom Component Dialogiin*, jossa käyttäjä pystyy antamaan kyseiselle muuttujalle arvon. *Custom Component Dialogin* käytöstä selostettu tarkemmin osiossa 4.2 *Custom Componen Dialog Editor*.

Työkalan mallintamien tappien pituus määräytyi aikaisemmin niin että käyttäjä syötti ulos tulevan osuuden pituuden. Tämä tapa oli hieman epäkäytännöllinen, sillä pituus pitäisi tällöin laskea aina uudelleen, jos alemman komponentin sisäkuori ja ylemmän komponentin sisäkuoren välinen etäisyys muuttuu. Tämän epäkohdan korjaamiseksi tappien yläpää sidottiin ylemmän sisäkuoren alapintaan,

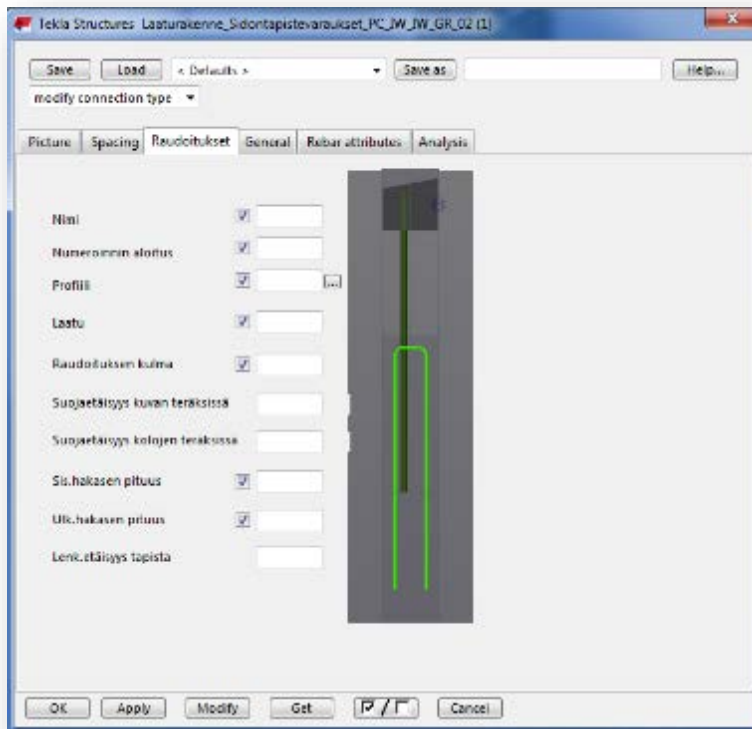
josta sitten muuttujan arvolla voitiin määrittää, minkä verran tappi uppoaa ylemmän sisäkuoren koolon. Tämän seurauksena käyttäjä syöttää ainoastaan, minkä verran tapin tulee upota ylempään komponenttiin, jonka jälkeen työkalu laskee tapille tarvittavan pituuden (kuva 30).



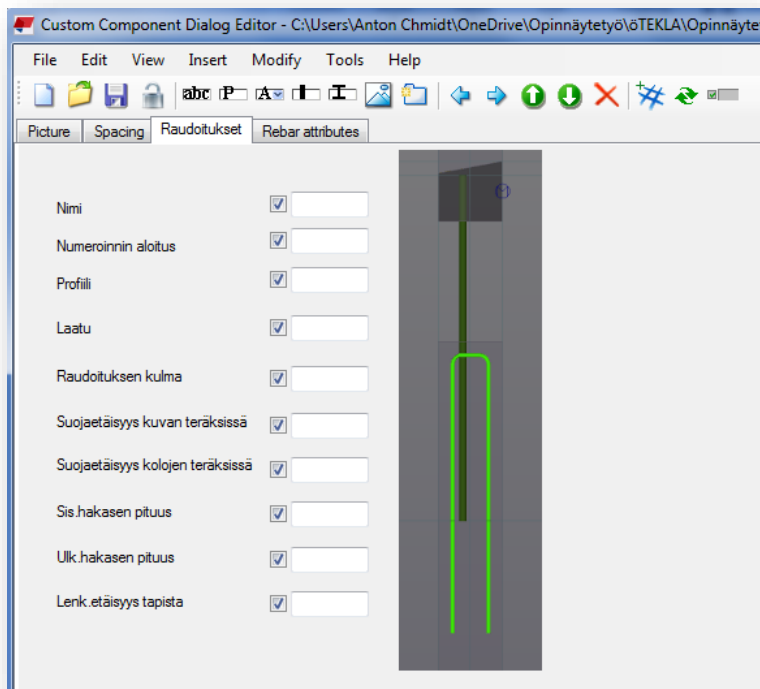
Kuva 30: Tekla Structures® Sidontapistevarausten thumbnail ennen ja jälkeen (Chmidt 2018-04-12)

4.2 Custom Component Dialog Editor

Jokaisella komponentilla ja työkalulla on oma *Custom Component Dialog*, myöhemmin *CCDialog* (kuva 31). *CCDialog* on käyttäjälle tarkoitettu asetusikkuna, joka aukeaa, kun komponenttia klikataan kahdesti joko mallissa tai komponenttikirjastossa. Käyttäjä säätää komponenttia tai työkalua syöttämällä *CCDialogissa* oleviin ikkunoihin dataa teksti- tai numeromuodossa.



Kuva 31: Tekla Structures® Custom Component Dialog (Chmidt 2018-04-17)



Kuva 32: Tekla Structures® Custom Component Dialog Editor (Chmidt 2018-04-17)

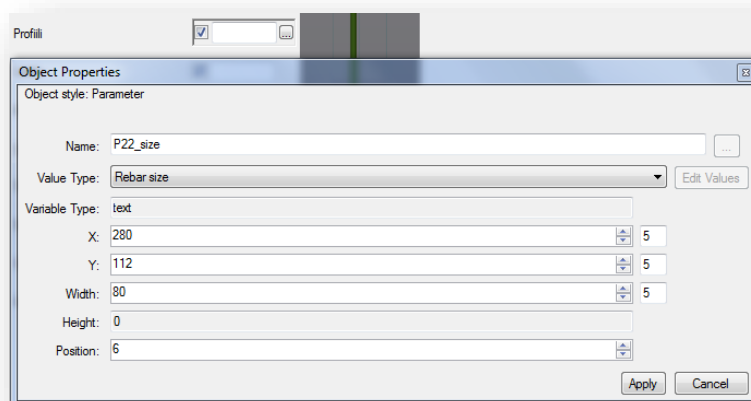
CCEditorissa (kuva 32), Variables-listaan lisätyt muuttujat yhdistetään CCDialogin ikkunoihin. Esimerkiksi kun käyttäjä syöttää arvon ikkunaan P16 CCDialogissa, kyseisen työkalun Variables-listan

P16-muuttuja saa arvokseen käyttäjän syöttämän arvon. Kyseistä muuttujaa käytetään sitten esimerkiksi työkalussa olevan teräksen suojaetäisyyden määrittämiseen.

Työkalun toimivuuden kannalta on tärkeää, että *CCDialog* on mahdollisimman selkeä ja helposti ymmärrettävä, sillä käyttäjän on ymmärrettävä mihin mikäkin ikkuna vaikuttaa ja mitä arvoja ikkunaan täytyy syöttää. On huomioitava, että komponentin tekijälle itsestäänselvyudet saattaavat olla muille käyttäjille epäselviä asioita.

Kun juuri valmistettu työkalu tallennetaan, se saa automaattisesti oman *CCDialogin*. Tätä *CCDialogia* muokataan Teklasta löytyvällä *Custom Component Dialog Editorilla*. *Custom Component Dialog Editorilla* voidaan lisätä *CCDialogiin* seuraavat asiat:

- *TabPage*, eli välilehti. Välilehtien avulla työkalun asetusten eri osa-alueita voidaan lajitella. Esimerkiksi liitostyökalun raudoituksiin liittyvät asetukset laitetaan omalle välilehdelleen.
- *Label*, eli tekstiä sisältävä kenttä. Tähän kenttään syötetty teksti näkyy *CCDialogissa*, eikä sitä voi muokata *Custom Component Dialog Editorin* ulkopuolella. *Labelin* tarkoituksena on nimetä ja selventää *parameter*-ikkunoita, eli ikkunoita joihin käyttäjä syöttää arvoja.
- *Parameter*, eli tyhjä tai esitäytetty ikkuna, johon käyttäjä voi syöttää arvoja. Jokainen *parameter*-ikkuna on sidottu johonkin muuttujaan *variables*-listassa. Sidonta tapahtuu syöttämällä halutun muuttujan nimi *parametri*-ikkunan nimeksi (kuva 33).



Kuva 33: Tekla Structures® Custom Component Dialog Editor parametrin asetukset (Chmidt 2018-04-19)

Kuvassa (kuva 33) kyseinen *parameter*-ikkuna on sidottu työkalun muuttujaan P22_size. Syötettävän arvon tyyppiä on määritetty *Rebar size*, jolloin ikkunaan voidaan syöttää ainoastaan raudoitusten kokoa viittaavia arvoja. Kuvassa näkyvä "Profiili"-teksti on *label*-ikkunalla lisätty teksti.

-*Attribute*, eli alasvetovalikko. *Attribute*-ikkunan periaate on sama kuin *parameter*-ikkunan, ainoana erona on se, että *attribute*-ikkunaa klikatessa käyttäjälle aukeaa alasvetovalikko, josta käyttäjä valitsee ikkunalle arvon. Alasvetovalikon tarjoamat vaihtoehdot täytyy syöttää etukäteen *Custom Component Dialog Editorissa*.

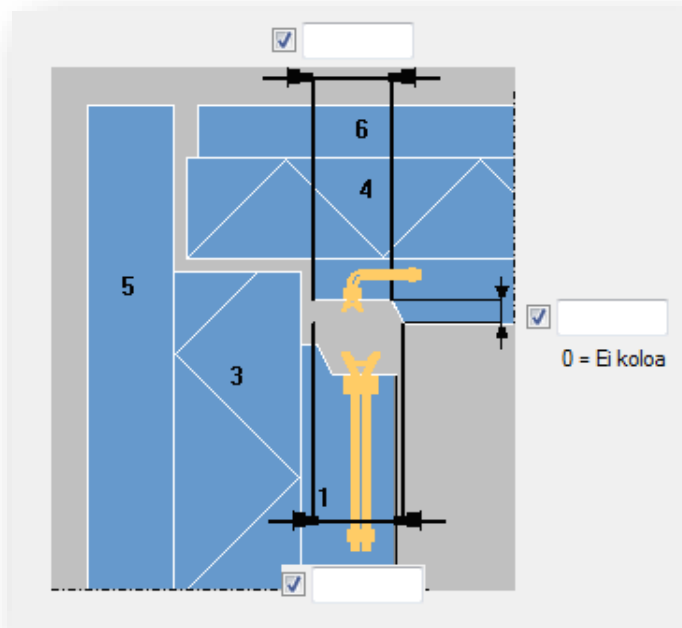
-*Picture*, eli vapaamuotoinen *bitmap* kuva. Kuvien avulla käyttäjälle selvennetään *parameter*- ja *attributes*-ikkunoiden tarkoitus. *Parameter*- ja *attributes* ikkunoita voidaan sijoittaa kuvan päälle tai viereen juuri oikeaan kohtaan. Tällä tavoin käyttäjän on helpompaa ymmärtää mitä työkalun muuttujaa hän on muuttamassa.

Kuvia voidaan saada aikaiseksi usealla eri tavalla. Kuvat voidaan piirtää kokonaan itse jollakin piirtotyökalulla. Vaihtoehtoisesti kuvat voidaan ottaa kuvankaappauksella mallista, jolloin niitä käytetään sellaisenaan tai muokataan tarvittaessa kuvankäsittelyohjelmalla.

Tässä työssä *Custom Component Dialog Editorilla* tehtiin taulukkomaisesti järjestyksessä olevia syöttöikkunoita (kuva 34) ja kuvan päälle asetettuja ikkunoita (kuva 35).

Attribute	Checked	Input Field
Nimi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Numeroinnin aloitus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Profili	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="..."/>
Laatu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Raudoituksen kulma	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Suojaetäisyys kuvan teräksissä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Suojaetäisyys kolojen teräksissä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Sis.hakasen pituus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Ulk.hakasen pituus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Lenk.etäisyys tapieta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Kuva 34: Tekla Structures® Taulukkomaisesti asetetut Label- ja Parameter-ikkunat (Chmidt 2018-04-19)



Kuva 35: Tekla Structures® Kuvan päälle asetetut Parameter-ikkunat (Chmidt 2018-04-19)

Osa kuvista oli muokattuja versioita mallista saaduista kuvankaappauksista (kuva 32) ja osa kuvista oli muokattuja versioita olemassa olevien työkalujen alkuperäisistä bitmap kuvista (kuva 30). Kuvien muokkauksesta selostettu tarkemmin osiossa 4.3 GIMP 2 (Thumbnailit ja Bitmapit).

4.3 GIMP 2 (Thumbnailit ja Bitmapit)

GIMP 2 eli *GNU Image Manipulation Program* on kuvankäsittelyohjelma. Ohjelma on netistä ladattavissa, se on täysin ilmainen ja sitä saa käyttää myös kaupallisessa tarkoituksessa.

([https://www.gimp.org/about/.](https://www.gimp.org/about/))

Tässä opinnäytetyössä ohjelmaa käytettiin runsaasti, sillä muokattiin kaikki muokatut *thumbnailit* ja *bitmap* kuvat. Ohjelmalla voidaan tarkastella ja muokata kuvia yhden pikselin tarkkuudella, jolloin pienimpienkin yksityiskohtien säätö oli mahdollista. Ohjelmalla pystyttiin poistamaan kuvista haluttuja yksityiskohtia valitsemalla ensin piirtoväriksi yksityiskohtan taustan väri ja sitten piirtämällä valitulla värillä halutun yksityiskohtan päälle.

Ohjelma mahdollisti kuvien, kuten Teklasta otettujen kuvankaappausten, tallentamisen bitmap tiedostomuotoon. Tallennuksen yhteydessä pystyttiin myös hienosäätämään kuvien yhteensopivuusasetuksia muuttamalla tallennettujen kuvien väriasetuksia. Tämän ominaisuuden avulla kuvat saatiin näkyviin *CCDEditorissa*.

4.4 Uusien työkalujen valmistus

Mikäli jonkun yksityiskohdan mallintamiseen ei löytynyt riittävän tehokasta työkalua tai löydetty työkalu oli virheellinen, mutta sen muokkaaminen ei ollut mahdollista lukituksen vuoksi, kehitettiin tehtävään uusi työkalu. Tällainen työkalu oli vedenpoistoaukkojen mallinnustyökalu. Tarkemmat perustelut osiossa 3.6 Valutarvikkeet.

Työkalun perustana käytettiin *Trimblen Hole creation and reinforcement (85)* -työkalua. Työkalulla mallinnettiin sisäkuoreen koko sisäkuoren paksuuden mittainen pyöreä aukko, jonka halkaisija on 25 mm. Mallinnettu aukko räjäytettiin ja saatu yksittäinen aukko valittiin komponentiksi uudelle liitostyökalulle. Uuden työkalun tyyppiä valittiin liitostyyppi, jotta työkalu kysyisi käyttäjältä kahta komponenttia, main part ja secondary part. Main part on sisäkuori, eli komponentti johon aukot mallinnettiin. Secondary part on eristekerros. Tämän avulla työkalu määrittää aukkojen sisemmän suun koron, mikä tässä tapauksessa on 13 mm eristeen alapinnan yläpuolella.

Aukkojen ulomman suun korko määritetään muuttujan avulla, muuttujan arvo on aukon ulomman ja sisemmän suun korkoero, käyttäjä voi määrittää *CCDialogissa* muuttujan arvoksi haluamansa luvun, jolloin korkoero ja sitä kautta aukon kallistus muuttuu.

Ensimmäisen aukon etäisyys sisäkuoren ulkopinnasta asetettiin muuttujaan, joka tuotiin *CCDialogiin* käyttäjän määritettäväksi. Ensimmäisen aukon jälkeiset aukot ohjelmoitiin kopioitavaksi *Array of objects (29)* -toiminnolla. Kopioitavien aukkojen lukumäärä ja niiden väliset jaot määritettiin myöskin muuttujissa, jotka tuotiin *CCDialogiin* käyttäjän määritettäväksi.

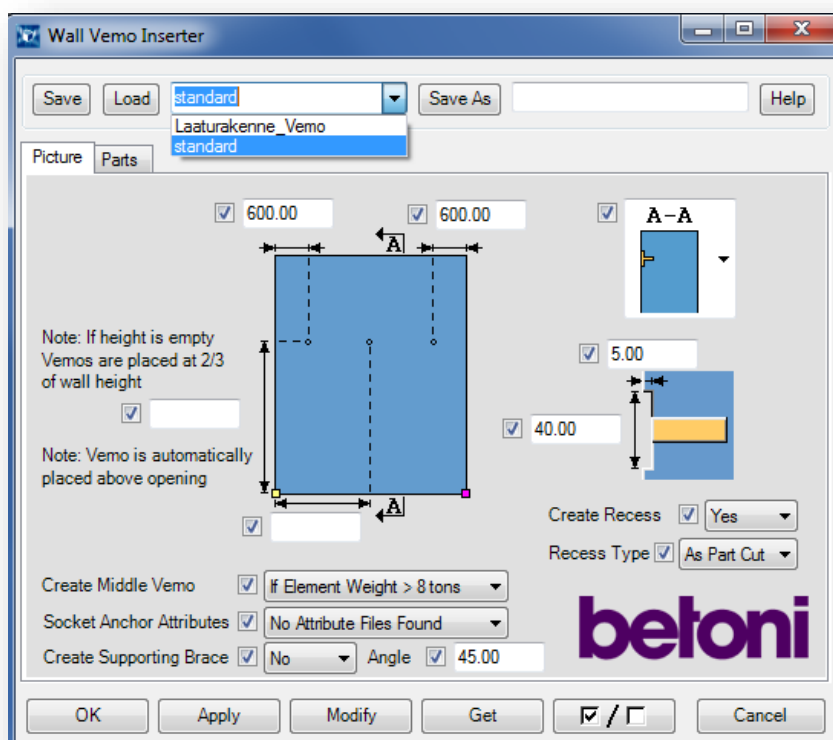
Aukon täytyy aina mennä koko sisäkuoren läpi, joten aukon ulompi suu sidottiin sisäkuoren ulkopintaan ja sisempi suu sidottiin sisäkuoren sisäpintaan. Molemmille muuttujille määritettiin arvoksi 5 mm. Näin aukon leikkaus tulee molemmilta puolilta sisäkuorta 5 mm ulospäin. Tällä tavalla varmistetaan, että leikkaus leikkaa sisäkuoren kokonaan, myös silloin kun aukon kallistusta kasvatetaan. Ylimääräinen 5 mm leikkaus ei haittaa muita osia, koska leikkaus leikkaa ainoastaan sitä komponenttia, joka on osoitettu leikattavaksi, vaikka se olisikin kosketuksessa muihin komponentteihin, kuten tässä tapauksessa eristekerrokseen.

5 TYÖKALUJEN ASETUSTEN ESISÄÄTÖ JA ALOITUSPOHJAN TALLENNUS

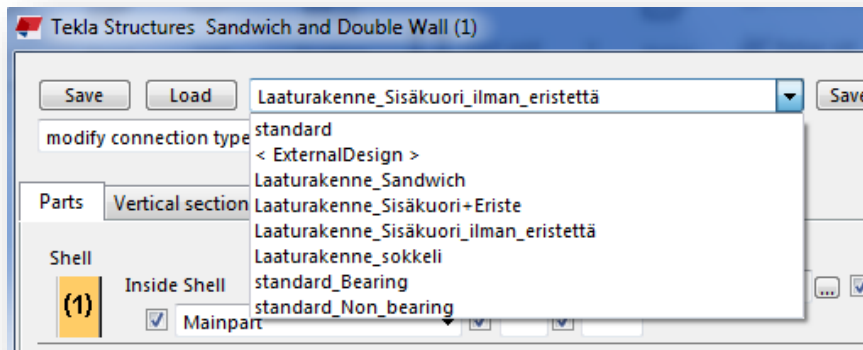
Työn loppuvaiheessa, kun kaikki työkalut oli vertailtu ja tarvittaessa muokattu siirryttiin asetusten esisäätöön ja aloituspohjan tallentamiseen. Asetusten esisäädöllä nopeutetaan työkalujen käyttöä ja aloituspohjan avulla saadaan tehdyt räätälöinnit mukaan jokaiseen uuteen *Tekla* projektiin yrityk- sessä.

5.1 Työkalujen asetusten esisäätö

Työkalujen asetusten esisäädöllä tarkoitetaan työkalun CCDialogin esitäyttöä. CCDialog mahdollistaa asetusten tallentamisen eri nimillä. Tallennettuja asetuksia voidaan käyttövaiheessa avata ja tarvit- taessa muokata. Yksinkertaisiin työkaluihin tallennettiin vain yksi esiasetus (kuva 36) kun taas joihin- kin työkaluihin esiasetuksia tallennettiin useampia. Useilla esiasetuksilla voitiin helposti vaihtaa laa- jan työkalun käyttötarkoitusta (kuva 37). Kyseisellä vaiheella saadaan tehostettua mallintamista to- della paljon, sillä käyttäjän ei tarvitse säätää yleisimpiä asetuksia joka kerta uudelleen. Tarvittaessa käyttäjä voi tallentaa uusia esisäätöjä esimerkiksi projektikohtaisesti.



Kuva 36: Tekla Structures® Yksinkertaisen työkalun esisäädetty asetus (Chmidt 2018-04-1)

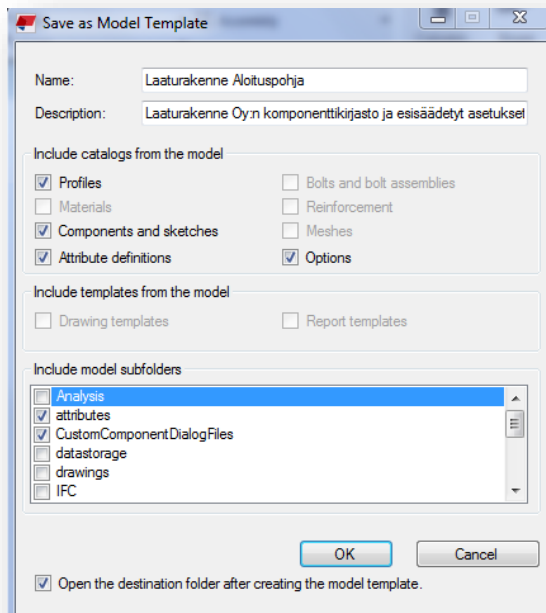


Kuva 37: Tekla Structures® Laajan työkalun esisäädetyt asetukset (Chmidt 2018-04-19)

5.2 Aloituspohjan tallennus

Template, eli aloituspohja, aukeaa käyttäjälle aina kun Teklassa käynnistetään uusi projekti. Aloituspohja valitaan uuden projektin luonnin yhteydessä. Aloituspohjan avulla saadaan uusiin projekteihin mukaan aikaisemmin räätälöity komponenttikirjasto, räätälöidyt työkalut ja komponentit sekä esisäädetyt työkalujen asetukset.

Kun opinnäytetyö oli täysin valmis, se tallennettiin aloituspohjaksi. Aloituspohjan tallentamisen yhteydessä voidaan valita osiot, jotka siirretään aloitusmalliin (Kuva 38).



Kuva 38: Tekla Structures® Aloituspohjan tallennus (Chmidt 2018-04-19)

Aloituspohjan tiedosto tallennettiin yrityksen verkkoasemalle, jotta sitä pystytään käyttämään firman jokaisella tietokoneella. Tallennettu aloituspohja ja itse työvaiheen aikainen malli varmuuskopioitiin useaan eri paikkaan.

6 TARKASTELU JA POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin Insinööritoimisto Laaturakenne Oy:n työskentelytehokkuutta Tekla Structures -ohjelmistolla. Työn tuloksena saatiin yritykselle oma aloituspohja, jossa on yrityksen tarpeisiin räätälöity komponenttikirjasto. Komponenttikirjastoon on tehty yritykselle omat lajitellut kansiot, joissa on yritykselle räätälöidyt Custom Componentit sekä sopivimmiksi todetut työkalut seinäelementtien mallintamiseen. Lisäksi jokaiseen työkaluun säädettiin yleisimmät esiasetukset, käytön tehostamiseksi.

Työn aikana vertailut, valitut ja tarvittaessa muokatut työkalut olivat sokkeli- ja seinätyökalu, raudoitustyökalu, verkkoraudoitustyökalu, seinäliitostyökalu, muutama erillainen nurkkaliitostyökalu, sidontapistevaraustyökalu, ikkunatyökalu ja valuankkurityökalu.

Yleisin työkalun muokkaus oli raudoitusten lisäys valutarvikkeiden ympärille, esimerkiksi jokaiseen vaijerilenkkiliitokseen lisättiin teräslenkit jokaisen vaijerilenkin kohdalle. Joitakin työkaluja ja komponentteja korjattiin tai hienosäädettiin, esimerkiksi yksi vaijerilenkki-komponentti oli rikkiäinen, joten se piti korjata.

Työn aikana kehitettiin myös kokonaan uusi sokkelin vedenpoistoaukkojen mallinnustyökalu. Työkallulla pystytään luomaan tehokkaasti yksi tai useampi vedenpoistoaukko. Aukot mallintuvat sisäkuoreen ja aukkojen korko määräytyy automaattisesti eristeen alapintaan.

Opinnäytetyö luo yritykselle hyvän pohjan Teklan käyttöön. Tulevaisuudessa tätä pohjaa varmasti kehitetään. Komponenttikirjastoa voidaan täydentää uusilla työkaluilla ja olemassa olevia työkaluja voidaan kehittää entisestään. Tulevaisuudessa jokainen ratkaistu ongelma tuo osaltaan lisää tehokkuutta ja tietoa, jota voidaan hyödyntää jatkossa.

6.1 Omia pohdintoja

Työn aikana vahvistui ajatus siitä, miten tärkeää yrityskohtainen *Teklan* räätälöinti on. *Tekla Structures* on erittäin tehokas työkalu rakennesuunnitteluun, mutta sellaisenaan se ei pysty kilpailemaan jo käytössä olevien menetelmien kanssa. Työkaluja on useita erilaisia ja kaikki työkalut eivät toimi kaikkien työkalujen kanssa yhteen vaan yhteentoimivuus pitää testata erikseen. Lisäksi kaikki työkalun tarjoamat ominaisuudet eivät välttämättä näy käyttäjälle heti vaan ne on osattava löytää asetusvalikosta. Tästä syystä asetusten esisääto yrityskohtaisiin tarpeisiin on erityisen tärkeää. Esisäädön avulla nopeutetaan työkalun käyttöä. Lisäksi se auttaa tilanteissa, joissa työkalun käyttöperiaatteet ovat päässeet unohtumaan.

Syy tehottomuudelle ei aina ole työkaluissa itsessään, vaikka niissäkin pienimmätkin puutteet ja ohjelmointivirheet voivat estää koko työkalun käytön. Usein jo pelkästään epäselvät pikakuvakkeet aiheuttavat sekaannusta työkalun valintavaiheessa. Lisäksi käyttäjälle jää usein epäselväksi, mitkä työkalut toimivat yhteen minkäkin työkalun kanssa.

Mitä enemmän työn aikana syvennyttiin mallinnustyökalujen yksityiskohtiin ja niiden toimintaan, sitä paremmin *Teklan* käytön periaatteet avautuivat. Kyseinen työ on todella tehokas tapa kehittyä *Teklan* käyttäjänä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- CHMIDT Anton 2018. Verratut, valitut ja muokatut työkalut Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-03-28. Excel® Työkalujen vertailutaulukko [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-03-28. Tekla Structures® Erilaiset sokkelivaihtoehdot [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-04. Tekla Structures® Eriaisia seiniä Sandwich and Double Wall -työkalulla [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-04. Tekla Structures® Sandwich and Double Wall -työkalun asetukset, seinäkerrosten määrittäminen [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-06. Tekla Structures® Laaturakenne_Sidontapisteväruokset_Thumbnail [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-06. Tekla Structures® Mallikomponentit ylhäältäpäin ilman liitoksia [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-06. Tekla Structures® Mallikomponentit ylhäältäpäin liitosten kanssa [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-06. Tekla Structures® Sandwich Wall Window ja Sandwich and Double Wall työkalujen yhteentoimivuus [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-06. Tekla Structures® Seinien liitostyökalujen vertailu [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-06. Tekla Structures® Wall Panel Reinforcement aikaisemmin tallennettujen teräsverkkoasetusten valinta [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-09. Tekla Structures® Wall Vemo Installer [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-09. Tekla Structures® Vedenpoistoaukkojen mallinnus -työkalut [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-10. Tekla Structures® Custom Component Dialog [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-10. Tekla Structures® Custom Component Dialog Editor [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-10. Tekla Structures® Custom Component Editor työkalun osien osoitusjärjestys [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-10. Tekla Structures® Leikkauksen syvyyteen sidotut vajjerilenkit [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-10. Tekla Structures® Leikkauksen viitepisteet ja niiden etäisyys sisäkuoren pinnasta [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-10. Tekla Structures® Nurkaliitosten leikkaus [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

- CHMIDT Anton 2018-04-10. Tekla Structures® Nurkaliitosten leikkaus ennen ja jälkeen [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-11. Tekla Structures® Pystyteräs taivutettujen vaijerilenkkien taitoksessa [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-11. Tekla Structures® Virheellinen sekä korjattu vaijerilenkki EB_WL120BR [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-12. Tekla Structures® Sidontapistevarausten thumbnail ennen ja jälkeen [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-12. Tekla Structures® Vertikaalisen liitoksen rauditus Variables-lista [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-17. Tekla Structures® Valitut rauditustyökälu Mesh Bars ja Double Wall Edge And Opening Reinforcement [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-19. Tekla Structures® Alkuperäinen Internal Wall ja uusi Laaturakenne_Väliseinä [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-19. Tekla Structures® Aloituspohjan tallennus [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-19. Tekla Structures® Custom Component Dialog Editor parametrin asetukset [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-19. Tekla Structures® Kuvan päälle asetetut Parameter-ikkunat [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-19. Tekla Structures® Laajan työkalun esisäädetyt asetukset [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-19. Tekla Structures® Sandwichelementin raudoitukset [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-19. Tekla Structures® Taulukkomaisesti asetetut Label- ja Parameter-ikkunat [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- CHMIDT Anton 2018-04-19. Tekla Structures® Yksinkertaisen työkalun esisäädetty asetus [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- GIMP lisenssitiedot. [Online]. [viitattu 2017-04-29]. Saatavissa: <https://www.gimp.org/about/>
- Insinööritoimisto Laaturakenne Oy logo [verkkoaineisto]. [viitattu 28.3.2018] Saatavissa: <http://www.laaturakenne.com/>
- KORHONEN, Ari 2018-04-05. Toimitusjohtaja. [Haastattelu.] Kuopio: Insinööritoimisto Laaturakenne Oy.
- Peikko® 2016. Lisäraudoitukset vaijerilenkeille. Käyttöohje [verkojulkaisu]. PVL®-vaijerilenkki, tekninen käyttöohje, 08/2016 (fi). [Viitattu 2018-04-11.] Saatavissa: http://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/p_TvIw/vA88xO1mvRVFsBu7RRVo8Q/PVL-vaijerilenkkiFI8-2016.pdf
- YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012. OSA 5. RAKENNESUUNNITTELU. RT 10-11070. [online]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2017-04-19]. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>