



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PAIKALLAVALULAATAN MALLINNUS- JA PIIRUSTUS- OHJE TEKLA STRUCTURES -OHJELMISTOON

TEKIJÄ: Onni Tuura

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Onni Tuura			
Työn nimi Paikallavalulaatan mallinnus- ja piirustusohje Tekla Structures -ohjelmistoon			
Päiväys	15.05.2018	Sivumäärä/Liitteet	40/2
Ohjaajat Lehtori Viljo Kuusela, tuntiopettaja Henri Humala			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Sweco Rakennetekniikka Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli paikallavalulaatan mallinnus ja piirustusohjeen tuottaminen Tekla Structures -ohjelmistoon. Opinnäytetyöhön sisällytettiin kysely tilaajayrityksen työntekijöille, jolla kartoitettiin mallinnus- ja piirustusohjeiden tarvetta sekä selvitettiin paikallavalurakenteiden tietomallinnukseen liittyviä ongelmakohtia. Työn tilaajana toimi Sweco Rakennetekniikka Oy.</p> <p>Laatan mallinnusohjeessa kiinnitettiin erityisesti huomiota rauditusjatkosten mallintamiseen ja tankojen automaattiseen katkaisuun laatussa olevien aukkojen kohdalla. Mallinnusohjeeseen valittiin kuhunkin tarkoitukseen parhaiten soveltuvat komponentit, joiden käytöstä tehtiin yksityiskohtaiset kuvalliset ohjeet. Piirustusohjetta varten tehtiin tarvittavia esiasetuksia piirustus- ja näkymätasolle. Esiasetusten tarkoituksena on minimoida käsin tehtävän muokkaustyön tarve ja siten helpottaa mallintajan työtä. Keskeinen osa piirustusohjeen tekoa oli <i>Detailed object level settings</i> -asetukset, joita hyödynnettiin tehdyissä esiasetuksissa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi mallinnus- ja piirustusohje paikallavaletulle laatalle Tekla Structures -ohjelmistoon. Tuotetut ohjeet julkaistiin yrityksen sisäisessä verkossa.</p>			
Avainsanat Mallinnusohje, Tekla Structures, tietomallinnus, BIM, paikallavalu			
Ohjeiden osalta luottamuksellinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Building and Structural Engineering			
Author Onni Tuura			
Title of Thesis Modelling and drawing instructions for cast-in-place slab to Tekla Structures program			
Date	May 15, 2018	Pages/Appendices	40/2
Supervisors Mr. Viljo Kuusela, Senior Lecturer, Mr. Henri Humala, Lecturer			
Client Organisation /Partners Sweco Rakennetekniikka Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to create modelling and drawing instructions for a cast-in-place slab to the Tekla Structures program. The project included a questionnaire for the employees of the client organisation Sweco Rakennetekniikka Oy to gather information about cast-in-place modelling and possible problems related to the topic.</p> <p>The modelling instructions especially focused on splicing and automatic cutting of rebars in the holes of the slab. Different components were tested and the best options were chosen for the instructions. The instructions included text and images of the component settings.</p> <p>The required saved settings were made for the drawing and view levels for the drawing instructions. The purpose of the saved settings was to minimize the need for manual editing of the settings. A crucial part of the drawing instructions were the <i>Detailed object level settings</i>-function which was used in the view level settings.</p> <p>As a result of this thesis, modelling and drawing instructions were made for a cast-in-place slab to Tekla Structures program. The produced instructions were published in the internal network of the company.</p>			
Keywords Tekla Structures, BIM, cast-in-place			
The instructions are confidential			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	TYÖN TAUSTA.....	6
2.1	Paikallavalurakentaminen	6
2.2	Tietomallinnus	7
2.3	Tekla Structures.....	9
3	KYSELY TILAAJAYRITYKSEN TYÖNTEKIJÖILLE.....	12
3.1	Lähtötiedot ja kysymykset	12
3.2	Tulokset	12
3.3	Tuotettavat ohjeet	14
4	PAIKALLAVALULAATTA	15
4.1	Paikallavalulaatta rakenneosana.....	15
4.2	Raudoitus.....	16
5	PAIKALLAVALULAATAN MALLINNUSOHJE	18
5.1	Geometria ja detaljointi	18
5.2	Raudoitusten mallintaminen.....	20
5.2.1	Slab Reinforcement Tool.....	21
5.2.2	Mesh Bars.....	23
5.2.3	Reunahaat ja pieliteräkset	26
6	PAIKALLAVALULAATAN PIIRUSTUSOHJE	28
6.1	Raudoituspiirustusten sisältö.....	28
6.2	Piirustusasetukset	30
6.3	Ohjeen piirustusratkaisut.....	32
7	TYÖN LOPPUTULOS.....	36
8	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET	40
	LIITE 1: PAIKALLAVALULAATAN MALLINNUSOHJE (SALATTU).....	41
	LIITE 2: PAIKALLAVALULAATAN PIIRUSTUSOHJE (SALATTU).....	42

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on paikallavalulaatan mallinnus- ja piirustusohjeen tuottaminen Tekla Structures -ohjelmistoon. Opinnäytetyön aihe saatiin työn tilaajalta. Aiheen valinta perustuu tilaajayrityksessä olevaan mallinnus- ja piirustusohjeiden tarpeeseen. Yrityksellä on melko kattavat betonielementtien mallinnus- ja piirustusohjeet, mutta paikallavalurakenteille vastaavia ohjeita ei vielä ole laadittu. Opinnäytetyöhön sisällytetään kysely yrityksen työntekijöille, jolla kartoitetaan ohjeiden tarvetta sekä selvitetään paikallavalurakenteiden tietomallinnukseen liittyviä ongelmakohtia. Tuotetut ohjeet julkaistaan yrityksen sisäisessä verkossa, jotta ne ovat kaikkien yrityksen työntekijöiden saatavilla.

Sweco on Euroopan johtava suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys, jonka liikevaihto on noin 1,8 miljardia euroa. Yritys toteuttaa vuosittain projekteja 70 maassa ympäri maailman. Sweco Finland on osa kansainvälistä Sweco-konsernia. Yhteensä konserni työllistää noin 14500 työntekijää, joista lähes 2 000 työskentelee Suomessa. Opinnäytetyön tilaajana toimii Sweco Rakennetekniikka Oy, joka on osa Sweco Finland -konsernia. Opinnäytetyö tehdään yrityksen teollisuuden betonirakenteiden suunnittelusta vastaavalle osastolle, jonka takia aihe rajautui juuri betonirakentamiseen. (Sweco.fi.)

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa selkeä mallinnus- ja piirustusohje paikallavalurakenteiselle laatalle. Ohjeista on luultavasti hyötyä erityisesti kokemattomille mallintajille. Ohjeiden tuottamisen lisäksi tavoitteena on antaa tilaajalle tietoa aiheesta ja siihen liittyvistä ongelmista.

2 TYÖN TAUSTA

2.1 Paikallavalurakentaminen

Paikallavalurakentamisella tarkoitetaan betonirakenteisen rakennuksen kantavan rungon valamista pääosin työmaalla. Työnsuoritus sisältää muotti-, raudoitus- ja betonointityön. Betoni on eniten käytetty rakennusmateriaali ja paikallavalutekniikka yleisin rakentamistapa maailmassa. (Valmisbetoni.fi.)

Suomessa on 1970-luvulta lähtien käytetty paikallavalurakentamisen ohella elementtirakentamista. Elementtirakentamisessa rakenneosia valetaan tehtaalla, jolloin työmaalla tehdään ainoastaan elementtien paikalleen asennus. Tietyissä tapauksissa elementtirakentaminen on kustannustehokkaampaa ja nopeampaa kuin paikallavalurakentaminen. Kaikkia rakenteita ei kuitenkaan voida toteuttaa ainoastaan elementtejä käyttämällä. Paikallavalurakentaminen mahdollistaa rakenteiden vapaamman suunnittelun ja muotoiltavuuden kuin elementtirakentaminen. Nykyään on yleistä, että rakennukset toteutetaan osittain paikallavalettuina ja osittain elementeistä. Tyypillisiä paikallavalurakenteita ovat esimerkiksi rakennuksen perustukset, suuret betonirakenteet ja muotonsa puolesta erikoiset rakenteet. Elementeistä puolestaan yleisimpiä ovat seinäelementit, erilaiset laattaelementit sekä pilarit ja palkit. (Valmisbetoni.fi.)

Suurin osa betonirakenteista rakennetaan raudoitettuina. Betonin vetolujuus on usein vain kymmenesosan suuruinen sen puristuslujuudesta. Tästä johtuen on usein tarve vahvistaa rakennetta teräksillä, jotka ottavat vastaan rakenteelle tulevat vetojännitykset. Vetojännitysten vastaanottamisen lisäksi raudoitusta käytetään esimerkiksi rakenteen puristuskapasiteetin ja muodonmuutoskyvyn parantamiseen.

Rakenteen suunnittelu alkaa tavallisesti runkojärjestelmän ja materiaalin valinnalla. Tämän jälkeen voidaan arvioida kuormitukset ja määrittää rungon päämitat. Kun kuormitukset ja päämitat ovat selvillä, voidaan tehdä varsinainen rakenneosien ja liitosten mitoitus sekä rungon jäykistyksen suunnittelu. Betonirakenteissa rungon mitat voidaan päättää melko aikaisessa vaiheessa, ja rakenteen taiputus- ja leikkauskapasiteettia lisätä tarvittaessa raudoitusmäärää nostamalla. Tavoitteena on mitoittaa rakenne mahdollisimman taloudellisesti siten, että se riittävällä todennäköisyydellä säilyttää kelppoisuutensa koko suunnitellun elinikensä ajan (RIL 125 Teräsbetonirakenteet, 41). Rakenteiden suunnittelustandardeina käytetään eurokoodeja, jotka ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Suomen- ja englanninkielisiä eurokoodeja julkaisee ja myy Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Kuvassa 1 on esitetty eurokoodien mukainen laatan mitoitusmenettely ja eri vaiheissa käytettävät standardit. (eurocodes.fi.)

Vaihe	Tehtävä	Lisäohjeita	
		Opasrja	Standardi
1	Määritetään suunniteltu käyttöikä	Betonirakenteiden suunnitteluperusteet	SFS-EN 1990 taulukko 2.1
2	Määritetään laattaan kohdistuvat kuormat	Betonirakenteiden suunnitteluperusteet	SFS-EN 1991 (10 osaa) ja kansalliset liitteet
3	Määritetään kuormayhdistelmät	Eurokoodimitoituksen perusteet	SFS-EN 1990 ja kansallinen liite
4	Määritetään kuormituskaaviot	Betonirakenteiden suunnitteluperusteet	SFS-EN 1992-1-1 ja kansallinen liite
5	Arvioidaan säilyvyysvaatimukset ja määritetään betonin lujuusluokka	Betonirakenteiden suunnitteluperusteet	SFS-EN 206-1 ja kansallinen liite
6	Tarkistetaan betonipeitevaatimukset palonkestoajan perusteella	Betonirakenteiden suunnitteluperusteet ja tämän oppaan taulukko 2	SFS-EN 1992-1-2: kohta 5
7	Lasketaan vähimmäisbetonipeite säilyvyys-, tartunta- ja palonkestovaatimusten kannalta	Betonirakenteiden suunnitteluperusteet	SFS-EN 1992-1-1 kohta 4.4.1
8	Tarkastellaan rakenne kriittisten momenttien ja leikkausvoimien löytämiseksi	Betonirakenteiden suunnitteluperusteet	SFS-EN 1992-1-1 kohta 5
9	Mitotetaan taivutusraudoitus	Ks. kuva 1	SFS-EN 1992-1-1 kohta 6.1
10	Tarkistetaan taipuma	Ks. kuva 3	SFS-EN 1992-1-1 kohta 7.4
11	Tarkistetaan leikkauskestävyys	Ks. taulukko 7	SFS-EN 1992-1-1 kohta 6.2
12	Tarkistetaan tankojako tai halkeamaleveys	Betonirakenteiden suunnitteluperusteet	SFS-EN 1992-1-1 kohta 7.3

KUVA 1. Laatan mitoitusmenettely (Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodin mukaan. Osa 3: Laatat, 2)

Paikallavalettavat betonirakenteet voidaan toteuttaa myös jälkijännitettyinä. Jälkijännitettyssä rakenteessa jännepunokset aiheuttavat rakenteeseen sisäisen jännitystilän, jolla kumotaan ulkoisen kuormituksen aiheuttamia taivutusjännityksiä ja muodonmuutoksia. Jännityksen ansiosta voidaan pidentää jännevälejä ja pienentää rakennepaksuuksia. Pysyvän jännitystilän ansiosta rakenne halkeilee vähemmän ja kovettuessaan siitä tulee tiiviimpää. Halkeilun vähentämisellä on tietyissä olosuhteissa suuri merkitys rakenteen käyttöiän kannalta. (Koukkari 1996, 9, 10.)

2.2 Tietomallinnus

Rakennuksen tietomallilla tarkoitetaan rakenteista tehtyä kolmiulotteista mallia, johon on sisällytetty erilaisia tietoja. Tiedot voivat olla esimerkiksi mallinnettujen rakenteiden materiaaleja ja muita ominaisuuksia. Rakennuksia mallinnettaessa tietomallista käytetään yleisesti lyhennettä BIM (Building Information Model). Tietomallinnuksen etuna on mallin monipuolien hyödynnettävyys. Jos 3D-mallissa ei olisi lainkaan tietoa, vaan pelkkä rakenteen geometria, sitä voitaisiin hyödyntää lähinnä rakenteen kolmiulotteiseen visualisointiin. Kun 3D-malliin on lisätty tarvittavat tiedot, sitä voidaan käyttää esimerkiksi piirustusten tuottamiseen sekä määrä- ja kustannuslaskentaan.

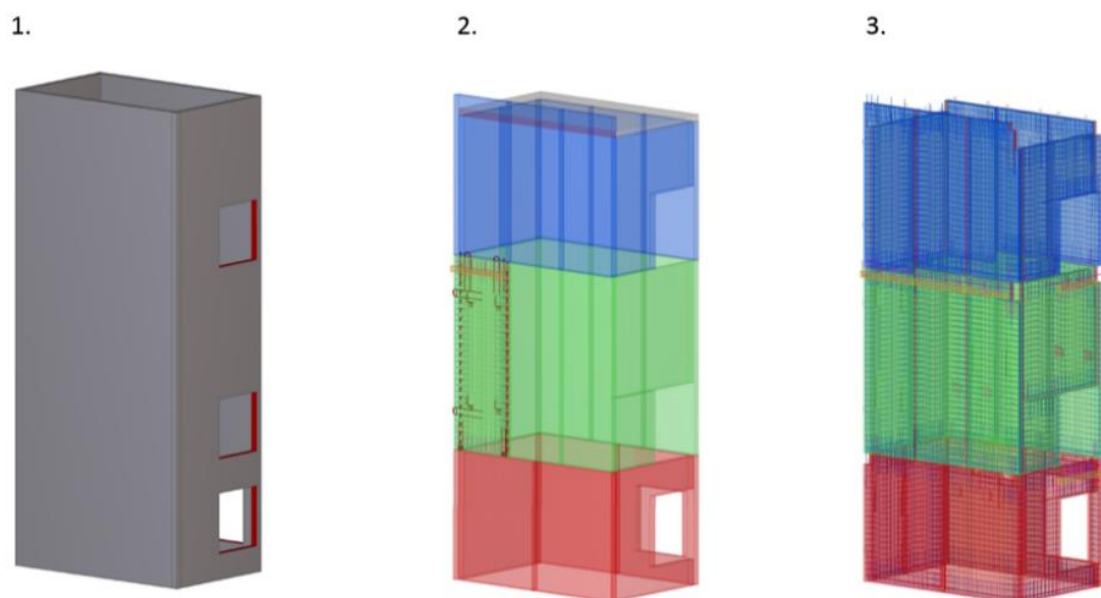
Tietomallipohjaisessa suunnittelussa on erityisen tärkeää huomioida, että samaa tietomallia hyödyntää projektin useat eri osapuolet. Sen takia tietomallia ei voi tehdä vain omien tavoitteiden saavuttamiseksi, vaan koko projektin päämäärää ajatellen. Toimiva tietomalli ja sen jakaminen projektin osapuolten kesken on ehdoton edellytys onnistuneelle rakennusprojektille. Kuvassa 2 on esimerkkejä tietomallinnusprojektin eri osapuolista. Jotta tietoa voitaisiin siirtää suunnitteluohjelmistosta toiseen, tarvitaan tiedostomuoto, jota eri ohjelmistot tukevat. Tätä varten on kehitetty IFC (Industry Foundation Classes) -tiedostomuoto, jota myös Tekla Structures tukee. IFC:n avulla voidaan esimerkiksi tuoda Tekla Structuresiin referenssimalliksi arkkitehdin luoma IFC-muotoon muutettu 3D-malli. Kun tietomalli muutetaan IFC-muotoon, täytyy projektille ja sen rakennesille määrittää IFC-standardin mukaiset tunnistetiedot. Näin malli on luettavissa myös muilla IFC-tiedostomuotoa tukevilla ohjelmistoilla.



KUVA 2. Tietomallinnusprojektin osapuolet (Tekla.com)

Yksi merkittävimmistä rakennusten tietomallinnuksen hyödyistä on automatisoitu piirustusten tuottaminen. Kun rakenne on mallinnettu oikein ja piirustusasetukset säädetty toimiviksi, saadaan mallinnohjelmitulla tuotettua piirustuksia joita ei tarvitse enää käsin muokata. Etenkin betonielementti-piirustusten tuottaminen tietomallista on nykyään hyvin yleistä. Paikallavalurakenteiden piirustusten tuottaminen tietomallista ei ole aina yhtä tehokasta. Paikallavalurakenteet saattavat olla kooltaan huomattavasti isompia kuin elementit ja tämä aiheuttaa haasteita automatisoituun piirustusten tuottamiseen. Jos paikallavalurakenteessa on esimerkiksi raudoituksia useassa eri kerroksessa, voi selkeän raudoituspiirustuksen tuottaminen tietomallista olla haastavaa ilman käsin tehtävää muokkaamista. Jos tietomallista tuotettuihin piirustuksiin joudutaan tekemään isoja muutoksia käsin, menetetään tietomallintamisen hyöty piirustustuotannon osalta.

Rakenteiden tietomallilta vaadittu tarkkuustaso projektin eri vaiheissa on määritetty Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarjan osassa 5 Rakennesuunnittelu. Julkaisu on laadittu osana COBIM-hanketta (Senaatti-kiinteistöjen mallintamisosojien laajentamis- ja päivittämishanke). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5 Rakennesuunnittelu noudattaa Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12 mukaisia tehtäväkokonaisuuksien sisältöjä. Tietomallin tarkkuus päivittyy projektin edetessä kuvan 3 mukaisesti. Yleissuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija mallintaa rakenneosat perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein. Hankintoja palvelevassa suunnittelun vaiheessa jotkut tyyppirakennesosat mallinnetaan sijainnin ja geometrian lisäksi myös raudoitusten ja valutarvikkeiden osalta oikein. Muut rakenneosat mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein, siten ettei törmäyksiä synny ja rakenteiden kokonaismäärä selviää mallista. Toteutusvaiheessa kaikki paikallavalurakennesosat mallinnetaan liittymineen ja valutarvikkeineen. Paikallavalurakenteiden mallintamisesta sovitaan projektikohtaisesti. (Kautto 2012, LIITE 1: Rakennemallin tietosisältö.)



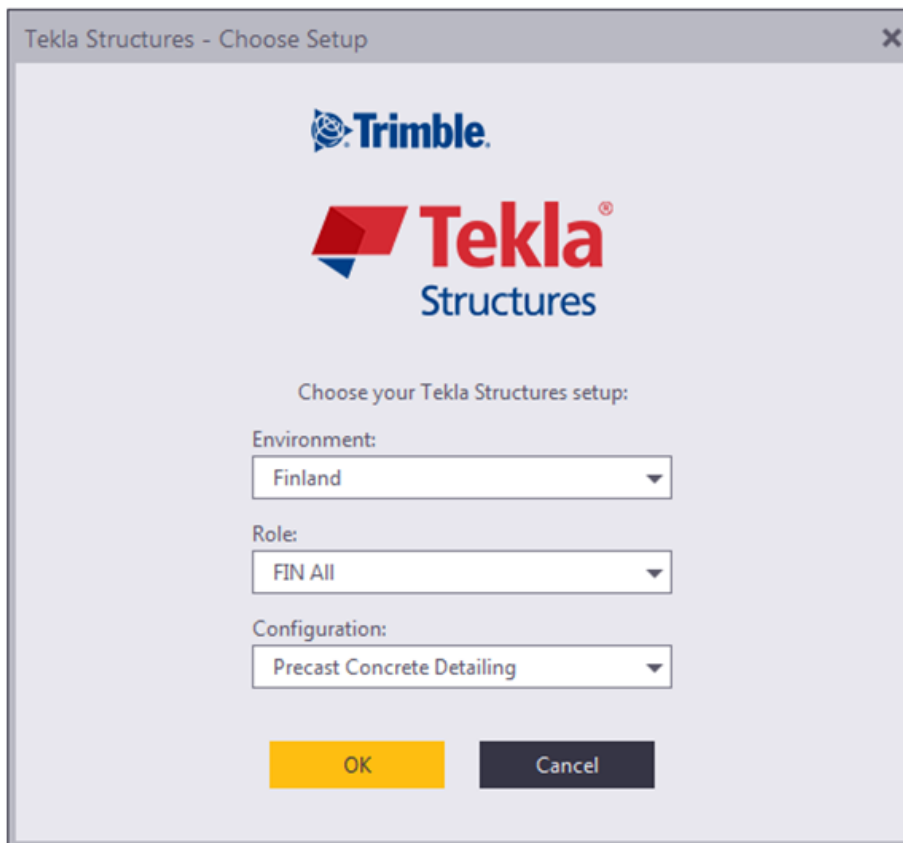
KUVA 3. Esimerkki rakenteiden mallitarkkuudesta projektin eri vaiheissa. 1. Yleissuunnitteluvaihe. 2. Hankintoja palveleva suunnittelun vaihe. 3. Toteutussuunnitteluvaihe. (Kautto 2012, 11, 12, 19)

2.3 Tekla Structures

Tekla Structures on yhdysvaltalaisen Trimble Navigation Ltd:n rakennesuunnitteluohjelmisto. Tekla Structures on Suomessa yleisimmin käytetty rakennesuunnittelun tietomallinnusohjelmisto. Tekla Structuresilla voi mallintaa betoni-, teräs- ja puurakenteita.

Tekla Structuresin tietomallit voivat olla joko single- tai multi-user malleja. Single-user mallia voi työstää vain yksi mallintaja kerrallaan. Multi-user mallit ovat tallennettu palvelimelle ja niissä voi työskennellä useita mallintajia yhtäaikaisesti. Malli voidaan myös jakaa pilveen hyödyntäen Tekla Model Sharing -toiminnallisuutta. Tässä vaihtoehdossa mallia ei ole tallennettu yrityksen projektilevylle vaan pilvipalveluun ja lisäksi jokaisen mallintajan omalle tietokoneelle. Kun käyttäjät muokkaavat mallia, he lähettävät ainoastaan tehdyt muutokset pilvipalveluun, josta muut käyttäjät voivat ladata ne omiin malleihinsa. Kun malli on tallennettu omalle tietokoneelle, on etätyöskentely sujuvampaa. Nettiyhteys tarvitaan ainoastaan lisenssin aktivointiin ja muutosten lataamiseen ja lähettämiseen. Tämä mahdollistaa etätyöskentelyn heikolla nettiyhteydellä ja mallin jakamisen ulkopuolisille esimerkiksi viewer-oikeuksin.

Tekla Structuresin käynnistyksen yhteydessä avautuu kuvassa 4 esitetty aloitusnäky, josta valitaan käytettävä ympäristö, rooli ja lisenssi. Ohjelmistoon on luotu valmiita maakohtaisia ympäristöjä, joiden käyttö on suositeltavaa, ellei yrityksellä ole käytössä omaa yrityskohtaista ympäristöä. Roolleilla rajataan ympäristöstä löytyvien tiedostojen näkyvyyttä. Lisenssi, eli ohjelmistokokoonpano rajoittaa ohjelmiston toiminnallisuutta. Sekä paikallavalurakenteiden että elementtien mallintamiseen käytetään ensisijaisesti Precast Concrete Detailing -ohjelmistokokoonpanoa.



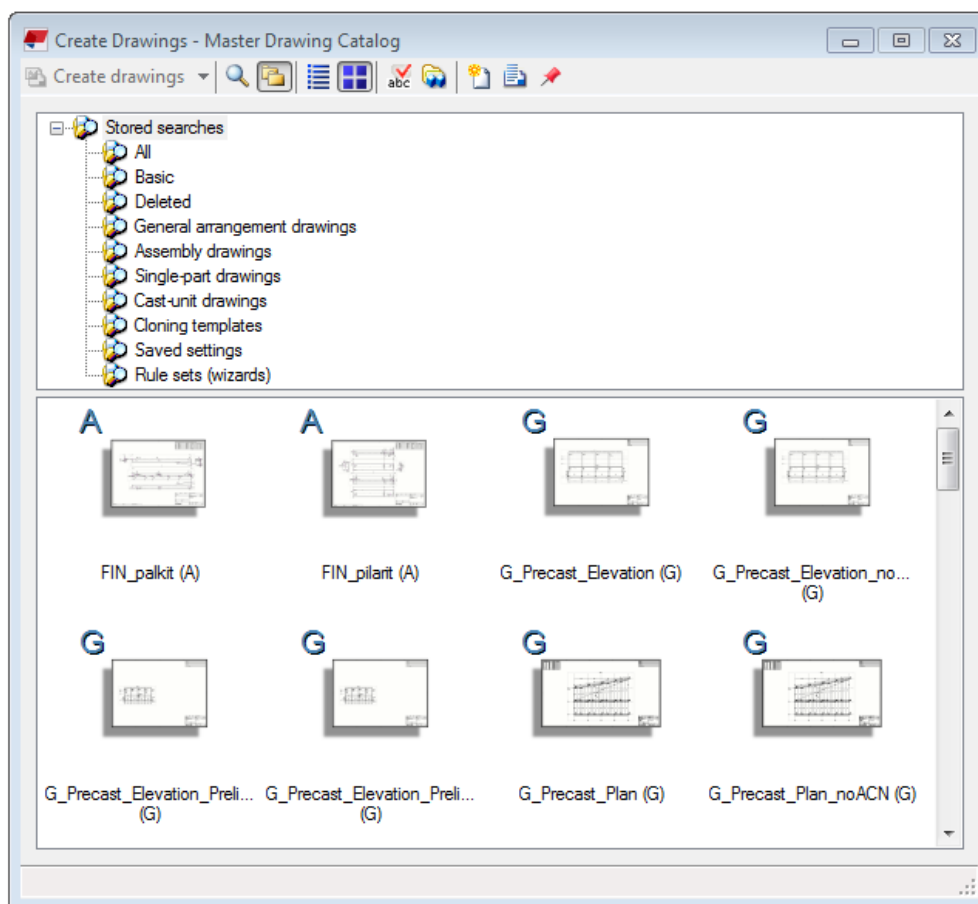
KUVA 4. Tekla Structuresin aloitusnäky (Tuura 2018)

Tietomallit rakentuvat Tekla Structuresissa objekteista jotka muodostavat komponentteja. Useat komponentit voidaan liittää yhdeksi kokoonpanoksi, jota käytetään rajaamaan esimerkiksi elementit tai paikallavalettavat rakenneosat omiksi valuyksiköikseen. Jos komponenttia ei ole liitetty kokoonpanoon, se ei tule myöskään näkyviin valuyksiköstä tuotettuun piirustukseen. Ohjelmistoon on ladattavissa eri valmistajien valutarvikkeita ja muita tuotteita valmiina komponentteina. Käyttäjän on myös mahdollista luoda itse komponentteja ohjelmistoon.

Objektien näkyvyyttä mallissa ja piirustuksissa kontrolloidaan filttareiden eli suodattimien avulla. Filterit suodattavat objekteja niille määritetyn classin, profiilin, nimen tai muun ominaisuuden mukaan. Class eli luokka on objektille annettu numeerinen arvo, jonka mukaan määräytyy objektin väri tietomallissa. Classien avulla voidaan myös säätää, miten objektit näkyvät piirustuksissa. Piirustusasetuksiin voidaan tehdä esimerkiksi filteri, joka määrittelee objektille classin perusteella tietyn viivanpaksuuden ja värin. Käyttäjä voi itse päättää, mihin ominaisuuteen filteröinti perustuu. Käytännöt on kuitenkin oltava yhtenäisiä projektin eri mallintajien välillä.

Tekla Structuresissa rakenneosat voidaan numeroida automaattisesti. Rakenneosalle täytyy ensin määrittää numerointisarja, koska numerointi tapahtuu aina numerointisarjoittain. Numerointisarja muodostuu rakenneosalle määritetystä prefixistä ja aloitusnumerosta. Numeroinnissa samassa sarjassa olevat identtiset osat saavat saman numeron jonka ansiosta numerointisarjojen numeroita voidaan käyttää elementtien ja valuysiköiden tunnuksina. Jos tietomallissa olevaa rakenneosaa muutetaan, se saa seuraavassa numeroinnissa uuden numeron. Tästä on suuri apu piirustusten hallinnassa, jos rakenteisiin tulee muutoksia projektin edetessä.

Piirustusten tuottaminen aloitetaan valitsemalla sopiva piirustusohja kuvassa 5 näkyvästä *Create Drawings* -valikosta. Yritykset ovat usein luoneet piirustusohjille valmiita esiasetuksia joita käyttämällä nopeutetaan ja yhdenmukaistetaan piirustustuotantoa. Esiasetusten toimivuus edellyttää usein projekti- tai yrityskohtaista numerointi- ja nimeämisohjeen noudattamista. Kun ensimmäinen piirustus on luotu ja muokattu halutunlaiseksi, voidaan sitä käyttää pohjana muille samantyyppisille piirustuksille. Näin käsin tehtyjä muokkauksia ei tarvitse tehdä kuin yhteen piirustukseen.



KUVA 5. Tekla Structuresin Create Drawings -valikko (Tuura 2018)

3 KYSELY TILAAJAYRITYKSEN TYÖNTEKIJÖILLE

3.1 Lähtötiedot ja kysymykset

Tähän opinnäytetyöhön sisältyy yrityksen työntekijöille suunnattu kysely, jolla selvitetään yrityksen Tekla-käyttäjien mielipiteitä ja havaintoja paikallavalurakenteiden mallinnusta ja piirustustuotantoa koskien. Kyselyn tavoitteena on selvittää, mitä ohjeita yrityksen Tekla-käyttäjät ensisijaisesti tarvitsevat. Kysely lähetetään 16 henkilölle joista suurimman osan tiedetään käyttävän Tekla Structuresia päivittäisessä työssään.

Kyselyyn sisältyy seuraavat kuusi kysymystä:

1. Missä tehtävissä toimit yrityksessä ja kuinka kauan olet käyttänyt Tekla Structuresia?
2. Mitkä ovat mielestäsi suurimmat ongelmat paikallavalurakenteiden mallintamisessa?
3. Mitkä ovat mielestäsi suurimmat ongelmat, kun paikallavalurakenteiden piirustuksia tuotetaan Teklalla?
4. Mille työkaluille tai komponenteille tarvittaisiin mielestäsi ohje?
5. Mikä yksittäinen rakenneosa tuottaa eniten vaikeuksia?
6. Minkälaisia ohjeita ja esiasetuksia tarvittaisiin mielestäsi piirustusten tuottamiseen?

3.2 Tulokset

Kyselyyn vastanneet henkilöt ovat hyvin erilaisissa työtehtävissä yrityksessä. Vastaajat työskentelevät esimerkiksi projektipäällikköinä, rakennesuunnittelijoina, mallintajina, suunnitteluavustajina ja tietomallivastaavina. Kokemusta Teklan käytöstä vastaajilla on keskimäärin noin viisi vuotta. Kyselyyn vastasi 10 henkilöä. Vastaajien määrä on melko vähäinen suhteutettuna yrityksen työntekijöiden määrään. Kysely on kuitenkin kohdennettu yrityksen tietomallintamisesta ja sen kehityksestä vastaaville henkilöille, jotta vastaukset antaisivat mahdollisimman paljon tietoa aiheeseen liittyvistä ongelmista.

Vastaajien mielestä paikallavalurakenteiden mallintamisen suurimpia ongelmia ovat kaltevien ja kaarevien rakenteiden raudoitusten mallintaminen, raudoitusjatkosten mallintaminen sekä jälkijänniteissä rakenteissa punosten mallintaminen. Myös valuyksiköiden ja liikuntasauvojen rajaaminen koetaan haastavaksi paikallavalurakenteissa. Taulukossa 1 on esitelty kooste kyselyn vastauksista.

Paikallavalurakenteiden monimuotoisuudesta johtuen piirustusohjilla ei saada yleensä yhtä valmiita piirustuksia kuin elementtipiirustuksia tuottaessa. Vastaajat arvioivatkin, että olemassa olevien piirustusohjien käyttöön ja muokkaamiseen liittyvistä ohjeista olisi luultavasti eniten hyötyä yrityksen mallintajille. Esimerkiksi raudoiteluetteloiden cast unit pohjainen filteröinti ei ole aina paikallavalurakenteissa toimiva vaihtoehto, kun raudoituksia on paljon ja piirustuksen raudoiteluettelossa halutaan esittää vain osa cast unitin raudoitteista.

Taulukko 1. Kyselyn tuloksia

Mitkä ovat mielestäsi suurimmat ongelmat paikallavalurakenteiden mallintamisessa?
<ul style="list-style-type: none"> • Punosten mallinnus • Mitkä raudat mallinnetaan ja miten tarkasti, esim. limityskohdat • Kaarevien ja kaltevien rakenteiden mallinnus • Sopivien valuyksiköiden, liikuntasaumojen ja muiden rajapintojen rajaaminen • Teollisuuskohteissa usein vähäiset lähtötiedot • Makrojen käyttö hankalaa • Jatkospituuksien hallinta
Mitkä ovat mielestäsi suurimmat ongelmat, kun paikallavalurakenteiden piirustuksia tuotetaan Teklalla?
<ul style="list-style-type: none"> • Sopivan reinforcement markkin saaminen eri kuviin • Valmiita piirustus pohjia joutuu muokkaamaan, jotta tulos on halutunlainen • Valuosat joissa on raudoitusta, koska raudoitukset ovat eri classilla • Filtröinti pitää yleensä tehdä tapauskohtaisesti • Raudoitusleikkaus on vaikea saada näyttämään selkeältä
Mille työkaluille tai komponenteille tarvittaisiin mielestäsi ohje?
<ul style="list-style-type: none"> • Palkin ja laatan raudoituksen CIP-komponenteille • Ohje siitä mitä komponentteja kannattaa käyttää missäkin • Yrityksen omille työkaluille • Rebar group -tyypeille • Yleisohje valuosien mallintamiselle ja makroille • Perusrungolle: pilari, palkki, laatta • Eniten käytetyille peruskomponenteille
Mikä yksittäinen rakenneosa tuottaa eniten vaikeuksia?
<ul style="list-style-type: none"> • Monimuotoinen laatta, jossa useita reikiä • Vinot pinnat ja kallistukset, etenkin niiden raudoittaminen
Minkälaisia ohjeita ja esiasetuksia tarvittaisiin mielestäsi piirustusten tuottamiseen?
<ul style="list-style-type: none"> • Alapinnan ja yläpinnan raudoituskuva, raudoitusleikkaus ja raudoitusdetalji • Raudoituskuville valmiita pohjia • Ohje, mitä piirustusasetuksia milloinkin käytetään • Aloitteleville mallintajille mallipiirustuksia • Piirustus pohjat pilarille ja seinälle • Raporttipohjat paikallavalurakenteiden raudoitteiden luettelointiin

3.3 Tuotettavat ohjeet

Tuotettaviksi ohjeiksi valittiin paikallavaletun laatan mallinnus- ja piirustusohje. Erityisesti laatan raudoitusten ja raudoituspiirustusten tekemiseen tarvitaan ohjetta. Näihin ohjeisiin päädyttiin kyselyn tulosten ja yrityksen tietomalliasiantuntijoiden näkemysten perusteella. Valinnan lähtökohtana oli arvioida ohjeiden hyödyllisyyttä yrityksen mallintajille. Ohjeet tehdään käyttämällä esimerkkinä Tekla Structuresin 2017i -versiota. Ohjeissa mallinnustarkkuutena käytetään Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarjan osan 5 Rakennesuunnittelu määrittelemää toteutussuunnitteluvaiheen mallinnustarkkuutta.

Ohjeessa pyritään käyttämään komponentteja ja ratkaisuja jotka soveltuvat mahdollisimman monentyyppisille laatoille. Tavoitteena on, että ohjeen avulla aloitteleva mallintaja pystyy mallintamaan erilaisia paikallavalettuja laattoja sekä tuottamaan niiden raudoituspiirustukset.

Tekla Structuresissa rakenteita voidaan mallintaa monella eri tavalla ja käytettävissä on useita eri komponentteja saman rakenneosan mallintamista varten. Tuotettavan ohjeen on oltava mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen ja tästä johtuen ohjeeseen valitaan ainoastaan yksi komponentti kuhunkin tehtävään. Käytettävät komponentit valitaan tietomalliasiantuntijoiden näkemysten, kyselyn tulosten sekä eri vaihtoehtojen toiminnallisuuden testauksen perusteella. Ohjeessa pyritään hyödyntämään ensisijaisesti yrityksen omia komponentteja.

Ohjeet koostuvat tekstiosista sekä valikkojen käyttöä havainnollistavista opastekuvista. Tekstiosassa mallinnus ja komponentin asetusten säätäminen käydään läpi kohta kohdalta, jotta myös aloittelevien mallintajien on mahdollista hyödyntää ohjetta. Erityisesti epätyypillisten valikkojen toiminnot käydään yksityiskohtaisesti läpi, jotta mallintaja saa komponentin toimimaan haluamallaan tavalla. Opastekuvat ovat kuvakaappauksia komponentin eri välilehdiltä. Opastekuvissa kerrotaan lyhyesti valikkojen toimintaperiaatteet. Mallintajien ei tarvitse aina välttämättä lukea ohjeen tekstiosaa vaan he voivat tarkastaa kuvasta tiettyjen valintojen toimintaperiaatteet ja näin säästää aikaa.

Tuotettavat ohjeet ovat tilaajayrityksen omaisuutta jonka takia niitä ei julkaista tämän opinnäytetyön liitteinä. Myös piirustusasetuksiin tehdyt esiasetukset ja osa mallinnukseen käytetyistä komponenteista ovat yrityksen omia ja niiden ominaisuuksia ei tästä johtuen esitellä kokonaisuudessaan tässä työssä.

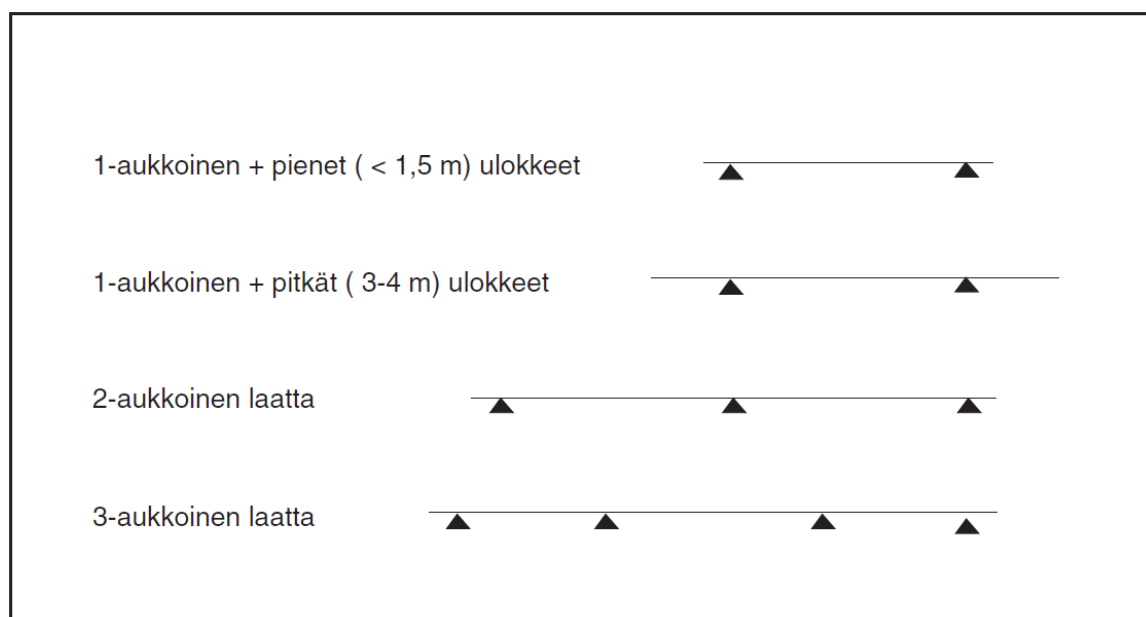
4 PAIKALLAVALULAATTA

4.1 Paikallavalulaatta rakenneosana

Eurokoodin mukaan laatta on rakenneosana, jonka sivumitta on vähintään 5 kertaa laatan kokonaispaksuus. Laatat voidaan jaotella tukemistapansa perusteella yhteen suuntaan kantaviin laattoihin, ristiin kantaviin laattoihin ja pistemäisesti tuettuihin pilarilaattoihin. Laattaa voidaan pitää yhteen suuntaan kantavana, jos laatalta on kaksi tukematonta ja lähes yhdensuuntaista reunaa. Myös suorakaiteen muotoista neljältä reunaltaan tuettua laattaa voidaan pitää yhteen suuntaan kantavana, jos laatan pidemmän jännemitan suhde lyhyempään jännemittaan on yli 2. (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.)

Valmistustavaltaan laatat voivat olla massiivilaattoja, kevennettyjä laattoja tai liittorakenteita (RIL 125 Teräsbetonirakenteet, 294). Laatan paksuus voi vaihdella poikkileikkauksessa siten, että laatan paksut osat toimivat rakennetta vahvistavina palkkikaistoina. Laattoja rakennetaan jännittämättöminä ja jännitettyinä. Jatkuvana rakenteena laatalta on hyvä kuormien jako- ja kantokyky. Paikallavalulaatan etuihin kuuluu hyvä aukotusten rakenteellinen hallittavuus ja muokattavuus. Laatan geometria ja tarvittava raudoituksen määrä vaihtelevat merkittävästi laatan tyyppin, jännevälin ja kuormitusten mukaan. Laatan paksuuteen voi vaikuttaa kuormitusten ja taipumien lisäksi mahdolliset äänenieristysvaatimukset ja LVIST-tekniikoiden sijoitustapa. (Paikallavaletut betonirunkorakenteet. RT 82-10814.)

Pilarilaatta rakennuksen runkojärjestelmänä voidaan jakaa toiminnallisten tarpeiden perusteella neljään kuvassa 6 näkyvään perustyyppiin. Useampi- ja yksiaukkoiset rakenteet on neliökustannuksiltaan 1-aukkoista edullisempi. Rakenteen jatkuvuudella on suora riippuvuus laatan paksuuteen ja raudoitusmäärään. (Paikallavaletut betonirunkorakenteet. RT 82-10814.)



KUVA 6. Pilarilaatan runkovaihtoehtojen perustyyppit (Paikallavaletut betonirunkorakenteet. RT 82-10814, 12)

Laatan mitoille on määritetty eurokoodissa tietyt reunaehdot. Keskiötäisyys tarkoittaa palonkestävyyssmitoituksessa käytettävää pääraudoitustangon keskikohdan ja rakenneosan pinnan välistä etäisyyttä. Kuvasta 7 huomataan, miten palonkestovaatimus ja laatan erilaiset tukemistavat vaikuttavat laatan paksuus- ja keskiötäisyysvaatimuksiin.

Standardipalonkestävyys	Vähimmäismitat (mm)								
	a:n ja b _{min} :n mahdolliset yhdistelmät, joissa a on keskimääräinen keskiötäisyys ja b _{min} rivan leveys								
	Yhteen suuntaan kantava laatta	Ristiin kantava laatta		Pilari-laatta	Ristiin kantavan ripalaatan rivat (vähintään yksi reuna jäykästi kiinnitetty)				
$l_y/l_x \leq 1,5$		$1,5 < l_y/l_x \leq 2$							
REI 60	$h_s =$	80	80	80	180	$b_{min} =$	100	120	≥ 200
	$a =$	20	10	15	15	$a =$	25	15	10
REI 120	$h_s =$	120	120	120	200	$b_{min} =$	160	190	≥ 300
	$a =$	40	20	25	35	$a =$	45	40	30
REI 240	$h_s =$	175	175	175	200	$b_{min} =$	450	700	—
	$a =$	65	40	50	50	$a =$	70	60	
Huomautus Mitoitusrajoitukset esitetty eurokoodissa SFS-EN 1992-1-2. a on keskiötäisyys (ks. kuva 4). h_s on laatan ja mahdollisen palamattoman lattianpäällysteen paksuuksien summa									

KUVA 7. Teräsbetonilaattojen vähimmäismitat ja keskiötäisyydet (Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodin mukaan. Osa 3: Laatat, 2)

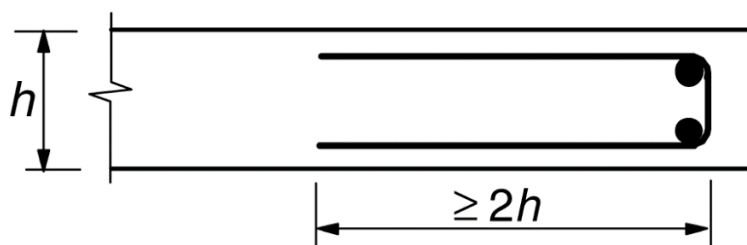
4.2 Raudoitus

Raudoitusten sijoittumiseen laatussa vaikuttaa betonipeite, jolla tarkoitetaan betonipinnan ja sitä lähinnä olevan raudoituksen pinnan välistä etäisyyttä. Betonipeitteen nimellisarvona käytetään peitteen vähimmäisarvon ja suunnittelussa huomioon otettavan mittapoikkeaman summaa. Kuvassa 8 on eurokoodin EN1992-1-1 kansallisessa liitteessä määritetty ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus rasitusluokittain. Betonipeitteelle määritettävällä vähimmäisarvolla taataan tartuntavoimien varma siirtyminen, teräksen suoja korroosiota vastaan sekä riittävä palonkestävyys. Vähimmäisarvo määräytyy terästen tartuntavaatimusten ja rakenteen ympäristöolosuhteiden mukaan. Myös tankojen välisille etäisyyksille on määritetty vähimmäisarvo riittävän tartunnan saavuttamiseksi. Etäisyyksiin vaikuttaa tankojen halkaisija ja betonissa käytetyn kiviaineksen suurin raekoko. Terästen sijoittelussa on huomioitava palonkestävyyssmitoituksessa käytetty menetelmä. Taulukkomitoituksessa pääraudoituksille määritetään keskiötäisyys, jonka takia voidaan joutua käyttämään suurempaa betonipeitettä kuin ympäristöolosuhteet ja tartuntavaatimukset edellyttäisivät. (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.)

Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo vaatimus $C_{min,dur}$ (mm)								
Kriteeri	Rasitusluokka eurokoodin EN 1992-1-1 taulukon 4.1 mukaan							
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XD3 XS2,3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä ¹⁾	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Minimilujuusluokka ²⁾	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45
Valittu lujuusluokka \geq	C20/25	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C35/45	C45/55
RakMK B4 1-rakenneluokka	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

KUVA 8. Ympäristöolosuhteiden vaikutus betonipeitteen vähimmäisarvoon (Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodin mukaan. Osa 2: Betonirakenteiden suunnitteluperusteet, 6)

Laatan rauditus koostuu taivutusraudoituksesta ja tarvittaessa käytettävästä leikkausraudoituksesta. Taivutusraudoitus toteutetaan laatan kantavassa suunnassa olevina tankoina, joita kutsutaan laatan pääraudoitukseksi. Yhteen suuntaan kantavissa laatoissa käytetään poikittaista jakoraudoitusta, joka on vähintään 20 % pääraudoituksesta. Laatan nurkissa käytetään nurkkaraudoitusta, jos laatan nousu nurkissa on estetty. Laatan vapailla reunoilla käytetään pitkittäis- ja poikittaisraudoitusta kuvan 9 mukaisesti järjestettynä. Laatan reunan suuntaisia pitkittäisraudoituksia kutsutaan pieliteräksiksi ja poikittaisia raudoituksia reunahaoiksi. Laatan reunoilla muutoin oleva rauditus voi toimia myös reunaraudoituksena. Reunaraudoitusta käytetään myös laatussa olevien aukkojen ympärillä. (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.)



KUVA 9. Laatan reunaraudoitus (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu, 157)

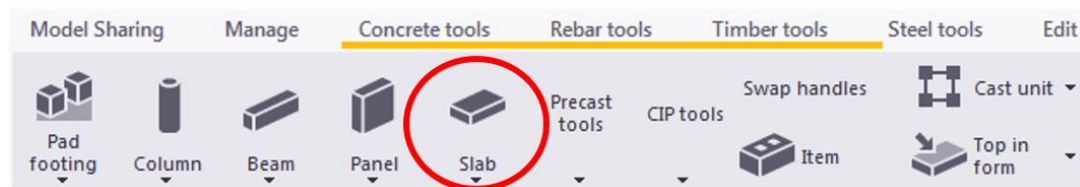
Leikkausraudoitetun laatan vähimmäispaksuus on 200 mm. Toimiva leikkausraudoitus muodostaa välillä 45° ja 90° olevan kulman rakenneosan pituusakselin kanssa. Laatussa pituusakseli on laatan kantava eli pääraudoituksen mukainen suunta. Leikkausraudoituksena käytetään yleensä hakoja tai ylöstaiivutettuja tankoja. Tavanomaisissa talonrakennuksen laatoissa ei yleensä tarvita leikkausraudoitusta, mutta jos laatan paksuus on enemmän kuin 400 mm tai suhteellinen teräspinta-ala vähemmän kuin 0,6 %, on leikkauskapasiteetti syytä tarkistaa (RIL 125 Teräsbetonirakenteet, 301). Pilarilaattojen osalta on tietyissä tilanteissa tarvetta käyttää lävistymisleikkausraudoitusta, koska pilareiden kohdalla laataan vaikuttaa kuormituspinta-alaltaan pienelle alueelle suuri kuorma. Lävistymisleikkaus voidaan ottaa vastaan erillisillä leikkausraudoituksilla tai laataan valettavilla paikallisilla paksunnoksilla. (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.)

5 PAIKALLAVALULAATAN MALLINNUSOHJE

5.1 Geometria ja detaljointi

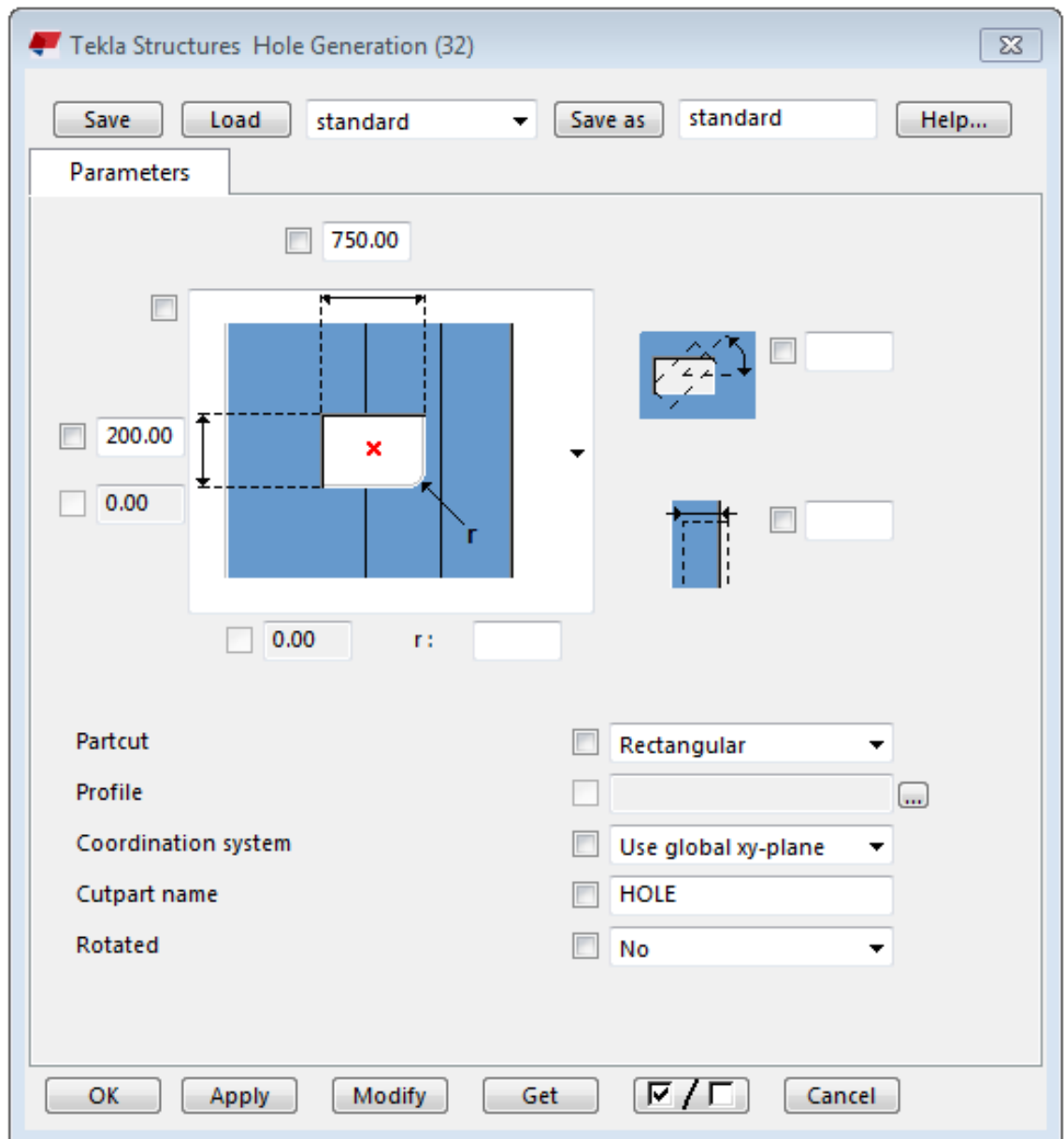
Ohjeen tuottamista varten mallinnetaan paikallavalettava laatta raudoituksineen. Laatan lähtötiedot saadaan olemassa olevasta vanhasta projektista, jolloin mallinnusta ja piirustusta voidaan verrata jo tuotettuun piirustukseen. Laataksi valitaan mitoiltaan suuri ja aukkoja sisältävä laatta, jotta komponenttien käytettävyyttä voidaan tutkia myös raudoitusjatkosten ja aukkojen raudoituksen näkökulmasta.

Laatta mallinnetaan kuvassa 10 esitetyllä *Create concrete slab* -työkalulla. Työkalu on Tekla Structu-resin perustyökalu, joka soveltuu monille erilaisille laatoille. Ohjeessa kerrotaan, miten työkaluun ladataan paikallavaletulle laatalle kustomoidut esiasetukset, jotka sisältävät yrityksen nimeämis- ja numerointiohjeen mukaiset arvot. Ohjetta tehdessä täytyy ajatella mallintamisen lisäksi lopputulosta, johon mallinnusohjeen avulla pyritään pääsemään. Mallinnetusta rakenteesta tuotetaan lähes aina erilaisia piirustuksia. Jotta piirustukset olisivat sisällöltään oikeanlaisia, pitää mallinnettuihin objekteihin lisätä tarvittavat tiedot. Mallinnetulle laatalle voidaan esimerkiksi asettaa käyttöikä, rasisusluokkaa ja raudoitteiden betonipeitteitä koskevia tietoja, jotka tulevat automaattisesti näkyviin piirustuksen reunateksteihin.

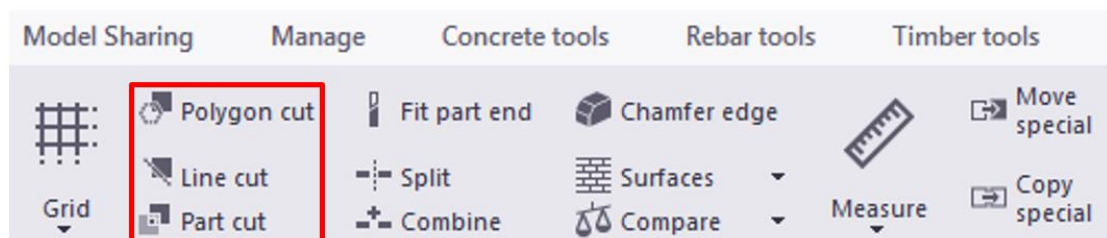


KUVA 10. *Create concrete slab* -työkalu (Tuura 2018)

Laatan reiät ja syvennykset mallinnetaan Teklan *Hole Generation (32)* -komponentilla. Komponenttiin on ladattavissa yrityksen omia esiasetuksia riippuen reiän tyypistä. Ohjeessa kerrotaan, miten leikkausobjektit nimetään ja miten niiden sijainti määräytyy suhteessa mallinnuspisteeseen. Kuvassa 11 näkyvä *Hole Generation (32)* -komponentti on yksinkertainen ja helppokäyttöinen komponentti. Leikkausobjektia mallinnettaessa käyttäjän täytyy määrittää ainoastaan leikattava objekti, sekä piste jonka mukaan leikkausobjektin sijainti määräytyy. Leikkausobjektin muodoksi voidaan valita suorakulmainen, pyöreä tai Teklan profiilikatalogista ladattu profiili. Reikien ja syvennyksien mallintamiseen on olemassa muitakin komponentteja. Esimerkiksi *Polygon Hole Generation (33)* -komponentti, jolla voidaan määrittellä leikkausobjektin rajat pisteitä valitsemalla. Komponenttien lisäksi reikiä ja syvennyksiä voidaan mallintaa kuvassa 12 esitetyn *Edit*-valikon *Polygon cut*, *Line cut* ja *Part cut* -työkaluilla. Laatan poikkileikkaukseen voidaan tehdä muutoksia joko mallintamalla rakenne useammasta osasta tai käyttämällä edellä mainittuja leikkauskomponentteja ja -työkaluja.



KUVA 11. *Hole Generation (32)*-komponentti (Tuura 2018)



KUVA 12. *Polygon cut*, *Line cut* ja *Part cut*-työkalut (Tuura 2018)

5.2 Raudoitusten mallintaminen

Tuotettavaan mallinnusohjeeseen sisällytetään tyypillisimmät paikallavaletun laatan raudoitetyypit jotka ovat ylä- ja alapinnan päätangot, reunahaat sekä aukkojen ja reunojen pieliteräkset. Lisäksi rakenteen saumoissa käytetään usein laatasta ulos tulevia tartuntateräksiä, joiden avulla viereinen rakenneosa kiinnittyy laattaan.

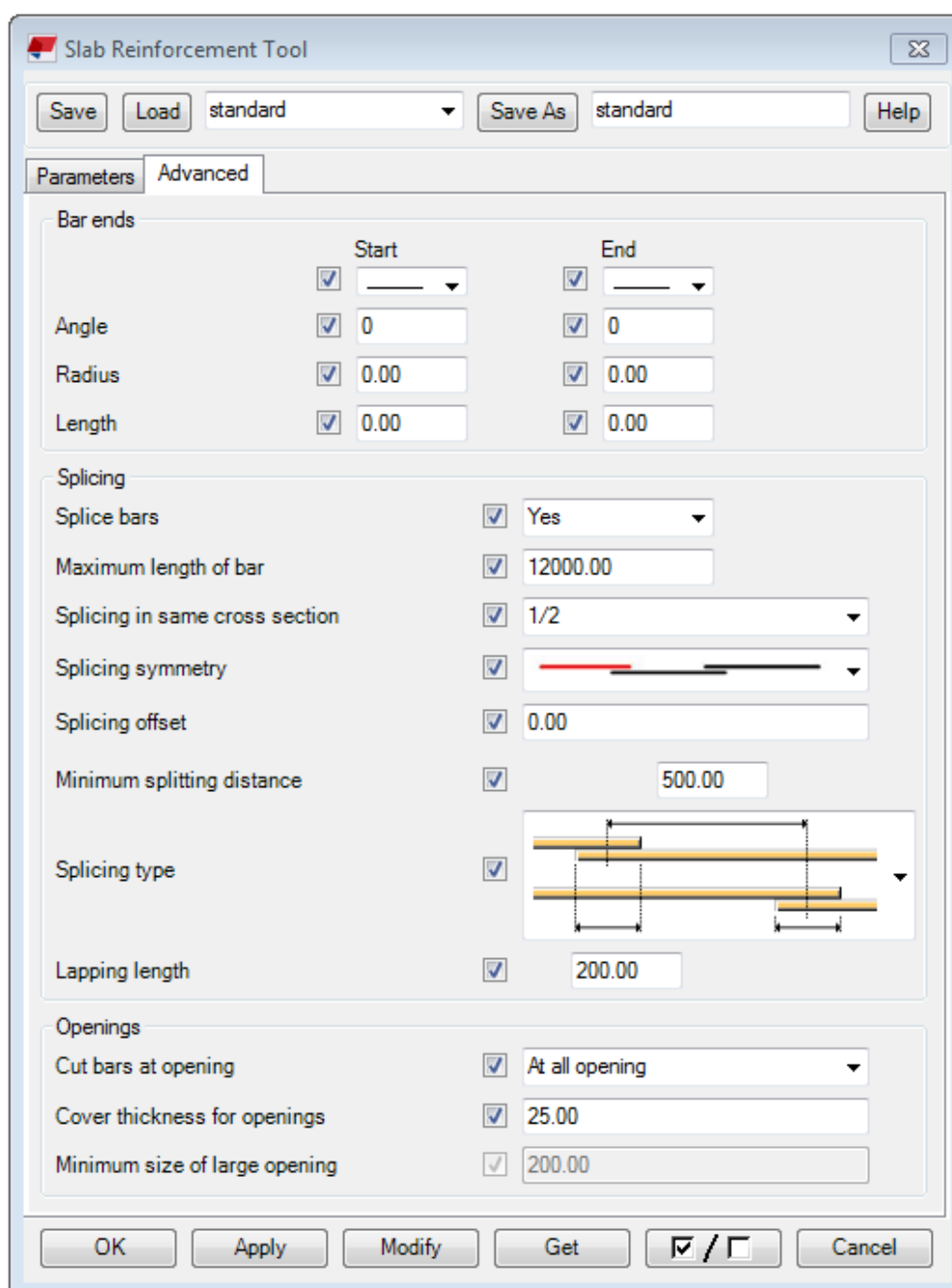
Laatan raudoituksessa on huomioitava raudoitustankojen varastokoot. Normaaleja kuumavalssattuja harjaterästankoja on saatavilla halkaisijaltaan 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ja 32 millimetrinä ja maksimissaan 12 metriä pitkinä. Rakennesuunnittelija määrittää tankojen halkaisijan mutta mallintajan täytyy huolehtia, että yli 12 metriä pitkillä matkoilla rakenteeseen mallinnetaan raudoitusjatkos. Jatkos toteutetaan yleensä limittämällä teräksiä riittävältä matkalta tai käyttämällä tangot toisiinsa liitävää muhvia.

Suurien paikallavalettavien laattojen raudoitukset mallinnetaan usein yksittäisinä tankoina tai tankoryhminä. Yksittäisten tankojen mallintamisen etuna on tankojen geometrian ja sijainnin vapaa muokattavuus, jota ei aina ole mahdollista tehdä komponenteilla. Käsintehdä muokkaus on kuitenkin hidasta jonka takia ensisijaisesti pitäisi käyttää tilanteeseen sopivaa komponenttia. Tuotettavassa ohjeessa kaikki raudoitukset mallinnetaan komponenttien avulla. Paikallavaletun laatan raudoitusta varten on olemassa monia eri komponentteja. Esimerkiksi laatan päätankoja mallinnettaessa vaihtoehtoina on useita Teklan komponentteja, kaksi yrityksen omaa komponenttia sekä Tekla Structur-resin 2017 -version myötä tullut *Rebar set* -toiminto, joka sisältää uudenlaisia raudoitustyökaluja.

Jos komponentin ominaisuudet eivät ole riittävät ja tangoista ei saada halutunlaisia, voidaan komponentti räjäyttää. Räjäytys tekee tangoista yksittäisiä tankoja ja tankoryhmiä, jolloin niiden sijaintia ja geometriaa voidaan muokata vapaammin. Räjäytyksessä on huomioitava, että komponentin ominaisuudet lakkaavat toimimasta. Jos esimerkiksi räjäytetään komponentti, joka katkoo tangot reikien kohdalla, ei uusien reikien kohdalla tangot katkea vaan ne jatkuvat reiän yli. Toinen räjäytykseen liittyvä ongelma koskee tankojen handle-pisteitä. Monissa komponenteissa räjäytyksen jälkeen yksittäisten tankojen ja tankoryhmien handle-pisteet ovat tankojen päissä. Näin tangon ominaisuuksissa olevat betonin suojapeitteet ovat 0 mm joka suuntaan, vaikka todellisuudessa tanko sijaitsee edelleen komponentin asetuksissa määritettyjen betonipeitteiden mukaisesti. Jos komponentti täytyy räjäyttää, kannattaa se tehdä mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa, jolloin rakenteen geometriaan ei tule enää suuria muutoksia.

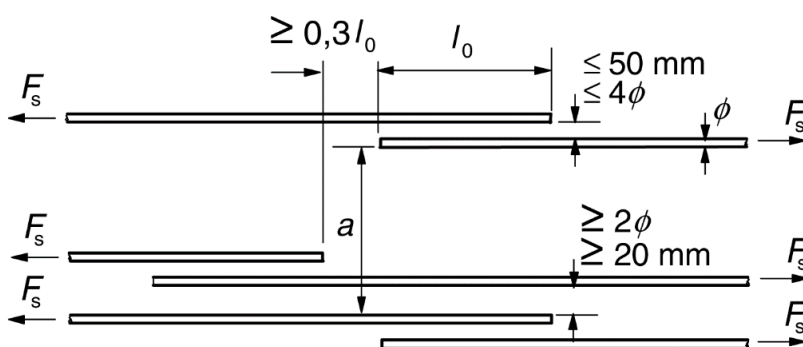
5.2.1 Slab Reinforcement Tool

Tuotettavassa ohjeessa päätankojen mallinnukseen valittiin aluksi *Slab Reinforcement Tool*-komponentti. Komponentti vaikutti soveltuvan parhaiten laatan päätankojen mallinnukseen koska sillä voi tehdä rauditusjatkoksia ja määrittää minkä kokoisten reikien kohdalla tangot katkaistaan. Paikalla-valetut laatat sisältävät usein paljon erikokoisia reikiä jolloin katkaisuominaisuus on erityisen hyödyllinen. Kuvassa 13 on esitetty komponentin *Advanced*-välilehti, jossa määritetään tankojen jatkoksia ja katkaisua koskevat asetukset. *Slab Reinforcement Tool*-komponentti mallintaa kerrallaan ainoastaan yhden pinnan teräkset yhteen suuntaan. Jos ylä- ja alapintaan halutaan rauditus kahteen suuntaan, joudutaan komponenttia käyttämään neljä kertaa. Tämä hidastaa hieman mallintamista mutta komponentin muiden ominaisuuksien ansiosta se vaikutti silti käyttökelpoisimmalta vaihtoehdolta.



KUVA 13. *Slab Reinforcement Tool*-komponentin *Advanced*-välilehti (Tuura 2018)

Slab Reinforcement Tool-komponentin raudoitusjatkosten toiminnassa tuli esille puutteita ohjeen tekemisen yhteydessä. Usein halutaan käyttää mahdollisimman paljon täysimittaisia 12 metriä pitkiä tankoja. Jotta komponentti tekisi mahdollisimman monesta tangosta täysimittaisen, on asetettava vähintään joka toinen jatkos samaan poikkileikkaukseen. Tällöin kuitenkin reikiä kohdalla olevien tankojen jatkokset asettuvat siten että tangot jäävät lyhyemmiksi kuin 12 metriä. Mikäli halutaan maksimoida täysimittaisten tankojen käyttö reifitettyssä laatussa, on asetettava jokainen jatkos samaan poikkileikkaukseen. Kuvasta 14 kuitenkin huomataan, että kahden vierekkäisen limijatkoksen välinen pituussuuntainen etäisyys täytyy olla vähintään 0,3 kertaa jatkospituuden suuruinen. Tästä johtuen vierekkäiset limijatkokset on usein pakko jakaa toisiinsa nähden eri kohtiin. *Slab Reinforcement Tool*-komponentilla ei siis voi mallintaa kaikissa tapauksissa limijatkoksia standardien mukaisesti, jos halutaan maksimoida täysimittaisten tankojen käyttö. (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.)



KUVA 14. Eurokoodin vaatimukset vierekkäisten limijatkosten etäisyyksille (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu, 138)

Yrityksen tietomalliasiantuntijat tarkastivat komponentin toiminnallisuudessa havaitut puutteet, jonka jälkeen niistä ilmoitettiin Trimble Solutions Oy:lle, joka vastaa ohjelmiston teknisestä tuesta Suomessa. Trimble Solutions Oy ilmoitti, että komponentti alkaa olla vanhentunut ja korvaavan *Mesh Bars*-komponentin käyttöä suositellaan. Tästä johtuen ohjeessa käytettävä komponentti päätettiin vaihtaa uudempaan *Mesh Bars*-komponenttiin.

5.2.2 Mesh Bars

Mesh Bars-komponentti eroaa toiminnallisuudeltaan hieman edeltävästä *Slab Reinforcement Tool*-komponentista. *Mesh Bars*-komponentti mallintaa laatan molempien pintojen ja suuntien tangot kerrallaan, kun *Slab Reinforcement Tool*-komponentilla voidaan mallintaa vain yhden pinnan ja suunnan tangot kerrallaan. Komponentti sisältää ominaisuuksia myös *Slab bars (18)*-komponentista, joka oli yksi vaihtoehto päätankojen mallintamiseen. Komponentin vaihtoa helpotti huomattavasti vanhojen komponenttien yhteneväisyys valikkojen ja toimintaperiaatteiden osalta. Kuvia 13 ja 15 verrattessa huomataan komponenttien yhteneväisyys esimerkiksi raudoitusjatkosten määrittelyn osalta. Trimble Solutions Oy:n vastaus *Slab Reinforcement Tool*-komponentin puutteita koskien oli ohjeen teon kannalta merkittävä, koska korvaavaa *Mesh Bars*-komponenttia ei olisi luultavasti muuten käytetty ja ohje olisi jäänyt tietyiltä osin puutteelliseksi.

The screenshot shows the 'Mesh Bars' software window with the 'Splicing' tab selected. The window has a title bar with a close button and a toolbar with 'Save', 'Load', 'standard', 'Save As', 'standard', and 'Help' buttons. Below the toolbar are tabs for 'Picture', 'Detailing', 'Bar end conditions', 'Splicing', and 'Attributes'. The 'Splicing' tab contains several sections:

- Splice bars:** A checked checkbox and a dropdown menu set to 'Yes'.
- Specific stock and lap length:** A checked checkbox and a dropdown menu set to 'Company_A'. Below this is a table with the following data:

Grade	Size	Max Length	Lap length
Undefined	6	6000.00	300.00
Undefined	8	6000.00	400.00
Undefined	10	6000.00	500.00
Undefined	12	12000.00	600.00
Undefined	16	12000.00	800.00
Undefined	20	12000.00	1000.00
Undefined	25	16000.00	1300.00
Undefined	32	16000.00	1600.00
- Unspecified stock and lap length:** A checked checkbox, a text input field with '6000.00', a checked checkbox, a dropdown menu set to 'Distance', a checked checkbox, and a text input field with '400.00'.
- Split and splice rebars:** A checked checkbox, a dropdown menu set to '1/1', a checked checkbox, a diagram showing a bar with a splice, a checked checkbox, a text input field with '0.00', a checked checkbox, a dropdown menu set to 'Coefficient of lap length', a checked checkbox, and a text input field with '2.5'.
- Splicing type:** A checked checkbox and a diagram showing two bars with a splice.
- Bar position:** A checked checkbox and a dropdown menu set to 'Bars parallel to each other'.

At the bottom of the window are buttons for 'OK', 'Apply', 'Modify', 'Get', a checked checkbox with a dropdown arrow, and 'Cancel'.

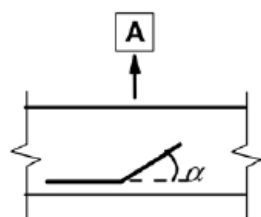
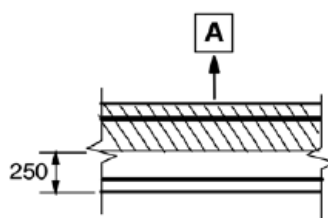
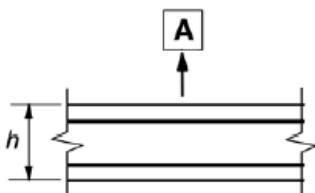
KUVA 15. *Mesh Bars*-komponentin *Splicing*-välilehti (Tuura 2018)

Raudoitusjatkosten käytön osalta *Mesh Bars* -komponenttia on uudistettu merkittävästi. Erikokoisten tankojen maksimi- ja jatkospituudet määräytyvät valitun valmistajan mukaan. Komponentin standard-asetuksilla valittavana on kolme eri esimerkkivalmistajaa. Jatkospituudet ovat kuitenkin samat kaikilla valmistajilla ja valmistajan vaihtaminen vaikuttaa ainoastaan tankojen maksimipituuksiin. Käytettävään jatkospituuteen vaikuttaa todellisuudessa tangon halkaisijan lisäksi betonin lujuus ja tartuntaolosuhteet. Tästä johtuen pudotusvalikkoon täytyy tehdä itse uusia asetuksia, joihin määritetään eri tartuntaolosuhteille ja erikokoisille tangoille halutut teräslaadut, maksimipituudet ja jatkospituudet. Asetuksia ei voida kuitenkaan tehdä komponentissa, vaan ne täytyy kirjoittaa mallikansioon tallennettavaan *MeshBarsSplicing_Manufacturers.dat* -tiedostoon. Tiedosto voidaan avata esimerkiksi Microsoftin Notepad-ohjelmalla. Kuva 16 on Tekla User Assistance -ohjetietokannan Mesh Bars -sivulta, jossa on kerrottu tiedoston sijainti. Tiedosto kannattaa kopioida mallikansioon, ja vasta sitten tehdä tarvittavat muutokset, jolloin uusista asetuksista tulee mallikohtaisia. Komponenttia voidaan käyttää esimerkiksi siten, että projektin alussa määritetään erilaisille tartuntaolosuhteille ja betonin lujuusluokille käytettävät jatkospituudet, kirjoitetaan ne tekstitiedostoon ja tallennetaan tiedosto mallikansioon. Näin oikeat jatkospituudet ovat valmiina komponentin pudotusvalikossa, eikä mallintajan tarvitse itse muokata tekstitiedostoa. *Mesh Bars* -komponentti ei ole kuitenkaan yrityksessä kovin yleisessä käytössä jonka takia mallintaja joutuu itse tekemään edellä kuvatut muokkaukset.

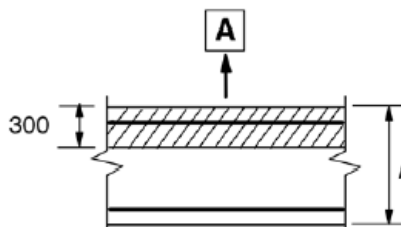
Option	Description
Splice bars	Select whether the reinforcing bars are spliced or not.
Manufacturer	Select the manufacturer of the reinforcement. The maximum bar lengths and lap lengths are then listed by the grade and size of the bar. If needed, you can modify these splicing definitions in the <i>MeshBarsSplicing_Manufacturers.dat</i> file. You can also copy the default file from <code>..\ProgramData\Tekla Structures\<version>\environments\common\system</code> , edit it, and save it to your project or firm folder.

KUVA 16. Ohje raudoitusjatkosten muokkaukseen (Tekla.com)

Harjatankojen jatkospituusvaatimus määräytyy tartuntalujuuden ja tartunta-alueen jännitystilan mukaan. Tartuntalujuuteen vaikuttavat betonin vetolujuuden lisäksi tartuntaolosuhteet ja tankojen halkaisija. Huonot tartuntaolosuhteet pienentävät tartuntalujuutta 0,7-kertoimella. Tartuntaolosuhteet riippuvat tangon suunnasta, sijainnista ja rakenneosan paksuudesta. Kuvassa 17 on esitetty tartuntaolosuhteiden määräytyminen eri tapauksissa. Kuvasta huomataan, että yli 250 mm paksuissa rakenteissa betonointisuunnan mukaisessa yläpinnassa vallitsee huonot tartuntaolosuhteet, jolloin vaadittu jatkospituus on suurempi ylä- kuin alapinnassa. *Mesh Bars* -komponentilla ei voida kuitenkaan määrittää halkaisijaltaan ja teräslaadultaan samanlaiselle tangoille eri jatkospituuksia. Tästä johtuen ylä- ja alapinnan raudoitukset täytyy mallintaa tietyissä tapauksissa erikseen. (Eurokoodi 2: Betoni-rakenteiden suunnittelu.)

a) $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ c) $h > 250 \text{ mm}$ **A** Betonointisuuntab) $h \leq 250 \text{ mm}$

a) & b) 'hyvät' tartuntaolosuhteet
kaikissa tangoissa

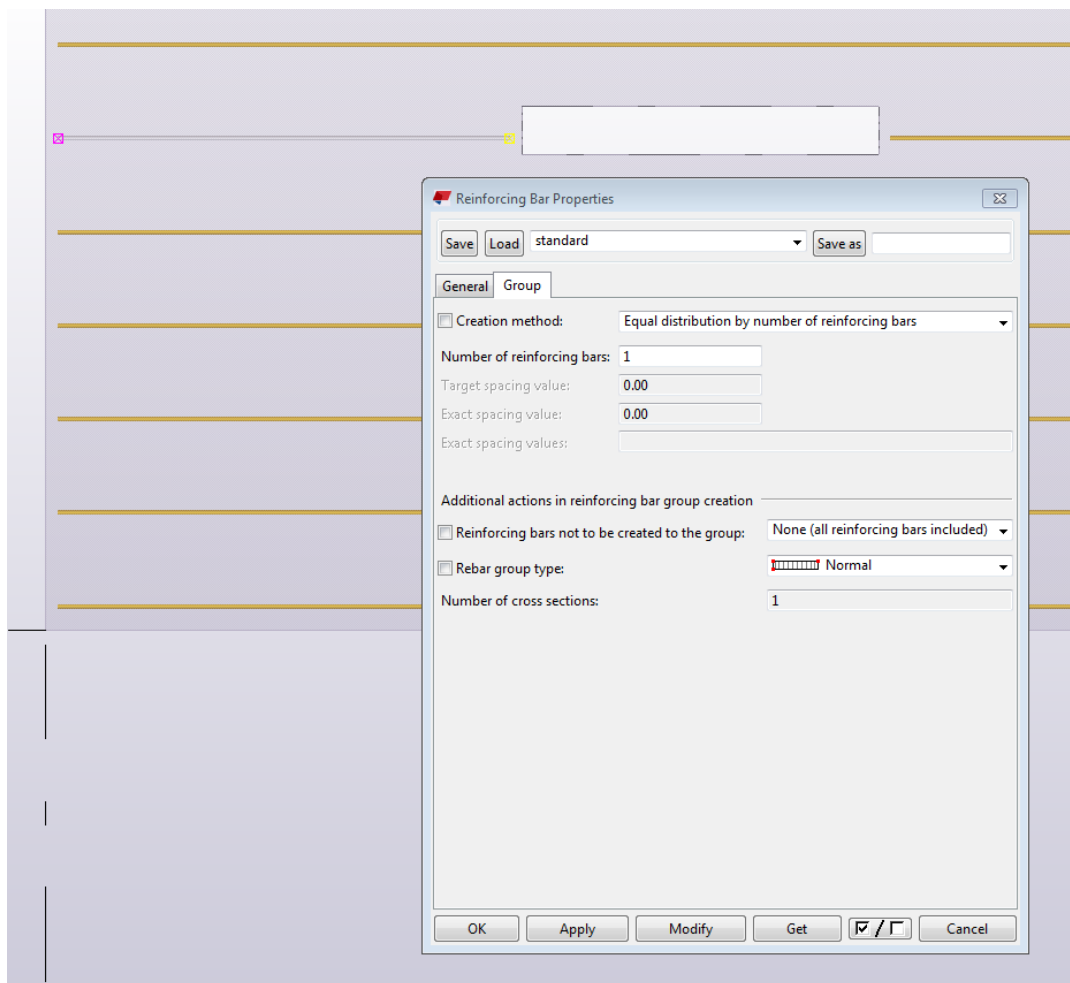
d) $h > 600 \text{ mm}$

c) & d) vinoviivoittamaton vyöhyke – 'hyvät'
tartuntaolosuhteet
vinoviivoitettu vyöhyke – 'huonot' tartuntaolosuhteet

KUVA 17. Tartuntaolosuhteiden kuvaus (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu, 133)

Mallinnusohjetta tehdessä täytyi arvioida, onko tekstitiedoston kautta tehtävä muokkaus liian haastavaa tai työlästä komponentin käyttäjille. Lisäksi arvioitiin, kannattaako ohjeessa neuvoa mallintamaan ylä- ja alapinnan teräkset erikseen, jotta tarvittaessa voidaan käyttää eri jatkospituuksia. Ohjeeseen päädyttiin sisällyttämään edellä mainitut asiat, jotta se toimisi myös esille tulleissa ongelmatilanteissa. Komponentin rauditusjatkosten toiminnallisuudessa havaittiin puute ainoastaan tilanteessa, jossa saman pinnan samankokoisille tangoille täytyy määrittää eri jatkospituus. Tässä tilanteessa myös saman pinnan tangot pitäisi mallintaa erikseen. Tämä onnistuu, jos toisen suunnan tankojen halkaisijaksi asettaa 0 mm jolloin niitä ei mallinneta. Yrityksen suunnittelijoiden mukaan on kuitenkin harvinaista, että saman pinnan samankokoisten tankojen välille tarvittaisiin eri jatkospituus. Komponentin rauditusjatkosten toiminta on siis tältä osin riittävää.

Piirustusasetuksia tehdessä havaittiin *Mesh Bars*-komponenttiin liittyvä ongelma, joka vaikuttaa piirustuksen raudoitimerkintöihin. Tekla Structuresissa voidaan määrittää erilainen raudoitimerkintä yksittäisille tangoille, tankoryhmille ja verkkoraudoiteille automaattisesti piirustusasetuksissa. *Mesh Bars*-komponentilla mallinnetut yksittäiset tangot saavat kuitenkin raudoitimerkinnäksi saman merkinnän kuin tankoryhmät. Ongelman havaittiin johtuvan komponentin ominaisuudesta, joka tekee yksittäisistä tangoista tankoryhmiä. Mallinnus- ja piirustusohjeen tavoitteena on mahdollisimman vähän käsin tehtävää muokkausta vaativa lopputulos, jonka takia raudoitimerkinnät pyritään määrittämään kaikilta osin sopiviksi piirustusasetuksissa. Komponenttia käytettäessä yksittäisten tankojen raudoitimerkintää joudutaan muuttamaan, jotta esimerkiksi jaon tunnus saadaan piilotettua. *Mesh Bars*-komponenttia edeltävässä *Slab Reinforcement Tool*-komponentissa yksittäiset tangot eivät ole tankoryhmiä, jolloin niille voidaan määrittää oma merkintä. Kuvassa 18 on komponentilla mallinnettu yksittäinen tanko ja sen Group-välilehti, josta ilmenee syy havaittuun ongelmaan.



KUVA 18. *Mesh Bars* -komponentilla mallinnettu yksittäinen tanko (Tuura 2018)

5.2.3 Reunahaat ja pieliteräkset

Ohjeessa laatan reunahaat ja pieliteräkset mallinnetaan yrityksen omilla komponenteilla, jotka vastaavat toiminnallisuudeltaan Teklan *Edge and Corner Reinforcement (62)* ja *Border rebar (92)* -komponentteja. Ohjeen teon yhteydessä huomattiin, että millään pieliterästen mallinnukseen käytettävällä komponentilla ei ole mahdollista asettaa pieliteräksille maksimipituutta jonka jälkeen käytetään rauditusjatkosta. Tästä johtuen terästen pituudet saattavat ylittää saatavilla olevien varastokokojen maksimipituudet. Piirustuksen raudoituutteluun tulee näkyviin laatan sivun mitan mukaan määräytyvä pituus ja täysimittaisten tankojen menekki täytyy laskea käsin. Reunahakojen mallinnukseen käytettävässä komponentissa on myös puute josta johtuen hakojen ylä- ja alapinnan suojaetäisyyksiä ei voida asettaa erikseen laatan eri sivuille. Usein hakojen pystysuuntainen mitta määritetään siten, että vaakasuuntaiset haan päät ovat samassa korkeudessa samansuuntaisten päätankojen kanssa. Näin haat mahtuvat, vaikka raudoitusta olisi paljon. Kun päätangot ovat eri suunnissa eri korkeudella, myös hakojen pystysuuntaista mitta pitäisi pystyä säätämään laatan eri sivuilla.

Reunahakojen ja pieliterästen mallinnukseen käytetään havaituista puutteista huolimatta yrityksen omia komponentteja koska ohjeen periaatteena on, että yleisimmät raudoitetyypit mallinnetaan komponenteilla ja ensisijaisesti valitaan käytettäväksi yrityksen oma komponentti. Komponentit ovat tarkoitettu alun perin elementtien mallintamiseen jonka takia ne eivät sovellu täydellisesti kaikille paikallavalurakenteille. Havaitut puutteet ovat yrityksen tiedossa ja tarvittavilla muutoksilla komponenteista saadaan myös paikallavalurakenteille sopivat. Yrityksen komponentteja käytettäessä havaittuja puutteita voidaan korjata joustavasti tarpeen vaatiessa. Jos ohjeessa käytetään Teklan komponentteja, on riskinä, että havaittuja puutteita ei korjata koskaan ja komponentin kehitys saatetaan lopettaa. Näin kävi esimerkiksi laatan päätankojen mallinnukseen alun perin valitun *Slab Reinforcement Tool*-komponentin kanssa. Yrityksen komponenteista on saatavilla ajantasaiset tiedot kehitykseen ja tuleviin ominaisuuksiin liittyen.

6 PAIKALLAVALULAATAN PIIRUSTUSOHJE

6.1 Raudituspiirustusten sisältö

Toinen tuotettava ohje käsittelee paikallavaletun laatan raudituspiirustuksen tuottamista Tekla Structures -ohjelmistolla. Laatan raudituspiirustus koostuu erilaisista leikkauksista ja betonia ja raudotteita koskevista tiedoista. Mallinnusohjelmistolla tuotettuihin piirustuksiin on mahdollista lisätä esimerkiksi raudoiteluettelo, joka listaa rakenneosan raudotteet pituuksineen ja taivutusmittoineen. Tavoitteena on, että ohjeen ratkaisuilla tuotettu piirustus on sisällöltään yleisten käytäntöjen ja yrityksen tyylin mukainen.

Piirustuksen ulkoasun ja sisällön määrittelyssä noudatetaan Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry:n Rakennesuunnittelun asiakirjaohjetta. Ohjeessa määritellään piirustuksessa esitettävien rakennetta koskevien tietojen sisältö kuvan 19 mukaisesti. Ohje sisältää lisäksi kuvissa 20 ja 21 esiteltyjä esimerkkikuvia, jotka havainnollistavat raudituspiirustuksen merkintöjen oikeanlaisen ulkoasun.

Sisältö yleissuunnitteluvaiheessa:

- päämitat
- kantavat rakenteet alustavasti
- rauditus karkealla tasolla ja alustavat määrät.

Sisältö hankintasuunnitteluvaiheessa:

Piirustusalue:

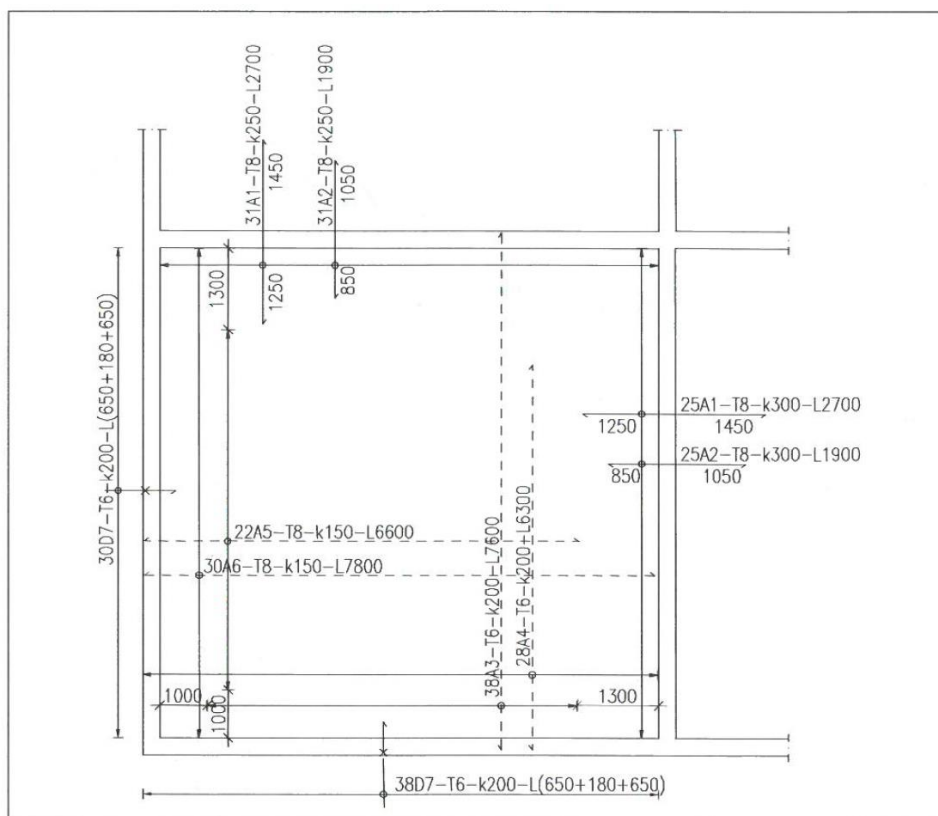
- rauditukset ja/tai rauditusmäärät projektikohtaisesti sovitulla tavalla
- moduulilinjat ja päämitat niihin sidottuina
- rauditus ja asennusjärjestys tarvittaessa
- kantavat pysty- ja vaakarakenteet
- ei-kantavat betonirakenteet
- jäykistävät rakenteet
- rauditukseen vaikuttavat aukot
- liikunta- ja työsaumat.

Ohjealue:

- betonin lujuusluokka
- rasitusluokka
- paloluokka
- suunnittelukäyttökä
- betonin erityisvaatimukset
- teräslaadut ja muut materiaalivaatimukset
- hitsiluokka
- betonipeitteen paksuus
- toleranssiluokka
- terästen jatkospituudet ja -periaatteet
- viittaus muihin oleellisiin asiakirjoihin.

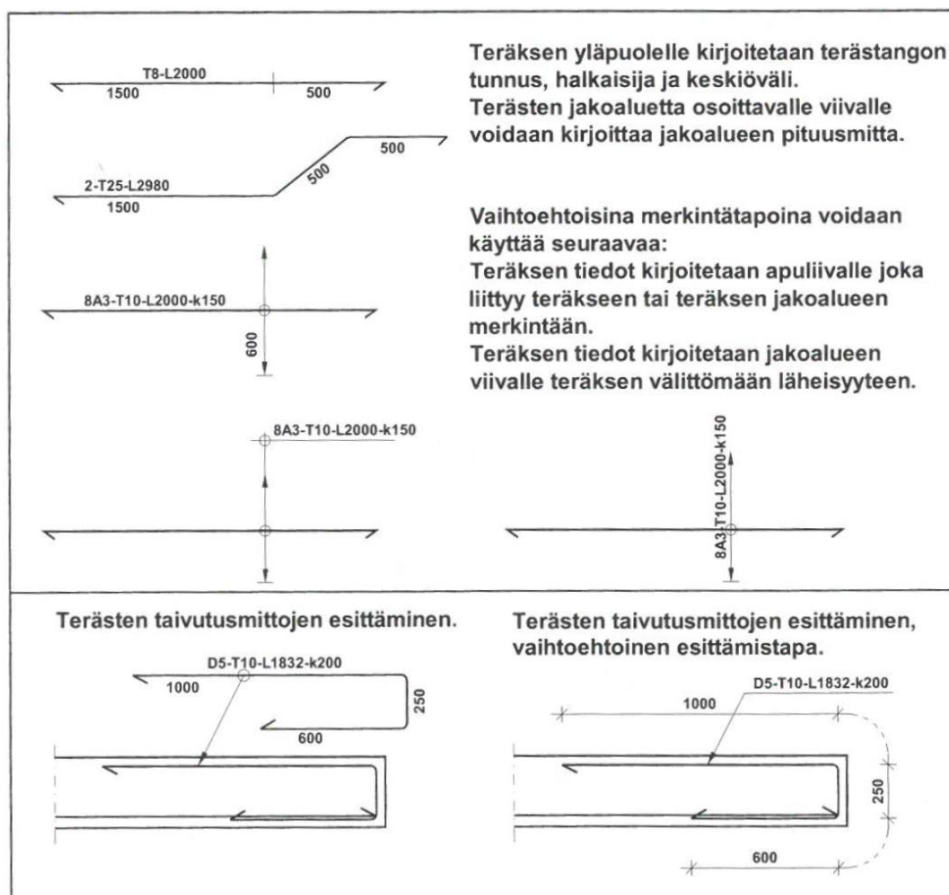
Toteutussuunnitteluvaiheessa täydennetään puuttuvat tiedot suunnitelmiin.

KUVA 19. Paikallavaletun rakenteen raudituspiirustuksen sisältö suunnittelun eri vaiheissa (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa: RIL 229-1-2013, 126)



KUVA 20. Laatan raudoituksen esittäminen tasoleikkauksessa (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje.

Tekstiosa: RIL 229-1-2013, 124)



KUVA 21. Taivutusmittojen esittäminen raudituspiirustuksessa (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje.

Tekstiosa: RIL 229-1-2013, 84)

6.2 Piirustusasetukset

Piirustuksia tehdessä käytetään yleensä ennalta määritettyjä esiasetuksia, joilla pyritään minimoimaan käsin tehtävän muokkaustyön tarve. Tekla Structuresissa piirustusten asetuksia voidaan määrittää piirustus- tai näkymäkohtaisesti. Piirustustason asetukset koskevat koko piirustusta ja ne määrittävät esimerkiksi piirustuksen paperikoon ja käytettävän layout-asetuksen, jonka mukaan määräytyy piirustukseen tuleva nimiö ja taulukot. Näkymätasolla tehdyt asetukset koskevat vain tiettyä näkymää ja niillä kontrolloidaan yleensä rakenteiden näkyvyyttä ja merkintöjä. Monia piirustusasetuksia voi tehdä samanaikaisesti molemmilla tasoilla. Samoihin asioihin vaikuttavat asetukset kannattaa kuitenkin tehdä ainoastaan yhdelle tasolle, jotta päällekkäisyyksiä ei synny.

Keskeinen osa piirustusasetuksien määrittelyssä on *Detailed object level settings*-toiminto, jolla voidaan määrittää miten eri rakenneosat ja merkinnät näkyvät piirustuksessa. *Detailed object level settings*-asetuksia tehdään luomalla sääntöriivejä. Riveihin valitaan jokin halutun objektin ominaisuus suodattimeksi joka erottaa tietyt objektit muista samanlaisista. Suodattimen lisäksi määritetään muokattavan objektin tyyppi sekä käytettävä asetus. Tarvittavat suodattimet ja asetukset voidaan määrittellä itse piirustus- tai näkymätason asetuksissa. Kuvassa 22 on esimerkki sääntöriiveä varten tehdystä suodattimesta, joka valitsee kaikki taivutustyyppiltään suorat raudoitustangot. Tangon taivutustyyppi määräytyy automaattisesti mallissa määritettyjen taivutusten perusteella. *Detailed object level settings*-toiminto löytyy näkymätason asetusten lisäksi myös piirustustason asetuksista. Piirustuksia muokatessa on huomioitava, että *Detailed object level settings*-asetukset tulee tehdä vain piirustus- tai näkymätasolla, ei molemmissa. Jos asetuksia on tehty molemmille tasoille, ne eivät toimi halutulla tavalla.

	Category	Property	Condition	Value	
<input checked="" type="checkbox"/>	-	Reinforcing bar	Shape	Equals	A

KUVA 22. Raudoitustangon taivutustyyppiin perustuva suodatin (Tuura 2018)

Detailed object level settings -asetukset ovat hierarkiassa korkeammalla kuin normaalit piirustus- tai näkymätason asetukset. Esimerkiksi kuvassa 23 näkyvää *reinfbars_shape_a* -suodatinta käytettäessä kaikkien suorien tankojen raudoitemerkinnäksi määrittyy sama *shape_diam_cc* -asetuksen mukainen merkintä. Usein eri raudoitetyypeille halutaan käyttää ulkoasultaan ja sisällöltään erilaisia merkintöjä ja tästä johtuen pelkän edellä mainitun sääntörivin käyttö ei välttämättä ole toimiva ratkaisu. *Detailed object level settings* -asetuksissa ylempänä oleva rivi määrää käytettävän asetuksen, jos eri rivien asetukset vaikuttavat samaan objektiin. Kuvan 23 tilanteessa voitaisiin esimerkiksi luoda rivi suorien tankojen raudoitemerkinnän määrittävän rivin yläpuolelle, ja asettaa suodattimeksi jonkin suoran tangon class-arvo. Näin tietyntyyppisille suorille tangoille voitaisiin määrittää oma asetus muiden suorien tankojen noudattaessa *shape_diam_cc* -asetusta.

Model object (Drawing filter)	Drawing object type	Settings used
class_507	Rebar	rebar_cyan
class_553x	Rebar	rebar_cyan
class_560x	Rebar	rebar_middle_cyandash
class_561x	Rebar	rebar_middle_cyandash
reinfbars_shape_a	Reinforcement mark	shape_diam_cc

KUVA 23. Esimerkki *Detailed object level settings* -asetusten sääntöriveistä (Tuura 2018)

Objektien näkyvyyttä ja merkintöjen sisältöä ja ulkoasua voidaan muokata myös yksittäin objekti- ja merkintäkohtaisesti. Tämä ei kuitenkaan ole suositeltavaa koska muutokset eivät välttämättä pysy, jos asetuksia muutetaan myöhemmin esimerkiksi näkymätasolla. Lisäksi yksittäin muokattujen asetusten hallinta on huomattavasti hankalampaa kuin keskitetysti yhdessä paikassa määritettyjen asetusten. Oikea tapa muokata yksittäisen objektin tai merkinnän asetuksia on aikaisemmissa kappaleissa mainitut *Detailed object level settings* -asetukset. Ainoastaan mitoitukseen liittyviä merkintöjä lisätään yleensä manuaalisesti piirustukseen koska niiden toimiva automatisoiminen ei aina ole mahdollista.

Tuotettava piirustusohje on yrityksen ensimmäinen tiettyä paikallavalurakennetta varten tehty ohje. Ohjeen yksinkertaistamiseksi päädyttiin tekemään uusi esiasetus piirustustasolle sekä kolme uutta näkymäkohtaista esiasetusta. Esiasetukset tallennetaan siten että ne ovat saatavilla kaikissa uusissa Tekla Structures -projekteissa. Kun esiasetuksia tehdään ainoastaan tiettyä rakenneosaa varten, voidaan asetuksiin määrittää paljon asioita valmiiksi ja näin helpottaa mallintajan työtä. Tavoitteena on, että ohjeen ja tehtyjen esiasetusten avulla olisi helppo tuottaa mahdollisimman vähän käsin tehtävää muokkausta vaativa piirustus.

6.3 Ohjeen piirustusratkaisut

Ohjeessa piirustuksen teko aloitetaan valitsemalla käyttötarkoitukseen sopiva piirustus pohja. Piirustus pohjana käytetään *General Arrangement* -pohjaa, jossa piirustus tuotetaan valitusta näkymästä. Rakenteiden näkyvyyttä voidaan säädellä rajaamalla näkymää ja käyttämällä tarvittavia filttareita. Ohjeessa näkymänä käytetään tavallista 3d-näkymää, jossa katselusuunta on asetettu ylhäältäpäin. Näin tasoleikkauksen syvyys noudattaa näkymälle asetettua syvyyttä ja sitä on helppo muuttaa jälkeinpäin. Ohjeessa kerrotaan myös, miten piirustukseen voidaan lisätä toinen tasoleikkaus. Laatan pystyleikkaukset otetaan piirustuskuvan asetuksista löytyvällä työkalulla, jolloin leikkauksen sijaintia ja syvyyttä voidaan kontrolloida piirustuskuvassa.

Piirustustason esiasetukseksi ohjeistetaan lataamaan paikallavaletun laatan raudoitusta varten tehdyt asetukset. Asetuksissa paperikoko on määritetty paikallavalurakenteille ominaisesti melko suureksi, jotta kaikki tarvittavat leikkaukset mahtuvat samaan piirustukseen. Ohjeessa neuvotaan, miten paperikoko tarvittaessa pienennetään. Piirustustason esiasetukset sisältävät usein valmiin Layout-asetuksen, joka määrittää piirustukseen tulevan nimiön ja taulukot. Ohjeessa käytettävä esiasetus sisältää yrityksen tekemän General Arrangement -piirustuksia varten tehdyn Layoutin, joka esittää nimiön lisäksi kuvassa 24 näkyvät raudoitteiden taivutustyyppit ja raudoiteluettelon.

TUOTETIEDOT																
LIITTYVÄT ASIAKIRJAT																
RAUDOITTEIDEN TAIVUTUSMUODOT:																
A			B			D			Taivutusmitat noudattavat terästen ulkopintaa.							
RAUDOITTELUETTELO							VALUYKSIKÖN TUNNUS: PV-L-1			LKM: 1						
RAUDOITTEET				D	L	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]					KOMMENTTI			
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	YHT [kg]	a	b	c	d	e	u	v	x	TD
A	1	74	B500B	8	5950		173.9	5950								
A	2	62	B500B	8	7150		175.1	7150								
D	3	132	B500B	8	960		50.2	400	200	400						32
D	4	2	B500B	10	8100		10.0	520	7104	520						40
B	5	4	B500B	10	6400		15.8	5902	520							40
B	6	2	B500B	10	7600		9.4	7102	520							40
RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO YHTEENSÄ [kg]:															434.3	

KUVA. 24. Esimerkki Layout-asetukseen määritettävien taulukoiden sisällöstä (Tuura 2018)

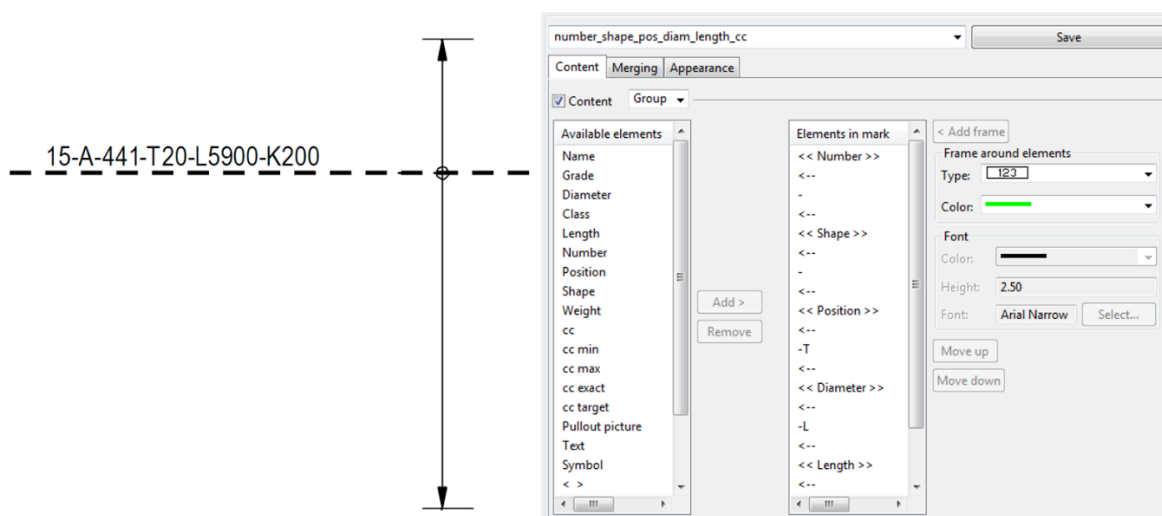
Näkymätasolle luodaan kolme uutta esiasetusta. Tasoleikkauksia varten tehdään kaksi eri asetusta, jotta ylä- ja alapinnan raudoitukset voidaan esittää erillisissä tasoleikkauksissa. Tasoleikkauksien esiasetukset tehdään siten että kummallakin asetuksella on mahdollista esittää tarvittaessa myös molempien pintojen raudoitteet. Ylä- ja alapinnan raudoitteiden näkyvyyttä kontrolloidaan filttareiden ja *Detailed object level settings* -asetusten avulla. Molempien pohjien *Detailed object level settings* -asetuksiin lisätään rivit jotka määrittävät alapinnan teräkset näkymään katkoviivalla. Teräkset piilotetaan class-pohjaisella filterillä, jolloin ne on helppo saada tarvittaessa näkyviin. Kolmas esiasetus tehdään laatan pystysuuntaisia leikkauksia varten. Pystyleikkauksessa kaikki raudoitteet esitetään yhtenäisellä viivalla ja raudoitemerkinnöissä ei esitetä tankojen pituuksia tai tankoryhmissä olevien tankojen lukumääriä kuten tasoleikkauksissa tehdään.

Ohjeessa on ensiarvoisen tärkeää kertoa, millä tasolla mitäkin asetuksia kuuluu tehdä. Kyselyssä esille tulleet raudoitemerkintöjen muokkaamista koskevat ongelmat liittyvät todennäköisesti päällekkäisiin asetuksiin. Kun tietty ominaisuus on määritetty *Detailed object level settings* -asetuksissa, ei asetusten muokkaaminen piirustus- tai näkymätasolla vaikuta merkintään.

Yrityksellä on valmiit piirustustason esiasetukset paikallavalurakenteiden raudoituspiirustukselle. Näitä asetuksia käytetään pohjana uusien esiasetusten teossa. Ongelmana on, että asetuksiin on määritetty *Detailed object level settings* -asetuksia. Uusia esiasetuksia tehdessä on päätetty, että *Detailed object level settings* -asetukset tehdään näkymätasolla. Kun *Detailed object level settings* -asetukset poistetaan käytöstä piirustustason asetuksista, muuttuu piirustuksen ulkoasu ja merkintöjen sisältö. Piirustus ei siis näytä halutunlaiselta ennen kuin näkymiin ladataan niitä varten tehdyt esiasetukset. Mallintajat eivät välttämättä lue paikallavalulaatan piirustusohjetta ja näin he eivät voi tietää, että näkymiin täytyy ladata oikeat esiasetukset, jotta piirustuksesta saadaan halutunlainen. Ongelman ratkaisemiseksi pohjana käytettyjen piirustustason asetusten *Detailed object level settings* -asetukset pyritään sisällyttämään tuotettuihin piirustustason asetuksiin siten että paikallavalulaatalle tyypilliset merkinnät olisivat mahdollisimman samanlaisia. Yksittäisiä objekteja koskevia asetuksia ei voida kuitenkaan toteuttaa piirustustason asetuksissa ilman *Detailed object level settings* -asetuksia, ja tästä johtuen kaikkia merkintöjä ei saada samanlaisiksi.

Laatan raudoituspiirustukselle tyypillisiä merkintöjä ovat erilaisten raudoitustankojen ja betonirakenteiden merkinnät. Merkintöjen sisällöt määritetään Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry:n Rakennesuunnittelun asiakirjaohjeen mukaan. Lisäksi kysytään yrityksen suunnittelijoiden mielipiteitä sekä tutkitaan aiemmin tuotettuja raudoituspiirustuksia, jotta piirustusohjaan valmiiksi määritettävä merkintä olisi tyyliltään ja sisällöltään yrityksen käytäntöjen mukainen. Raudoitemerkinnät ovat sisällöltään melko vakiintuneita mutta erityisesti merkintöjen tyyliin ja fonttiin on kiinnitettävä huomiota. Esimerkiksi teollisuuskohteissa on usein tarve käyttää suurempaa fonttia kuin Rakennesuunnittelun asiakirjaohjeessa suositellaan. Tämän takia täytyy arvioida esiasetusten todennäköisiä käyttökohteita ja valita fonttikoko sen mukaan.

Työntekijöille suunnatussa kyselyssä selvisi, että raudoitemerkintöjen tekeminen koetaan haastavaksi, jonka takia keskeinen osa piirustusten esiasetusten teossa on raudoitemerkintöjen sisällön ja ulkoasun määrittäminen eri leikkauksissa. Yrityksen aiemmissa paikallavalurakenteiden esiasetuksissa on käytössä suodatin, joka määrittää raudoitemerkinnän raudoitteen taivutustyyppin mukaan. Laatan raudoituspiirustuksessa on kuitenkin tarve käyttää sisällöltään ja ulkoasultaan erilaisia raudoitemerkintöjä taivutustyyppiltään samanlaisille tangoille. Tästä johtuen tasoleikkausten *Detailed object level settings* -asetuksiin tehdään sääntörivi, joka määrittää päätangoille yksilöidyn merkinnän. Kuvassa 25 näkyvä tasoleikkauksen päätankojen merkintä on asetettu tankojen suuntaisesti ja siihen on sisällytetty esimerkiksi tankojen pituudet ja käytetty jako. Kuvassa 26 on esimerkki esiasetuksilla tehdystä alapinnan raudoitusnäköymästä.

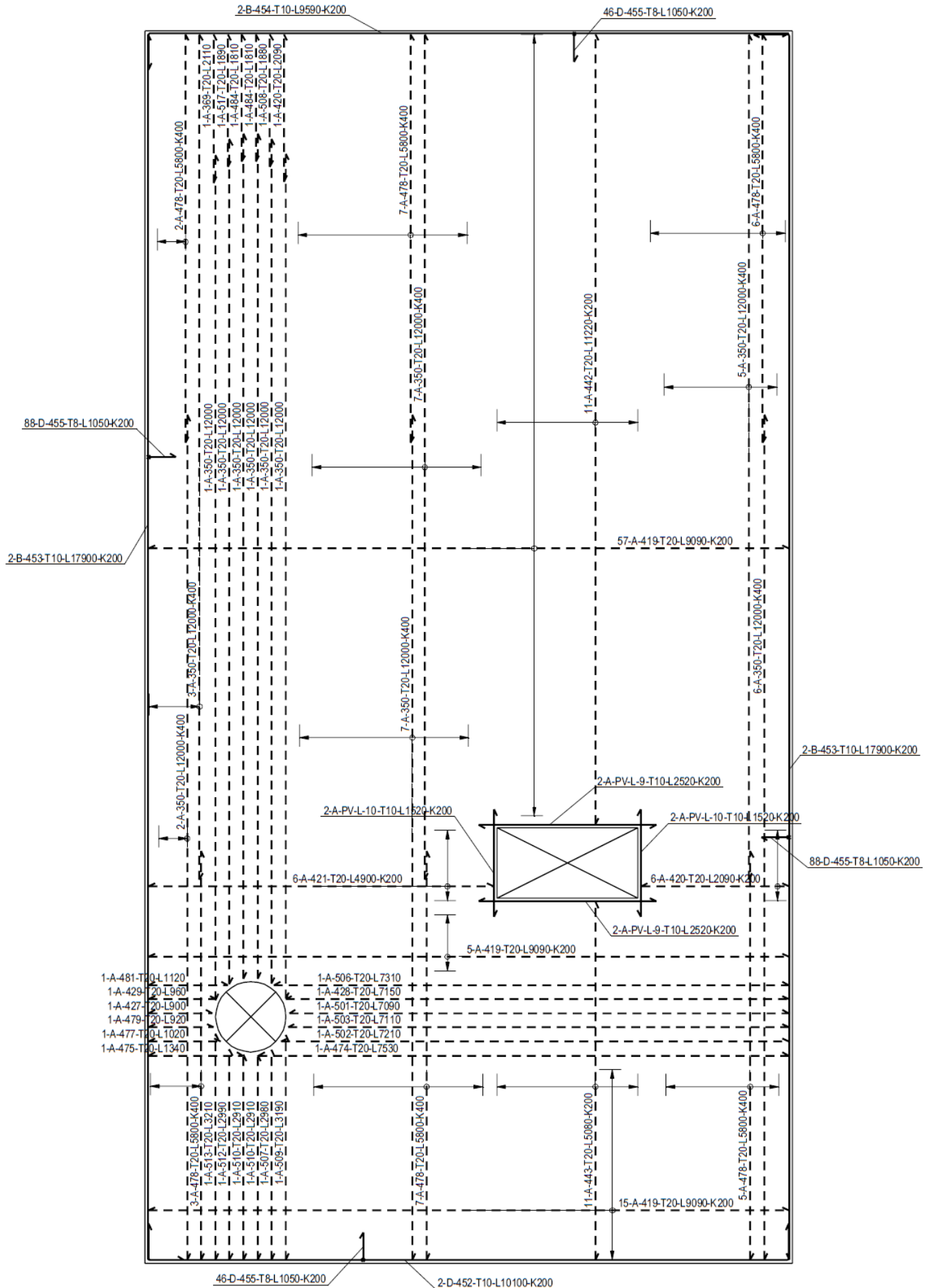


KUVA 25. Tasoleikkauksen päätankojen raudoitemerkintä (Tuura 2018)

Kaikille paikallavalettaville betonirakenteille määritetään samanlainen merkintä, joka sisältää rakeneosan nimen, valuyksikön ja muita raudoituspiirustukselle ominaisia tietoja. Merkintä toteutetaan *Detailed object level settings* -sääntörivin avulla siten, että suodattimeksi asetetaan paikallavalurakenteiden class-arvon ensimmäinen numero. Näin piirustuksessa mahdollisesti näkyvät muut paikallavalurakenteet saavat vastavan merkinnän kuin laatat. Jos halutaan määrittää poikkeava merkintä, kirjoitetaan rivin yläpuolelle uusi rivi, jonka suodattimeksi asetetaan tarkka class-arvo.

ALAPINNAN RAUDOITUS

1:50



KUVA 26. Piirustusohjeen esiasetuksilla tehty raudoituspiirustuksen tasoleikkaus (Tuura 2018)

7 TYÖN LOPPUTULOS

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa paikallavalualaalle mallinnus- ja piirustusohje. Tavoitteeseen päästiin ja ohjeet saatiin tuotettua. Lisäksi työhön sisältynyt kysely antoi yritykselle tietoa paikallavalurakenteiden tietomallipohjaiseen suunnitteluun liittyvistä ongelmista. Ohjeiden tekemisen aikana saatiin myös komponenttikohtaista tietoa paikallavalurakenteiden mallinnuksen ongelmista.

Mallinnusohjetta varten käyttöön valittiin kuhunkin tilanteeseen parhaiten soveltuvat komponentit ja työkalut. Sopivan komponentin löytäminen vaati paljon komponenttien ominaisuuksien testaamista. Laatan päätankojen mallintamiseen ja rauditusjatkosten toimintaan liittyi ongelmia mutta yrityksen tietomalliasiantuntijoiden ja Trimble Solutions Oy:n avulla löydettiin ohjeeseen soveltuva komponentti. Yhdistämällä komponenttien välilehdiltä tehdyt opastekuvat mallinnusohjeen tekstiosaan saatiin helpokäyttöinen ja tiivis mallinnusohje, josta ilmenee komponenttien asetusten toimintaperiaatteet.

Mallinnusohjeessa mallinnustarkkuutena käytettiin Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarjan osan 5 Rakennesuunnittelu määrittelemää toteutussuunnitteluvaiheen mallinnustarkkuutta. Julkaisun liitteenä on taulukoita, joissa määritellään mallinnuksen tarkkuus rakennusosittain suunnittelun eri vaiheissa. Kantavan paikallavalulaatan osalta toteutussuunnitteluvaiheen vaatimukset ovat samat ala-, väli-, ja yläpohjalle. Laatat mallinnetaan liittymineen ja valutarvikkeineen. Paikallavaluraudoitteiden mallintamisesta sovitaan projektikohtaisesti. Pää- ja reunaraudituksen osalta ohje täyttää Yleisten tietomallivaatimusten toteutussuunnitteluvaiheen mallinnustarkkuuden. Ohjeen avulla voidaan mallintaa myös yksittäisiä tankoja, joita voidaan käyttää työsaumaraudoitteina ja tartuntoina. Mallinnusohjeeseen ei sisällytetty valutarvikkeiden mallinnusta koska paikallavalulaatta on rakennosana monimuotoinen ja valutarvikkeiden käyttö on huomattavasti vähäisempää kuin esimerkiksi betonielementeissä.

Työn tekemisen aikana todettiin, että piirustusohjetta varten tarvitaan uusia esiasetuksia, jotta ohjeesta ei tule liian monimutkainen ja sitä noudattamalla saadaan tuotettua mahdollisimman valmiita piirustuksia. Yhden piirustuskohtaisen ja kolmen näkymäkohtaisen esiasetuksen avulla saatiin oikeanlaiset asetukset erityyppisille rauditusleikkauksille.

Mallinnusohjeen ja piirustusohjeen teon lähtökohdat olivat hieman erilaisia, sillä mallintaminen komponenttien avulla on melko yksinkertaista ja tästä johtuen mallinnusohje soveltuu myös aloitteleville mallintajille. Piirustusten tuottaminen Tekla Structuresilla vaatii hieman enemmän ymmärrystä ohjelmiston toiminnasta. Piirustusohjeita noudattamalla ja esiasetuksia käyttämällä saadaan harvoin täysin valmiita kuvia ja mallintaja joutuu usein muokkaamaan asetuksia tapauskohtaisesti. Jos asetusten määrittely eri tasoille ei ole tuttua, voi merkintöjen ja piirustuksen ulkoasun muokkaaminen olla haasteellista.

8 POHDINTA

Opinnäytetyötä tehdessä yrityskohtaisen numerointi- ja nimeämishojeen noudattamisen tärkeys korostui monessa kohdassa kuten class-pohjaisessa filteröinnissä sekä raudoitteiden tunnuksien määrittelyssä. Työ opetti ymmärtämään tietomallinusprojektin kokonaisuutta aiempaa laajemmin. Tekla Structuresilla mallinnettaessa työn pitää olla järjestelmällistä koska kaikki tehdyt ratkaisut vaikuttavat jollain tavalla lopputulokseen. Tiettyjä piirustusasetuksia voidaan esimerkiksi määrittää monella eri tasolla, jolloin on riski, että luodaan vahingossa päällekkäisiä asetuksia.

Haasteena oli löytää kuhunkin tilanteeseen ratkaisu, joka on mahdollisimman hyvin linjassa muiden ohjeiden ja yrityksen käytäntöjen kanssa. Tekla Structuresissa asioita voi tehdä monella eri tavalla mutta ohjeiden pitäisi olla keskenään loogisia ja käyttää samoja periaatteita. Työn teko vaati paljon perehtymistä aiemmin tehtyihin ohjeisiin sekä eri projektien tietomalleihin.



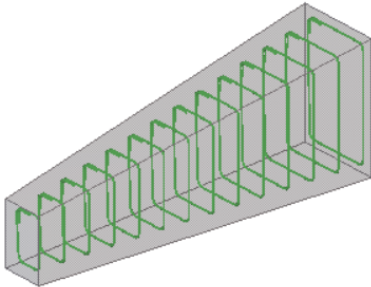

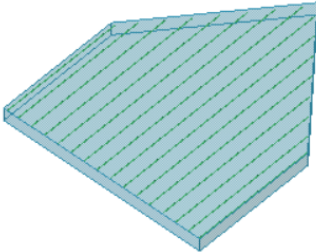

Komponenttien yleisin ongelma on mielestäni muokattavuuden rajallisuus. Komponenteista on luultavasti pyritty tekemään asetuksiltaan mahdollisimman selkeitä ja helppokäyttöisiä. Tästä johtuen komponenteista puuttuu usein jokin tärkeä rakenteen muokkausta koskeva toiminto. Esimerkiksi pieliterästen mallintamiseen tehdyistä komponenteista puuttuu mahdollisuus määrittää tankojen maksimipituus. Puutteiden takia mallinnuksessa käytetään yksittäisiä tankoja, joiden käyttö on hidas. Uskon että komponenttien toiminnallisuutta kehittämällä voitaisiin lisätä tietomallinnuksen hyödyntämistä myös paikallavalurakenteiden osalta.

Tekla Structuresin komponenttikatalogin käytettävyyteen kannattaa mielestäni kiinnittää huomiota. Maakohtaisia ympäristöjä käytettäessä komponentit ovat järjestetty rakennusmateriaaleittain ja rakennusosittain loogisesti, jolloin mallintaja löytää samasta paikasta kaikki tietyn rakenneosan mallintamista varten tehdyt komponentit. Yrityskohtaisissa ympäristöissä komponentteja ei välttämättä ole järjestetty vastaavanlaisiin ryhmiin. Esimerkiksi laatan päätankojen mallintamiseen käytettävä Mesh Bars -komponentti voi olla vaikea löytää, jos rakennusosittain tehtyä lajittelua ei ole. "slab" -haulla tulokseksi saadaan *Slab bars (18)* ja *Slab Reinforcement Tool* -komponentit, vaikka ensisijaisesti pitäisi käyttää uudempaa *Mesh Bars* -komponenttia. Suuria ja sisällöltään sekalaisia ryhmiä tulisi välttää ja mallintajan saatavilla pitäisi olla kaikki tiettyyn käyttötarkoitukseen tehdyt komponentit samassa ryhmässä.

Mallinnusohjetta tehdessä hyödynnettiin Tekla User Assistance -ohjetietokantaa, joka sisältää kaikkien Tekla Structuresin omien komponenttien ja työkalujen toiminnot englanniksi selitettynä. Ohjeita tehdessä on syytä arvioida, tarvitsevatko mallintajat kaikkia ohjeita suomenkielisinä. Ohjelmiston kieli on englanti jonka takia voisi olla selkeintä tuottaa ohjeet englanninkielisinä. Mallinnus- ja piirustusohjetta tehdessä yhtenä haasteena oli suomennosten määrittäminen Tekla Structures -ohjelmiston englanninkielisille termeille. Jos käytetty suomennos ei ole yleisesti käytössä, ei mallintaja välttämättä tiedä mihin ohjelmiston kohtaan termillä viitataan.

Monet komponentit sisältävät pudotusvalikoita, joista valitaan haluttu asetus komponentin tiettyä ominaisuutta varten. Tekla User Assistance -ohjetietokannasta löytyy tyypillisesti taulukko, jossa selitetään eri vaihtoehtojen toimintaperiaate. Näin mallintajan ei tarvitse kokeilla eri vaihtoehtoja löytääkseen oikean. Kuvassa 27 on Tekla User Assistance -ohjetietokannan ohje *Bar group* -työkalulla mallinnettavista erilaisista tankoryhmistä. Tämän tyyppisestä kuvallisesta ohjeesta mallintajan on helppo katsoa miten eri valinnat vaikuttavat tankoryhmän mittoihin.

Reinforcing bar group types

Option	Description	Example
 Normal	<p>Not tapered.</p> <p>Pick two points to define the distribution area of the bar group.</p>	
 Tapered	<p>One bar dimension changes linearly in the group.</p>	
 Tapered ridge	<p>One bar dimension changes linearly in the group. The dimension is longest in the middle of the group.</p>	
 Tapered curved	<p>One bar dimension changes along a curve. The dimension is longest in the middle of the group.</p>	

KUVA 27. *Bar group* -työkalun ohje Tekla User Assistance -ohjetietokannassa (Tekla.com)

Opinnäyteyötä tehdessä oli aikaa perehtyä erilaisiin mallinnusratkaisuihin ja tapoihin tuottaa piirustuksia. Kun pyrkimyksenä oli tuottaa mahdollisimman valmis piirustus esiasetuksia säätämällä, niin asetusten toimintaperiaatteet tulivat tutuiksi. Usein asetuksia ei saada toimimaan halutulla tavalla ja tarvittavat muokkaukset tehdään yksittäin objekteille ja merkinnöille. Loppujen lopuksi tämä on huomattavasti hitaampaa kuin oikein valittujen esiasetusten kustomointi tilanteeseen sopivaksi esimerkiksi *Detailed object level settings* -sääntörivien avulla. Mallintajan olisi hyvä tuntea asetusten toimintaperiaatteet ja yrityksen käytännöt asetusten määrittelyssä, jotta asetukset saataisiin muokattua projekti- ja piirustuskohtaisesti sopiviksi.

Opinnäytetyön tekeminen opetti paljon asioita tietomallintamisesta ja Tekla Structures -ohjelmistosta. Uskon että kehityin mallintajana ja koen että minulla on hyvät valmiudet jatkaa työskentelyä tietomallinnusta hyödyntävien projektien parissa.

Ohjeiden teolla pyritään edistämään paikallavalurakenteiden tietomallinnusta ja työn onnistumisen määrittää lopulta se, hyödyttävätkö tuotetut ohjeet mallintajia ja lisäävätkö ne komponenttien käyttöä ja siten automaatiota mallinnuksessa ja piirustusten tuottamisessa. Tuotettu ohje on yrityksen ensimmäinen tiettyä paikallavalettua rakenneosaa varten tehty mallinnus- ja piirustusohje. Tavoitteena on, että tulevaisuudessa paikallavaletuille rakenneosille olisi vastaavat komponentit ja ohjeet kuin elementeille on. Kehitettävää on vielä paljon mutta kehitystä tapahtuu jokaisen uuden Tekla Structures -version ja yrityksen oman komponentin myötä.

LÄHTEET

BETONITEOLLISUUS RY. Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Osa 2: Betonirakenteiden suunnitteluperusteet [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-04-28]. Saatavissa: http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_2_Betonirakenteiden_suunnitteluperusteet.pdf

BETONITEOLLISUUS RY. Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Osa 3: Laatat [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-23]. Saatavissa: http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_3_Laatat.pdf

eurocodes.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-23] Saatavissa: <http://www.eurocodes.fi/>

EUROKOODI 2: BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. SFS-EN 1992-1-1 [viitattu 2018-02-20] Helsinki: Suomen Standardoimisliitto. Saatavissa <http://www.eurocodes.fi/1992/1992-1-1/contents1992-1-1.htm>

KAUTTO, Tero 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5. Rakennesuunnittelu [verkkojulkaisu]. [viitattu 2018-01-30] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf

KOUKKARI, Heli. 1996. Jälkijännitetyn betoni-teräslittolaatan suunnitteluperusteet. VTT. [viitattu 2018-01-30] Saatavissa <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1996/T1804.pdf>

PAIKALLA VALETUT BETONIRUNKORAKENTEET. RT 82-10814. Helsinki. Rakennustieto Oy. Helmikuu 2004. [viitattu 2018-02-06]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410814%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RT%2495%248818/10814.pdf>

RAKENNESUUNNITTELUN ASIAKIRJA OIJE. TEKSTIOSA: RIL 229-1-2013. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Sweco.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-02-21] Saatavissa <http://www.sweco.fi/>
Polku: Sweco.fi. Tietoa Swecosta.

Tekla.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-01-30] Saatavissa <https://www.tekla.com/fi/>
Polku: Tekla.com/fi. Tietoa meistä. Tekla-ohjelmistot. Open BIM.

teklastructures.support.tekla.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-09] Saatavissa <https://teklastructures.support.tekla.com>
Polku: teklastructures.support.tekla.com. Product guides. Create reinforcement. Beam, column, and slab reinforcement. Mesh Bars. Mesh Bars: Splicing tab.

teklastructures.support.tekla.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-13] Saatavissa <https://teklastructures.support.tekla.com>
Polku: teklastructures.support.tekla.com. Product guides. Create reinforcement. Create a reinforcing bar group. Create a tapered or spiral reinforcing bar group.

TERÄSBETONIRAKENTEET: RIL 125. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Valmisbetoni.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-01-30] Saatavissa <http://www.valmisbetoni.fi/>
Polku: Valmisbetoni.fi. Paikallavalurakentaminen.

Valmisbetoni.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-01-30] Saatavissa <http://www.valmisbetoni.fi/>
Polku: Valmisbetoni.fi. Paikallavalurakentaminen. Yleistä.

LIITE 1: PAIKALLAVALULAATAN MALLINNUSOHJE (SALATTU)

LIITE 2: PAIKALLAVALULAATAN PIIRUSTUSOHJE (SALATTU)