



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TEKLA STRUCTURES MALLINNUSOHJE ELEMENTTI- SUUNNITTELUUN

TEKIJÄ: Eetu Häkkinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Eetu Häkkinen			
Työn nimi Tekla Structures mallinnusohje			
Päiväys	27.4.15	Sivumäärä/Liitteet	47/11
Ohjaajat lehtori Viljo Kuusela, lehtori Harry Dunkel			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Sormunen & Timonen Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä mallinnusohje Tekla Structures -rakennesuunnitteluohjelmistoon. Mallinnusohjeen tavoitteena oli yhtenäistää toimiston Tekla-käyttäjien mallinnustapoja. Yhtenäisellä mallinnustavalla voitaisiin nykyistä tehokkaammin hyödyntää mallissa olevien objektien tietosisältöä sekä mallissa että Teklan piirustuksissa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy. Mallinnusohje tulee käyttöön toimiston työntekijöille joilla on jo kokemusta Teklan käytöstä, tästä syystä ohjeessa ei opasteta ohjelman käytön perusteita vaan keskitytään mallinnettavien objektien tietosisältöön. Mallinnusohjeessa käsitellään elementtien mallintamista piirustusten automaattisen luonnin näkökulmasta.</p> <p>Mallinnusohjetta varten täytyi ensin määrittää toimiston käyttöön yhteiset objektien yksilöintitiedot. Yksilöintitietoja tarvitaan suodatinasetusten luontiin, joilla mahdollistetaan piirustustilassa objektien esittäminen, mitoittaminen ja merkitseminen eri tavoilla. Lisäksi yksilöintitietojen perusteella voidaan hakea objektille annettua tietosisältöä luetteloihin ja taulukoihin. Yksilöintitietojen määrittämiseen luotiin toimistolle oma TS-numerointisuositus, jossa on lueteltu objekteille käytettävät yksilöintitiedot.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena määritettiin objekteille yksilöintitiedot TS-numerointisuositukseen ja luotiin mallinnusohje niiden käyttämiseen. Noudattamalla mallinnusohjeen tapaa mallintaa ja yksilöidä objekteja, mallien pitäisi olla samankaltaisia riippumatta mallintajasta. Saman sisältöinen malli on edellytys mallin hyödyntämiselle automaattisten piirustusten laadinnassa. Yhtenäisellä tavalla mallinnetuille betonielementeille voidaan Teklan piirustuksiin tehdä asetuksia jotka, mahdollistavat elementtipiirustusten automaattisen laadinnan. Piirustusten automaattinen laadinta säästää aikaa ja antaa suunnittelijan keskittyä mallintamiseen dokumentoinnin sijaan.</p>			
Avainsanat mallinnusohje, Tekla Structures, yksilöinti, objekti, elementti, piirustus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author Eetu Häkkinen			
Title of Thesis Tekla Structures Modeling Guide			
Date	April 27, 2015	Pages/Appendices	47/11
Supervisors Mr. Viljo Kuusela, Lecturer, Mr. Harry Dunkel, Lecturer			
Client Organisation /Partners Sormunen & Timonen Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to make a modeling guide for Tekla Structures structural design software. The aim of the modeling guide was to unify Tekla users modeling methods in the office. The data of the objects in the model could be used more effectively by using uniform modeling methods both in the model and in Tekla's drawings. The thesis was commissioned by Sormunen & Timonen Oy, an engineering office. The users of the modeling guide are office workers who already have experience of using Tekla. For this reason the guide focuses on the data content of the objects to be modeled instead of guiding the basics of the software usage. The modeling guide deals with the modeling of elements from the viewpoint of automatic creation of drawings.</p> <p>Specifying the common identification data of the objects for office users had to be done before making the modeling guide. Identification data is required to create filter settings, which enables the presentation, measuring and marking of objects in different ways on the drawing mode. In addition, on the basis of the identification data it is possible to retrieve the given information content to the lists and tables. For the definition of identification data, a TS numbering recommendation was created for the office. The numbering reference contains a list of identification data of objects.</p> <p>As a result, the objects were given identification data in the TS numbering recommendation and a modeling guide was created on how to use them. By following the modeling guide's ways to model and identify objects, models should be similar regardless of the modeler. A similar model is a prerequisite for the exploitation of the model in the making of automatic drawings. For precast concrete elements that are modeled in the same way, it is possible to make settings that enable the automatic drafting of elements in Tekla's drawings. Drafting drawings automatically saves time and allows the designer to focus on the modeling instead of documentation.</p>			
Keywords modeling guide, Tekla Structures, identification, object, precast element, drawing			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Tausta ja tavoitteet	6
1.2	Vertailukohde	8
2	TEKLA STRUCTURES.....	9
3	MALLINTAMISTA SÄÄTELEVIÄ JULKAISUJA	10
3.1	TELU 2012	10
3.2	YTV 2012	11
3.3	BEC 2012	13
4	ELEMENTTIPIIRUSTUKSET	15
4.1	Templatet.....	16
4.2	Piirustusohjeet.....	19
4.3	Piirustusasetukset	21
5	ELEMENTTIEN NUMEROINTI	26
5.1	Yleisesti.....	26
5.2	GUID-tunniste.....	26
5.3	Id numero	26
5.4	Elementtitunnus.....	27
5.4.1	Tyypitunnus	27
5.4.2	Elementtisarjanumero	28
5.4.3	Tuotantosarjanumero	29
5.5	ACN-numero.....	30
6	MALLINNUSOHJEEN MUKAINEN MALLINNUSTAPA.....	31
6.1	Objektien yksilöinti.....	31
6.2	Suodattimien tekeminen.....	33
6.3	Elementin geometrian mallinnus	35
6.4	Reikien ja kolojen mallinnus.....	36
6.5	Valutarvikkeiden mallinnus	40
6.6	Raudoitteiden mallinnus	41
7	MALLINNUSOHJEEN ESITTELY	43
7.1	Mallinnusohje	43
7.2	TS-numerointisuositus.....	43

8 POHDINTA.....	45
LÄHTEET	46
LIITE 1: NUMEROINTISUOSITUS	48
LIITE 2: ELEMENTTIEN TYYPPITUNNUKSET	50
LIITE 3: VALUTARVIKKEIDEN ESITYS PIIRUSTUKSISSA	52
LIITE 4: PILARIN ELEMENTTIPIIRUSTUS.....	53
LIITE 5: PILARIN MALLIPIIRUSTUS BEC 2012.....	56

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

1960-luvun puoleenväliin mennessä tietokoneiden käyttö ja automaattinen tiedonkäsittely (ATK) olivat Suomessa aluillaan. Tietokoneiden käyttötarve lisääntyi jatkuvasti kehityksen edetessä, mutta resurssipula vaivasi, tämän seurauksena muutamat insinööritoimistot päättivät yhdistää voimansa ja perustaa yhteisen ohjelmistoyrityksen, Teknillinen laskenta Oy:n, joka rekisteröitiin vuonna 1966. Myöhemmin vuonna 1966 yrityksen nimeksi vakiintui lyhenne Tekla. (Tekla 2015a.)

Tekla Oyj on suomalainen ohjelmistoyritys, joka valmistaa mallipohjaiseen olioteknologiaan perustuvia suunnitteluohjelmistoja ja tietojärjestelmiä. Tekla Structures, joka on pääasiassa tässä opinnäytetyössä, on rakennesuunnitteluohjelmisto. Rakennesuunnitteluohjelmiston osuus yhtiön liikevaihdosta on merkittävin ja sillä on käyttäjiä yli 100 maasta. Ohjelmiston avulla saadaan aikaan IFC-standardin mukainen rakennuksen rakenteiden tietomalli. Tekla Structures -ohjelmistoa käytetään muun muassa urheiluareenoiden, öljynporauslauttojen, tehtaiden, laitosten, asuinrakennusten, siltojen ja pilvenpiirtäjien rakentamisessa ja suunnittelussa. Tekla Oyj lupaa Structures-ohjelman automatiikan säästävän aikaa ja antaa suunnittelijan keskittyä enemmän mallintamiseen, sekä parempiin suunnitteluratkaisuihin. (Tekla 2015b.)

Opinnäytetyöni on kehittämistyö, jonka tarkoituksena on laatia mallinnusohje Tekla Structures -ohjelman käyttöön. Kehittämistyötä voidaan kutsua myös kehittämistoiminnaksi. Kehittämistoiminnan avulla pyritään parantamaan olemassa olevia tai aikaansaamaan kokonaan uusia aineita, tuotteita, tuotantoprosesseja, järjestelmiä tai toimintatapoja. Kehitystoiminnan tarkoituksena on ratkaista käytännön tasolta nousseita ongelmia. (Ojasalo, Moilanen ja Ritalahti 2009, 17–22, 26.)

Toimistolla on käytössä Tekla Structures -mallinnusohjelmisto, jonka käytön kehittämiseksi Sormunen & Timonen Oy tilasi mallinnusohjeen, toimiston mallinnustapojen yhtenäistämiseksi. Opinnäytetyön tavoitteena on, että yhtenäisellä mallinnustavalla voitaisiin nykyistä tehokkaammin hyödyntää mallissa olevien objektien tietosisältöä sekä mallissa että Teklan piirustuksissa. Noudattamalla mallinnusohjeen tapaa mallintaa ja yksilöidä objekteja, mallien pitäisi olla samankaltaisia riippumatta mallintajasta. Yhtenäisellä tavalla mallinnetuille betonielementeille voidaan Teklan piirustus- ja raporttipohjiin tehdä asetuksia jotka mahdollistavat elementtipiirustusten ja raporttien automaattisen laadinnan. Hyödyntämällä Teklan automatiikkaa piirustusten laadinnassa, voidaan säästää huomattavasti aikaa dokumentoinnissa ja keskittyä enemmän itse mallintamiseen ja toimivien rakennusratkaisujen suunnitteluun.

Opinnäytetyö tehtiin tutkimalla teoriaa ja kokeilemalla erilaisia tapoja objektien mallintamiseen ja yksilöintiin Teklan mallinnustilassa, sekä testaamalla eri tapojen vaikutusta automaattisten elementtipiirustusten laadintaan piirustustilassa. Piirustusten laadinnan kannalta toimivat objektien yksilöintitiedot koottiin opinnäytetyössä tehtyyn TS-numerointisuositukseen, jonka mukaan mallinnusohjeessa

opastetaan objektien yksilöinti. Mallinnusohjeessa käytän monipuolisesti kuvia, jotka auttavat hahmottamista ja luovat mallinnusohjeeseen loogisen järjestyksen.

Savonia ammattikorkeakoulun opetussuunnitelman mukaan opinnäytetyöprosessin aikana saavutetaan valmiudet ottamaan työelämän haasteet vastaan esimerkiksi suunnittelijana, projekti-insinöörinä tai rakennustekniikan kehittäjänä. Samalla mahdollistuu opetuksen ja työelämälähtöisen tutkimus- ja kehittämistoiminnan yhdistyminen. (Savonia 2015.) Henkilökohtaisina tavoitteinani ovat harjaantua ongelmanratkaisu-, vuorovaikutus- ja yhteistyötaidoissa. Olennaista on myös opinnäytetyöprosessin aikainen ammattitaidon ja asiantuntijuuden kehittyminen.



Kuva 1 Sormunen & Timonen Oy:n logo (Sortim 2015)

Opinnäytetyön tilaajana toimi Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy ja täten hyödynsaajat ovat Sormunen & Timonen Oy:n työntekijät. Toimisto on perustettu vuonna 1979 ja päätoimipaikka on Pohjois-Savossa, Kuopiossa. Yrityksessä työskentelee noin 25 rakennussuunnittelijaa, joista noin 2/3 toimii rakennussuunnittelutehtävissä. Historiansa aikana toimisto on toteuttanut mittavan määrän erityyppisiä suunnittelukohteita lähelle ja kauas, Suomeen sekä ulkomaille. Yrityksen toimintaperiaatteisiin kuuluu kehityksen kärjessä kulkeminen ja uuden tekniikan hyödyntäminen suunnittelutehtävien toteutuksessa. (Sortim 2015.)

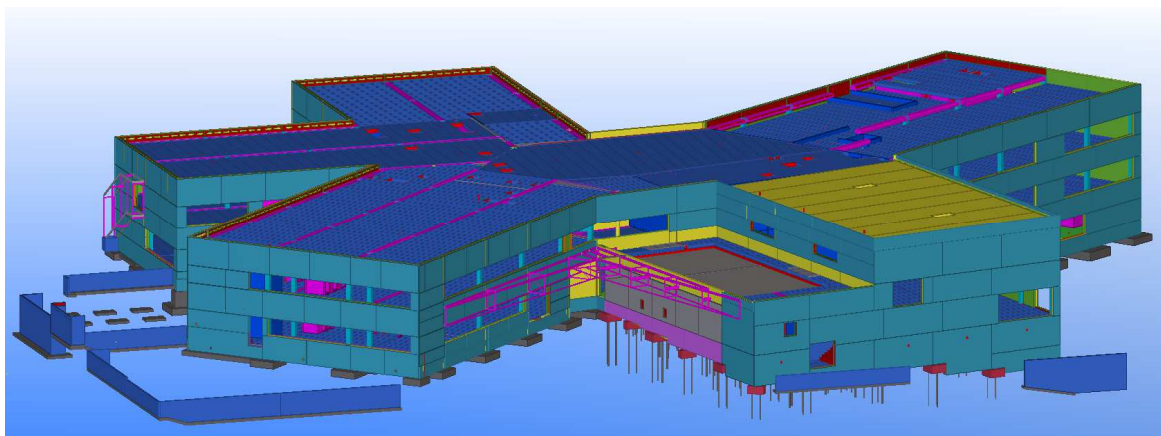
Mallinnusohje tulee vain Sormunen & Timonen Oy:n käyttöön. Opinnäytetyössä määritetyt objektien yksilöintitiedot haluttiin pitää salaisena, joten myös yksilöintitietoja sisältävä mallinnusohje määritettiin salaiseksi eikä sitä tässä raportissa julkaista. Opinnäytetyön aloituspalaverissa 27.1.2015, työn aihe rajattiin käsittelemään Tekla Structures -ohjelmalla mallinnettavia betonielementtejä ja paikalla-valurakenteet jätettiin toissijaiseksi. Betonielementtejä joita ohjeistus käsittää ovat pilari, palkki, sandwich-seinä, väliseinä ja sokkeli.

1.2 Vertailukohde

Vertailukohteena eli referenssikohteena opinnäytetyössä toimi AURINKOKIVI / Monikäyttöinen palvelurakennus. Rakennuskohde on Vantaan kaupunginosaan 23. Kivistö rakennettava monipuolinen kunnallinen palvelurakennus. Rakennuksen bruttoala on n. 7 900 brm² ja tilavuus n. 40 400 m³. Kohteen suunnittelu on toteutettu suurimmaksi osaksi Tekla Structures -ohjelmalla mallintamalla. Suunnittelua kohteessa on jaettu usealle suunnittelutoimistolle, jotka tekevät suunnittelua yhtäaikaisesti jaetussa Tekla-mallissa. Kohde on elementti rakenteinen ja siinä esiintyi kaikkia mallinnusohjeen käsittelemiä elementtityyppejä:

1. Sandwich-sokkelielementit (AN, AS, AR)
2. Sandwich-elementit (S, R, N)
3. Väliseinäelementit (V)
4. Pilarielementit (P)
5. Palkkielementit (K, JK)

Vertailukohdetta käytettiin opinnäytetyössä hyväksi TS-numerointisuosituksen yksilöintitietoja määrittäessä. Työssä vertailtiin kuinka kohteen elementit oli mallinnettu sekä mitä tietosisältöä sen objekteille oli annettu ja kuinka elementit pitäisi mallintaa ja mitä tietosisältöä objekteille tulisi antaa, jotta tavoitteeseen eli Teklan piirustusautomaatiikan tehokkaaseen hyödyntämiseen päästäisiin. Lisäksi referenssikohteen elementeistä tehtiin mallinnusohjeen mukaiset mallielementit, joiden pohjalta jatkossa kehitetään piirustustilan automaatioasetuksia.



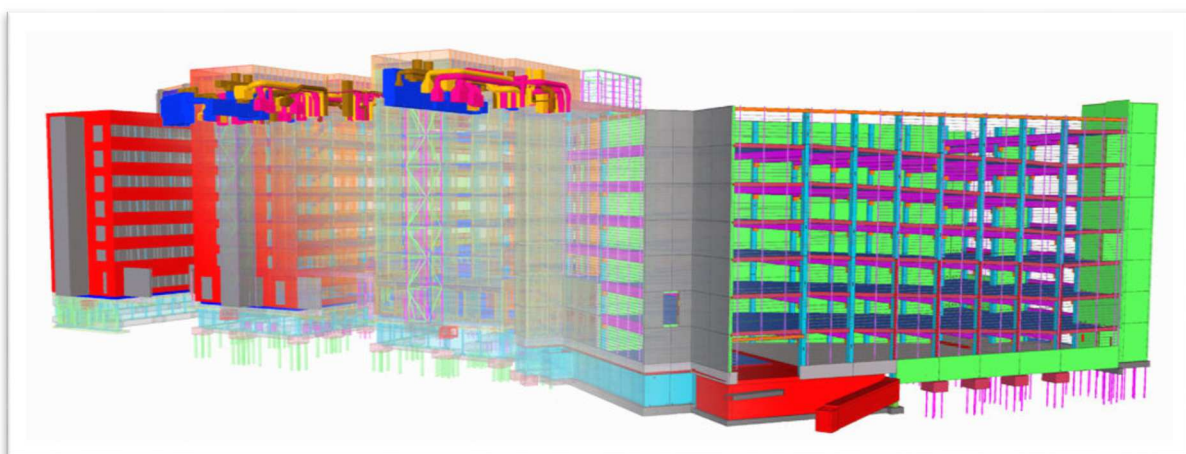
Kuva 2 Aurinkokivi / monikäyttöinen palvelurakennus (Häkkinen 2015)

2 TEKLA STRUCTURES

Tekla Structures on rakennus-, infrastruktuuri- ja energiatoimialoille tietomallinsohjelmistoja tuottavan Tekla Oyj:n rakennesuunnitteluohjelmisto. Ohjelmistolla saadaan aikaan IFC-standardin mukainen BIM-malli. Tekla Structures -ohjelmisto mahdollistaa tarkan, luotettavan ja yksityiskohtaisen tietomallintamisen, jota tarvitaan onnistuneen rakennusprojektin toteutukseen. Tekla-tietomallin keskeisinä hyötyinä ovat suunnitelmien havainnollisuus todenmukaisten 3D-mallien myötä, suunnittelualojen yhteistyö, liitynnät muihin ohjelmistoihin ja tiedonkulku suunnittelusta ja detaljoinnista aina työmaalle saakka. Tiedonkulku Tekla Structuresin avulla on tehokasta, sillä arkkitehdit, suunnittelijat ja urakoitsijat voivat jakaa ja koordinoida projektitietoja tietomallissa. (Tekla 2015b.)

Ohjelmiston mallinnustilassa voidaan luoda rakennuksen rakenteet raudoituksineen ja liitoksineen mittatarkasti todenmukaiseen 3D-malliin ja sisällyttää niille tuotannossa tarvittavaa tietoa. Tekla Structures voidaan yhdistää tärkeimpiin tuotannon- ja koneiden ohjausjärjestelmiin, joita teräsrakenteiden, betonielementtien ja raudoitusten valmistajat käyttävät. Tuotantotiedot voidaan siirtää automaattisesti Tekla-mallista näihin järjestelmiin, mikä vähentää manuaalista työtä ja virheitä. Piirustukset voidaan hakea mallista, ja ne päivittyvät mallin muuttuessa. Mallia voidaan käyttää myös määrälaskentaan. (Tekla 2015b.)

Tekla Structures -tietomalli tehostaa rakennesuunnittelua ja antaa suunnittelijan keskittyä suunnitteluun piirustusten tekemisen ja dokumentoinnin sijaan. Dokumentointiin kuluu vähemmän aikaa ja enemmän aikaa jää parempiin suunnitteluratkaisuihin. Tekla Structures tuottaa piirustukset ja raportit suoraan mallista, joten muutokset on helppo toteuttaa. Kun Tekla-malli on kunnossa, myös piirustukset ovat paikkansapitäviä. (Tekla 2015c.) Tämä kaikki kuitenkin vaatii että mallintajien mallinnustavat ovat yhteneväisiä ja automatisoinnin mahdollistavat asetukset oikeanlaiset.



Kuva 3 Tekla Structures BIM-malli (Tekla 2015b)

3 MALLINTAMISTA SÄÄTELEVIÄ JULKAISUJA

Viime vuosina tietomallintamisen lisääntymisen myötä, on havaittu tarve kehittää mallintavaa suunnittelua ja luoda normeja suunnittelun yhtenäistämiseksi. Tämän tarpeen pohjalta on rakennusalalle alettu kehittämään vaatimuksia ja ohjeita, joiden avulla tietomallintamisen hyödyt saataisiin käyttöön tehokkaasti. Tässä osiossa esitellyt tietomallintamista säätelevät julkaisut liittyvät vahvasti toisiinsa, TELU 2012 määrittää suunnitteluvaiheet tehtäväkokonaisuuksina, YTV 2012 vaatimukset mallintamisen tasolle eri suunnitteluvaiheissa ja BEC 2012-hankkeessa luotu Elementtisuunnittelun mallinnohje täydentää ”YTV 2012 Osa 5 Rakennesuunnittelu” osuutta tarkentamalla vaatimuksia ja ohjeistamalla niiden toteuttamista Tekla Structures -ohjelmalla.

3.1 TELU 2012

TELU 2012 eli Tehtäväluettelot 2012 -hankkeen tuloksena julkaistiin vuonna 2013 uusittuja tehtäväluetteloita. Tehtäväluettelot on tarkoitettu rakentamista koskevien suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12 sisältää talonrakennushankkeen rakennesuunnittelun tehtävät ja niiden tulokset. Pää tavoitteena on ollut uusia suunnittelua ohjaavat tehtäväluettelot vastaamaan muuttuneiden suunnittelutapojen vaatimuksia. Uusissa tehtäväluetteloissa suunnittelutehtäviä on jaoteltu tehtäväkokonaisuksiin suunnittelualoittain ja suunnittelun hankinnan kannalta. (Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12. RT 10-11105, 1 - 2.) TELU 2012 määrittää suunnitteluvaiheet, joille YTV 2012 määrittää tietomallintamisen tason vaatimukset. Taulukossa 1 on esitetty suunnittelutehtävien jako tehtäväkokonaisuuksiin.

Taulukko 1 Tehtäväluettelorakenne (Kess 2014, 8)

	JOHTAMINEN		RAKENUSSUUNNITTELU				MUUT SUUNNITTELU- JA ASIAANTUNTIJATEHTÄVÄT					
	Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo	Pääsuunnittelun tehtäväluettelo	Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo	Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo	Geoteknisen suunnittelun tehtäväluettelo	Sisustus suunnittelun tehtäväluettelo	Akustiikkasuunnittelun tehtäväluettelo	Valaistus suunnittelun tehtäväluettelo	Elinkaariaasiantuntija	Palotekninen asiantuntija	
	HJR12	PS12	ARK12	TATE12	RAK12	GEO12	SIS12	AKU12	VAL12			
TEHTÄVÄKOKONAISSUUS	A	Tarveselvitys										
	B	Hankesuunnittelu										
	C	Suunnittelun valmistelu										
	D	Ehdotussuunnittelu										
	E	Yleissuunnittelu										
	F	Rakennuslupatehtävät										
	G	Toteutus suunnittelu										
	H	Rakentamisen valmistelu										
	I	Rakentaminen										
	J	Käyttöönotto										
	K	Takuuaika										

3.2 YTV 2012

YTV 2012 eli Yleiset tietomallivaatimukset 2012 on laajapohjaisen kehittämishankkeen, COBIM (Common BIM requirements), tulos. COBIM-hanke on toteutettu vuosina 2011 ja 2012, kyseessä oli Rakennustietosäätiön vetämä tietomalliohjeiden laajentamis- ja päivittämishanke. Hankkeen osapuolina on ollut merkittäviä suunnittelutoimistoja, rakennusliikkeitä, ohjelmistotaloja, kiinteistön omistajia ja rakennuttajia. Vaatimusten tarve on syntynyt kun rakennusalalla nopeasti kasvava tietomallintamisen käyttö on yleistynyt. Tavoitteena on ollut yhdenmukaistaa ja vakinaistaa tietomallintamisen toimintatapoja. YTV 2012 määrittelee mitä ja miten pitäisi mallintaa rakennushankkeen kussakin suunnitteluvaiheessa, jotka TELU 2012 määrää. Mallien sisällön selkiytyminen helpottaa niiden käyttöönottoa myös työmaalla. (Rakennustieto 2012.)

YTV 2012 on 14 osainen, näistä ”Osa 5. Rakennesuunnittelu” on opinnäytetyön kannalta oleellisin. Osassa 5. käsitellään rakennesuunnittelun mallintamista ja tietomallilta vaadittua tietosisältöä rakennesuunnittelun osalta. Ohjeessa määritellään yleisesti vaatimukset rakennemallintamiselle ja eri suunnitteluvaiheiden mukaiset mallin tasovaatimukset. Ohje on pääpiirteinen ja antaa suunnittelulle suunnan, BEC 2012-projektissa tätä osaa on tarkennettu Elementtisuunnittelun mallinnusohjeessa.

YTV 2012 mukainen mallinnustarkkuus rakennesuunnittelun eri vaiheissa:

1. Vaatimusmalli

Vaatimusmalli luodaan tarveselvitysvaiheessa TELU 2012-RAK A selvitettyjen tarpeiden ja tavoitteiden mukaan. (Henttinen 2012, 12) Vaatimusmallin minimivaatimus on taulukkomuotoinen esitys, tekstiasiakirja, piirustus, tietomalli tai näiden yhdistelmä. Rakennesuunnittelun vaatimusmallissa esitetään rakennesuunnittelulle asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia. (Kautto 2012a, 9.)

2. Ehdotussuunnittelu TELU 2012-RAK D

Rakennesuunnittelija arvioi arkkitehdin esittämiä vaihtoehtoja ja niiden toteutettavuutta. Varsinaisia mallinnusvaatimuksia ei tässä vaiheessa ole ellei projektissa erikseen haluta rakennesuunnittelijan mallintavan esimerkiksi erilaisia runkovaihtoehtoja kustannusten kartoittamiseksi. Mallitarkkuus olisi tällöin yleissuunnitteluvaiheen mukainen. (Kautto 2012a, 9.)

3. Yleissuunnittelu TELU 2012-RAK E

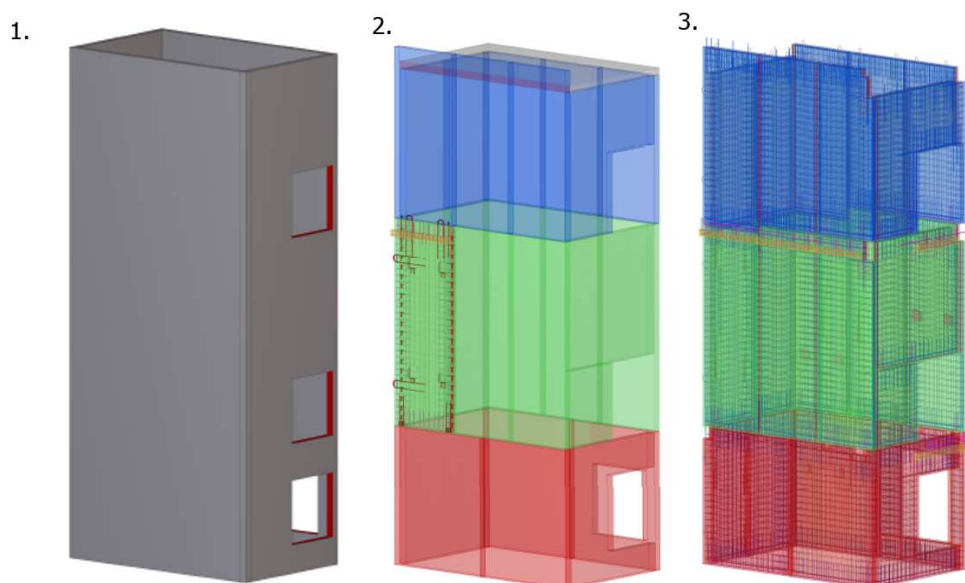
Ehdotussuunnitteluvaiheessa valittu ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnittelua voidaan kutsua myös luonnossuunnitteluksi (Henttinen 2012, 15). Rakennesuunnitteluun kuuluvat rakenteet mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein, myös rakennejärjestelmän mitoitus ja vaatimukset tulee selvittää yleissuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa tarkistetaan myös talotekniikan yhteensopivuus kantavien rakenteiden kanssa periaatteellisesti. Lähtötietoina mallinnukselle toimivat arkkitehdin ja talotekniikkasuunnittelijan IFC-mallit ja/tai 2D-piirustukset sovituissa formaatissa. (Kautto 2012a, 9,10.)

4. Hankintoja palveleva suunnittelu TELU 2012-RAK G

Hankintoja palveleva suunnitteluvaihe on osa toteutussuunnittelua, siinä malli kehitetään tarjouspyyntöihin ja hankintasuunnitteluun tarvittavalle tasolle. Mallista tulee saada tietoa määrälaskentaan, suunnitelmien havainnollistamiseen, aikataulun- ja työturvallisuuden suunnitteluun sekä rakennusalueen käytön suunnitteluun. Vaatimuksena mallille on esittää betonirakenteiden koko, laajuus, määrät sekä tarkka sijainti. Tässä vaiheessa tulee myös tarkistaa ettei talotekniikkasuunnittelijan suunnitelmat ole ristiriidassa rakennesuunnitelmien kanssa, talotekniikkasuunnittelijan reikävaraukset tulee mallintaa elementteihin ja ilmoittaa jos reikien toteuttaminen ei ole rakenteen kannalta mahdollista. Lisäksi erilaisista elementtityypeistä suunnitellaan ns. tyyppielementit. Tyyppielementit suunnitellaan yksityiskohtaisesti, toteutussuunnittelun vaatimalle tasolle ja niitä käytetään mallielementteinä suunnittelun edetessä. Tyyppielementeistä tulee myös tuottaa piirustukset hankintoja varten. (Kautto 2012a, 11–17.)

5. Toteutussuunnittelu TELU 2012-RAK G

Toteutussuunnitteluvaiheessa mallinnetaan elementit valmiiksi raudoitteineen ja tarvikkeineen tyyppielementtien mallin mukaisesti. Projektikohtaisesti tässä vaiheessa elementtisuunnittelua voidaan jakaa eri suunnittelutoimistoille suunnittelusopimuksen mukaisesti. Mallin tulee vastata arkkitehdin mallia ja sitä tulee voida käyttää määrälaskennassa, suunnitelmien yhteensovituksessa ja toteutusaikataulun laatimisessa. Tässä vaiheessa malli valmistuu ja siitä tuotetaan tarvittavat piirustukset, luettelot ja raportit. (Kautto 2012a, 17,18.)



Kuva 4 Rakennemallin kehitys eri suunnitteluvaiheissa 1. Yleissuunnittelu 2. Hankintoja palveleva suunnittelu 3. Toteutussuunnittelu (Kautto 2012a, 11,12,19)

3.3 BEC 2012

BEC 2012 -projektissa betonielementtiteollisuus, rakennesuunnittelijat ja Tekla Oyj ovat yhdessä kehittäneen betonielementtien 3D-suunnittelua, tietomallinnusta ja tiedonsiirtoa (Kautto 2012b, 4). Opinnäytetyön kannalta on oleellista, ettei mallinnusohje ole ristiriidassa BEC 2012 -projektissa luodun Elementtisuunnittelun mallinnusohjeen kanssa. Jotta toimistolla olisi mahdollista hyödyntää BEC 2012 -projektissa tehtyjä mallintamista helpottavia työkaluja, komponentteja, Teklan asetuksia, valmiita raportti- ja piirustusohjeita sekä ohjeita, tulee elementit olla mallinnettu Elementtisuunnittelun mallinnusohjeen mukaisesti. Kuvassa 5 on esitetty mitä kaikkea BEC 2012 projektin tiimoilta on tehty Tekla-elementtimallinnuksen helpottamiseksi ja parantamiseksi.

BEC Projektin työkalut ja ohjeistukset						22.04.2014
Työkalu	Selitys	Latauspaikka/Tiedosto	Status	Versio	Ylläpito	
HI- ja I-palkkikomponentti		Elementtisuunnittelu.fi		19.1	Parma	
Sokkelipalkkikomponentti		Tekla Extranet	ok	20.0, 19.1, 19.0, ...	Tekla	
HTT-laattakomponentti		Tekla Extranet	ok	20.0, 19.1, 19.0, ...	Tekla	
Nostolenkkityökalu		Elementtisuunnittelu.fi	ok	19.0	Ramboll	
Ontelolaatan kololaattakomponentit		Tekla Extranet	ok	20.0, 19.1, 19.0, ...	Tekla	
Ontelolaatan reikä checker		Tekla Extranet	Vaatii "Model Checker Suite":n	20.0, 19.1, 19.0, ...	Tekla	
TT-laatan liitokset		Tekla Extranet	ok	20.0, 19.1, 19.0, ...	Tekla	
Perustus/pilarikenkäliitos		Tekla Extranet (tulossa)	lisäraudoitusten määrittely	19.0	Tekla/Ramboll	
Seinäkenkäliitoskomponentti		Tekla Extranet	ok	20.0, 19.1, 19.0, ...	Tekla	
Kahden seinän välinen liitos		Tekla Extranet	ok	20.0, 19.1, 19.0, ...	Tekla	
Ontelolaatasto työkalu (Floor Layout)		Tekla Extranet	ok	20.0	Tekla	
Top in Form Marker		Tekla Extranet		19.1, 19.0, ...	Tekla	
Assign Sequential UDAs		Tekla Extranet	ok	20.0, 19.1, 19.0, ...	Tekla	
ACN sequencer		Tekla Extranet	20.0 .ail-tiedostoissa muutoksia?	19.1, 19.0, ...	Tekla	
SW-komponentti			Testattavana		FMC	
Rappausseinäkomponentti			Kehitysvaiheessa		FMC	
Status työkalu			Testattavana		FMC	
Porraskomponentit			Ruduksella työstettävänä			
Valutarvikkeet						
BEC Projektin työkalut ja ohjeistukset						22.04.2014
Työkalu	Selitys	Latauspaikka/Tiedosto	Status	Versio	Ylläpito	
BEC Mallinnusohje		Elementtisuunnittelu.fi			FMC	
BEC raporttipohjat		Teklastructures Suomi-ympäristö			Tekla/Optiplan/BEC-työryhmä	
BEC Esimerkkiraportit		Elementtisuunnittelu.fi				
Tyypielementtipiirustukset/Esimerkkimallit		Elementtisuunnittelu.fi			FMC	

Kuva 5 BEC 2012-projektissa kehitetyt työkalut ja ohjeistukset (Elementtisuunnittelu.fi)

Projektissa laadittu Elementtisuunnittelun mallinnusohje määrittelee pelisääntöjä betonielementtien tietomallinnukselle. Ohjeen on laatinut Tero Kautto Finnmap Consulting Oy:stä. Ohjeistuksessa kerrotaan yleisiä vaatimuksia mallin oikealle tietosisällölle betoniteollisuuden tarpeiden mukaan ja ohjeistetaan Tekla Structures- ohjelmiston toimintaa. Oikealla tietosisällöllä mahdollistetaan BEC 2012 -projektissa tuotettujen raportti- ja piirustusohjeiden käyttö. Ohjetta noudattaen pitäisi mallien olla

yhteneviä riippumatta suunnittelutoimistosta. (Kautto 2012b, 4.) Elementtisuunnittelun mallinnusohjeessa käydään hyvin selvästi läpi mallilta vaadittavan tietosisällön määrittäminen elementtiteollisuuden tarpeisiin. Tekla-mallin hyödyntäminen automaattisten piirustusten tekemiseen vaatii kuitenkin Elementtisuunnittelun mallinnusohjeen määrittämän tietosisällön lisäksi tarkempaa objektien yksilöintiä ja mallintamisen ohjeistusta, joka opinnäytetyössä tehtiin.

4 ELEMENTTIPIIRUSTUKSET

Elementtipiirustukset ovat elementtitehtaita varten tehtäviä tuotantokuvia, joista käy ilmi kaikki valmistuksessa tarvittavat tiedot. Jokaisesta erilaisesta betonielementistä tehdään oma piirustuksensa jonka mukaan elementtitehdas valmistaa elementin. Piirustusten tulee olla selkeitä ja kaikki valmistuksessa tarvittava tieto tulee olla esitetty yksiselitteisesti, jotta vältetään virheitä. Yleensä elementtipiirustus koostuu naamakuvasta ja leikkauskuvista sekä detaljeista, lisäksi monimutkaisemmissa elementeissä raudoitteet esitetään erikseen raudoituskuvissa. Piirustukset sisältävät myös nimiön ja erilaisia taulukoita, joissa kerrotaan mm. suunnittelun lähtötiedoista, tuotetiedoista, valutarvikkeista ja raudoitteista.

BEC 2012 hankkeessa on tehty tietomallipohjaiset mallipiirustukset jotka ovat elementtiteollisuuden tarkastamat ja hyväksymät, joten niiden tulisi toimia esimerkkeinä piirustuksia luotaessa (Kautto 2012b, 41). Liitteessä 5 on BEC 2012 hankkeessa tehty mallipiirustus pilarielementistä, lisää mallipiirustuksia löytyy elementtisuunnittelu.fi sivustolta.

Kauton (2012b, 41) mukaan tärkeitä asioita piirustuksissa ovat

- piirustusten yleisilme ja luettavuus
- näkymät ja niiden sisältö
- mitoitusten periaatteet
- taulukoiden rakenne ja sisältö
- raudoite- ja tarviketunnusten sisältö
- katsomissuunnat.

Tekla Structures -ohjelma sisältää useita erilaisten piirustusten tuottamiseen tarkoitettuja työkaluja. Piirustusten muodostamiseen tarkoitettut työkalut löytyvät Teklan alavetovalikosta "Drawings and Reports". Työkaluja ovat mm. tasokuvien tekoon tarkoitettu "General Arrangement Drawing" ja teräskokoonpanojen tuotantokuvien tekoon tarkoitettu "Assembly drawing" työkalu. Betonielementtipiirustusten luontiin Teklassa käytetään "Create Cast Unit Drawing" työkalua, joka luo elementtipiirustuksen piirustus pohjaan määritettyjen asetusten mukaan.

Mallinnusohjeen avulla saadaan Tekla-käyttäjille yhtenevät mallinnustavat ja elementtien tietosisältö samaksi käyttäjästä riippumatta. Yhtenevästi mallinnetuille elementeille voidaan piirustustilaan tehdä asetuksia jotka mahdollistavat piirustusten automaattisen luonnin. Piirustuksiin voidaan automatiikan ansiosta saada mitoitukset, tekstit, merkit ja ulkomuoto halutunlaiseksi ilman muokkaamista. Automatiikan hyödyntäminen piirustusten luonnissa säästää huomattavasti aikaa, siksi on tärkeää että jokainen Tekla-käyttäjä mallintaa samalla tavalla, jotta automatiikan hyödyt saadaan käyttöön. Liitteessä 4 esitetty pilarin elementtipiirustus on toteutettu lähes kokonaan Teklan automatiikkaa hyödyntäen, ilman aikaa vievää muokkausta piirustustilassa.

4.1 Templatet

Templatet eli sapluunat ovat Teklan piirustuksiin lisättäviä graafisia tai tekstimuodossa olevia taulukoita. Sapluunat sisältävät älykkäitä tekstikenttiä tai graafisia kenttiä, jotka hakevat mallista haluttua tietoa. Sapluunoissa oleviin kenttiin voidaan määrittää mitä tietoa mallista halutaan hakea sapluunaan. Esimerkiksi Teklan piirustuksiin lisättävä valutarvikeluettelo on sapluuna jonka kentät hakevat mallista tietoa valutarvikkeiden määrästä, nimistä, materiaalista ja koosta. Kuvassa 6 on havainnollistettu kuinka valutarvikeluettelo sapluunaan älykkäät tekstikentät ovat hakeneet niihin määritettyjen polkujen kautta tietoa mallista piirustus pohjaan lisättyyn sapluunaan. Valutarvikelistan älykkäät tekstikentät hakevat mallista tietoa objektien luokka "Class" arvon perusteella. Valutarvikkeille tuleekin mallissa antaa luokka "Class" arvo väliltä 100-104, jotta tekstikentät ymmärtävät että objekti on valutarvike ja sen tiedot tulevat taulukkuun.

EMBED LIST						
DRAWING_NUMBER	PCS	MATERIAL	AREA [m2]	WEIGHT [kg]	VOLUME [m3]	
Field CAST UNI	1	1	Element			
	PartMaterial		PartVol		m ³	
			TOTAL	Element		t
PCS	EMBEDS					
AREA	m ²	ValueField 2				
Surface	m ²	SurfacingName				
PCS	kpl	ValueField 3				
PCS	kpl	MISC NAME				
Value	kpl	ValueField				
FN	m	ValueField 1				
Value	kpl	ValueField 4				
Value	kpl	ValueField 10				
Value	kpl	ValueField 13				
Value	m	ValueField 59				
Value	m ²	ValueField 6				

VALUTARVIKELUETTELO						
PIIR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m2]	MÄÄRÄ	YKS	
P/2	1	C40/50	0.26	1.45	m ²	
				ELEMENTTI PAINO:	3.63	t
MÄÄRÄ	TARVIKKEET					
1 kpl	SHORE 60 NEOPREENI 15*280*230					
1 kpl	SHORE 60 NEOPREENI 15*350*350					
1 kpl	AEP600PI PIILOKONSOLI					
4 kpl	APK24 PILARIKENKA					
2 kpl	LH12 NOSTOLENKKI					
2 kpl	M24 8.8					
1 kpl	SBKL100x100					
1 kpl	ALUSLEVY S235JR 10*120*120					
1 kpl	ALUSLEVY S355JO 11*80*80					
1 kpl	TARTUNTATAPPI Ø25 1230.0mm A500HW M24 L=100					
1 kpl	TARTUNTATAPPI Ø25 1710.0mm A500HW M24 L=100					
23.2 kg	A500HW ø 8					
1.9 kg	A500HW ø 10					
5.9 kg	A500HW ø 12					
25.5 kg	B500B ø 8					
146.7 kg	B500B ø 25					

Kuva 6 Valutarvikeluettelon sapluuna (Häkkinen 2015)

Sapluunoita on Teklassa valmiina useita eri tarkoituksiin ja BEC 2012 -hankkeessa niitä on kehitetty Suomen betonielementtiteollisuuden tarpeisiin sopiviksi. Kuvassa 6 esitelty valutarvikeluettelo on yksi BEC 2012 -hankkeessa kehitetyistä sapluunoista. Aikaisemmin toimiston käytössä ollut valutarvikeluettelo oli toimiston itse muokkaama versio Teklan alkuperäisestä luettelosta. Opinnäytetyön yhteydessä päätettiin toimistolla ottaa käyttöön BEC 2012 -hankkeessa kehitetty valutarvikeluettelo, joka on toimintatavaltaan yksinkertaisempi kuin aikaisemmin käytössä ollut luettelo. Opinnäytetyössä tehdyssä mallinnohjeessa opastetaan valutarvikkeiden mallintamista käyttöön otetun valutarvikeluettelon vaatimalla tavalla.

Sapluunoita voidaan kehittää myös itse tai luoda tarpeisiinsa kokonaan uusia Teklan "Template Editor" työkalulla, joka on työkalu sapluunoiden tekoon ja muokkaukseen. Yleisimmin elementtipiirustuksissa käytettäviä sapluunoita ovat:

1. Nimiö jossa esitetään tietoa rakennuskohteesta, suunnittelijan tiedot ja piirustuksen sisältö.

PIIRUSTUKSEN MUKAAN VALMISTETAAN ELEMENTIT					
JUOKSEVA NUMERO		LKM			
ACN-1		1 KPL			
KOHDE		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVAT	
MALLIKOHDE		P-1-2		1:20	
MALLIKATU 5				1:30	
MALLIKYLÄ				1:40	
PIIRT.	SUUN.				
EHak	EHak				
TARK.	HYV.				
Sormunen & Timonen Oy		TYÖNUMERO	ACN. NRO.	PIIR. NRO.	
Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy Voittokatu 5, 70700 Kuopio / tel. +358 (0)17 366 5595 rak.suunn@sormi.fi / firstname.lastname@sormi.fi www.sormi.fi		5000			
		S.A.L.A.	SIVU	PÄIV.	MUUTOS
		02 RA		26.02.2015	

Kuva 7 Nimiö (Häkkinen 2015)

2. Suunnittelun lähtötiedot ja tuotetiedot sapluunat hakevat yleistä tietoa elementin suunnittelun ja valmistuksen vaatimuksista. Sapluunat hakevat tiedon projektin ja elementin "User defined attributes" valikoista.

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT		
Paloluokka	R60	
Rasitusluokka	XC2	
Suunniteltu käyttöikä	100V	
TUOTETIEDOT		
Betonipelte 1	30mm, sallittu mittapoikkeama 10mm	
Maksimi raekoko	16mm	
Toleranssiluokka	Betonielementtien toleranssit 2011.	Normaalliluokka N
Pintakäsittely 1	Yläpinta THI-A	
Pintakäsittely 2	MUO-A	
Vilsteet 1	Pyöritys r=4mm kaikissa reunoissa.	
Muotistansostolujuus	20MN/m ²	
Kujjetus- ja asennuslujuus	0.7K	Elementtiä saa nostaa vain nostolenkeistä ja -reistä.
Pakkasenkestolujuus	0.5K	
Vesi-sementtisuhte	0.8K	

Kuva 8 Suunnittelun lähtötiedot ja tuotetiedot (Häkkinen 2015)

3. Raudoiteluettelo sapluuna hakee elementtiin kuuluvista raudoiteista tietoa niiden koosta, laadusta, määrästä, painosta, numeroinnista ja taivutustyyppistä.

RAUDOITELUETTELO														KOMMENTTI		
RAUDOITTEET TYYPPI NRO	LKM	LAATU	D [mm]	L [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	TAIVUTUSMITAT [mm]									
							a	b	c	d	e	u	v	x	TD	
U	3	21	A500HW	8	1480	12.3	125	332	332	332	332					32
U	3	33	B500B	8	1430	18.7	106	330	330	330	330					32
D	4	4	A500HW	8	750	1.2	245	300	245							32
A	4	4	B500B	25	9520	146.7	9525									
D	5	4	A500HW	8	910	1.4	325	300	325							32
YJ	6	4	A500HW	12	1650	5.9	600	233	590	300		45				60
H	7	4	A500HW	8	690	1.1	106	52	450	52	106					32
U	12	6	A500HW	8	1850	4.4	106	610	260	610	260					32
XA	13	1	A500HW	10	1580	1.0										
XA	14	1	A500HW	10	1560	1.0	200	527	200	527	200					40
A	16	2	A500HW	8	980	0.8	980									
U	27	2	A500HW	8	1000	0.8	106	285	160	285	160					32
U	28	12	B500B	8	1430	6.8	106	330	330	330	330					32
U	29	2	A500HW	8	1620	1.2	106	472	280	472	280					32
				...	1320	150	...	106	322	280	322	280				
RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:															203.2	

Kuva 9 Raudoiteluettelo (Häkkinen 2015)

4. Taivutusluettelo on graafinen sapluuna joka voidaan lisätä elementtipiirustukseen raudoiteluettelon lisäksi havainnollistamaan raudoitteiden taivutuksia.

TAIVUTUSLUETTELO			
Nro.			
2		3	
4		5	
6		7	
12		13	
14		27	
28		29	

Kuva 10 Taivutusluettelo (Häkkinen 2015)

Sapluunoiden käyttö nopeuttaa piirustusten tuottamista koska tarvittavat tiedot tulevat automaattisesti mallista. Tämän edellytyksenä kuitenkin on että objektit mallinnetaan oikein ja tarvittavat tiedot syötetään objekteille oikeisiin paikkoihin. Opinnäytetyössä tehdyssä mallinnusohjeessa opastetaan käyttäjää mallintamaan niin että sapluunoihin tulevat tiedot saadaan oikein.

4.2 Piirustusohjat

Piirustusohjat eli drawing layoutit määrittävät piirustuksen koon ja käytettävät sapluunat. Piirustusohjia on Teklassa useita ja niitä voi räätälöidä omiin tarpeisiinsa sopiviksi tai tehdä kokonaan uusia. Piirustusohja luo piirustukselle kehukset ja sille valitut sapluunat. Kuvassa 11 on havainnollistettu minkälainen piirustusohja elementtipiirustuksen nimiösvulla voi olla. Kuvan piirustusohja sisältää useita sapluunoita ja piirustusohjan kooksi on määritetty A3 paperikoko.

RAUDOITELUETTELO													
RAUDOITUS	TYYPPI	NO	LKM	LAATU	D [mm]	L [mm]	Q _L [mm]	RAUDO	RAUDOITUS	RAUDOITUS	RAUDOITUS	RAUDOITUS	KOOLLUUS
									a	b	c	d	e
U	3	21	AS200H/1	8	1480	123	123	330	330	330	330	330	330
D	4	4	AS200H/1	8	780	1,2	248	300	248				
A	4	4	BS208	8	800	148,7	800						
D	6	4	AS200H/1	8	810	1,4	305	300	305				
LH	6	34	BS208	8	1470	10,7							
H	7	4	AS200H/1	8	690	1,1	106	62	460	62	106		
U	27	2	AS200H/1	8	1000	0,8	106	288	190	288	190		
U	28	12	BS208	8	1430	0,8	106	330	330	330	330		
A	33	2	AS200H/1	8	680	0,8	680						
U	34	6	AS200H/1	8	1660	4,7	106	630	320	630	320		
U	35	2	AS200H/1	8	1710	1,2	106	477	320	477	320		
					1410	1,50		106	327	320	327	320	
3A	36	1	AS200H/1	12	1890	1,4	200	621	200	621	200		80
3A	37	1	AS200H/1	12	1820	1,4	200	621	200	621	200		80
U	38	4	AS200H/1	12	1880	0,2	200	242	200	242	200		48
RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]												205,5	

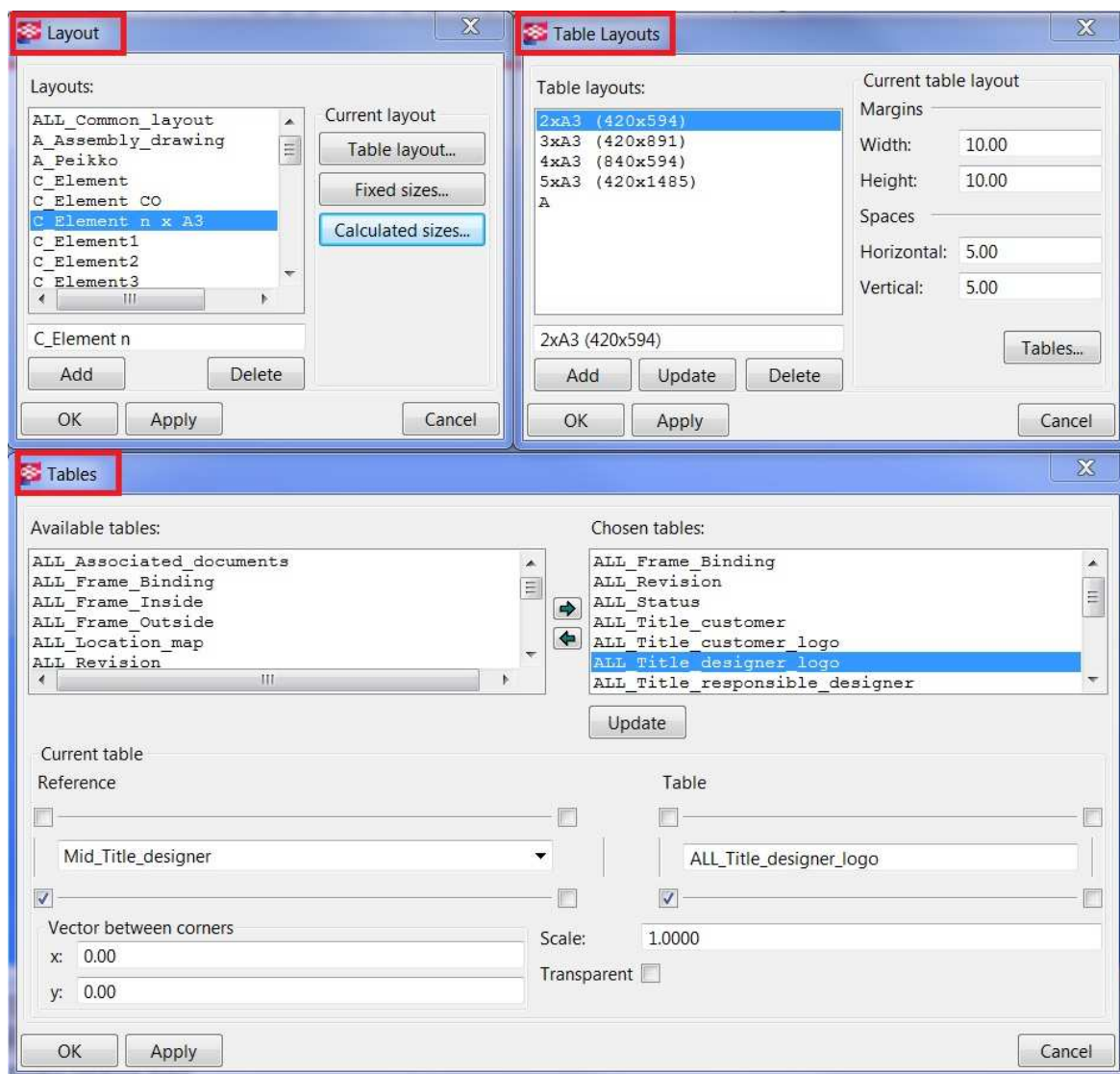
SUUNNITELUN LÄHTÖTIEDOT				
Projekti	FC			
Restaluokka	VCC			
Suunnitteluskaala	100V			
TUOTETIEDOT				
Seinäkalle	30mm, sisäilmastopokkete 10mm			
Määrämittaus	10mm			
Tulostusmittaus	Seinäkallan keskipaksuus 2011	Normaaliluokka		
Pinta-alue 1	Yläpinta TH-4			
Pinta-alue 2	MUD-4			
Viite 1	Pöytäkirjan liitteiden luokitus			
Muunnosmittaus	20mm/2			
Kuulutus- ja seinämittaus	0,7V	Esimerkiksi: 100mm/100mm/100mm/100mm		
Palkkimittaus	0,8K			
Vesieristämismittaus	0,8K			
VALUTARVIKELUETTELO				
PIIRINUMERO	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALUA [m ²]	MASSA [kg]
P/4	1	C40/50	0,26	1,46
			ELEMENTTI PAINO:	3,63 t
LÄHTEET				
1	SHORE KO NEOPREENI 15°20'230			
1	SHORE KO NEOPREENI 15°20'260			
1	AEROSOL PULKONKOU			
2	LH12 NOBTOLEKOU			
2	U24 8 8			
1	SRK120x100			
1	ALLUBLEVY 825xR 10°20'210			
1	ALLUBLEVY 825xR 11°16'30			
1	TARTUNTATAPPI 825 1220 0mm AS200H/1 U24 Lx100			
1	TARTUNTATAPPI 825 1710 0mm AS200H/1 U24 Lx100			
23,6	kg AS200H 8/8			
8,7	kg AS200H 8/12			
28,0	kg BS208 8/8			
148,7	kg BS208 8/12			

PIIRUSTUKSEN MUKAAN VALMISTETAAN ELEMENTIT			
JUOKSEVA NUMERO	LKM		
ACN-0	1	KPL	
MALLIKOHDE	P/2	1:20	
MALLIKATU	P/4	1:30	
MALLIKYLÄ	A/1	1:40	
EHAK	EHK		
Soittimen & Timonen Oy	5000		
	02 RA		17.03.2015

TAVUTUSLUETTELO			
2	3	4	5
7	27	34	35
35	36	37	38

Kuva 11 Piirustusohja elementtipiirustuksen nimiösvulle (Häkkinen 2014)

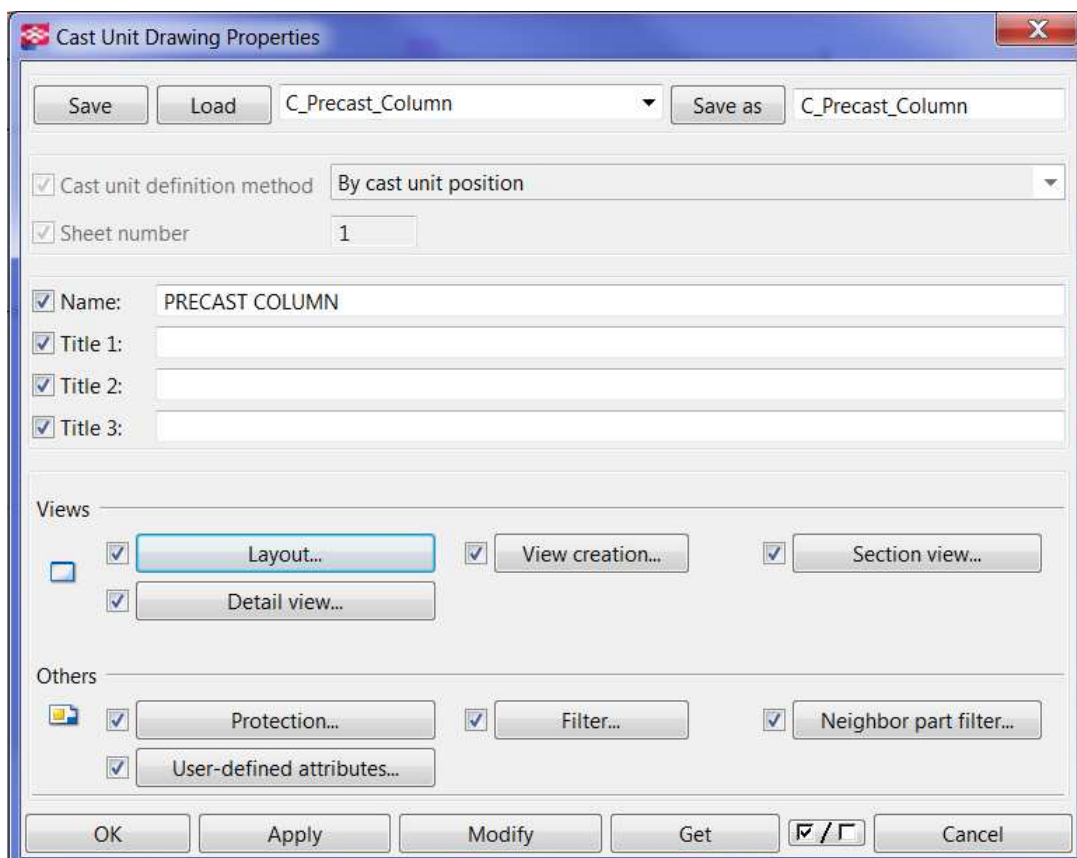
Kuvassa 12 on esitetty Teklassa piirustusohjien tekemistä ja muokkaamista varten olevat toiminnot. Kuvan layout dialogilla voidaan valita muokattava piirustusohja tai luoda uusi, lisäksi siinä määritetään piirustuksen koko, joka yleensä elementtipiirustuksille on A3:n kerrannainen, tarvittavan sivumäärän mukaan. Table layouts eli sapluunapohjat dialogi aukeaa layout dialogin Table layout painikkeesta, siinä määritetään millaisia sapluunapohjia piirustusohjassa on käytettävissä. Sapluunapohjat sisältävät useita erilaisia sapluunoita sekä tiedon jokaisen sapluunan sijainnista piirustusohjassa. Sapluunapohjat luodaan kuvan 12 Tables dialogilla, jossa valitaan käytettävät sapluunat sekä määritetään niiden sijainti.



Kuva 12 Piirustusohjien asetukset (Häkkinen 2015)

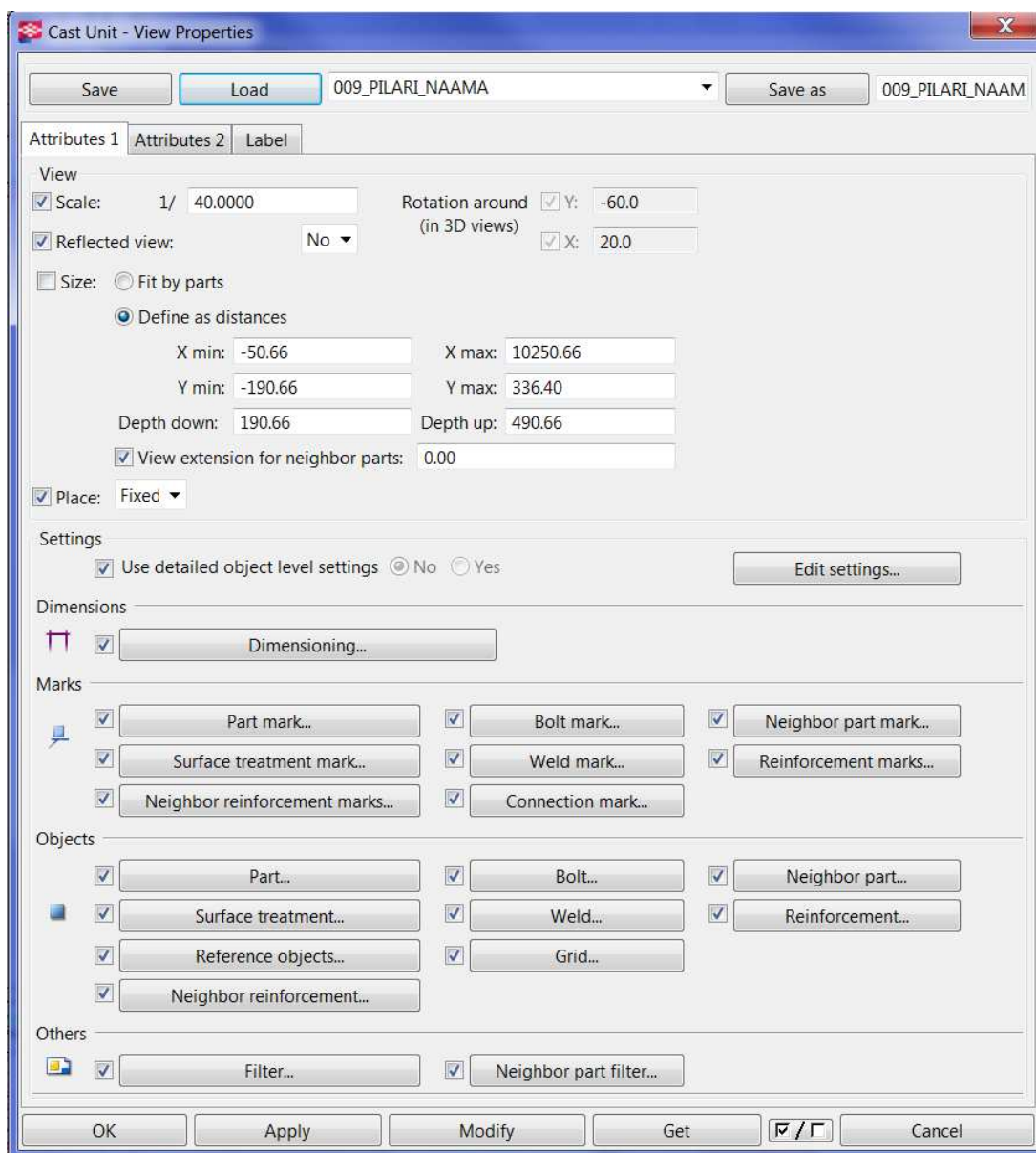
Piirustusohjien luonti ja muokkaus on Teklassa kovin hankalaa koska piirustusohjat tehdään ja muokataan mallinnustilassa eikä piirustustilassa, jossa olisi mahdollista nähdä miten tehty muutos vaikuttaa piirustusohjaan. Nyt piirustusohjat joudutaan muokkaamaan mallissa ja sen jälkeen avaamaan piirustustilassa ja tarkistamaan onnistuiko muutokset halutusti. Tästä syystä piirustusohjien teko vie aikaa, kun piirustusohjat kerran kuitenkin saa kuntoon, niitä ei enää tarvitse muokata.

1. Piirustustason asetukset vaikuttavat koko piirustukseen, niillä määritellään mitä piirustusohjaa käytetään, mitä kuvia luodaan ja millä kuvatason asetuksilla, sekä voidaan säätää asetuksia kuvien ulkoasuun liittyen. Jos kaikkien tasojen piirustusasetukset ovat kunnossa, ei piirustusta luodessa periaatteessa tarvitse muuta kuin valita elementille oikea piirustustason asetus ja elementtipiirustus on valmis. Tämä kuitenkin vaatii kuva ja objektitason asetuksissa erittäin tarkkoja ja objekteille yksilöllisiä asetuksia.



Kuva 14 Piirustustason asetukset (Häkkinen 2015)

2. Kuvatason asetukset vaikuttavat vain kyseiseen kuvaan, myös kuvatason asetuksia voidaan tallentaa ja ottaa käyttöön muihinkin kuviin. Kuvatason asetukset määrittävät elementistä luodun kuvan mittakaavan, näkymän syvyyden ja koon sekä muokkaavat objektien esitystapaa, merkitsemistä ja mitoitus asetuksia. Kuvatasolla voidaan suodattimien avulla määrittää mitä kuvassa näkyy ja mitä ei, sekä miten minkäkin tyyppiset objektit esitetään esim. raudoitteet, osat ja pultit. Kuvatasolla voidaan myös luoda objekteille merkkejä "Mark" mutta kuvatasolla tehdyt merkitsemiset ovat kovin puutteelliset koska tasolla ei pystytä yksilöimään objekteille omia merkitsemistyyliä.



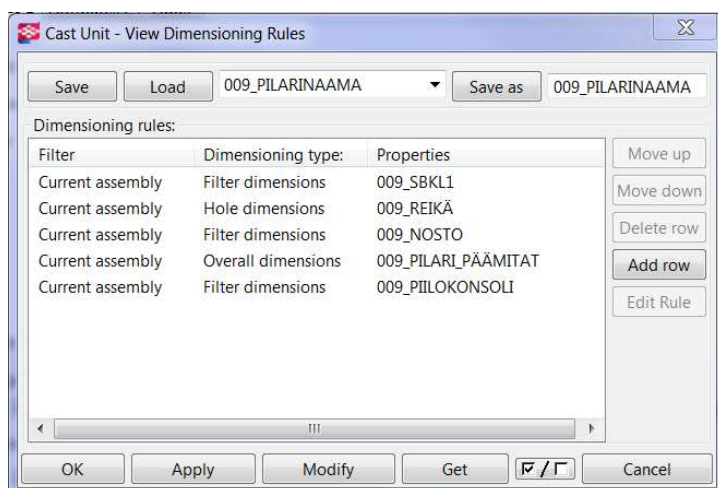
Kuva 15 Kuvatason asetukset (Häkkinen 2015)

Automaattisten mitoitusluomien piirustuksiin tapahtuu kuvatason mitoitus "Dimensioning" -toiminnolla. Mitoitus toiminnolla voidaan määrittää mitä mitoitetaan ja miten. Teklan perus mitoitus toimintoja ovat elementin päämittojen, muotojen, reikien, kolojen, ja elementtiin liitettyjen osien mitoitus. Näillä mitoitus toiminnolla toteutettu mitoitus on kovin karkea eikä kaikkia haluttuja asioita saada mitoitettua piirustukseen, myöskään mitoitus tyyliä ei voida määrittää objekteille yksilöllisesti.

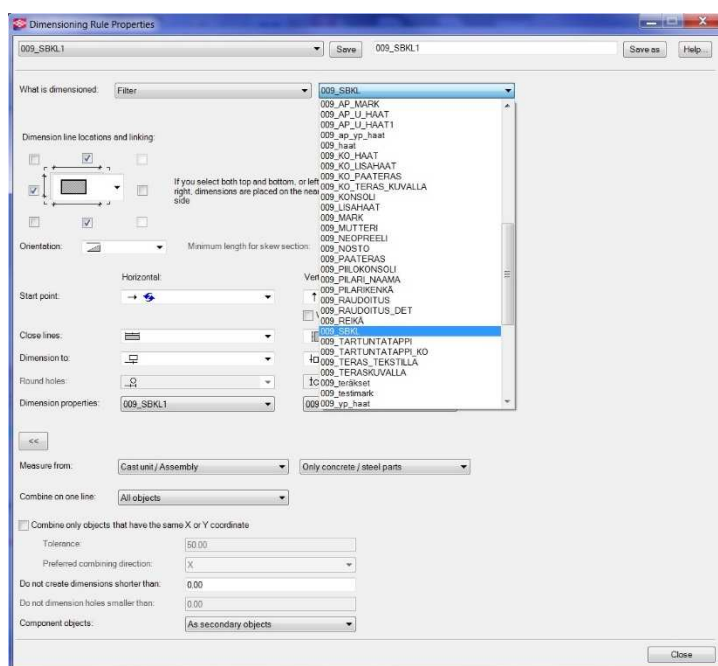
Yksilöllisten mitoitus asetusten luontiin Teklassa on suodatin "Filter" mitoitustoiminto, jolla voidaan tehdä mitoitusasetukset jotka koskevat vain suodattimen määrittämiä objekteja. Täten yksilöidylle objektille jolle on tehty suodatinasetus, voidaan piirustukseen tehdä myös oma mitoitusasetus. Yksilöidyllä mitoitusasetuksilla voidaan tarkemmin määrittää mitä halutaan mitoittaa milläkin tavalla. Lisäksi yksilöity mitoitus tapa on huomattavasti luotettavampi kuin Teklan perus mitoitus toiminnot.

Mitoitusasetuksia joudutaan tekemään useita, koska eri elementtien eri kuvissa halutaan mitoittaa eri asioita joten lähes jokaiselle kuvalle tulee olla omat mitoitus asetukset. Mitoitusasetuksia ei kuitenkaan tarvitse tehdä kuin kerran kullekin kuvatyyppille, jonka jälkeen tallennettu mitoitusasetus voidaan ottaa käyttöön helposti.

Kuvassa 16 on esitetty liitteestä 4 löytyvän pilarin naamakuvasuodattimen mitoitustoiminnot ja kuvassa 17 havainnollistettu suodattinmitoituksen asetusten määrittämistä.

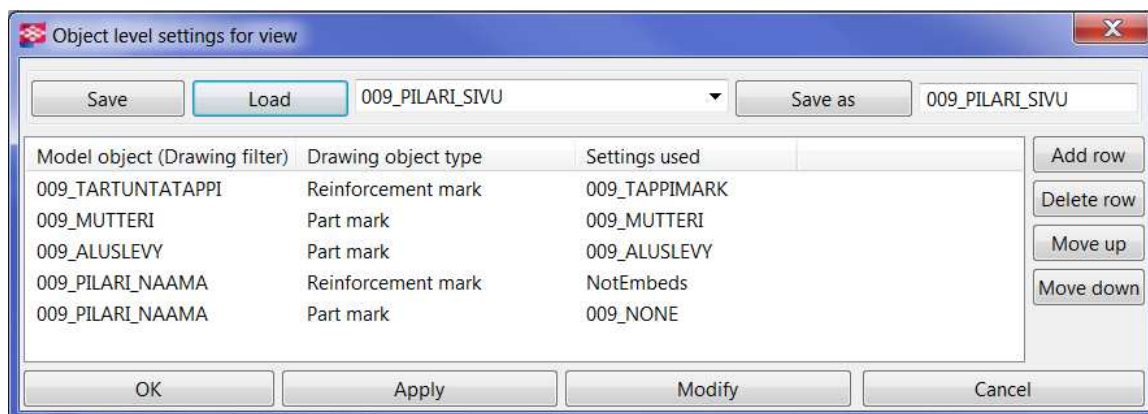


Kuva 16 Mitoitus toiminnot pilarin naamakuvalle (Häkkinen 2015)



Kuva 17 Suodattinmitoituksen asetukset (Häkkinen 2015)

3. Objektitason asetukset ovat yksittäisille objekteille tai objektiryhmille tehtäviä asetuksia. Asetuksilla voidaan saada yksittäinen objekti näkyväksi piirustuksessa halutulla tavalla ja myös merkittyä yksilöllisesti. Objektitason asetusten luonti perustuu yksilöllisen mitoituksen tapaan suodattimien käyttöön. Objekteille joille on tehty suodatinasetus, voidaan objektitason asetuksissa määrittää omat asetukset esitystavalle tai merkeille "Mark".



Kuva 18 Objektitason asetukset (Häkkinen 2015)

Tällä hetkellä Sormunen & Timonen Oy:llä käytössä olevat piirustusasetukset tullaan tekemään uusiksi, vastaamaan opinnäytetyössä tehdyn TS-numerointisuosituksen yksilöintitietoja. Numerointisuositukseen määritettyjen objektien yksilöintitietojen avulla voidaan Teklan automatisoitua piirustusten teko tekniikkaa hyödyntää paljon pidemmälle kuin tällä hetkellä. Etenkin objektien yksilöllinen mitoittaminen suodatinmitoitus toiminnolla, tulee selkeyttämään piirustuksia ja tekemään mitoituksesta luotettavampaa kuin aiemmin. Myös asetusten jatkuva muokkaaminen Tekla-käyttäjän mallinnustavan mukaiseksi loppuu, kun kaikkien käyttäjien mallit saadaan sisällöltään samaksi. Tällöin myös yhteiset piirustusasetukset toimivat jokaisen käyttäjän luomiin elementteihin.

5 ELEMENTTIEN NUMEROINTI

5.1 Yleisesti

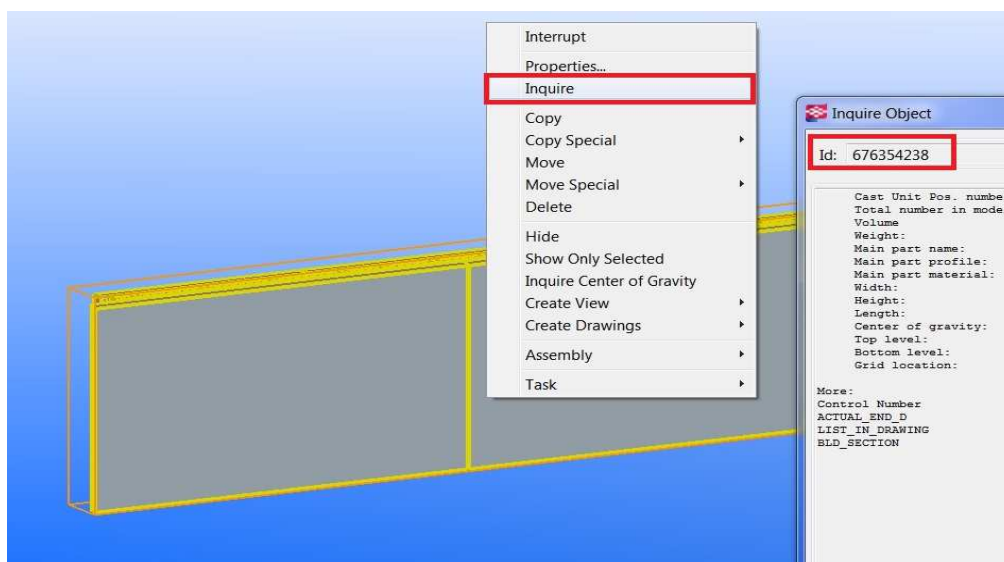
Elementtien numerointi tapahtuu BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohjeen mukaan. Elementtisuunnittelun mallinnusohjeessa kerrotaan miten elementit pitää numeroida, mutta ei sitä miten numerointi toteutetaan mallinnusohjelmassa. Rakennemallissa olevat elementit pitää numeroinnin avulla pystyä erittelemään toisistaan, sekä elementtien tiedot ja tarvikkeet pitää olla tunnistettavissa. Numeroinnin avulla elementtitehtaat, työmaa ja suunnittelijat tietävät mistä elementistä on milloinkin kysymys.

5.2 GUID-tunniste

Tekla Structures -ohjelma antaa automaattisesti kullekin rakennusosalle yksilöllisen GUID (Globally Unique Identifier) -tunnisteen, tunniste säilyy rakennusosalla sen luomisesta poistamiseen. Sen avulla on mahdollista tunnistaa sama osa eri malleissa ja näin tieto säilyy mallin päivityksen yhteydessä tai tieto saadaan siirrettyä mallista toiseen. GUID-tunnisteen säilyttämiseksi samana osaa ei saisi missään suunnittelun vaiheessa poistaa ja tehdä tilalle uutta, koska tällöin GUID-tunniste muuttuu, eikä osaa voida enää tunnistaa muiden suunnittelijoiden malleissa. Tunniste on pyrittävä pitämään samana muokkaamalla luotuja rakennusosia, niiden tuhoamisen sijaan, tällöin osalle annettu tieto esim. asennuspäivämäärä säilyy. (Kautto 2012, 13.) GUID-tunniste esitetään 32:na heksalukuna yhdysmerkein ryhmiteltynä esimerkiksi ID54FE8B06-0000-03D4-3134-323539363830.

5.3 Id numero

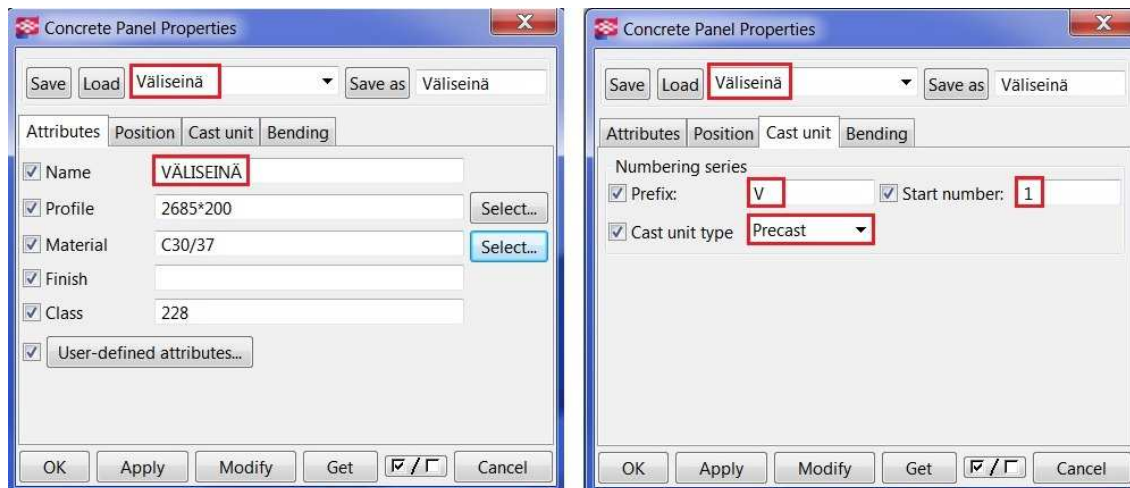
Id numero on GUID-tunnisteen tapainen objektin yksilöllinen vain numeroista koostuva tunniste. Id numero on GUID-tunnistetta lyhempi ja sitä voidaan käyttää mallissa objektien seuraamisessa samaan tapaan. Lisäksi Id numero toimii Teklassa myös filttareiden luonnissa, joten sen käyttö on GUID-tunnistetta monipuolisempaa.



Kuva 19 Id-numero (Häkkinen 2014)

5.4 Elementtitunnus

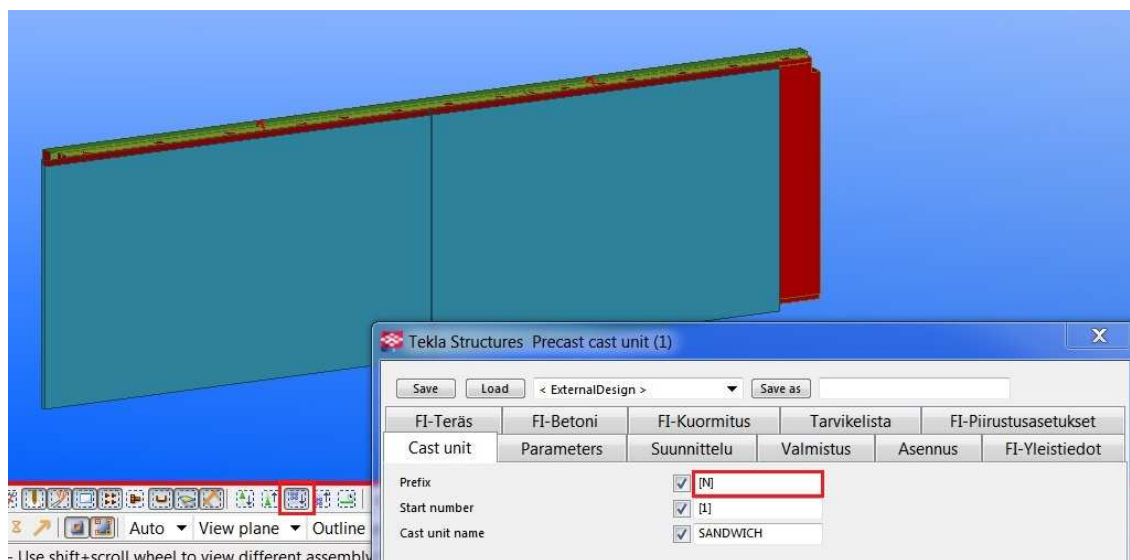
GUID-tunnisteen lisäksi elementeille annetaan elementtitunnukset. Elementtitunnukset tulevat näkyviin elementtipiirustuksiin, luetteloihin ja elementtikaavioihin, josta elementti voidaan tunnistaa tunnuksen perusteella. Elementtitunnus koostuu yleensä tyyppitunnuksesta ja elementtisarjanumerosta, lisäksi elementtitunnukseen voidaan lisätä tuotantosarjanumero. Teklaan voidaan tallentaa eri elementtien mallinnuspohjiin valmiita asetuksia, jolloin tunnukset saadaan suoraan elementin pääosalle "Main Part" tallennetuista tiedoista eikä niitä tarvitse erikseen määrittää.



Kuva 20 Seinien mallinnustyökaluun tallennetut väliseinien tunnustiedot (Häkkinen 2014)

5.4.1 Tyyppitunnus

Eri elementtityypit erotetaan toisistaan tyyppitunnuksella, joka on betonielementeillä kirjain esim. väliseinällä V, pilarilla P ja nauhaelementillä N. Käytettäviä tyyppitunnuksia on lueteltu liitteessä 2. Tyyppitunnuksen määrittäminen elementille tapahtuu valitsemalla haluttu elementti "Select assemblies" valinta päällä ja määrittämällä elementin tunnus "Cast Unit" tietoihin "Prefix" kohtaan. Kuvassa 21 on selvennetty tyyppitunnuksen määrittämistä. Tyyppitunnuksen on tärkeää olla liitteen 2 mukaiset, koska tunnuksen perusteella piirustus pohjiin ja malliin on tallennettu filteröintiasetuksia.

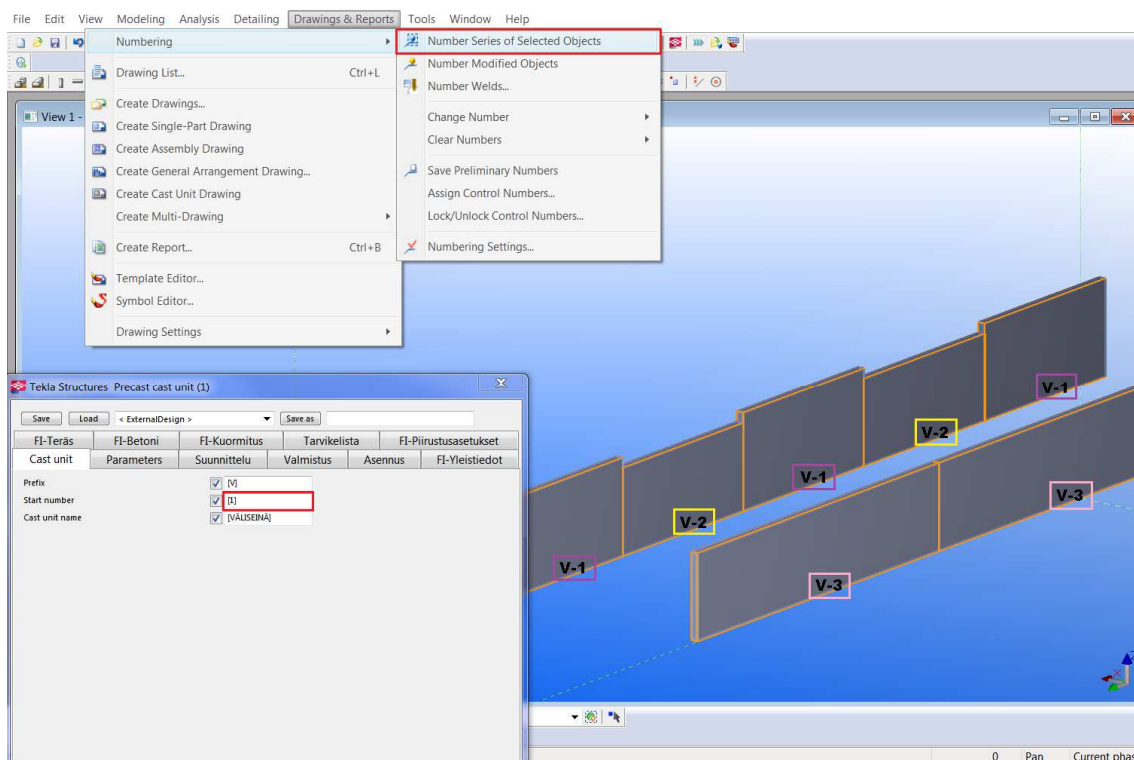


Kuva 21 Tyyppitunnuksen määrittäminen (Häkkinen 2015)

5.4.2 Elementtisarjanumero

Elementtisarjanumerolla erotellaan samaa elementtityyppiä olevat elementit toisistaan esim. väliseinät. Sarjanumero tulee elementtitunnuksesta tyyppitunnuksen perään, esimerkiksi nauhaelementit voidaan erottaa toisistaan seuraavasti N-1, N-2, N-3 jne.

Sarjanumerot voidaan määrittää elementeille suunnittelijan toimesta manuaalisesti syöttämällä "Start number" kenttään (-) + (haluttu sarjanumero) esim. -101. Tällöin nauhaelementin elementti tunnus olisi N-101. Yleensä numerointi kuitenkin toteutetaan numerointisarjoina, jolloin Tekla numeroi valitut elementit (esimerkiksi saman kerroksen samantyyppiset elementit) tai kaikki elementit automaattisesti. Tämä onnistuu asettamalla numerointisarjan aloittava numero "Start number" kenttään esim. 1 (Teklan oletus arvo) ja suorittamalla numerointi valituille numerointisarjoille "Number Series of Selected Objects" komennolla. Tekla luo kullekin elementille oman sarjanumeron, samantyyppisille elementeille tulee sama numero koska ne esitetään myös samassa elementtipiirustuksessa. Elementtiteollisuuden kannalta on tärkeää että samantyyppiset elementit saavat saman elementtitunnuksen, jotta tuotantoa voidaan tehostaa valamalla yhtenevät elementit samalla muotilla. Kuvassa 22 on näytetty kuinka numerointi tehdään väliseinille.

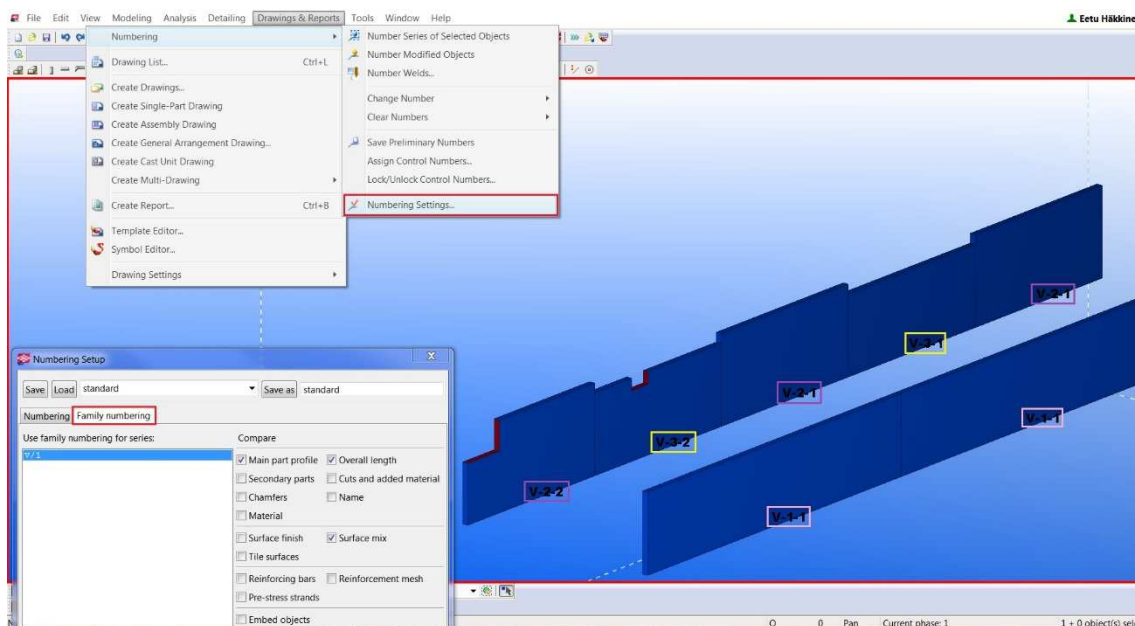


Kuva 22 Elementtisarjanumerointi väliseinäelementeille (Häkkinen 2015)

5.4.3 Tuotantosarjanumero

Jos projektissa sovitaan käytettäväksi elementtityypitunnuksen ja -sarjanumeron lisäksi myös tuotantosarjanumeroa, määräytyy elementtitunnus seuraavasti; "tyyppitunnus-tuotantosarja-elementtisarjanumero" esim. V-1-2. Tuotantosarjanumero on elementtitehtaan käyttämä numero perusgeometrialtaan samanlaisille elementeille. (BEC 2012 Luettelo-ohje 2012, 4.) Tuotantosarjanumero auttaa elementtitehdasta tunnistamaan elementit jotka eroavat vain vähän toisistaan, esimerkiksi reikien tai kolojen osalta. Tällaiset elementit pystytään tehtaalla toteuttamaan muokkaamalla samaa muottia elementtien eroavaisuuksien osalta.

Tuotantosarjanumeron lisääminen Teklan automaattiseen numerointiin tapahtuu asettamalla numerointi asetuksiin "Numbering Settings" halutun elementtityypin sarja esim. V/1 "Use family numbering for series:" kenttään. Tällöin Tekla lisää tuotantosarjanumeron kaikkiin väliseinäelementteihin. Kuvassa 23 on esitetty kuinka tuotantosarjanumero lisätään ja kuinka se erittelee elementit toisistaan. Tuotantosarjanumero voidaan lisätä suunnittelijan toimesta myös manuaalisesti, sisällyttämällä sarjanumero tyyppitunnuksen mukaan "Cast Unit" tietoihin "Prefix" kohtaan esim. V-1.

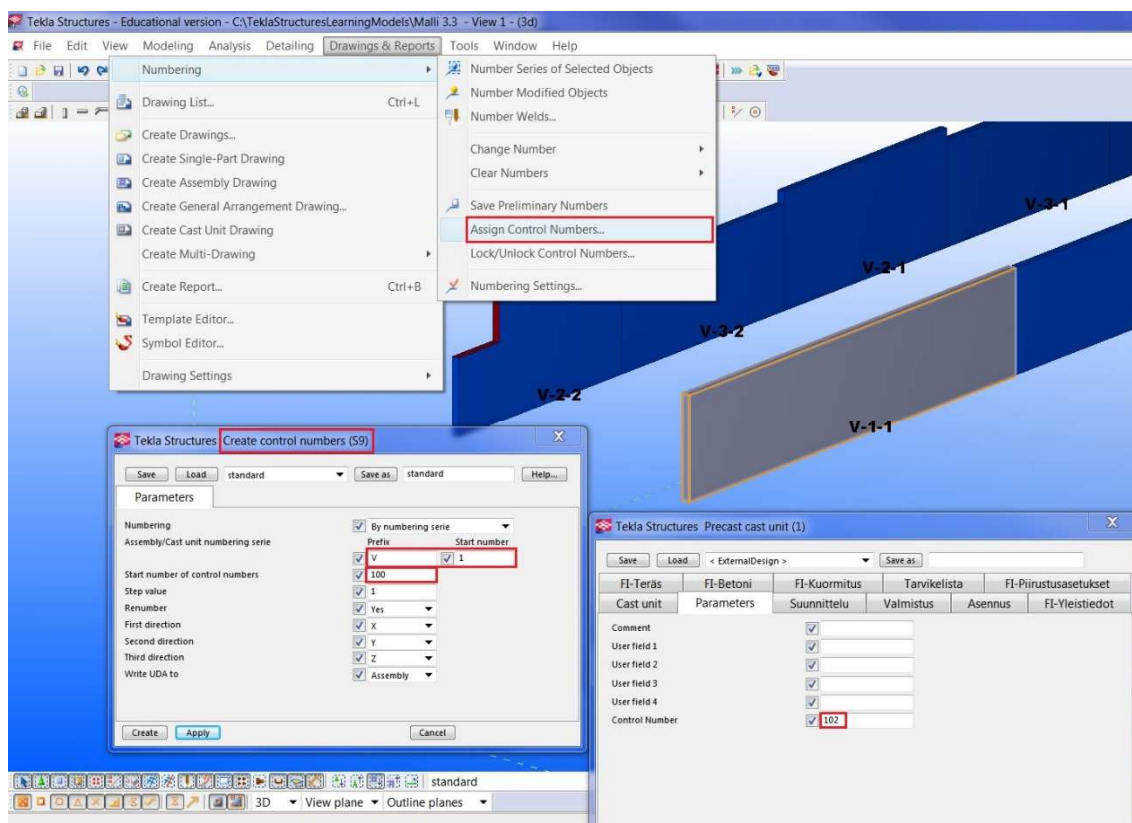


Kuva 23 Tuotantosarjanumeron lisäys väliseinäelementeille (Häkkinen 2014)

5.5 ACN-numero

ACN-numero (Assembly Control Number) on suunnittelijan elementeille antama yksilöllinen numero, joka pysyy samana vaikka elementtitunnuksen ja/tai piirustusnumeron numerotunniste suunnittelun aikana muuttuisikin. Täten ACN-numeron perusteella voidaan elementtiä seurata mallissa silloinkin kun elementtisarja tai tuotantosarjanumero muuttuu. ACN-numerointi mahdollistaa kahden tai useamman identtisen ja samoilla elementtitunnuksilla olevan elementin yksilöimisen. Numeroinnissa on suositeltavaa käyttää järjestelmää niin, että eri elementeille annetaan numero eri numerosarjoista, esimerkiksi väliseinien numerointi alkaisi 100:sta eteenpäin ja pilarien 300:sta eteenpäin jne. (BEC 2012 Luettelo-ohje 2012, 4.) ACN-numero lisätään elementeille hankkeessa sovitussa vaiheessa, mutta jos asiasta ei ole sovittu, niin suunnittelija lisää numeron ennen toteutuspiirustusten tekoa. ACN-numeron lisäyksen jälkeen se tulee säilyttää samana koko hankkeen, jos elementti tuhoetaan ja tilalle tehdään uusi, tulee vanha ACN-numero siirtää uudelle elementille. ACN-numero täytyy olla piirustuksissa elementtitunnuksen lisäksi. (Kautto 2012b, 14.)

ACN-numero voidaan Teklassa lisätä elementille manuaalisesti syöttämällä numero elementin tietoihin "Control Number" kohtaan tai automaattisesti kaikille samantyyppisille elementeille "Create control number" työkalulla.

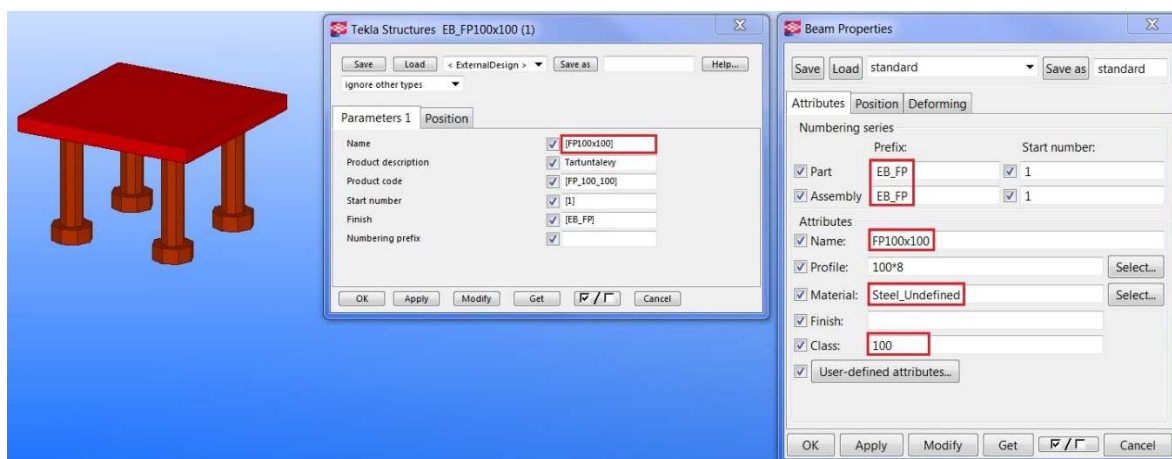


Kuva 24 ACN-numeron lisäys väliseinäelementille (Häkkinen 2014)

6 MALLINNUSOHJEEN MUKAINEN MALLINNUSTAPA

6.1 Objektien yksilöinti

Yksilöinnillä tarkoitetaan objektien erittelyä toisistaan. Objektien yksilöinti on merkittävä osa mallintamista ja sitä tarvitaan suodatinasetusten luontiin, joilla mahdollistetaan piirustustilassa objektien esittäminen, mitoittaminen ja merkitseminen eri tavoilla. Lisäksi yksilöintitietojen perusteella voidaan hakea objektille annettua tietosisältöä luetteloihin ja taulukoihin. Teklassa objektit voidaan yksilöidä lähes kaiken sen sisältämän tietosisällön mukaan materiaalista, koosta, pituudesta aina määritettyyn paloluokkaan saakka. Piirustusten luonnin kannalta on kuitenkin oleellista saada niissä esiintyvät objektit eriteltä toisistaan yksinkertaisella, selkeällä sekä toimiston sisäisessä käytössä yhtenevällä tavalla. Yhtenevällä tavalle yksilöidyille objekteille voidaan määrittää suodatinasetuksia, jotka määrittävät kuinka objektit piirustuksessa esiintyvät. Yksinkertaisen ja selkeän yksilöinnin määrittämiseen sopivia tapoja on esimerkiksi objektien nimen "Name", luokan "Class", tyyppin "Type", materiaalin "Material" tai etuliitteen "Prefix" yhtenevä käyttötapa. Kuvassa 25 on esitetty tartuntalevyn yksilöintiin käytettäviä tietoja.



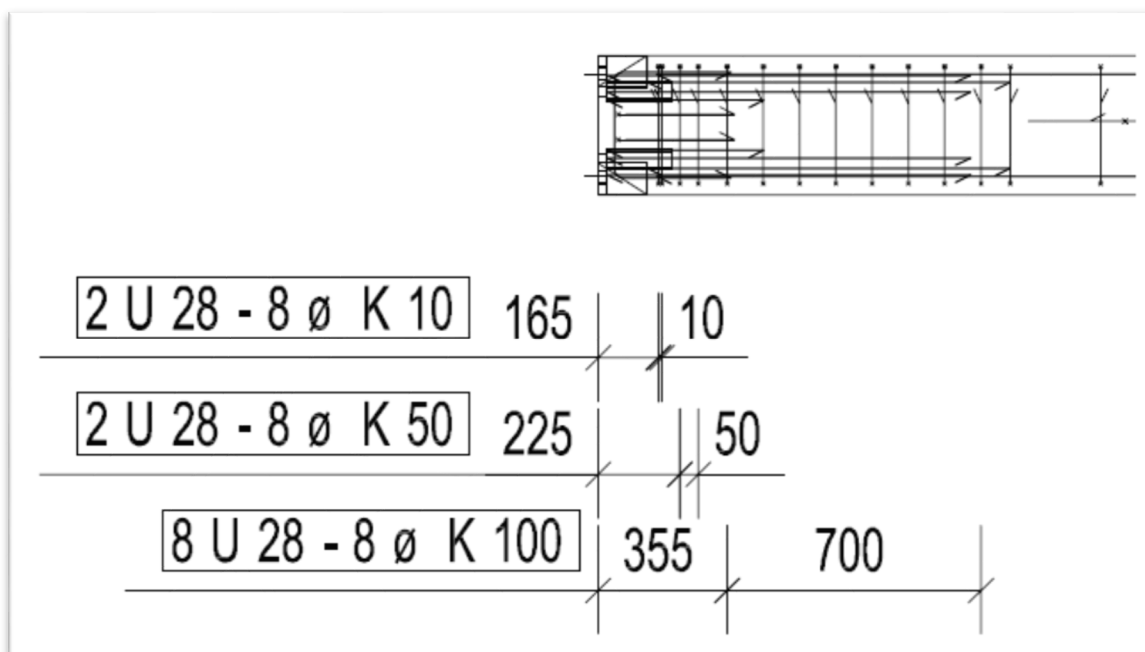
Kuva 25 Tartuntalevyn yksilöintitiedot (Häkkinen 2015)

Yksilöintiä on Teklassa hyvä tehdä jonkinlaisen hierarkian mukaan. Esimerkiksi kuvan 25 tartuntalevyn yksilöintitiedoista "Class" voisi yksilöidä objektin valutarvikkeeksi, "Prefix" määrittää että valutarvike on FP (Fastening plate) tartuntalevy ja "Name" tarkoittaa tartuntalevyn malliksi FP100x100. Tämän kaltaista yksilöintiä voidaan hyödyntää piirustuksissa esimerkiksi niin että "Class" arvolla valutarvikkeeksi määritellyiltä objektilta voidaan hakea tietoa valutarvikelistaan ja määrittää kuinka valutarvikkeet esitetään piirustuksessa. "Prefix" arvoa taas voitaisiin käyttää esimerkiksi mitoittustyylin määrittämiseksi tartuntalevyille ja nimeä "Name" FP100x100 tartuntalevyn merkitsemiseen. Liitteessä 4 näkyy kuinka valutarvikkeet voidaan yksilöinnin avulla esittää automaattisesti luoduissa piirustuksissa selkeästi ja BEC 2012 mallipiirustusten (Liite 5) mukaisesti.

Opinnäytetyössä tehtyyn TS-numerointisuositukseen kehitettiin toimiston tarpeisiin sopiva yksilöintitapa ja määritettiin kunkin objektin yksilöintitiedot, niin että piirustusautomaatiikalla voidaan luoda

selkeitä ja siistin ulkoasun omaavia piirustuksia. Yksilöintitietojen määrittäminen toteutettiin referenssikohteen elementtejä ja toimiston aikaisempien kohteiden elementtipiirustuksia tutkimalla ja miettimällä miten elementeissä esiintyvät objektit olisi järkevä yksilöidä. Tutkimalla referenssikohteen elementtejä saatiin selville mitä objekteja elementeissä yleensä esiintyy ja mitkä niistä tarvitsevat omat yksilöintitietonsa ja millä yksilöintitiedot ovat jo kunnossa. Yksilöintitavan kehittäminen oli haastavaa koska liian seikkaperäisellä objektien yksilöinnillä mallintamisesta tulisi hidasta ja piirustusasetuksien luonti olisi erittäin työlästä. Liian suppea yksilöinti ei taas mahdollistaisi tarpeeksi yksilöllistä objektien mitoittamista, jolloin piirustuksista ei saataisi selkeitä. Tämän takia objekteista oli kasattava sopivan laajuisia ryhmiä, jotka yksilöitäisiin ja mitoitettaisiin piirustuksissa samalla tavalla. Sopivan laajuisten ryhmien keksiminen oli vaikeaa koska ryhmittelyssä tulisi ottaa huomioon kaikki betonielementteihin mahdollisesti lisäävät objektit, kuten perusgeometriat, reiät, kolot, teräkset, tarvikkeet ja niiden halutunlaiset esitystavat piirustuksissa. Tästä syystä TS-numerointisuositus tehtiin Excel-taulukkona, johon on helppoa lisätä yksilöintitietoja sitä mukaan kun siinä huomataan puutteita. Esimerkiksi jos huomataan, että jollekin raudoitteelle ei ole sopivaa ryhmää, voidaan sille lisätä numerointisuositukseen oma ryhmänsä ja luoda Teklan piirustusohjelmien ryhmälle halutut asetukset.

Kuvassa 26 on esitetty kuinka TS-numerointisuositukseen määritetyn ryhmän yksilöintitietoihin perustuva piirustusasetus luo automaattisesti alapään haoille mitoituksen ja terästen merkitsemiseen "Markin" mittaviivan päähän.



Kuva 26 Pilarin alapään lisähakojen esittäminen piirustuksessa (Häkkinen 2014)

Yksilöintitietoja määrittäessä TS-numerointisuositukseen täytyi jokaisen objektiryhmän automaattista mitoittamisesta kokeilla luomalla suodatin yksilöintitietoihin perustuen ja tekemällä ryhmälle piirus-

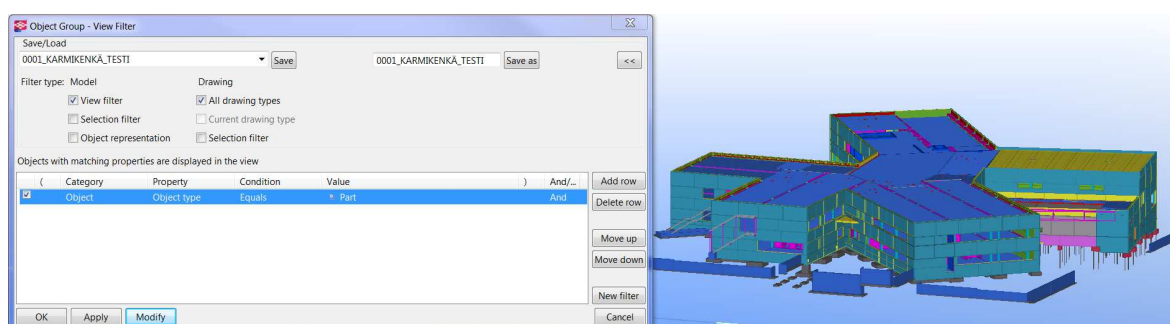
tusasetuksiin omat säätönsä. Kokeilemalla piirustusautomaatiikan toimintaa havaittiin jos jonkin objektin esittäminen ryhmän asetuksilla ei onnistukaan. Tällöin objektille oli luotava omat yksilöintitietonsa ja asetukset jotka toimivat halutulla tavalla.

6.2 Suodattimien tekeminen

Suodattimet ovat Teklan "Filter" toiminnolla tehtäviä sääntöjä, joilla voidaan mallista valita haluttuja objekteja. Suodattimia käytetään mallissa haluttujen objektien näkyviin saamiseen. Jos halutaan vaikka työstää pelkkiä seiniä, voidaan muut rakenneosat suodattaa pois näkyvistä, mikä tekee mallin käsittelystä paljon helpompaa. Suodattimia käytetään myös piirustusasetuksien tekemiseen. Piirustustilassa objektin esittämistä, mitoittamista ja merkitsemistä koskevia asetuksia voidaan määrittää koskemaan vain tietyn suodattimen sisältäviä objekteja. Suodatitimet ja objektien yksilöinti liittyvät olennaisesti toisiinsa. Sillä kun objekti on yksilöity ja sille tehty suodatin, voidaan objektille tehdä piirustusasetuksilla omat esitystavat, jos objekteja ei yksilöidä yhtenevästi, on suodatinasetusten tekeminen piirustusasetuksia varten lähes mahdotonta. Suodatinasetuksien tekemiseen opinnäytetyössä perehdyttiin kokeilemalla erilaisten suodattimien toimintaa referenssikohteessa ja luomalla piirustustilan asetuksia suodattimiin perustuen, sekä testaamalla niiden toimintaa automaattisten piirustusten laadinnassa.

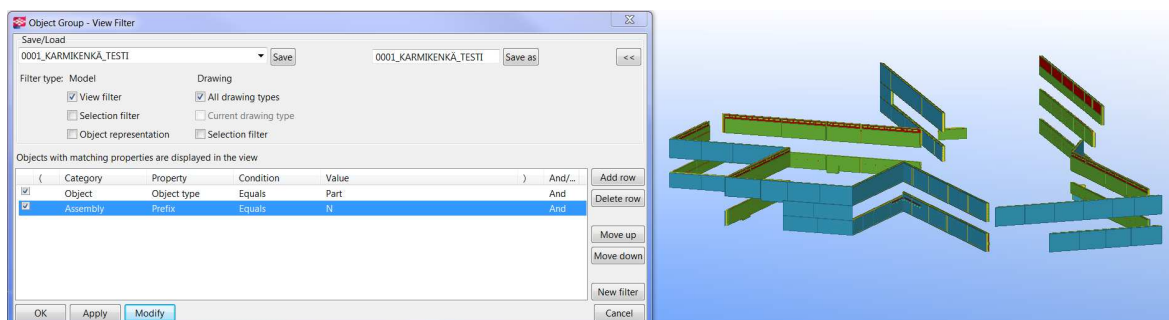
Alla on havainnollistettu suodatinasetusten tekemistä "Filter" toiminnolla ja esitetty kuinka yksilöintitietojen avulla voidaan saada nauhaelementtien karmikengät eriteltyä referenssikohteen mallista.

1. Määritetään suodatinasetuksiin että näytetään objektit, joiden tyyppi vastaa arvoa "Part". Tällaisella asetuksella mallissa näkyy kaikki "Part" tyyppiset objektit ja niihin liitetyt osat esim. raudoitteet, valutarvikkeet ja reiät/kolot.



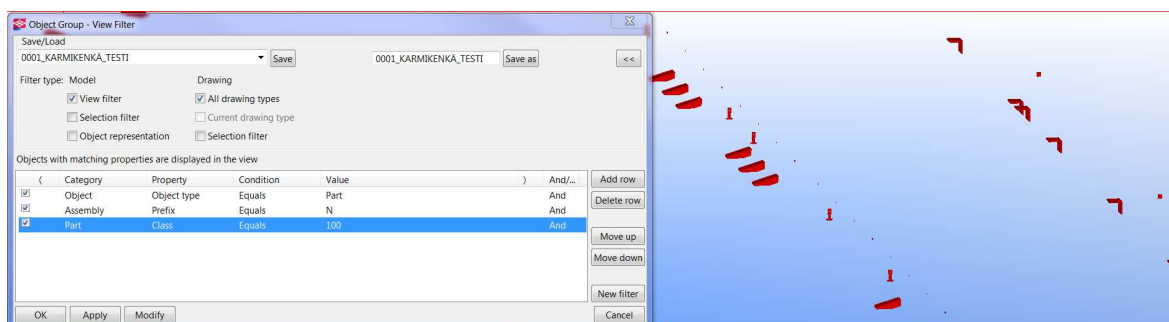
Kuva 27 Suodatin kaikille osille (Häkkinen 2015)

2. Lisätään suodatinasetuksiin että halutaan nähdä vain elementit, joiden etuliite "Prefix" vastaa arvoa N (nauhaelementit). Näkyviin jää nyt nauhaelementit ja niihin liitetyt osat.



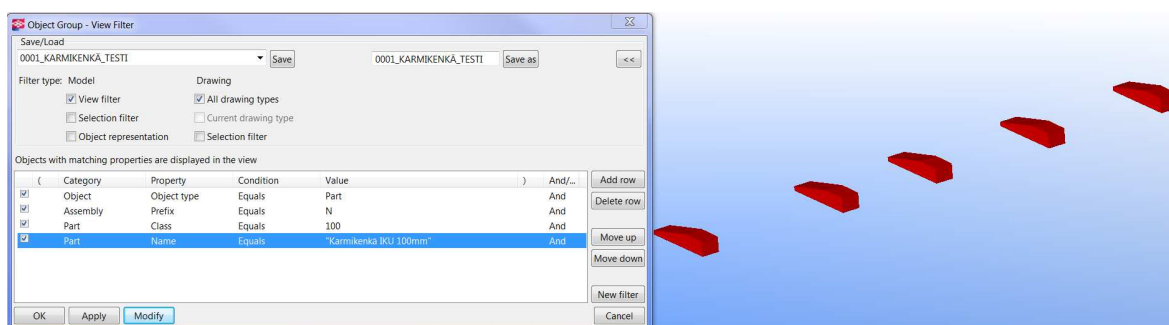
Kuva 28 Suodatin nauhaelementeille (Häkkinen 2015)

3. Suodatinasetuksiin määritetään että halutaan suodattaa näkyviin osat, joiden luokka "Class" arvo on 100. Luokka arvolla 100 on yksilöity valutarvikkeet, joten nyt näkyvissä on kaikki nauhaelementeissä olevat valutarvikkeet jotka on yksilöity "Class" 100 arvolla.



Kuva 29 Suodatin nauhaelementtien valutarvikkeille (Häkkinen 2015)

4. Tarkennetaan vielä että valutarvikkeista halutaan näkyviin vain nimellä "Karmikenkä IKU 100mm" olevat osat. Nyt näkyvissä on vain nauhaelementteihin liitetyt karmikengät.



Kuva 30 Suodatin nauhaelementtien karmikengille (Häkkinen 2015)

Edellä tehdyille suodattimelle voitaisiin piirustusasetuksiin määrittää nauhaelementeissä olevien karmikengien esitys-, mitoitus- ja merkitsemistapa. Suodattimia voidaan tehdä myös piirustustilassa mutta mallinnustilassa tehtyjen suodattimien toiminta on helpompi tarkistaa mallissa visuaalisesti kuin piirustustilassa.

6.3 Elementin geometrian mallinnus

Elementin geometrialla käsitetään elementin betoniosat sekä elementin ulkomuotoon oleellisesti kuuluvat osat kuten eristeet. Elementit tulee mallintaa perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa TELU 2012-RAK G. Elementin geometria voidaan mallintaa käyttämällä Teklan perustyökaluja tai hyödyntäen mallintamista nopeuttamaan tehtyjä komponentteja. Elementit tulisi aina luoda kyseisen elementin mallintamiseen tarkoitetulla työkalulla tai komponentilla, eli pilari pilarityökalulla, palkki palkkityökalulla ja seinä seinätyökalulla jne. Erityisesti komponenteilla mallintaessa tulee olla tarkkana että komponentti luo elementin oikeanlaisena, esimerkiksi yleisesti käytetty ”Sandwich and Double Wall” komponentti mallintaa seinän palkkina. Väärillä työkaluilla luodut elementit aiheuttavat ongelmia mallin jatkokäytössä, esimerkiksi mallin hyödyntäminen rakenneanalyysi ohjelmissa vaatii että elementit on mallinnettu oikein.

Mallintaessa geometriaa tulee elementille määrittää opinnäytetyössä tehdyn TS-numerointisuosituksen mukaiset yksilöintitiedot. Komponentteja hyödyntäessä täytyy komponentti valita niin että sille voidaan määrittää tarvittavat yksilöintitiedot, tai muuten tiedot pitää käydä muuttamassa mallissa erikseen oikeiksi. Myös elementtiin liittyvät betoniosat kuten konsolit tulee nimetä ja numeroida oikein sekä muistaa liittää pääosaan.

Jatkossa Teklan aloitusmalliin tullaan tallentamaan perustyökalujen sekä komponenttien valmiisiin pohjiin TS-numerointisuosituksen mukaisen tietosisällön omaavia asetuksia. Tämä tulee nopeuttamaan mallintamista ja vähentää virheitä elementtien tiedoissa. Kuvassa 31 on näytetty kuinka valmiin asetuspohjan voi valita mallinnustyökalun tai komponentin alavetovalikosta.



Kuva 31 Seinärakenteiden valmiiksi tallennettuja asetuksia (Häkkinen 2015)

6.4 Reikien ja kolojen mallinnus

Reiät ja kolot ovat Teklassa leikkausobjekteina, jotka näkyvät mallissa vain ääri viivoilla ja niiden materiaali on määritelty painottomaksi. Leikkausobjekti vähentää leikattavan osan painosta ja ulkomuodosta leikkausobjektin kokoisen osan, täten piirustuksiin ja raportteihin saadaan elementin todellinen paino. Reiät ja kolot voidaan mallintaa käyttämällä Teklan perusleikkaustyökaluja tai komponenttia, joka sopii kyseisen reiän tai kolon tekoon. Tällaisia komponenttityökaluja ovat esim. "Hole Generation", "Polygon Hole Generation", "Sandwich Wall Window" sekä "Hollow Core Opening Tool".



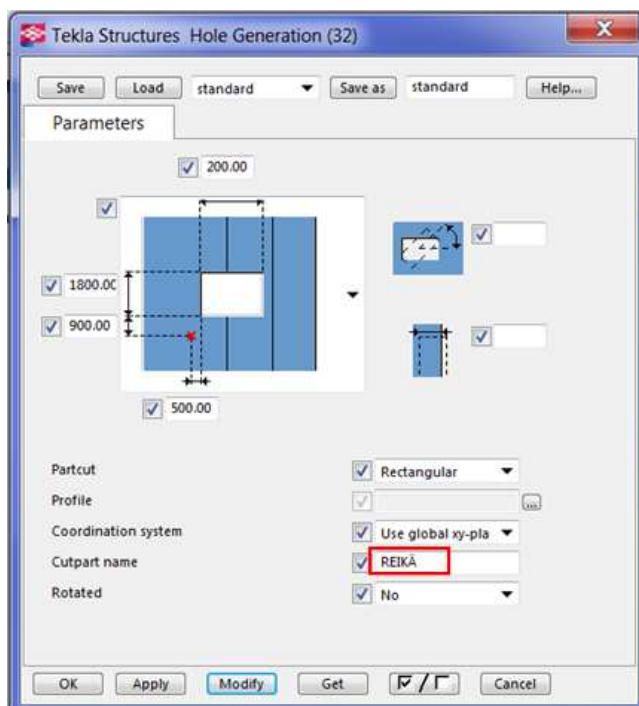
Kuva 32 Reikien ja kolojen mallintamiseen tarkoitettuja komponentteja (Häkkinen 2015)

Leikkausobjektit eroavat muista objekteista niin, ettei niitä voida yksilöidä kuten muita objekteja, esimerkiksi luokan "Class" tai etuliitteen "Prefix" mukaan. Reikien ja kolojen yksilöinti piirustuksien automaattimitoituksia varten perustuu leikkausobjektin nimeen "Name". Tämän takia on tärkeää, että kaikki Tekla-käyttäjät nimeävät leikkausobjektit samoilla nimillä. Piirustuksissa eri nimen omaavat reiät ja kolot voidaan esittää eri mittaviivoilla, joten mallintaessa tulee miettiä millaisen piirustuksen elementistä haluaa tuottaa, mitkä asiat ovat esitetty samalla mittaviivalla ja mitkä erikseen. Referenssikohteessa reikiä ja koloja ei oltu nimetty systemaattisesti ja tästä syystä myöskään piirustusautomaatiikan hyödyntäminen niiden mitoittamiseen oli puutteellista. Koska rei'illä ei ollut niitä erittelevää tietoa, ei niitä myöskään voitu silloin eritellä automaatiikalla luotavissa piirustuksissa, vaan tämä jouduttiin tekemään manuaalasti erikseen.

Komponenteilla reikiä tehtäessä, tulisi valita komponentti jossa leikkausobjektin nimi "Cutpart name" voidaan määrittää. Muutoin nimen määrittäminen tulee tehdä luotuun reikään mallinpuolella erikseen. Mallissa reiän nimen määrittäminen onnistuu valitsemalla leikkausobjekti "select objects in components" valinta päällä ja muuttamalla nimi leikkausobjektin dialogiin.

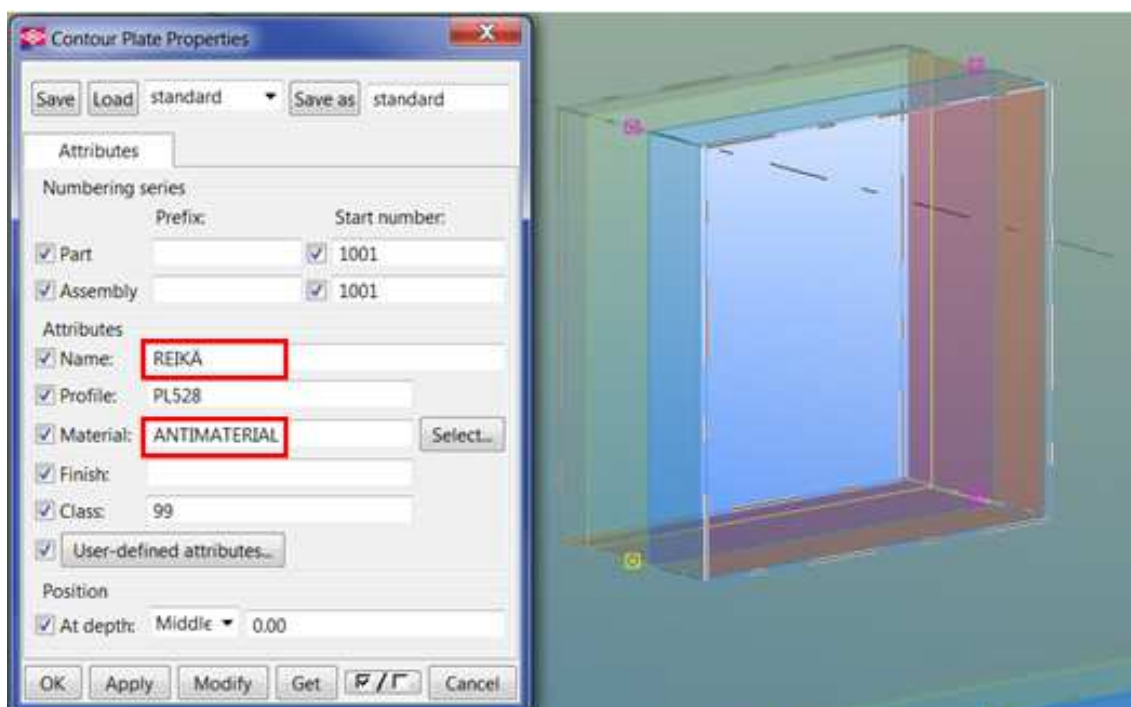
Reiän mallinnus komponentilla, tapahtuu ohjeen mukaan seuraavasti:

1. Tehdään reikä käyttäen "Hole Generation" komponenttia. Komponentin luomalle reijälle määritetään koko, sijainti ja nimi "Cutpart name" joka yksilöi leikkausobjektin ja mahdollistaa automaattisen mitoituksen.



Kuva 33 Hole Generation komponentin asetukset (Häkkinen 2015)

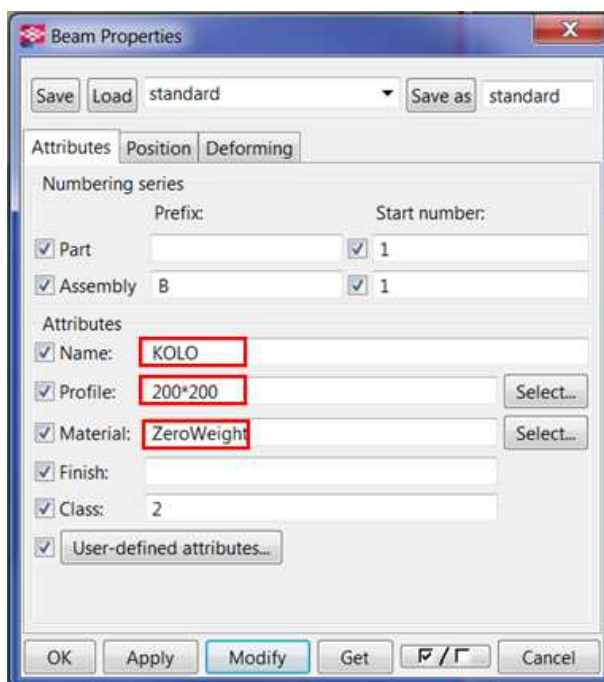
2. Tarkistetaan että komponentin luoma reikä sai oikean nimen ja materiaalin.



Kuva 34 Komponentilla luotu reikä ja leikkausobjektin tiedot (Häkkinen 2015)

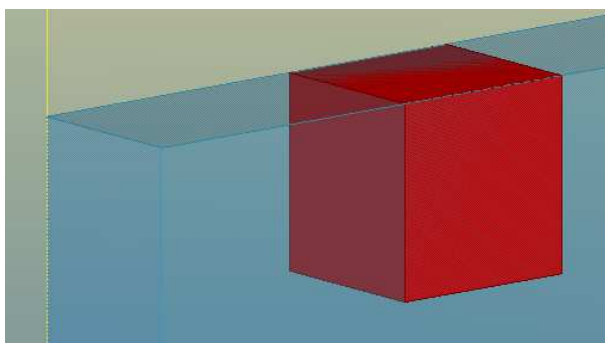
Kolon mallinnus perusleikkaustyökalulla:

1. Mallinnetaan leikkaava osa palkkityökalulla ja määritetään palkin asetuksiin tiedot nimestä, profiilista ja materiaalista.



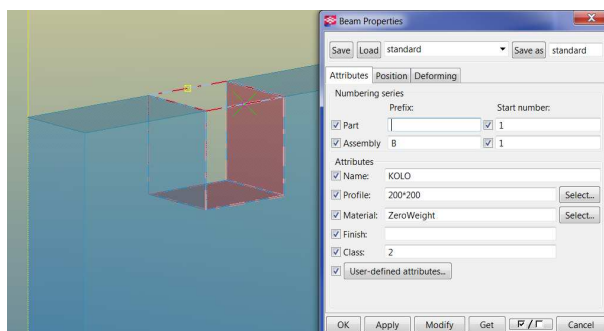
Kuva 35 Palkin asetukset (Häkkinen 2015)

2. Mallinnetaan leikkaava osa ja siirretään se oikealle kohdalle.



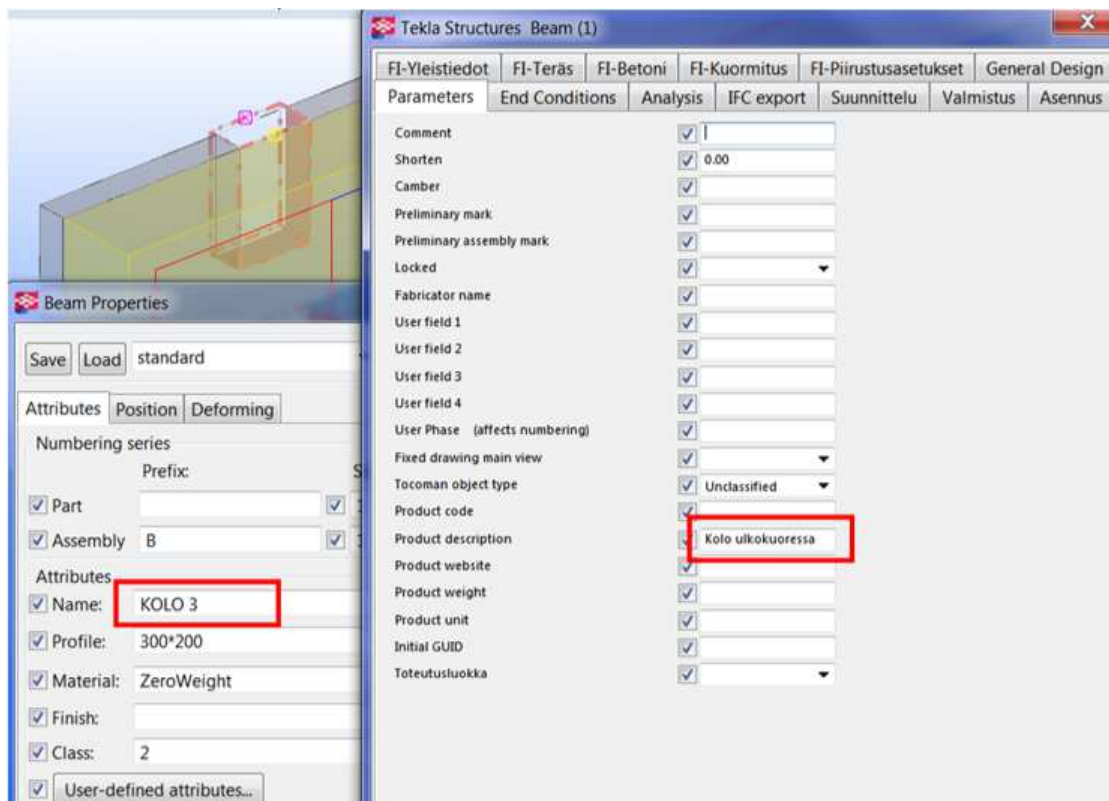
Kuva 36 Leikkaava palkkiobjekti (Häkkinen 2015)

3. Leikataan seinään mallinnetun osan kokoinen kolo "Cut part with another part" työkalulla ja tarkistetaan leikkausobjektin tiedot.



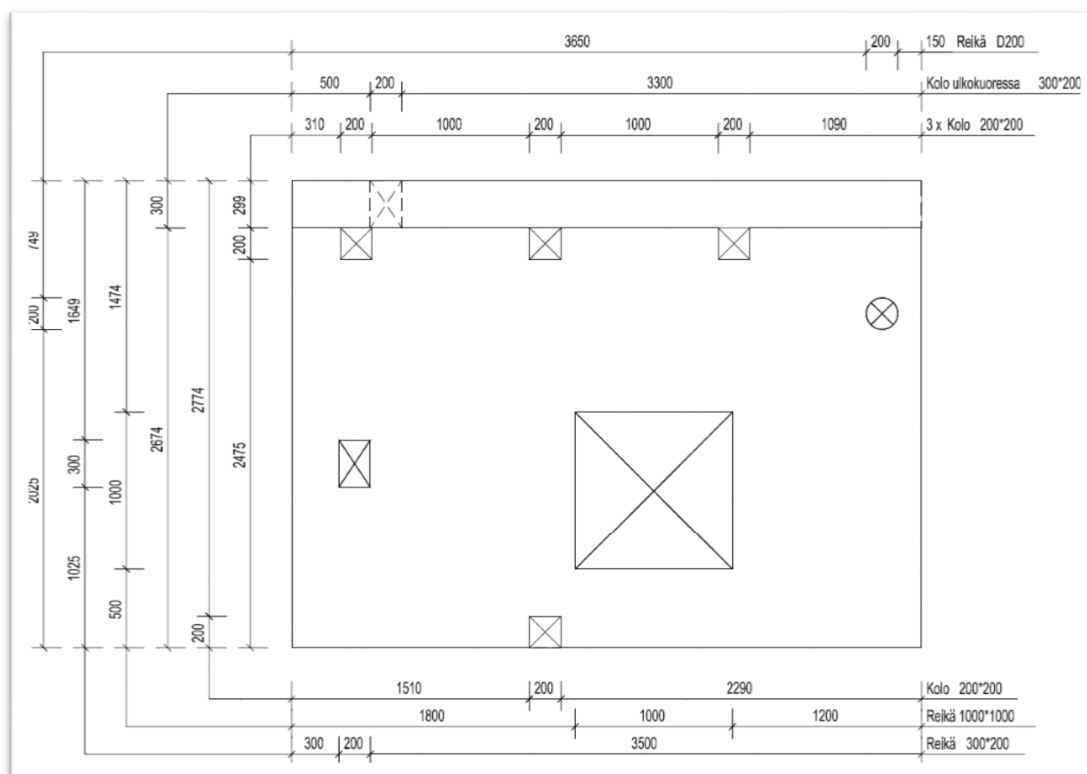
Kuva 37 Leikkausobjekti ja sen tiedot (Häkkinen 2015)

4. Leikkausobjektille voidaan lisätä sitä kuvaava tieto "User-defined attributes" asetuksiin "Product Description" kenttään (esim. Kolo ulkokuoressa). Tämä tieto on mahdollista saada piirustuksiin kuvaamaan mallinnettua reikää tai koloa.



Kuva 38 Ulkokuoren kolon tiedot (Häkkinen 2015)

Kun reiät ja kolot on yksilöity nimensä perusteella, ne pystytään piirustuksissa erittelemään omille mittaviivoille ja esittämään niitä kuvaavaa tietoa mittaviivan merkeissä "Mark", kuten kuvassa 39.



Kuva 39 Reikien ja kolojen esittäminen piirustuksissa (Häkkinen 2015)

6.5 Valutarvikkeiden mallinnus

Valutarvikkeiksi lasketaan kaikki sellaiset osat, jotka halutaan esittää valutarvikeluettelossa, eli käytännössä kaikki elementtiin lisättävät osat jotka eivät ole raudoitteita. Tällaisia ovat esimerkiksi nos-tolenkit, tartuntateräkset, piilokonsolit, pilarikengät, sähköputket ja rasiat, karmipuut ja kengät yms. Valutarvikkeet lisätään elementteihin toteutussuunnitteluvaiheessa TELU 2012-RAK G ja tyyppielementteihin hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa TELU 2012-RAK G.

Valutarvikkeet lisätään elementtiin yleensä komponenttina, mutta tarvikkeita voidaan lisätä myös mallintamalla osa ja liittämällä se elementtiin. Valutarvikkeita jotka mallinnetaan elementtiin yleensä erikseen, ovat esimerkiksi tartuntatapit ja saumatartuntaputket. TS:ssä tarvikkeet voidaan lisätä elementtiin usealla eri tavalla riippuen tarvikkeesta ja tarvikkeen mallinnustavasta, mutta yleensä lisäys tapahtuu "Add as Sub-Assembly" toiminnolla, jolla tarvike liittyy elementtiin ja näkyy elementtipiirustuksessa. Tarvikkeen lisäyksen jälkeen tartunta tulee tarkastaa visuaalisesti tekemällä esimerkiksi oma 3D-näkymä vain kyseisestä elementistä.

Valutarvikkeiden tietoihin tulee määrittää tarvikkeen luokka "Class" arvo BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnohjeesta löytyvän taulukon mukaan. Tällöin voidaan piirustuksissa käyttää BEC 2012 projektissa tehtyä valutarvikeluettelon sapluunaa, joka hakee mallista automaattisesti tietoa taulukoon, objektin luokan perusteella. Valutarvikkeen luokka "Class" arvo määräytyy sen mukaan mitä tietoa tarvikkeesta halutaan valutarvikeluettelossa esittää. Kuvasta 40 näkyy mitä tietoa osasta tulee valutarvikeluetteloon näkyviin milläkin luokka "Class" arvolla.

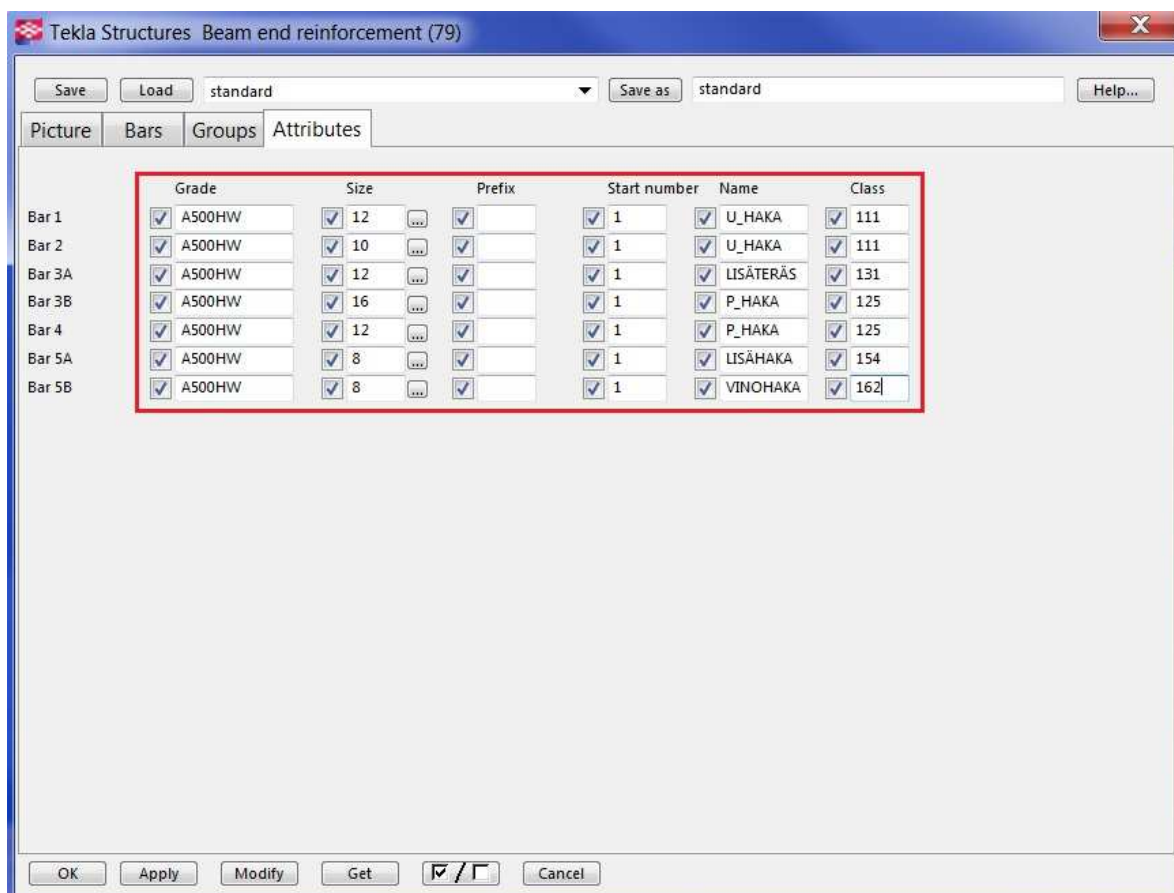
OSAT	CLASS	YKS	ESIM
EI TULE RAPORTTEIHIN/TAULUKOIHIN	0		URAT
NIMI + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	100	KPL	SBKL, HPKM
NIMI + PROFIIILI + PITUUS + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	101	KPL	PUTKI,
NIMI + WIDTH + HEIGHT + PITUUS + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	102	KPL	NEOPRENELAPPU
NIMI + PROFIIILI + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	103	M	NEOPRENENAUHA, SAHATAVARA, SÄHKÖPUTKI
NIMI+MATERIAALI+PAKSUUS + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	104	M2	ERISTE
RAUDOITTEET (TARVIKKEET)	CLASS	YKS	ESIM
NIMI + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	100	KPL	KIERREHAKA
NIMI + HALKAISIJA + PITUUS + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	101	KPL	TARTUNTA
NIMI + HALKAISIJA + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	103	M	SÄHKÖPUTKI
EI TULE RAPORTTEIHIN/TAULUKOIHIN	102		
VERKOT	CLASS	YKS	ESIM
NIMI + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	100	KPL	LEUKAVERKKO
NIMI + HALKAISUJA/SILMÄKOKO + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	VAPAA	KG	TAVALLISET VERKOT

Kuva 40 Taulukko valutarvikkeiden luokka "Class" arvoista (Kautto 2015b, 30)

Luokan "Class" lisäksi valutarvikkeet pitää yksilöidä tarkemmin piirustustilan mitoitusasetuksia varten. Tarkempi yksilöinti voidaan tehdä esimerkiksi nimen "Name" perusteella. Tällöin mitoitusasetukset voidaan määrittää erinimisille objekteille eri tavoilla. Liitteessä 3 on esitetty kuinka valutarvikkeet voidaan yksilöinnin avulla mitoittaa automaattisesti piirustuksiin ja miten valutarvikeluettelossa näkyvät tiedot tarvikkeista.

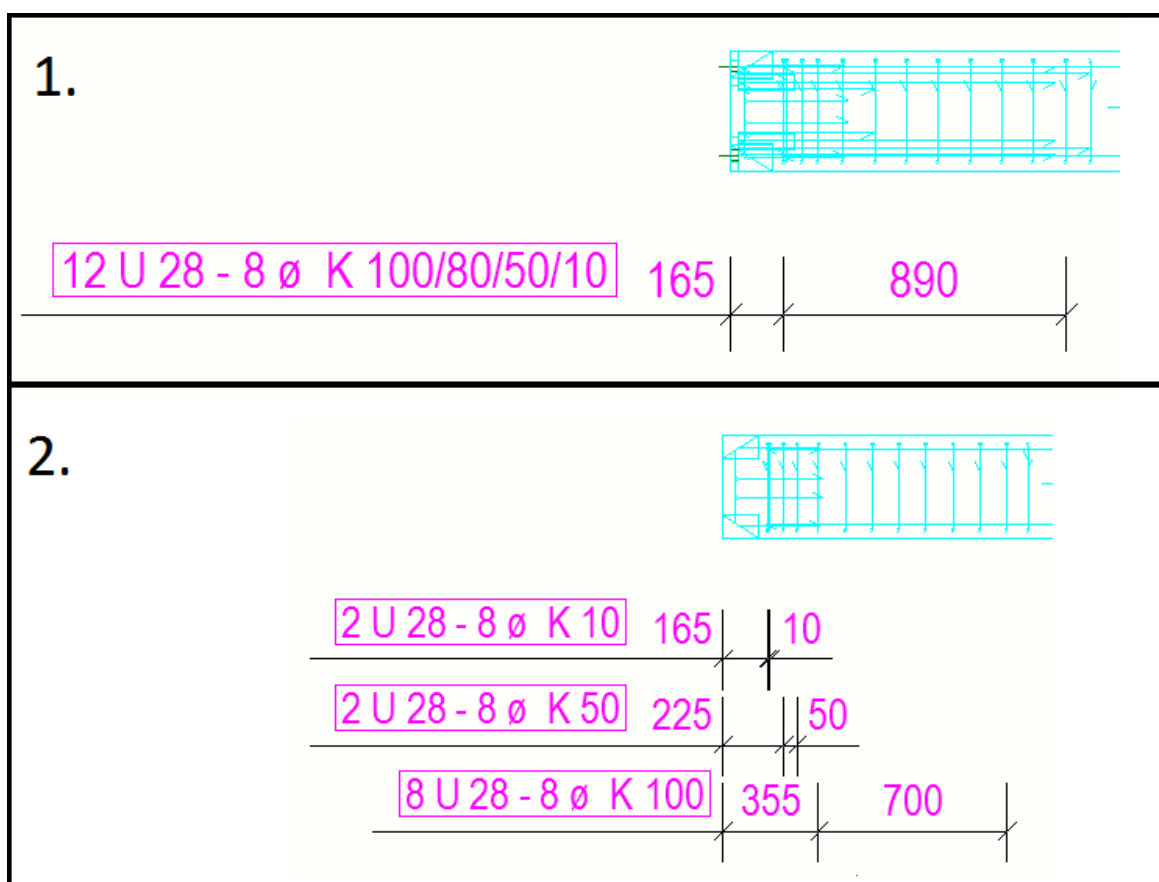
6.6 Raudoitteiden mallinnus

Raudoitteet lisätään elementteihin yleensä valutarvikkeiden lisäyksen jälkeen toteutussuunnitteluvaiheessa TELU 2012-RAK G ja tyyppielementteihin hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa TELU 2012-RAK G. Raudoitteet elementteihin voidaan mallintaa perusraudoitustyökaluilla tai komponentteja hyödyntäen, kunhan yksilöintiin tarvittavat tiedot saadaan raudoitteille oikein. Raudoitteiden yksilöintitiedot löytyy opinnäytetyön ohessa tehdystä TS-numerointisuosituksesta. Komponentteja hyödyntäessä, tulisi käyttää komponentteja, joissa voidaan mahdollisimman monipuolisesti määrittää tiedot raudoitteille. Yksilöintitiedoilla mahdollistetaan raudoitteiden esitystavan ja mitoitusyylin määrittäminen piirustustilan asetuksiin eri raudoitteille eri tavoilla. Kuvassa 41 on esitetty miten "Beam end reinforcement" komponentille voidaan monipuolisesti määrittää luotavien raudoitteiden yksilöintitiedot.



Kuva 41 Raudoitteiden yksilöintitietojen määrittäminen komponentilla (Häkkinen 2014)

Komponenttien luomia raudoitteita joudutaan kuitenkin usein hajottamaan ja muokkaamaan vielä mallissa oikeanlaiseksi, koska komponentit saattavat tehdä raudoitteista vääränlaisia ryhmiä. Väärin ryhmiteltyjä raudoitteita ei piirustustilassa voida mitoitaa tai merkitä halutulla tavalla. Raudoitteiden mitoitus ja merkitseminen voidaan piirustustilassa toteuttaa niin, että kaikki samassa ryhmässä olevat raudoitteet saavat yhteisen mittaviivan ja merkin. Komponentin luoma raudoiteryhmä on usein liian suuri ja sisältää eri K-jaolla olevia raudoitteita, tällöin suurelle raudoiteryhmälle tulee vain yksi mittaviiva ja merkki, joka ei kerro riittävän selkeästi raudoitteiden sijaintia. Kuvassa 42 on esitetty kuinka komponentin luomalle hakaryhmälle tulee vain yksi mittaviiva ja miten haat saadaan uudelleen ryhmittämällä esitettyä piirustuksessa halutulla tavalla.



Kuva 42 Hakojen mitoitus piirustuksissa 1. Komponentin luoma hakaryhmä 2. Mallissa uudelleen ryhmitetty hakaryhmä (Häkkinen 2015)

Opinnäytetyössä testatuista komponenteista yksikään ei tehnyt raudoitteita täysin halutulla tavalla. Komponentteja voidaan siis käyttää raudoitteiden mallintamisen nopeuttamiseksi mutta tulee kuitenkin muokata luonnin jälkeen oikeanlaiseksi. Liitteessä 4 on havainnollistettu kuinka raudoitteille voidaan yksilöinnin ja ryhmittelyn avulla määrittää omat mitoitustyylinsä ja esittää ne ulkomuodoltaan siististi piirustuksissa.

7 MALLINNUSOHJEEN ESITTELY

7.1 Mallinnusohje

Mallinnusohje Tekla Structures -ohjelmaan luotiin Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen tarpeesta kehittää Tekla piirustusten automaatiikkaa. Piirustusten automaatiikalla voidaan mallinnetuista elementeistä saada valmiita 2D-elementtipiirustuksia ilman erillistä piirustusten työstämistä. Piirustusautomaatiikan hyödyntäminen säästää aikaa, vähentää inhimillisiä virheitä ja antaa mallintajan keskittyä suunnitteluun piirustusten luonnin sijaan.

Mallinnusohje käsittelee elementtien mallintamista piirustusten automaattisen luonnin näkökulmasta. Ohje tulee käyttöön toimiston työntekijöille joilla on jo kokemusta Teklan käytöstä, tästä syystä ohjeessa ei opasteta ohjelman käytön perusteita vaan keskitytään mallinnettavien objektien tietosisältöön. Mallinnusohjetta tarvittiin nimenomaan objektien yksilöintitietojen määrittämisen ohjeistamiseen, piirustusautomaatiikan mahdollistamiseksi. Lisäksi ohjeessa selvennetään eri mallinnustapojen ja komponenttityökalujen vaikutusta piirustuksien luontiin sekä kerrotaan miten ja millä eri objekteja kannattaa mallintaa, jotta lopputulos eli elementtipiirustus saataisiin tuotettua automaatiikan avulla.

Mallinnusohjeen sisältö jakautuu niin että ensin opastetaan yleisesti elementtien ja niihin liittyvien objektien mallintamista, tämän jälkeen käydään esimerkin omaisesti läpi yksittäisen referenssikohdeessa esiintyvän pilarin mallinnus. Pilarin mallinnusesimerkissä opastetaan yksityiskohtaisesti objektien oikeanlainen mallintaminen ja tietosisältö, niin että saadaan automaattisesti luotua halutunlainen elementtipiirustus. Ohjeessa käytettiin runsaasti kuvia havainnollistamaan mallintamisen eri vaiheita ja kerrottiin mitä vaiheissa tapahtuu sekä selvitettiin miten tehdyt asiat vaikuttavat elementistä luotavaan piirustukseen. Mallinnusohje toteutettiin Word ohjelmalla ja tulostettiin pdf. muotoon.

7.2 TS-numerointisuositus

Ohjeen yhteydessä tehtiin toimistolle oma TS-numerointisuositus, johon objekteille on määritetty niiden yksilöintitiedot. TS-numerointisuositus on Excel-ohjelmaan tehty taulukko käytettävistä yksilöintitiedoista. Sen pohjana toimi Teklan suomi-lokalisoinnin yhteydessä tuleva Numerointisuositus (Liite 1) jota kehitettiin ja jatkettiin toimiston tarpeiden mukaan. Mallinnusohjeessa kerrotaan kuinka TS-numerointisuosituksen yksilöintitietoja tulisi mallissa käyttää ja kuinka eri yksilöintitiedot vaikuttavat piirustuksiin. TS-numerointisuositus haluttiin pitää toimiston sisäisenä, joten myös sitä käsittelevää mallinnusohjetta ei tässä raportissa ole julkaistu.

TS-numerointisuositusta tehdessä lähtökohtana oli selkeiden ja siistien piirustusten saaminen Teklasta. Elementtipiirustuksista haluttiin toimiston Auto CAD-ohjelmalla tuotettujen 2D-piirustusten näköisiä ja BEC 2012- hankkeen yhteydessä julkaistujen mallipiirustusten mukaisia. "BEC 2012 mallipiirustukset ovat elementtiteollisuuden tarkastamat ja hyväksymät, joten niiden tulisi toimia esimerkeinä projektin piirustuksia luotaessa" (Kautto 2012b, 34). TS-numerointisuosituksen tekemiseksi

kerättiin referenssikohteen sekä toimiston aikaisempien kohteiden erillisistä elementeistä mahdollisimman monipuolisia piirustuksia, joista lähtökohdan perusteella kerättiin asioita jotka piirustuksissa esitetään eri tavoilla. Eri tavoilla esitetyille objekteille määritettiin TS-numerointisuositukseen omat yksilöintitietonsa, joiden pohjalta piirustusohjelmien automatiikka asetuksia tullaan muokkaamaan.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Sormunen & Timonen Oy:n työntekijöiden käyttöön Tekla Structures mallinnusohje, jolla pyritään yhtenäistämään Tekla-käyttäjien mallinnustapoja. Yhtenäisellä mallinnustavalla mahdollistetaan mallissa olevien objektien tietosisällön tehokas hyödyntäminen mallissa ja Teklan piirustuksissa. Työnä tehdyn mallinnusohjeen tavoitteena oli vähentää piirustusten luontiin käytettävää aikaa ja antaa suunnittelijan keskittyä mallintamiseen dokumentoinnin sijaan. Henkilökohtaisena tavoitteenani oli harjaantua ongelmanratkaisu-, vuorovaikutus- ja yhteistyötaidoissa sekä opinnäytetyöprosessin aikainen ammattitaidon ja asiantuntijuuden kehittyminen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin laadittua mallinnusohje ja TS-numerointisuositus joiden yhteiskäytöllä mahdollistetaan automaattisten piirustusten luonti Teklassa mallinnetuista elementeistä. Opinnäytetyön pohjalta Teklan piirustusohjeita ja asetuksia tullaan muokkaamaan niin, että piirustusten automatisointi saadaan toimimaan halutulla tavalla. Muokatuilla asetuksilla saadaan piirustusten luontiin käytetty aika huomattavasti pienemmäksi. Yrityksessä onkin jo aloitettu piirustusasetuksien muokkaaminen opinnäytetyössä määritetyn mallinnus- ja yksilöintitavan mukaisiksi. Asetuksien muokkaus kaikkien elementtityyppien piirustuksille vie kuitenkin paljon aikaa joten se jää jatkossa tehtäväksi kehitystyöksi.

Haasteelliseksi työn teossa osoittautui itse Tekla Structures -ohjelmiston käytön opettelu ja ohjelman toimintatavan ymmärtäminen. Koska ohjelma on monipuolinen ja erilaisia toimintoja on paljon, käytön opetteleminen oli hidasta ja vei aikaa. TS-numerointisuositukseen kasattujen objektien yksilöintitietojen määrittäminen kokeilemalla niiden toimivuutta automaattipiirustusten laadinnassa oli työlästä, sillä työn käsittämiä elementtejä oli useita ja täten myös yksilöintitietoja tarvitsevia objekteja lukuisia. Tästä syystä objekteista kasattiinkin TS-numerointisuositukseen samankaltaisia objekteja sisältäviä ryhmiä, joille sovittiin yhteiset yksilöintitiedot, haasteena tässä oli kehittää sopivat yksilöintitavat sekä ryhmien laajuuden määrittäminen. Piirustustilassa tehtävä yksilöintitietojen toimivuuden testaamisessa ja testaamista varten tehtävissä piirustusasetuksissa oli ongelmia, koska jostain syystä Teklassa ei asetukset aina toimi tavalla, jolla niiden pitäisi. Tämän takia joidenkin objektien yksilöintitapaa tuli muuttaa niin että piirustusasetukset saatiin toimimaan oikein. Lisäksi lähdekirjallisuuden löytäminen osoittautui vaikeaksi, koska ohjelmasta ei juuri löydy kirjoitettua tietoa. Sen vuoksi olen selvittänyt asioita paljon kokeilemalla niiden toimivuutta Teklassa ja opinnäytetyössä käyttänyt paljon Internet-lähteitä. Teklan kotisivuilta ja ohjelmiston omasta käyttäjätuesta löytyi paljon ohjelmistoa koskevaa tietoa. Mallinnusohjeen kirjoittamisessa suurempia ongelmia ei ollut koska pohjatyö oli tehty jo TS-numerointisuositusta kehittäessä ja testatessa.

Opinnäytetyöprosessin aikana näen kehittyneeni yhteistyö-, vuorovaikutus- ja ongelmanratkaisutaidoissa sekä saavuttanut valmiudet ottaa vastaan rakennesuunnittelijan työelämän haasteet. Myös ammattitaito ja asiantuntijuus eritoten tietomallintamisen saralta ovat kehittyneet. Tekla Structures -ohjelmiston käytön opettelu on ollut haastavaa mutta kiinnostavaa ja uskon ohjelman käytön opiskelusta olevan hyötyä tulevaisuuden työtehtävissä.

LÄHTEET

Betoniteollisuus Ry. BEC 2012 Luettelo-ohje versio 1.0 [verkkajulkaisu]. [viitattu 2015-03-10]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23888/BEC2012%20Luettelo-ohje.pdf>

Elementtisuunnittelu.fi. BEC 2012 työkalut [verkkajulkaisu].2012 [viitattu 2015-03-08]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/24109/140422%20BEC%20ty%c3%b6kalut.pdf>

HENTTINEN, Tomi 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 1. Yleinen osuus. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-03-09.] Saatavissa: http://www.buildingsmart.fi/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf

KAUTTO, Tero 2012b. BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje_V104 [verkkajulkaisu]. [viitattu 2015-03-07.] Saatavissa: http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23982/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje_v104.pdf

KAUTTO, Tero 2012a. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 5. Rakennesuunnittelu [verkkajulkaisu]. [viitattu 2015-03-09.] Saatavissa: http://www.buildingsmart.fi/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_5_rak.pdf

KESS, Juho 2014. Uudistamisen periaatteet ja tehtäväluetteloiden käyttö [verkkajulkaisu]. [viitattu 2015-03-08.] Saatavissa: <http://www.rakli.fi/media/rakennuttaminen/telu-periaatteet-12022014.pdf>

OJASALO, Katri, MOILANEN, Teemu ja RITALAHTI, Jarmo 2009. Kehittämistyön menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. 1-2 painos. Helsinki: WSOYpro Oy.

RAKENNUSTIETO 2012. Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset julkistettiin tänään [Lehdistötiedote 2015-03-08]. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/lehdistotiedotteet/66THjNAjr/tietomallivaatimukset_julkaistu_lehdistotiedote_270312.pdf

SAVONIA 2015. [verkkoinfo]. [viitattu 2015-03-07.] Saatavissa: <http://portal.savonia.fi> Polku: savonia.fi. Opiskelijalle. Opetussuunnitelmat. Tekniikan ala, Kuopio. ER11 Rakennustekniikan koulutusohjelma.

SORTIM 2015. [verkkoinfo]. [viitattu 2015-03-07.] Saatavissa: <http://www.sortim.fi> Polku: sortim.fi. Yritys.

TEHTÄVÄLUETTELOT. KÄYTTÖOHJE KO12. RT 10-11105. [online]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2015-03-08]. Saatavissa: <https://www.sopimuslomake.net/lomakkeet/rt-10-11105>

TEKLA 2015a. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2015-03-07.] Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi> Polku: tekla.com/fi. Tietoa teklasta. Lyhyesti.

TEKLA 2015b. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2015-03-07.] Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi> Polku: tekla.com/fi. Tuotteet. Tekla Structures

TEKLA 2015c. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2015-03-07.] Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi> Polku: tekla.com/fi. Ratkaisut. Rakennesuunnittelijat.

LIITE 1: NUMEROINTISUOSITUS

Nimi	Name	Class	Cast Unit	Part	Plate	Rakenneosa	Structure	BETONIELEMENTIT / CONCRETE ELEMENT
Runkoelementit	Framework elements	201-209	Prefix and start number					Oletusosa / default profile
PILARI	COLUMN	201	P1			Suorakaidepilari	Rectangle beam	380*380
PILARI	COLUMN	202	P1			Pyöreä pilari	Round column	D380
SUORAKAIDEPAKKKI	RECTANGLE_BEAM	203	JK1			Jännebetonipalkki, suorakaide	Rectangle beam, prestressed	780*380
SUORAKAIDEPAKKKI	RECTANGLE_BEAM	204	K1			Suorakaidepalkki	Rectangle beam	780*380
LEUKAPALKKI	GNATHIC_BEAM	205	JK1			Jännitetty leukapalkki	Gnathic beam, prestressed	RCL300*600-400*150
LEUKAPALKKI	GNATHIC_BEAM	206	K1			Leukapalkki	Gnathic beam	RCL300*600-400*150
MATALALEUKAPALKKI	LOW_GNATHIC_BEAM	207	JK1			Matalaleukapalkki	Gnathic beam, low height	RCDL280*375*580*100*100
HI-PALKKI	RIDGE_I-BEAM	208	HI1			HI-palkki	Ridge I-beam	
I-PALKKI	I-BEAM	209	I1			I-palkki	I-beam	
Laattaelementit	Slab elements	210-215						
ONTELOLAATTA	HOLLOW_CORE_SLAB	210	OL1			Ontelolaatta	Hollow core slab	P27(265X1200)
KUORILAATTA	FLOOR_PLANK	211	KL1			Kuorilaatta	Floor plank below a cast in situ slab	KL100(100X1200)
TT-LAATTA	TT-SLAB	212	TT1			TT-laatta	TT-slab	TT350*3566-120-50-1460- 0.03-150-0.25
HTT-LAATTA	RIDGE_TT-SLAB	213	HTT1			HTT-laatta	Ridge TT-slab	
PORRASLAATTA	STAIR_SLAB	214	L1			Porraslaatta	Stair slab	260*3000
LEPOTASOLAATTA	LANDING	215	L1			Lepotasolaatta	Landing	260*3000
TEK-LAATTA	TEK-SLAB	216	TEK1			TEK-Laatta	TEK-slab	
Seinäelementit	Wall elements	220-229						
SANDWICH	SANDWICH	220	R1			Ei-kantava_sandwich	Non bearing sandwich	
SANDWICH	SANDWICH	221	S1			Kantava_sandwich	Bearing sandwich	
SOKKELI	SOCLE	222	AR1			Ei-kantava_sokkeli	Non bearing socle	
SOKKELI	SOCLE	223	AS1			Kantava_sokkeli	Bearing socle	
SOKKELI	SOCLE	224	AV1			Sokkeli	Socle	
ULKOKUORI	OUTER_SHELL	225	KE1			Ulkokuori	Outer shell	2985*70
SISAKUORI	INNER_SHELL	226	RK1			Ei-kantava_sisäkuori	Non bearing inner shell	2950*80
SISAKUORI	INNER_SHELL	227	SK1			Kantava_sisäkuori	Bearing inner shell	2450*180
VALISEINA	INTERNAL_WALL	228	V1			Väliseinä	Internal wall	2685*200
MAANPAINESEINA	GROUND_PRESSURE_WALL	229	MP1			Maanpaineeseinä	Ground_pressure_wall	2685*200
Parveke-elementit	Balcony elements	250-						
PARVEKELAATTA	BALCONY_SLAB	250	CL1			Parvekelaatta	Balcony slab	
PARVEKEPILARI	BALCONY_COLUMN	251	CP1			Parvekepilari	Balcony column	D250
PARVEKEPIELI	BALCONY_WALL	252	M1			Parvekepieli	Balcony wall	2985*180
PARVEKEKAIDE	BALCONY_RAILING	253	Z1			Parvekekaide	Balcony railing	1080*100
PARVEKEKATTOLAATTA	BALCONY_ROOF	254	CL1			Parvekeen kattolaatta	Balcony roof slab	
Muut-elementit	Other elements	260-						
PAALU	PILE	260	PA1			Paalu	Pile	
HISSIKUILU	ELEVATOR_SHAFT	261	HKU1			Hissikuilu	Elevator shaft	
HISSIKATTO	ELEVATOR_ROOF	262	HKA1			Hissikatto	Elevator roof	
HISSIPOHJA	ELEVATOR_FLOOR	263	HPO1			Hissipohja	Elevator floor	
PORRASELEMENTTI	STAIR	264	PO1			Porraselementti	Stair element	
Perustukset	Foundations	310-						PAIKALLAVALU / CAST IN SITU
ANTURA	FOOTING	302	PV-A1			Antura	Pad footing	1500*1500
PAALUANTURA	PILE_FOOTING	303	PV-PA1			Paaluantura	Pile cap footing	1500*1500
PERUSPILARI	FOUNDATION_COLUMN	304	PV-PP1			Peruspilari	Foundation column/pillar	480*480
PERUSMUURI	FOUNDATION_WALL	305	PV-PM1			Perusmuuri	Foundation wall	300*600
SOKKELIPALKKI	SOCLE	306	PV-SP1			Sokkelipalkki	Socle beam	300*600
KONEPERUSTUS	MACHINE_FOUNDATION	307	PV-KP1			Koneperustus	Machine foundation in a factory	
Runkorakenteet	Framework structures	320-						
PILARI	COLUMN	320	PV-P1			Pilari	Column	480*480
PALKKI	BEAM	322	PV-K1			Palkki	Beam	780*380
LAATTA	SOLID_SLAB	323	PV-L1			Laatta	Slab	200
LEPOTASOLAATTA	LANDING	324	PV-LL1			Lepotasolaatta	Landing	250
MAANVARAINENLAATTA	GROUND_SLAB	325	PV-ML			Maanvarainenlaatta	Solid slab on ground	100
PINTALAATTA	SURFACE_SLAB	326	PV-PL			Pintalaatta	Solid slab on a plank or hollow core slab	60

SEINA	WALL	324	PV-V1		Seinä	Solid wall	2685*200
Liittorakenteet	Composite structures	330-					
LIITTOPILARI	COMPOSITE_COLUMN	330	LP1		Liittopilari	Composite column	
LIITTOPALKKI	COMPOSITE_BEAM	331	LK1		Liittopalkki	Composite beam	
LIITTOAATTA	COMPOSITE_SLAB	332	LL1		Liittolaatta	Composite slab	
Muut rakenteet	Other structures	340-					
TIILISEINA	BRICK_WALL	340	M-TS1		Tiiliseinä	Brick wall	
HARKKOSEINÄ	BLOCK_WALL	341	M-HS1		Harkkoseinä	Block wall	
ERISTE	INSULATION	342	ER1		Eriste	Thermal insulation	
KANAALISEINÄ	CHANNEL_WALL	343	PV-KAS1		Kanaalin seinä	Channel wall	
KANAALIPOHJA	CHANNEL_FLOOR	344	PV-KAP1		Kanaalin pohja	Channel floor	
PORRAS	STAIR	345	PV-PO1		Porras	Stair	
PORRASHUONE	STAIR_ROOM	346	PV-PH1		Porrashuone	Stair room	
HISSIKUILU	ELEVATOR_SHAFT	347	PV-KH1		Hissikuilu	Elevator shaft	
MUOTTIPELTI	MOULD_SHEET	348	MUP1		Muottipelti	Corrugated sheet working as a slab mould	

Nimi	Name	Class	Cast Unit	Part	Plate	Rakenneosa	Structure	KAIKKI MATERIAALIT / ALL MATERIALS
Valmiit rakenteet	Existing structures	400-	Prefix and start number					Oletusosa / default profile
NYKYINEN	EXISTING	400	NYK1	NYK1	NYK1	Olemassaoleva	Existing structure	
PURETTAVA	TO_BE_DEMOLISHED	401	PUR1	PUR1	PUR1	Puretava rakenne	Structure to be demolished	
REFERENSSI	REFERENCE	402	REF1	REF1	REF1	Esimerkiksi toisen yrityksen suunnittelema rakenne, joka esitetään referenssinä	Reference structure (e.g. structure designed by another company)	

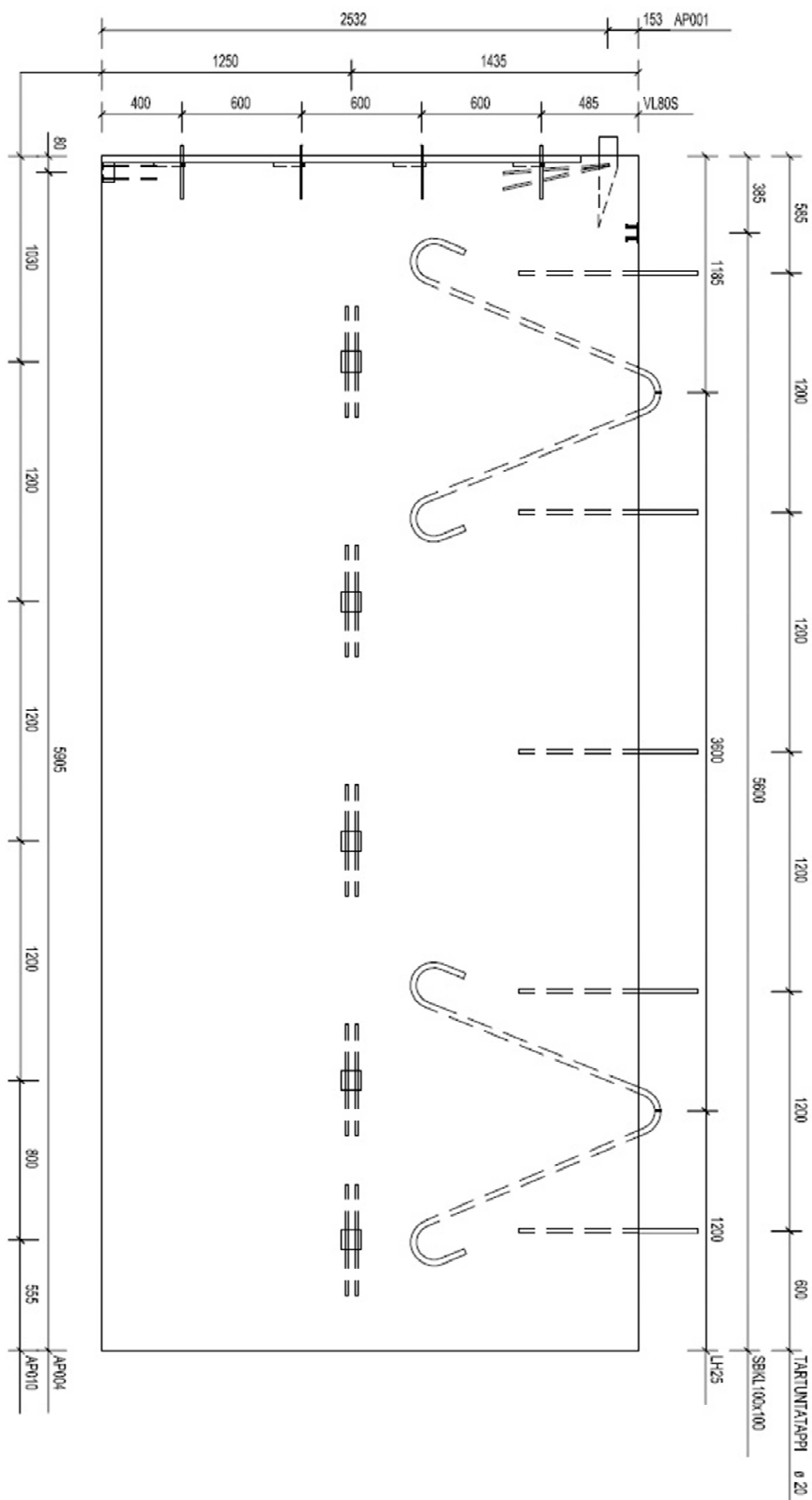
Nimi	Name	Class	Rebar			Rakenneosa	Structure	REINFORCEMENT
Eremitien raudoitteet	Element reinforcement	500-						
PAATERAS	MAIN_BAR	500	" / 1"			Pääteräs	Main bar	20
HAKA	STIRRUP	501	" / 1"			Haka	Stirrup	8
RIPUSTUSTERÄS	HANG_BAR	502	" / 1"			Ripustusteräs	Hang bar	8
NOSTOLENKKI	LIFTING_ANCHOR	503	" / 1"			Nostolenkki	Lifting anchor	φ12
TARTUNTA	DOWEL	504	" / 1"			Tartunta	Dowel	16
JÄNNEPUNOS	STRAND	505	" / 1"			Jännepunos	Strand	12,6
Erilliset rakenneosat esim. anturat	Separate structures e.g. footings	520-						
PAATERAS	MAIN_BAR	520	RP1			Pääteräs	Main bar	20
HAKA	STIRRUP	521	RH1			Haka	Stirrup	8
RIPUSTUSTERÄS	HANG_BAR	522	RR1			Ripustusteräs	Hang bar	8
NOSTOLENKKI	LIFTING_HOOK	523	RN1			Nostolenkki	Lifting hook	φ12
TARTUNTA	DOWEL	524	RT1			Tartunta	Dowel	16
SISÄTERÄS	INSIDE_BAR	525	RS1			Sisäteräs	Inside_bar	20
ULKOTERÄS	OUTSIDE_BAR	526	RU1			Ulkoteräs	Outside_bar	20
LISATERÄS	SIDE_BAR	527	RL1			Lisäteräs	Side_bar	20
Paikallavaun raudoitteet	Cast in situ reinforcement	540-						
yPy	uSt	540	yPy1			Yläpinnan ylempi teräs	Upper surface top bar	12
yPa	uSb	541	yPa1			Yläpinnan alempi teräs	Upper surface bottom bar	12
aPy	lSt	542	aPy1			Alapinnan ylempi teräs	Lower surface top bar	12
aPa	lSb	543	aPa1			Alapinnan alempi teräs	Lower surface bottom bar	12
Verkot	Meshes	560-						
ypSUORAKAIDE	usRECTANGLE	561	SV1			Suorakaideverkko	Rectangle mesh	8/8 150/150
apSUORAKAIDE	lsRECTANGLE	561	SV1			Suorakaideverkko	Rectangle mesh	8/8 150/150
TAIVUTETTU	BENT	561	TV1			Taivutettu verkko	Bent mesh	8/8 150/150
ypMONIKULMIO	usPOLYGON	561	MV1			Monikulmio	Polygon	8/8 150/150
apMONIKULMIO	lsPOLYGON	561	MV1			Monikulmio	Polygon	8/8 150/150

LIITE 2: ELEMENTTIEN TYYPPITUNNUKSET

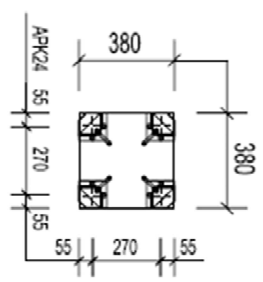
ELEMENTTITYYPPI	ELEMENTTI	TUNNUS	
PERUSTUSELEMENTIT	ANTURAELEMENTTI	A	
	PILARIHOLKKIELEMENTTI	PH	
	SOKKELIELEMENTTI (EI KANTAVA)	AN	
	SOKKELIELEMENTTI (KANTAVA)	AS	
	SOKKELIPALKKI	AK	
	SOKKELIRUUTUELEMENTTI (MAANPAINE)	AR	
	SOKKELIELEMENTTI (MAANPAINE, YKSI KUORI)	AV	
	TUKIMUURIELEMENTTI	TKE	
PILARIELEMENTIT	PILARI	p ⁽¹⁾	
SEINÄELEMENTIT	VÄLISEINÄ	V	
	VÄLISEINÄ (SEINÄMÄINEN PALKKI)	VSP	
	RUUTUELEMENTTI (KANTAVA)	S	
	RUUTUELEMENTTI (EI KANTAVA)	R	
	SISÄKUORIELEMENTTI (KANTAVA)	SK	
	SISÄKUORIELEMENTTI (EI KANTAVA)	RK	
	SISÄKUORIELEMENTTI (KANTAVA, ERISTE+RAPPAUS)	SKR	
	SISÄKUORIELEMENTTI (EI KANTAVA, ERISTE+RAPPAUS)	RKR	
	NAUHAELEMENTTI (KANTAVA)	NK	
	NAUHAELEMENTTI (EI KANTAVA)	N	
	KUORIELEMENTTI	KE	
PALKKIELEMENTIT	PALKKIELEMENTTI (TERÄSBETONI)	K	
	JÄNNEBETONIPALKKI (I-PROFIILI)	I	
	JÄNNEBETONIPALKKI, (HI-PROFIILI)	HI	
	JÄNNEBETONIPALKKI, (MUUT PROFIILIT)	JK ⁽²⁾	
LAATTAELEMENTIT	LAATTAELEMENTTI (MASSIIVILAATTA, VÄLIPOHJA)	L	
	ALAPOHJALAATTA (MASSIIVILAATTA, ERISTETTY)	EL	
	JÄNNITETTY LAATTAELEMENTTI	JL	
	ONTELOLAATTA	O ⁽³⁾	
	ONTELOLAATTA (LÄMPÖERISTETTY)	O ⁽³⁾	
	ONTELOLAATTA (REI90-PALOLAATTA)	150	
	ONTELOLAATTA (REI120-PALOLAATTA)	20	
	ONTELOLAATTA (YLÄPUNOSLAATTA)	YO	
	ONTELOLAATTA (KYLPUHUONELAATTA)	OK ⁽⁴⁾	
	KUORILAATTA	KL	
	TT-LAATTA	TT	
	HTT-LAATTA	HTT	

PARVEKE-ELEMENTIT	PARVEKE- ELEMENTTI	C
	PARVEKELAATTAELEMENTTI	CL
	JÄNNITETTY PARVEKELAATTAELEMENTTI	JCL
	PARVEKEPIELIELEMENTTI	M
	PARVEKEKAIDE- ELEMENTTI	Z
	PARVEKKEEN KATTOELEMENTTI	CX
	JÄNNITETTY PARVEKKEEN KATTOELEMENTTI	JCX
PORRASELEMENTIT	PORRASELEMENTTI	T
HISSIKUILUN ELEMENTIT	HISSIKUILUELEMENTTI	HK ⁽⁵⁾
	HISSIKUILUN POHJAELEMENTTI	HKA
	HISSIKUILUN YLÄPÄÄN ELEMENTTI	HKY
ERIKOISELEMENTIT	HORMIELEMENTTI	H
	ERIKOISKAPPALE	..X ⁽⁶⁾

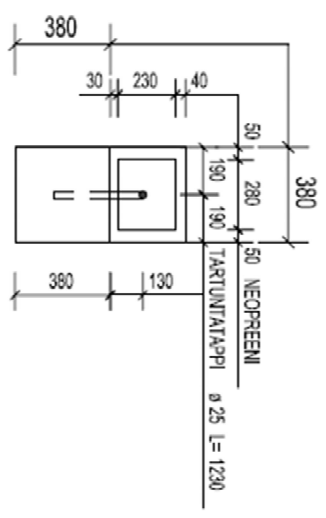
LIITE 3: VALUTARVIKKEIDEN ESITYS PIIRUSTUKSISSA



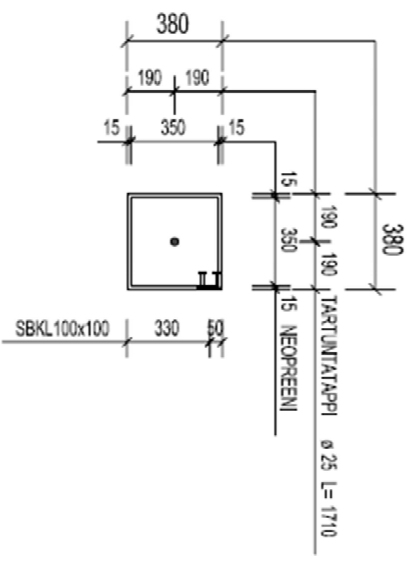
VALUTARVIKKEULETTELO			
PIIR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	PIIR. ALA [m ²]
V-1	1	C30/37	16,07
ELEMENTTI PAINO:			8,01 t
MÄÄRÄ	TARKKUEHTI		
1 kpl	AP001 LIITOSLEVY		
1 kpl	AP004 LIITOSLEVY		
5 kpl	AP010 LIITOSLEVY		
2 kpl	LH25 NOSTOLENKKI		
1 kpl	SRKL100x100 TARTUNTALÄEVY		
4 kpl	VL_80S VALURIEKKI		
5 kpl	TARTUNTATAPPI Ø20 300,0mm A900HW		



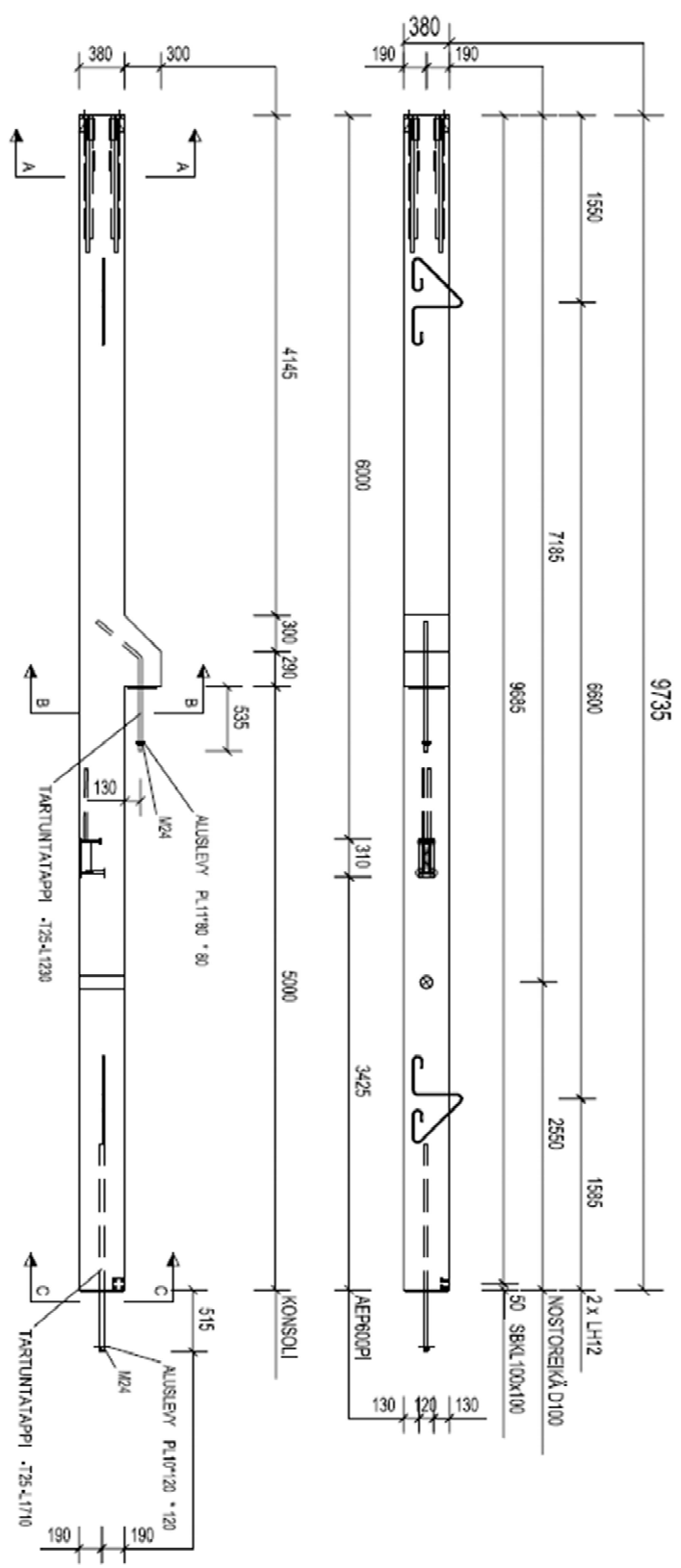
A-A
1/20



B-B
1/20



C-C
1/20

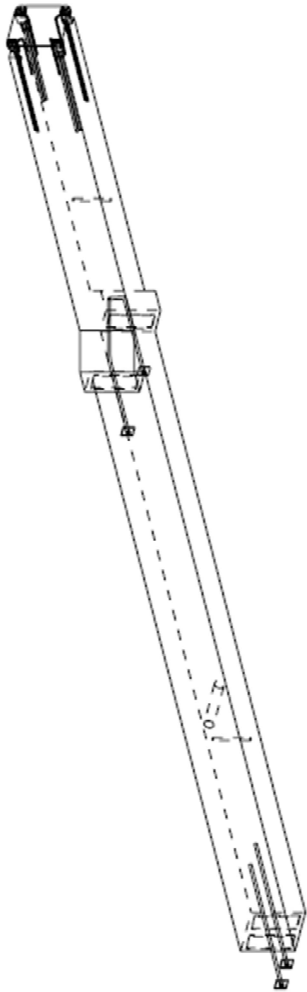


Pöytä mallikohde mallikatu 5 mallikylä P-1-2	tilavuus 5000	rakennus RAK	tilaaja RAK	muutos
--	------------------	-----------------	----------------	--------

LIITE 5: PILARIN MALLIPIIRUSTUS BEC 2012

Tekla Structures

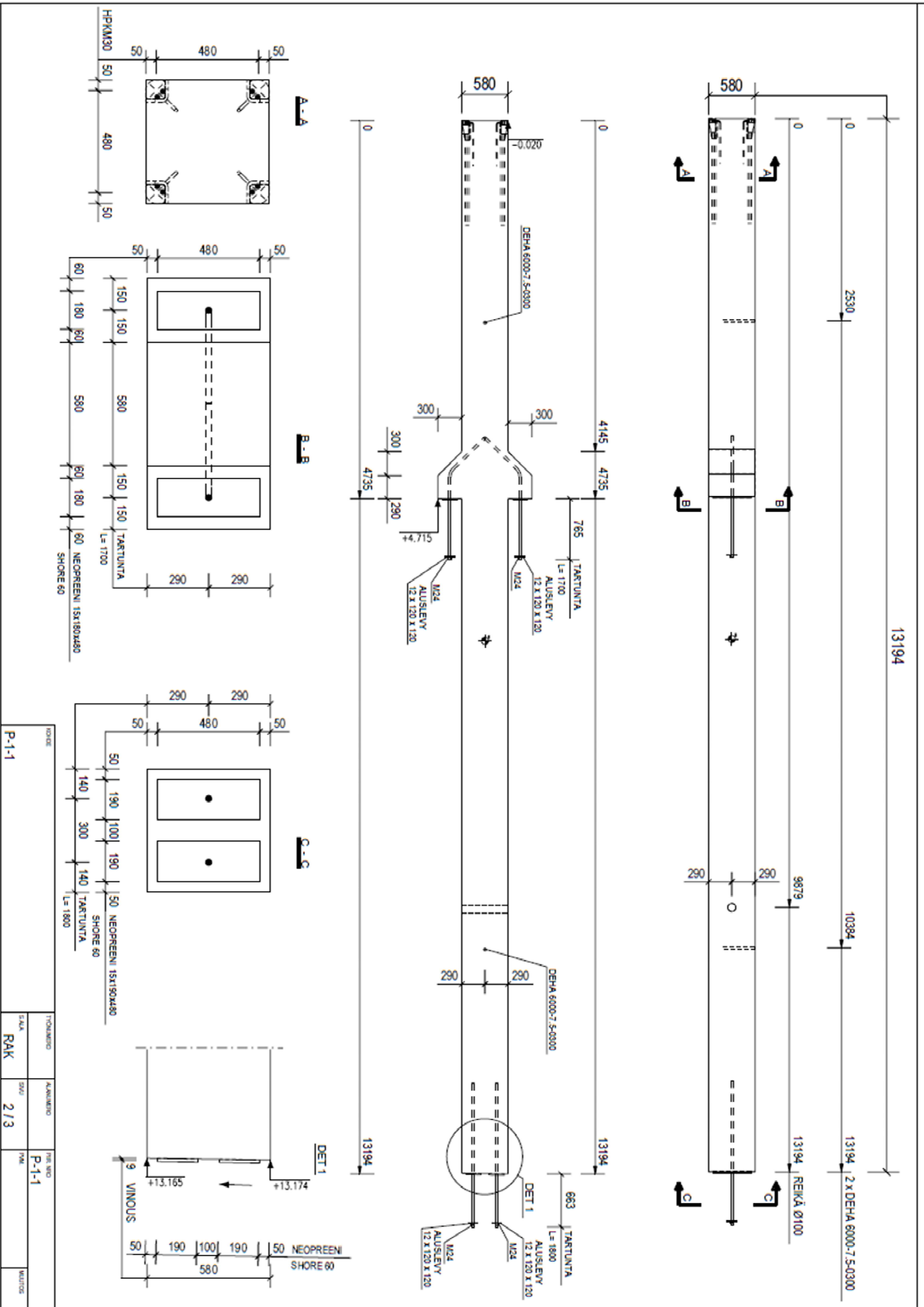
RAUDOITTELUETTELO																
RAUDOITTEET	LKM	LAATU	D [mm]	L [mm]	ql [mm]	ql YHT [kg]	PAIKO	TAIVUTUSMITAT [mm]				KOMMENTTI				
TYR NRO							a	b	c	d	e	u	v	x	TD	
A	5	4	A500HW	25	13020		200,5	13020								
	6	8	A500HW	25	13110		403,8	13110								
D	7	16	A500HW	12	1640		23,3	600	500	600					60	
XE	8	12	A500HW	12	3190		33,4	800	285	1100	285	800	45	45	60	
YA	9	2	A500HW	12	2590		4,6	200	1041	200	1041	200			60	
YA	10	2	A500HW	12	2680		4,7	200	1060	200	1060	200			60	
U	11	63	A500HW	8	2230		55,7	106	530	530	530	530			32	
U	12	7	A500HW	10	3460		15,0	132	1130	530	1130	530			40	
RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAIVO [kg]:													740,9			

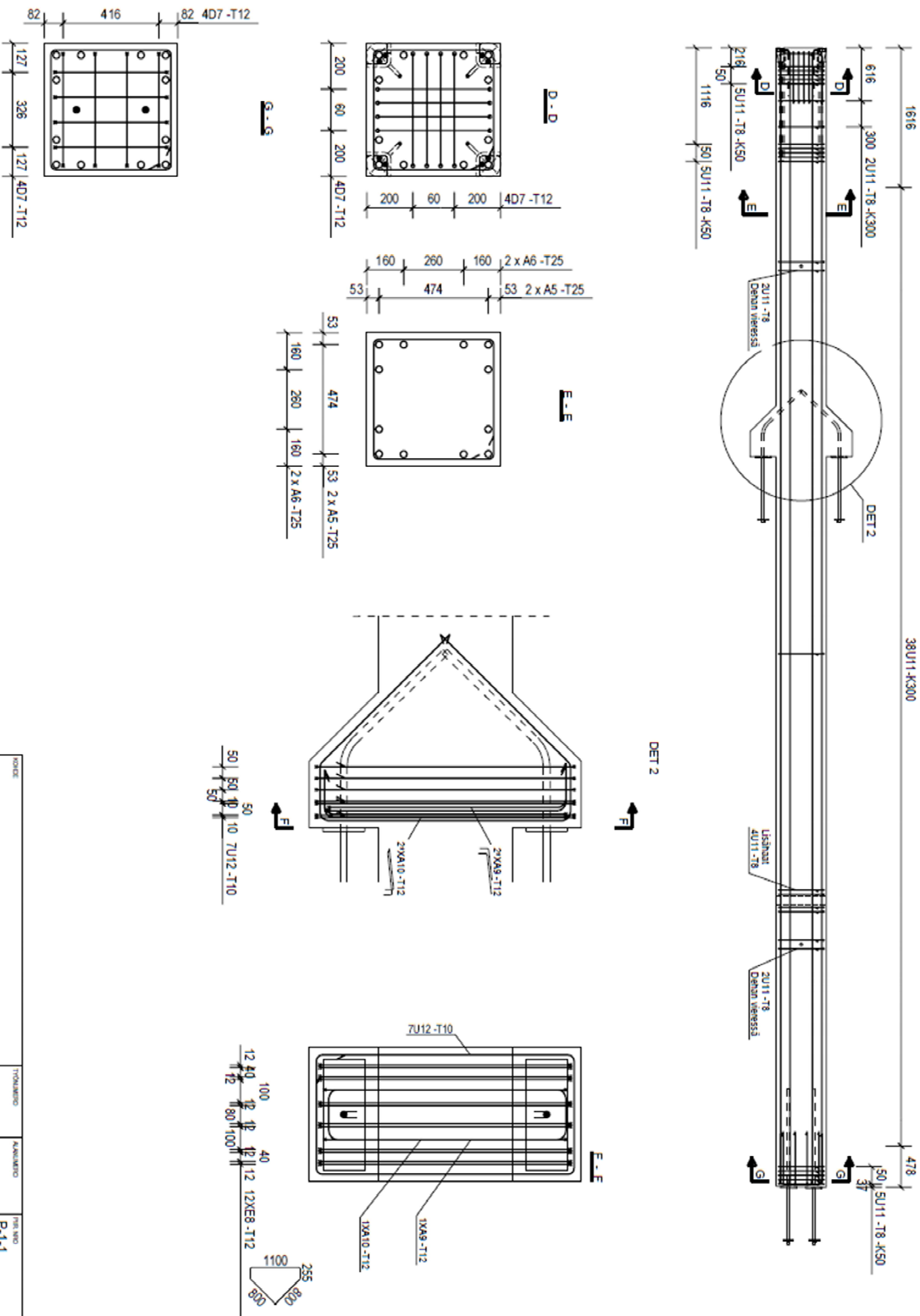


SUUNNITTELUUN LÄHTÖTIEDOT			
Paalukoja	R60		
Rakennuskoja	X01		
Suunnitelu käyttökä	50 vuotta		
TUOTETIEDOT			
Betonipöle 1	Nimellisvo 25 mm		Sallittu mitapölekkäisyys 10mm
Törmänsuojakoja	Luoikka N (2011)		
Pintaohut 1	Muodotinta/teräsbetoni		
Väriohut 1	15x15 kaikkien nurkkin		
VALUTARVIKELUETTELO			
PILR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	MAÄRÄ YKS
P-1-1	1	C50/60	4,58 m³
ELEMENTTI PAIVO:			11,45 t
MÄÄRÄ TARVIKKEET			
2	kpl	NEOPREENI SHORE 60 15*180*480	
2	kpl	NEOPREENI SHORE 60 15*190*480	
2	kpl	DEHA 6000-7-5-0300	
4	kpl	HPK190	
4	kpl	M24 8.8	
4	kpl	ALUSLEVY S355J0 120*120*11	
2	kpl	TARTUNTUA Ø25 1700mm A500HW M24 L=1000MM	
2	kpl	TARTUNTUA Ø25 1800mm A500HW M24 L=1000MM	
55,7	kg	A500HW ø 8	
15,0	kg	A500HW ø 10	
66,0	kg	A500HW ø 12	
604,3	kg	A500HW ø 25	

MALLIPIIRUSTUS 28.2.2013

KODI		PILARIN MALLIPIIRUSTUS		MITTAMAAN	
ELEMENTTIPIIRUSTUS		P-1-1, PILARI		1:15	1:40
P-1-1, PILARI				1:50	
PIIRI	SKALA	TYÖNUMERO	ALUE	PIL. NRO	WELTOS
		RAK	1/3	P-1-1	
POWERED BY		TEKLA		A FINLAND COMPANY	





KODE: P-1-1		TITIK/NO: RAK		PIL/NO: P-1-1	
TITIK/NO: RAK		PIL/NO: P-1-1		KANTON: MALIS	