

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikka
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Petri Neuvonen

Betonielementtien tietomallipohjainen piirustustuotanto

Opinnäytetyö 2017

Tiivistelmä

Petri Neuvonen

Betonelementtien tietomallipohjainen piirustustuotanto, 49 sivua, 1 liite

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2017

Ohjaajat: tuntiopettaja Heikki Vehmas, Saimaan ammattikorkeakoulu,

teknologiapäällikkö Arto Nieminen, Sweco Rakennetekniikka Oy,

osastopäällikkö Kimmo Suomalainen, Sweco Rakennetekniikka Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa ohjeistus massiivilaatan, kantavan väliseinäelementin, kantavan ruutuelementin, kantavan sisäkuorielementin ja kantavan tehdasrapatun sisäkuorielementin piirustusten tuottamiseen Tekla Structures -ohjelmalla. Tämän lisäksi tavoitteena oli tuottaa edellä mainituista betonelementtityypeistä mallipiirustuksia, joita voitaisiin hyödyntää esimerkiksi projekteissa mallipiirustuksena ensimmäisien piirustuksien tuottamisessa sekä piirustusohjetta täydentävä osana. Työn tilaajana toimi Sweco Rakennetekniikka Oy.

Työn teoriaosa koottiin rakennusalan kirjallisuuden sekä internetlähteiden perusteella. Osana työtä toteutettiin kysely kahdeksalta toimeksiantajayrityksen työntekijältä. Kyselyllä kartoitettiin piirustustuotannon nykyisiä käytäntöjä ja ongelma-alueita. Teoriaosan alussa käydään läpi betonelementtirakentamisen sekä piirustustuotannon kehittymistä Suomessa. Teoriaosan lopussa käsitellään piirustuksien tuottamista mallinnushankkeessa sekä ongelmia betonelementtipiirustusten tuottamisessa ja sisällössä. Valmiista mallipiirustuksista pyydettiin arvio neljältä betonelementtitoimittajalta ja samalla kysyttiin, millä tavoin betonelementtitehtaat hyödyntävät tietomalleja nykyisin ja minkälaisia mahdollisuuksia tietomallien ja erilaisten digitaalisten sovellusten nähdään mahdollistavan tulevaisuudessa. Lopuksi kerrotaan yhteenveto sekä päätelmiä työn tuloksista.

Työn lopputuloksena tuotettiin ohjeistus väliseinäelementin piirustusten tuottamiseen sekä kaksi mallipiirustusta kyseisestä elementtityypistä. Työn aihe pyrittiin rajaamaan työtä aloitettaessa tarkasti mutta tästä huolimatta aiheeseen perehtyminen sekä työn toteuttaminen veivät odotettua enemmän aikaa. Ohjeen ja mallipiirustusten tekemistä jatketaan sovittujen elementtityyppien osalta.

Asiasanat: Betonelementtirakentaminen, tietomallintaminen, elementtipiirustus, Tekla Structures

Abstract

Petri Neuvonen

BIM precast drawing production, 49 Pages, 1 Appendix

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural engineering

Bachelor's Thesis 2017

Instructors: Mr Heikki Vehmas, Lecturer, Saimaa University of Applied

Sciences, Mr Arto Nieminen, Technology Manager of Precast Structures,

Sweco Structures Ltd, Mr Kimmo Suomalainen, Department Manager, Sweco

Structures Ltd

Precast construction is a major part of Finland's apartment and office production. The objective of the thesis was to provide guides for creating precast drawings of five different precast types using Tekla Structures. The study was commissioned by Sweco Structures which is Finland's leading structural engineering and consultancy company.

The information was gathered from literature and Internet sources. Part of the information was collected from the commissioner company's workers by interviews. The commissioner company's BIM technology and other applications were utilized creating the thesis.

The result of the thesis was guides for creating drawings of the partition wall precast type using Tekla Structures. The guides contain step by step guidance for producing precast drawings of the precast type. Also, drawing templates were created of the precast type. The drawing templates were estimated by four precast manufacturers. Further study is required to create guides and drawing templates for the rest of the precast types.

Keywords: Precast Drawings, BIM, Tekla Structures

Sisällys

Käsitteet.....	5
1 Johdanto.....	6
1.1 Työn tavoitteet ja toteuttaminen.....	6
1.2 Työn rajaukset.....	7
2 Betonielementtirakentaminen Suomessa.....	8
2.1 Betonielementtirakentamisen alku.....	8
2.2 Standardisointi ja BES-järjestelmä.....	9
2.3 Betonielementtirakentaminen nykyisin.....	9
3 Piirustustuotannon kehittyminen.....	11
3.1 Computer-Aided Design.....	11
3.2 Tietomallintaminen.....	12
3.3 Tekla Structures.....	13
4 Piirustuksien tuottaminen mallinnushankkeessa.....	14
4.1 Suunnitteluperusteet, ohjeet ja säädökset.....	14
4.1.1 Yleiset tietomallivaatimukset 2012.....	14
4.1.2 BEC 2012.....	16
4.1.3 Tehtäväluettelo 2012.....	16
4.1.4 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje.....	17
4.2 Suunnitteluasiakirjojen sisältövaatimukset.....	18
4.2.1 Yleiset vaatimukset suunnitteluasiakirjoille.....	18
4.2.2 Piirustusten ulkoasu ja sisältö.....	19
4.3 Mallintaminen suunnitteluvaiheittain.....	22
4.4 Mallintaminen Tekla Structures -ohjelmalla.....	25
4.4.1 Betonielementtien mallinnustyökalut ja -asetukset.....	26
4.4.2 Betonielementtien mallintaminen.....	28
4.5 Piirustustuotanto Tekla Structures -ohjelmalla.....	29
4.5.1 Mallinnuksen tarkistaminen.....	30
4.5.2 Numerointi.....	31
4.5.3 Ensimmäisen piirustuksen luominen.....	33
4.5.4 Piirustuksien kloonaaaminen.....	33
5 Ongelmat elementtipiirustuksissa ja piirustustuotannossa.....	34
5.1 Suunnitelmien laatu.....	35
5.2 Kysely toimeksiantajayrityksen suunnittelijoille.....	39
5.3 Ohjeessa painotettavat osa-alueet ja ongelmakohdat.....	40
6 Työn lopputulokset.....	42
6.1 Piirustusohje ja mallipiirustukset.....	42
6.2 Kysely betonielementtitoimittajille.....	42
7 Yhteenveto ja pohdinta.....	43
Lähteet.....	48

Liitteet

Liite 1 Kyselyvastaukset toimeksiantajayrityksen suunnittelijoilta

Käsitteet

BIM	Building Information Modelling eli rakennusten tietomallintaminen
BEC	Teos betonielementtirakenteiden suunnittelun yhtenäistämiseksi ja ohjeistamiseksi
BES	Suomessa kehitetty avoin betonielementtijärjestelmä ja ohjeistus, joka sisältää suosituksia betonielementtirakenteiden detaljeista ja rakenneratkaisuista.
CAD	Computer-Aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu
COBIM	Mallintamiskäytäntöjen yhtenäistämiseksi toiminut kehittämishanke, jonka pohjalta tuotettiin Yleiset tietomallivaatimukset 2012.
DGN	Tiedostomuoto, joka voi sisältää CAD-sovelluksilla tuotettuja suunnitelmia ja muita dokumentteja. Kilpaileva tiedostomuoto DWG-tiedostomuodolle
DWG	Tiedostomuoto, joka voi sisältää CAD-sovelluksilla tuotettuja suunnitelmia ja muita dokumentteja.
IFC	Industry Foundation Classes. Oliopohjaiseen tiedonsiirtoon käytetty tiedostomuoto, tietomalleissa yleisesti käytetty tiedostomuoto
Rakennemalli	Rakennesuunnittelun pohjalta tuotettu tietomalli, joka sisältää rakenneosien rakenne- ja tuotetietoa.
Sweco	Kansainvälisesti toimiva suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys.
Tekla Structures	Tietomallipohjaiseen rakennesuunnitteluun tarkoitettu ohjelma, joka mahdollistaa kaikkien rakennusmateriaalien tietomallipohjaisen suunnittelun ja mallintamisen.
Tietomalli	Esimerkiksi rakennuksesta tuotettu kokonaisuus digitaalisessa muodossa, mikä sisältää tavallisesti 3D-muotoisen suunnitelman lisäksi mallinnettuihin olioihin sidoksissa olevaa tietoa.

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajayritys Sweco Rakennetekniikka on osa Sweco Finland -konsernia. Sweco Rakennetekniikan palveluksessa työskentelee Suomessa yli 700 henkilöä 16 toimipaikalla. (Sweco 2015.)

Sweco Finland on osa Sweco-konsernia, jonka palveluksessa työskentelee noin 14500 henkilöä. Sweco Finland työllistää noin 2000 henkilöä 25 toimipisteessä eri puolilla Suomea. Sweco-konserni on toteuttanut projekteja yli 70 maassa ja on yksi Euroopan johtavista suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayrityksistä. (Sweco 2017a.)

Sweco hyödyntää tietomallintamista monipuolisesti läpi rakennushankkeen suunnittelun sekä rakentamisen lisäksi rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon liittyvissä sovelluksissa. Mallintamiseen liittyviä sovelluksia, osaamista ja palveluita kehitetään aktiivisesti. (Sweco 2017b.)

Toimeksiantajayrityksellä on käytössä monipuolisesti työkaluja ja ohjeistuksia tietomallipohjaiseen betonielementtirakenteiden suunnitteluun Tekla Structures -ohjelmalla. Betonielementtipiirustuksien tuottamiseen ei kuitenkaan ole tällä hetkellä käytössä yhtenäistä ohjeistusta. Tämän takia erityisesti kokemattomilla ja aloittelevilla työntekijöillä on ollut ongelmia betonielementtipiirustuksien tuottamisessa. Tämän lisäksi betonielementtipiirustuksien ulkoasussa sekä tietojen esittämistavoissa on ollut vaihtelua.

1.1 Työn tavoitteet ja toteuttaminen

Työn tavoitteena on tuottaa ohjeistus betonielementtipiirustusten tekemiseen Tekla Structures -ohjelmalla. Ohjeiden avulla etenkin aloittelevat ja kokemattomat työntekijät pystyvät tuottamaan betonielementtipiirustuksia nykyistä itsenäisemmin ja tehokkaammin. Tämän lisäksi betonielementtipiirustuksien esitystapoja sekä laatua pyritään yhtenäistämään koko toimeksiantajayritys Sweco Rakennetekniikan osalta.

Ennen ohjeen tekemistä toteutetaan toimeksiantajayrityksen työntekijöille kysely, jolla selvitetään nykyisiä käytäntöjä sekä ongelmakohtia Tekla Structures -

ohjelman betonielementtipiirustustuotannossa. Kyselyn vastauksia hyödynnetään nykyisten käytäntöjen, kehitettävien osa-alueiden sekä ohjeen sisällössä painotettavien osa-alueiden selvittämisessä.

Työn tekemisessä käytetään Tekla Structures -ohjelmaa, jolla mallinnetaan sovituisia elementtityypeistä mallielementit. Mallinnetuista mallielementeistä tuotetaan mallipiirustuksia, jotka toimivat esimerkkinä toimeksiantajayrityksen mallinnustyökaluilla sekä -ohjeistuksilla tuotetuista betonielementtipiirustuksista. Mallipiirustuksia voidaan hyödyntää esimerkiksi mallinnusprojekteissa ensimmäisten elementtipiirustuksien tuottamisessa sekä piirustusohjetta täydentävänä osana. Mallipiirustuksien tuottamisen vaatimasta prosessista laaditaan vaiheittainen ohjeistus, jonka mukaan mallinnetuista betonielementeistä pystytään tuottamaan mallipiirustuksien mukaisia betonielementtipiirustuksia.

Valmiista mallipiirustuksista pyydetään arvio neljän betonielementtitehtaan edustajalta. Samalla toteutetaan kysely, jonka tarkoituksena on selvittää, mitkä tietojen esittämistavat piirustuksissa ovat betonielementtitehtaiden tuotannon kannalta hyviä. Tämän lisäksi kysytään betonielementtitehtaiden nykyisestä tietomallien hyödyntämistä osana tuotantoprosessissa sekä tulevaisuudennäkymistä tietomallien sekä erilaisten digitaalisten sovellusten hyödyntämisen suhteen.

1.2 Työn rajaukset

Kysely toimeksiantajayrityksen työntekijöille toteutetaan sähköpostikyselynä kahdeksalta henkilöltä, joilla on kokemusta betonielementtirakenteiden suunnittelusta sekä piirustusten tuottamisesta Tekla Structures -ohjelmalla.

Betonielementit mallinnetaan Tekla Structures -ohjelman 21.0-versiolla. Mallinnettavien betonielementtien geometria, valutarvikkeet, aukotukset ja detaljit mallinnetaan toimeksiantajayrityksen antaman ohjeistuksen mukaan. Mallinnettavia elementtityyppejä ovat väliseinäelementti, massiivilaatta, kantava ruu-tuelementti, kantava sisäkuorielementti sekä tehdasrapattu kantava sisäkuorielementti.

Ohjeen käyttämisen lähtökohtana on, että betonielementit on mallinnettu toimeksiantajayrityksen mallinnustyökaluilla sekä mallinnusohjeistuksien mukaisesti Tekla Structures -ohjelman 21.0-versiolla. Ohjeen mukaisessa piirustus-tuotannossa piirustukset tuotetaan ainoastaan valmiita piirustus pohjia käyttäen.

2 Betonielementtirakentaminen Suomessa

Betonielementtirakentaminen on ollut merkittävä osa suomalaista rakentamista jo vuosikymmenien ajan. Tässä luvussa kerrotaan betonielementtirakentamisen kehittymisestä nykymuotoonsa Suomessa asuinkerrostalojen osalta.

2.1 Betonielementtirakentamisen alku

Sotien jälkeisessä Suomessa oli suuri tarve uudis- ja jälleenrakentamiselle. Sotien aikana kehittyneen betonitekniikan sekä yhteiskunnan teollistumisen myötävaikutuksesta ratkaisuksi tarjoutui betonielementtirakentaminen, joka mahdollisti perinteiseen tiilirakentamiseen verrattuna edullisen ja nopean rakennustuotannon teollisuus- ja kerrostalorakentamisessa. (Hytönen & Seppänen 2009, 19-20.)

Betonielementtirakentaminen asuntotuotannossa alkoi 1960-luvun alussa. Muuttovirta maaseudulta kaupunkiin sekä nousukausi taloudessa aikaansaiivat rakentamisessa kysyntää ja kasvua. (Hytönen & Seppänen 2009, 58.)

Betonielementtirakentamisen yleistymisen myötä törmättiin pian lukuisiin ongelmiin. Elementtirakentamiseen koulutus oli hyvin vähäistä ja järjestäytymätöntä sekä ammatti- että korkeakouluissa. Oppiminen elementtirakentamiseen tapahtui lähinnä työn kautta. 1960-luvun puolivälissä Suomessa toimi ainakin 36 elementtitehdasta sekä useita kenttävalimoita. Näiden toimijoiden välillä ei ollut juurikaan yhteisiä normeja tai standardeja betonielementtirakenteiden rakenneratkaisuille, tuotannolle tai suunnittelulle. (Hytönen & Seppänen 2009, 85-86.)

2.2 Standardisointi ja BES-järjestelmä

1960-luvun loppupuolella Betoniteollisuus ry aloitti standardisointityön, jonka tarkoituksena oli yhtenäistää ja vakioida betonielementtirakentamista sekä alen-
taa tuotanto-, muotti- ja materiaalikustannuksia (Hytönen & Seppänen 2009, 88-
89). Standardi asuinrakennuksien elementtien kiinnitys-, sauma- ja rakennede-
taljeista valmistui 1968. Tämä standardi nopeutti ja helpotti suunnittelutyötä se-
kä esimerkiksi muottien vakioimista ja myöhemmin teräsmuotteihin siirtymistä.
(Hytönen & Seppänen 2009, 93.)

Kesällä 1967 BES-niminen toimikunta aloitti laaja-alaisen tutkimustyön. Tutki-
mustyön tavoitteena oli kehittää avoin kerrostaloelementtijärjestelmä, joka mah-
dollistaisi avoimet elementtimallit, yhtenäisen mittajärjestelmän sekä mahdolli-
suuden tuottaa elementtejä suurissa sarjoissa. Tutkimustyöhön osallistui yh-
teensä noin 30 suunnittelijaa kaikista betonielementtirakentamisen osapuolista.
(Hytönen & Seppänen 2009, 94-95.)

BES-toimikunta suoritti laajan vertailun, jossa tutkittiin ulkomailla kehitettyjä
elementtijärjestelmiä sekä niiden soveltuvuutta suomalaiseen betonielementti-
rakentamiseen ja avoimen betonielementtijärjestelmän kehittämiseen. Vertai-
lussa käytiin läpi yli 600 elementtijärjestelmää, joista valikoitui 25 lopulliseen
järjestelmän määrittämiseen. Näiden 25 järjestelmän perusteella määräytyi neljä
elementtirakentamisen ryhmää, jotka olivat tilaelementti-, pilari-palkki-, pilari-
laatta- ja kantavat seinät -malli. (Hytönen & Seppänen 2009, 96.)

BES-toimikunta päätyi kantavat seinät -malliin, jonka katsottiin mahdollistavan
halvimman ja teknisesti luotettavimman betonielementtituotannon verrattuna
muihin malleihin. BES-järjestelmä otettiin laajasti käyttöön 1970-luvun alussa
järjestelmän ollessa vapaasti kaikkien rakennusalailla toimivien osapuolien käy-
tettävissä. (Hytönen & Seppänen 2009, 97-98.)

2.3 Betonielementtirakentaminen nykyisin

BES-järjestelmän mukaisessa kantavat seinät -mallissa nimensä mukaisesti
hyödynnetään kantavia betonielementtiseiniä, jotka on asetettu poikittain raken-
nuksen runkoon nähden. Betoniset väliseinäelementit toimivat osana rakennuk-

sen kantavaa runkoa sekä huoneistoja jakavina väliseininä. Välipohjarakenteena toimii tavallisesti pitkälaatoista tehty laatasto, joka on tavallisesti tehty esijännitetyistä ontelolaattaelementeistä. Ulkoseinärakenteena toimii tavallisesti ruutu- tai kuorielementeistä tehty seinä. (Hytönen & Seppänen 2009, 97-98.) Tämä BES-järjestelmän mukainen rakentamistapa on ollut vuosikymmeniä yksi keskeisimmistä asuinkerrostalojen rakentamistavoista Suomessa.

Betonielementtirakentamiseen on kohdistunut kritiikkiä rakennustavan alusta lähtien. Kritiikki on kohdistunut esimerkiksi betonielementtirakenteisten asuin- ympäristöjen ja rakennusten viihtyvyyteen, massatuotannon ja mahdollisimman halvalla tuottamisen myötä tulleeseen rakenteiden heikkoon laatuun, arkkitehtuurin yksipuolisuuteen sekä talojen äänenerityksen ongelmiin. (Hytönen & Seppänen 2009, 173-176.)

Edellä mainittuihin ongelmakohtiin on puututtu erilaisilla ratkaisuilla. Rakennusten ja asuin- ympäristöjen laatua on parannettu esimerkiksi luomalla yksilöllisiä rakennusratkaisuja, käyttämällä erilaisia pinnoitteita ja julkisivujaratkaisuja sekä yhtenäistämällä ja kehittämällä betonielementtirakentamiseen liittyviä standardeja ja järjestelmiä.

Betoni on luja ja kestävä rakennusmateriaali, jonka hyvinä ominaisuuksina voidaan mainita esimerkiksi massiivisuuden puolesta tuleva ääneneristävyys, kosteudenkestävyys ja muunneltavuus. Erilaisilla lisäaineilla voidaan vaikuttaa materiaaliominaisuuksiin, kuten pakkasenkestoon sekä betonin ulkonäköön. (Betoniteollisuus ry: Suunnittelu.)

Betonirakenteisten julkisivujen ulkonäköön pystytään vaikuttamaan betonin runkoaineen koostumuksella, erilaisilla pintakäsittelyillä, väreillä, pinnoitteilla sekä rappauksilla perinteisen harmaan värin rinnalla. Pinnan ilmeikkyyttä voidaan korostaa erilaisilla kuvioinneilla sekä yksityiskohdilla. Rakennuksen arkkitehtuuriin voidaan vaikuttaa esimerkiksi yhdistelemällä betonielementtirakentamisen rinnalle paikallavalettuja rakenneosia, jotka mahdollistavat arkkitehtuurisesti monipuolisen muotoiltavuuden ja yksityiskohdat. (Betoniteollisuus ry: Suunnittelu.)

Betonielementtien osuus kaikista runkorakenteista on nykyisin noin 33 % ja julkisivuista noin 15 %. Vuonna 2008 betonielementtejä käytettiin 74 % asuinkerrostalojen sekä toimistorakennusten rungoista. (Betoniteollisuus ry: Talonrakentaminen.)

3 Piirustustuotannon kehittyminen

Tietotekniikka otettiin Suomessa avuksi rakennesuunnittelussa kohtalaisen varhaisessa vaiheessa ensimmäisten tietokoneiden myötä. 1960-luvun alussa monimutkaisten rakenteiden mitoittamisessa hyödynnettiin erilaisia laskentaohjelmia. Erityisesti betonielementtirakentaminen kehittyi voimakkaasti ja entistä monimutkaisempien rakenteiden mitoittamisessa tarvittiin työläitä laskutoimituksia, joiden ratkaisemisessa hyödynnettiin tietotekniikkaa. Toisaalta suunnittelutyöstä oli suoriuduttava aina vain nopeammin suunnitteluajataulujen kiristytessä, mihin tietotekniikka tarjosi apuvälineitä. (Hytönen & Seppänen 2009, 161-162.)

3.1 Computer-Aided Design

Piirustusten tuottamista tietotekniikan avulla kutsuttiin tietokoneavusteiseksi suunnitteluksi, mikä on käännös englanninkielisestä termistä Computer-Aided Design eli CAD. Maailmalla tietotekniikkaa aloitettiin hyödyntämään piirustustuotannossa 1970-luvun alussa ja Suomessa 1970-luvun lopussa. Betoniteollisuuden puolesta tietotekniikan nähtiin tarjoavan parannuksen rakenneosien visuaaliseen esittämiseen sekä parantavan suunnittelijoiden ja valmistajien yhteistyötä atk-ympäristössä. Tietotekniikan nähtiin myös mahdollistavan entistä monimutkaisempien rakenteiden suunnittelun sekä parantavan alati kasvavan tietomäärän käsittelyä. (Hytönen & Seppänen 2009, 162-163.)

CAD-suunnittelulla tuotettiin pääasiassa kaksiulotteisia piirustuksia, jotka olivat esitystavoiltaan sekä ulkoasultaan käsin piirrettyjen piirustusten kaltaisia. Kolmiulotteisia CAD-malleja tuotettiin harvakseltaan lähinnä arkkitehtisuunnittelussa yksityiskohtien esittämistä ja kaksiulotteisten piirustusten täydentämistä varten. Suomessa suunnittelijat siirtyivät käyttämään CAD-järjestelmiä 1990-luvulla

tietokoneiden yleistymisen sekä CAD-järjestelmien tarjoaman suunnittelun tehostamisen ja nopeuttamisen vuoksi. (Penttilä.)

3.2 Tietomallintaminen

Tietomallien kehitys ei lähtenyt liikkeelle kolmiulotteisien mallien tarjoaman visuaalisuuden takia. Taustalla oli tarve tietojenkäsittelyn sekä tiedonsiirron tehostamisesta ja yhtenäistämisestä. CAD-piirustuksien ongelmana oli eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensovittaminen sekä virheiden havaitseminen. Nykyisenkaltaiset, kolmiulotteiset ja suurta tietomäärää sisältävät sekä laskentatehoa vaativat tietomallit eivät olisi edes olleet toteutettavissa ennen tietotekniikan kehittymistä.

Suunnittelun siirtymisestä tietokoneavusteiseen suunnitteluun ja muun yhteiskunnan teollistumisesta huolimatta rakennusalan ongelmana oli rakentamiseen liittyvien prosessien hajanaisuus, rakentamisen osapuolien välisten pelisääntöjen puute sekä osapuolten sitoutuneisuuden puuttuminen koko rakennushankkeen tuotantoketjuun. Suunnitelmissa esiintyi moninaisia ratkaisuja ja esitystapoja, mitkä johtivat osaltaan ongelmiin ja virheisiin. Tilaajia ei useimmiten kiinnostanut, minkälaisella prosessilla ja sujuvuudella heille rakennettavat kiinteistöt tuotettiin. (Hytönen & Seppänen 2009, 192-193.)

Vuonna 1984 aloitettiin kehityshankkeen valmistelu, johon osallistui elementtiteollisuus sekä suuria rakennusliikkeitä. Hankkeen tavoitteena oli luoda kokonaan uusi rakentamistapa, jossa suunnittelulle sekä koko rakentamisprosessille oli asetettu selkeä tavoitteellisuus. Hankkeeseen liitettiin jo aiemmin aloitettu projektikokonaisuus Rakennusten tietokoneavusteinen suunnittelu RATAS. (Hytönen & Seppänen 2009, 192-193.)

Osana RATAS-hanketta toteutettiin projekti nimeltään Elementtitehtaan tiedonsiirto BEC, jonka tavoitteena oli standardisoida elementtituotannossa tarvittavan tiedon siirtoa ja sisältöä. Projektin tarpeellisuuden taustalla oli tarve tuotannon automatisoinnille sekä tiedonhallinnan vakioinnille. Tavoitteena oli myös luoda tietokanta, joka olisi suunnittelijoiden sekä valmistajien yhteiskäytössä. Tietokannan avulla tietoja oli tarkoitus pystyä jakamaan avoimesti osapuolien välillä. (Hytönen & Seppänen 2009, 193-194.)

BEC-projektin pohjalta tuotettiin BES- ja Runko-BES-ohjeiden mukaiset elementtien kapasiteetti- ja mittatiedot sekä ohjeet rei'itysten ja tartuntojen suunnitteluun. Kehityshankkeessa tuotettu CAD-suunnitteluohje sisälsi ohjeet piirustusten sisällölle sekä esitystavoille. (Hytönen & Seppänen 2009, 193.)

Lukuisten 1980-luvulta lähtien alkaneiden hankkeiden pohjalta Suomi nousi maailman kärkeen tietomallintamisen kehittämisessä. Suomessa tietomalleja käytettiin työmaalla ensimmäisen kerran vuonna 1999, jolloin mallintamista oli tarkoitus käyttää määrälaskennassa sekä aikataulusuunnittelussa. (Mölsä 2017.)

3.3 Tekla Structures

Vuonna 1965 viisi pääkaupunkiseudulla toiminutta insinööritoimistoa perusti ohjelmistoyhtiön nimeltään Teknillinen laskenta Oy, joka sai myöhemmin nimekseen Tekla Oy. Teknillinen laskenta Oy tarjosi atk-konsultointia, laskenta-palveluja sekä koulutusta. (Hytönen & Seppänen 2009, 162.)

Tekla on nykyisin osa Trimble-nimistä Yhdysvaltalaisista monialayritystä, joka osti Teklan vuonna 2011. Teklan laajimmin käytetty ohjelma Tekla Structures mahdollistaa tarkan, luotettavan ja yksityiskohtaisen tietomallintamisen osana rakennesuunnittelua. (Trimble.)

Tekla Structures mahdollistaa kaiken tyyppisten rakenteiden sekä materiaalien mallintamisen ja tietomallipohjaisen suunnittelun. Tekla Structures -ohjelmalla tuotettujen tietomallien sisältöä voidaan hyödyntää suoraan monien teräsrakenteiden, betonielementtien sekä raudoitusten valmistajien tuotannon- ja resurssisuunnittelujärjestelmissä sekä koneenohjauksessa. Tämän ansiosta tietoja voidaan siirtää automaattisesti Tekla Structures -tietomallista tuotantojärjestelmiin, mikä tehostaa työskentelyä sekä vähentää tietojen manuaalisen syötön tarvetta ja virheiden mahdollisuutta. (Trimble.)

Kehittyneitä, automaattisia tuotantojärjestelmiä varten tuotettujen mallien lisäksi Tekla Structures -ohjelmalla pystytään tuottamaan esimerkiksi betonielementtirakentamisen vaatimia elementti- ja tasopiirustuksia. Samassa tietomallissa, jossa tuotetaan piirustuksia betonielementtirakenteista, voidaan tuottaa myös

esimerkiksi teräsrakenteiden vaatimia osa- ja kokoonpanopiirustuksia samanlaisesti useiden eri suunnittelijoiden toimesta. Tämän lisäksi Tekla Structures -ohjelmalla voidaan tuottaa monipuolisesti erilaisia tuotantoa sekä rakentamista palvelevia luetteloita ja raportteja.

Tekla Structures tukee useita erilaisia tiedonsiirtomuotoja, muun muassa yleisimmin käytettyä tiedonsiirtomuotoa IFC. Suunnittelun lähtötietona voidaan käyttää tietomallipohjaisten tiedostotyyppien lisäksi esimerkiksi DGN- ja DWG-tiedostoja. Tekla Structures -ohjelmalla tuotettuja tietomalleja voidaan hyödyntää myös monissa rakentamisen hallintaan sekä laskentaan tarkoitetuissa ohjelmissa esimerkiksi rakenteiden mitoittamisessa, projektinhallinnassa sekä aikataulusuunnittelussa. (Trimble.)

4 Piirustuksien tuottaminen mallinnushankkeessa

Tässä luvussa käsitellään tietomallintamista, tietomallintamiseen liittyviä käsitteitä ja periaatteita sekä piirustustuotantoa betonielementtipiirustuksien osalta. Mallintamista ja piirustusten tuottamista ei käsitellä muiden ohjelmien kuin Tekla Structures -ohjelman osalta. Suunnittelun ja suunnitteluvaiheiden osalta käsitellään betonielementtirakenteiden mallintamisen kannalta olennaisia asioita.

4.1 Suunnitteluperusteet, ohjeet ja säädökset

Rakentamista säätelevien lakien, Suomen rakentamismääräyskokoelman, eurokoodin, asetusten ja normien lisäksi rakennesuunnittelun laadun parantamiseksi sekä käytäntöjen yhtenäistämiseksi on tuotettu useita teoksia. Tässä luvussa esitellään piirustustuotannon sekä mallintamisen kannalta olennaisia teoksia, joihin viitataan myöhemmissä luvuissa.

4.1.1 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 eli YTV 2012 toteutettiin COBIM-nimisen laajapohjaisen kehityshankkeen pohjalta. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 laadittiin tietomallintamisen yleistymisen sekä yleiselle mallintamisohjeistukselle havaitun tarpeen vuoksi. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 käsittelee mallintavaan suunnitteluun liittyviä käytäntöjä sekä tietomallien sisällölle asetettuja minimivaatimuksia. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 ei ota kantaa siihen, millä mallintamistyökaluilla mallintaminen tulee suorittaa vaan pelkästään tietomallin tietosisällön laajuuteen sekä esittämistapoihin. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -teoksen osat ovat

- 1. Yleinen osuus
- 2. Lähtötilanteen mallinnus
- 3. Arkkitehtisuunnittelu
- 4. Talotekninen suunnittelu
- 5. Rakennesuunnittelu
- 6. Laadunvarmistus
- 7. Määrälaskenta
- 8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
- 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- 10. Energia-analyysit
- 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
- 14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1).

Jokaisen mallinnushankkeeseen osallistuvan henkilön tulee tutustua oman suunnittelu- tai vastuualaansa koskevaan osuuden lisäksi ainakin osaan 1. Yleinen osuus sekä osaan 6. Laadunvarmistus. Tämän lisäksi projektia johtavan tai tiedonhallinnasta vastaavan henkilön tulee tuntea tietomallivaatimusten periaatteet kokonaisuudessaan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Osassa 5. Rakennesuunnittelu käsitellään rakennesuunnittelun tietomallintamista sekä rakennesuunnittelussa tuotettujen rakennemallien sisällön vaatimuksia. Vaatimukset on esitetty suunnitteluvaiheittain. Vaatimukset käsittelevät esimer-

kiksi mallinnustarkkuutta, tietosisältöä ja käytäntöjä mallinnettavien osien numeroinnissa sekä nimeämisessä. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

4.1.2 BEC 2012

BEC 2012 on betonielementtiteollisuuden, eräiden rakennesuunnitteluyritysten sekä Teklan yhteistyössä laatima ohje, jonka tarkoituksena on antaa suuntaviivat mallintavalle betonielementtisuunnittelulle. BEC 2012 -ohjeen tavoitteena on asettaa vaatimukset tietomallin tietosisällölle. BEC 2012 -ohjeen mukaan toimitaessa tietomallin tulisi olla tietosisällöltään samanlainen mallintajasta riippumatta. Mallintamisessa tulee toimia säännönmukaisesti, jotta tietomallista pystytään tuottamaan uskottavasti ja luotettavasti elementti- ja tarvikeluetteloita. (Kautto 2012.)

Mallintamiselle esitetään yleisiä sääntöjä, joiden mukaan mallintavien suunnittelijoiden tulee toimia. Ohje ei ota kantaa siihen, millä työkaluilla mallintaminen tulee toteuttaa. Ohjeistuksessa on ensin esitetty yleisiä ohjeita sekä vaatimuksia mallintamiselle. Tämän jälkeen ohjeistusta on tarkennettu Tekla Structures -ohjelman käyttämisestä, asetuksista sekä toiminnallisuuksista. Ohjeen tekemisen yhteydessä on tuotettu mallipiirustuksia, jotka ovat ladattavissa elementtisuunnittelun kotisivulta.

4.1.3 Tehtäväluettelo 2012

Tehtäväluettelo 2012 eli TELU 2012 on vuonna 2013 valmistunut talonrakennushanketta palveleva ohjeistus, joka sisältää rakentamisvaiheiden sekä suunnittelualojen mukaiset suunnittelussa huomioitavat suunnittelutehtävät. Tehtäväluettelon tarkoituksena on määrittää suoritettavat tehtävät, tehtävien laajuus sekä osana suunnittelua laadunvarmistus. (Rakennustieto Oy 2013, RT 10-11115.) Esimerkiksi Yleiset tietomallivaatimukset 2012 viittaa TELU 2012 tehtäväluettelon tehtäväkokonaisuuksiin. Tehtäväluettelo 2012:ssa määritellyt tehtävä- ja hankekokonaisuudet on jaoteltu rakentamisvaiheiden mukaisesti kuvassa 1 näkyvällä tavalla.

HANKKEEN TEHTÄVÄKOKONAISUUDET

Tarveselvityksessä perustellaan tilahankinnan tarpeellisuus tai olemassa olevan tilan muutostarve, kuvataan alustavasti tarvittavat tilat ja niille asetettavat vaatimukset, tutkitaan vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet sekä arvioidaan eri ratkaisujen edullisuus.

> Hankepääätös

Hankesuunnittelussa asetetaan rakennushankkeelle täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Valmisteluun kuuluu tarvittavien selvitysten teettäminen ja toteutusmuodon alustava määrittäminen.

> Investointipääätös

Suunnittelun valmistelussa organisoidaan suunnittelu, pidetään mahdolliset suunnittelukilpailut, käydään tarvittavat neuvottelut, valitaan suunnittelijat ja tehdään suunnittelusopimukset.

> Suunnittelupääätös (Suunnittelun käynnistäminen)

Ehdotussuunnittelussa laaditaan vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi.

> Valittu ehdotussuunnitelma

Yleissuunnittelussa ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelma kohdistuu sekä rakennuksen kiinteään perusosaan että muuntuvien tila-alueiden suunnitteluun. Yleissuunnitelma voi sisältää erilaisia vaihtoehtoja tilaratkaisuille.

> Hyväksytty yleissuunnitelma ja pääpiirustukset

Rakennuslupatehtävissä selvitetään hankkeen edellyttämät lupamenettelyt, varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuus ja pääpiirustusten hyväksyttävyyttä sekä laaditaan lupahakemus tarvittavine asiakirjoineen.

> Rakennuslupa

Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnitteluun sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu.

> Hyväksytyt toteutussuunnitelmat

Rakentamisen valmistelussa organisoidaan rakentaminen, kilpailutetaan rakentamistehtävät, käydään sopimusneuvottelut ja tehdään urakka- ja hankintasopimukset.

> Rakentamispääätös

Rakentamisessa varmistetaan sopimuksen mukainen toteutus, tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Rakennuksen valmistuminen todetaan vastaanotossa.

> Vastaanottopääätös

Käyttöön otossa varmistetaan järjestelmien toiminta ja annetaan käytön opastus.

> Rakennuksen käyttöön ottaminen

Takuuaikana seurataan rakennuksen toimivuutta, tehdään takuajan säädöt, pidetään tarvittavat tarkastukset ja korjataan mahdolliset puutteet.

Kuva 1 Rakennushankkeen tehtäväkokonaisuudet (Rakennustieto Oy, RT 10-11115)

Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12 sisältää rakennesuunnittelua käsittelevät tehtävät. Tehtäväluettelo on tarkoitettu rakennesuunnittelua koskevien tehtävien sisällön sekä laajuuden määrittelyyn. Tehtäväluettelo soveltuu kaikkien hankinta- ja palkkiomuotojen kanssa käytettäväksi. (Rakennustieto Oy 2013, RT 10-11128.)

4.1.4 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje

Rakennesuunnittelun asiakirjaohje on Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisema kaksiosainen teos. Teoksen ensimmäinen osa Tekstiosa sisältää kirjallisen ohjeosuuden, joka käsittelee suunnitteluun liittyviä ohjeita, standardeja sekä yleisesti hyväksi havaittuja suunnittelukäytäntöjä. Teoksen toisessa osassa Mallipiirustukset ja -laskelmat esitellään rakennesuunnittelun piirustuksille sekä laskelmille hyväksi havaittuja käytäntöjä tietosisällön sekä ulkoasun osalta. (RIL 229-1-2013, 3.)

4.2 Suunnitteluasiakirjojen sisältövaatimukset

Tässä luvussa käsitellään suunnitteluasiakirjojen sisällölle asetettuja vaatimuksia. Vaatimukset koskevat erityisesti betonielementtirakentamista sekä betonielementtipiirustusten sisältöä.

4.2.1 Yleiset vaatimukset suunnitteluasiakirjoille

Valtioneuvoston rakentamisen työturvallisuutta koskevassa asetuksessa VNa 205/2009 keskeisinä vaatimuksina rakennesuunnitelmien työturvallisuudesta elementtirakentamisen osalta mainitaan

- *Elementtirakentamiseen liittyvien suunnitelmien on oltava kirjallisina työmaalla. Rakennesuunnittelijan on annettava toteutuksesta vastaaville elementtien asennussuunnitelman laadintaa varten riittävät tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä siten, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön vaiheissa. Lisäksi on annettava tiedot elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä työnaikaisista asennustasoista, suojakaiteista ja muista turvallisuuslaitteista ja niiden kiinnittämisestä. Rakentamiseen liittyvissä geoteknisissä suunnitelmissa on otettava huomioon nostolaitteista ja elementtien varastoinnista aiheutuvat väliaikaiset kuormat. (VNa 205/2009, 36§)*
- *Päätoteuttajan on huolehdittava, että elementtien asennussuunnitelma on kirjallisena työmaalla. Elementtien asennussuunnitelmassa on oltava suunnittelijoiden hyväksymismerkintä. Asennussuunnitelmassa on otettava huomioon valmistajan antamat tuotekohtaiset ohjeet. Elementtien asennussuunnitelmassa on selvitettävä nostotyössä käytettävä nostokalusto, taakkojen paino elementtityypeittäin, nostopaikat, nostoapuvälineet elementtityypeittäin, nostojen ohjaus ja mahdolliset rajoitukset. Elementtien asennussuunnitelmassa on esitettävä ohjeet sekä väliaikaisesta tuennasta että tuennan purkamisesta asennusvaiheittain. (VNa 205/2009, 37§)*
- *Elementtien siirrossa, nostossa ja varastoinnissa on noudatettava valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita. Jokaisessa elementissä on oltava tarpeelliset tunnistetiedot valmistajasta, elementin painosta, merkinnät sen turvallisesta nostamisesta sekä elementin valmistuspäivämäärästä. Elementti tai pakkaus on varustettava näkyvällä ja pysyvällä merkinnällä, josta ilmenee elementin kokonaispaino. Jos elementin tarkkaa painoa ei voida ilmoittaa, on merkittävä likimääräinen paino. Nostoja varten on työmaalla tarvittaessa oltava tieto elementin painopisteen sijainnista. Elementin valmistajan on annettava tarpeelliset ohjeet elementtien purkamisesta, varastoinnista, nostoista ja asentamisesta. (VNa 205/2009, 38§)*
- *Betonielementtiä ei saa nostaa tai asentaa ennen kuin betoni on saavuttanut siltä vaadittavan lujuuden. Betonielementtien asennuksen aikaisessa tuennassa ja vähimmäistukipintojen määrittämisessä on otettava*

huomioon: betonielementtitoimittajan ohjeet, eri betonielementtityyppien väliaikaisen tuennan tarve ja toteutus, erityisesti epäkeskisesti tuetut rakenteet, kiinnitysosat, väliaikaistuentojen purkamisajankohta, tukitankojen kiinnitys esimerkiksi alapään tuennassa maassa ja holveilla sekä tukitangot palkin kiertymän estossa. Betonielementin lopullinen kiinnitys on tehtävä mahdollisimman pian suunnittelijan tai valmistajan ohjeen mukaan. Väliaikaisen tuennan purkamisessa on noudatettava suunnittelijan antamaa ohjetta purkamisajankohdasta, purkamisjärjestyksestä ja mahdollisesta jälkituennasta. (VNa 205/2009, 41§)

Rakennesuunnitelmien laatijalla voidaan tarkoittoa hankkeesta ja sopimuksista riippuen vastaavaa rakennesuunnittelijaa, tuoteosasuunnittelijaa tai valmistusosuusuunnittelijaa. (RIL 229-1-2013, 20.)

Jos suunnitteluasiakirjojen tietosisällössä on epäselvyyksiä tai ristiriitaisuuksia, suunnitteluasiakirjat ovat yleensä pätevyysjärjestyksessä työselostus, määrälueettelo ja piirustus. Asiakirjojen tietosisällössä ja esitystavoissa huomiota erityisesti vaativia asioita ovat seuraavat:

- Suunnitteluasiakirjoista tulee laatia selkeitä ja käyttötarkoituksensa sopivia.
- Asiakirjoissa esitetään asiat ja tiedot yksiselitteisesti.
- Asiakirjat eivät ole ristiriitaisia eivätkä sisällä turhaa tietoa.
- Asiakirjat vastaavat sisällöltään ja tarkkuudeltaan rakennusprosessin kyseessä olevaa vaihetta sekä tiedon käyttäjien tarpeita ja vaatimuksia.
- Asiakirjat on tulostettu kyseessä olevaa tarvetta varten käyttökelpoiseen kokoon.
- Asiakirjat on tarkastettu ja hyväksytty sovitun menettelyn mukaisesti. (RIL 229-1-2013, 23-24.)

4.2.2 Piirustusten ulkoasu ja sisältö

Jokaisesta erilaisesta betonielementistä valmistetaan erillinen valmistuspiirustus. Valmistuspiirustusten tulee sisältää kaikki tiedot, jotka ovat elementin valmistamista varten tarvittavia. (RIL 229-1-2013, 149.)

Valmistuspiirustuksissa käytetään tavallisesti arkkikokoa A3. Suurempiakin arkkikokoja voidaan käyttää erityisesti pitkien pilarielementtien esittämisessä. Erilli-

siä A3-kokoisia arkkeja voidaan käyttää tarpeen mukaan tarvittava määrä esimerkiksi erillisten mitta- ja raudoituskuvien esittämisessä. Piirroksat, detaljit ja luettelot sijoitetaan määrättyihin lohkoihin esimerkiksi BEC-ohjeen mukaisesti tai muuten sovittavalla tavalla piirustuksen luettavuuden helpottamiseksi. Leikkauksissa käytetään tavallisesti mittakaava 1:40 ja tarvittaessa mittakaavoja 1:20 tai 1:5. Elementtityypistä riippuen valmistuspiirustuksessa tulee esittää sivupiirustus, pysty- ja vaakaleikkaukset, detaljit, mitat, raudoitus, kiinnikkeet, muut tarvikkeet sekä muut tarvittavat asiat, kuten palkkien esikorotus. (RIL 229-1-2013, 150-151.)

Piirustuksissa elementtien kuvaussuunta vaihtelee elementtityypin mukaan. Tavallisesti seinäelementit kuvataan siinä asennossa kuin ne ovat muotissa valettaessa. Laattaelementit kuvataan yleensä tason päältä tasopiirustuksessa esityksessä kuvassuunnassa. Muottipinta esitetään leikkauspiirroksessa nuolimerkinällä tai tekstillä. Kuvassuunnasta voidaan poiketa valmistajan tarpeiden ja tuotantotekniikan perusteella. (RIL 229-1-2013, 151.)

Materiaali- ja tarvikeluetteloita käytetään betonielementin valmistuksessa tarvittavien materiaalien esittämisessä. Materiaaliluetteloä käytetään hankkeen vaiheesta riippuen esimerkiksi hankintavaiheen hinnanmäärityksessä, elementtisuunnittelun alkuvaiheessa hankinnoissa sekä asennustarvikkeiden hankintaa varten. (RIL 229-1-2013, 155.)

Raudoiteluettelot esitetään, mikäli näin on projektikohtaisesti sovittu. Raudoiteluetteloita ovat raudoitteiden taivutus- sekä verkkoluettelo. Taivutusluettelon tulee sisältää tiedot terästen taivutustyypeistä, positioneroista, teräslajeista, pituuksista, lukumääristä sekä taivutustiedoista. (RIL 229-1-2013, 156.)

Betonielementtipiirustuksen tekijän tulee lisätä valmistuspiirustukseen työturvallisuuteen liittyvinä tietoina

- elementin paino
- elementin painopisteen mitoitus kahteen suuntaan taso- ja leikkauskuvassa
- nostolenkit ja niiden sijainti mitoitettuna
- muut nostamiseen tarvittavat nostoelimet, kuten nostokorvat tai tarrainten kiinnittämiskohdat mitoitettuna
- ohjeistus sallituista nostotavoista, nostokulmista, elementin kääntötavoista sekä muista rajoituksista nostoissa
- ohje irrotettavien nosto-osien käyttämisestä
- työnaikaisten tukien kiinnityskohdat ja tavat
- tarvittaessa elementin kiepahdustuennan esittäminen kuljetuksen ja asennuksen aikana
- kaiteiden ja työtasojen kiinnityksiin tarvittavat kiinnityselimet
- muottien purkulujuus
- elementin nostolujuus (RIL 229-1-2013, 149).

Työturvallisuuden osalta mainittujen vaatimusten lisäksi valmistuspiirustuksen tulee sisältää ohjealueen osalta seuraavat tiedot huomioiden betonielementtityypin sekä erilaiset vaatimukset esimerkiksi elementin sisä- ja ulkokuorelle:

- betonin lujuusluokka
- suunnittelukäyttöikä
- ympäristörasitukset
- betonipeitteen paksuus
- teräslaadut
- terästen niputus
- verkon vaakaterästen sijainti
- jänneterästen lujuusluokka, pinta-ala, relaksaatio ja tartunnan poisto punoksista
- lämmöneristeen laatu sekä muut tarvittavat tiedot
- betonipeitteen vaatimukset
- vaatimukset ja tiedot pintamateriaalista

- palonkestoluokka
- viisteiden koko
- pienin sallittu tukipinta
- valmistustoleranssit numeroina
- mahdollinen esikorotus
- kuormitukset tarvittaessa (RIL 229-1-2013, 150).

4.3 Mallintaminen suunnitteluvaiheittain

Tietomallintaminen yleistyy jatkuvasti osana rakennushankkeita. Mallintaminen etuineen on ollut jo useita vuosia työkaluna rakennesuunnittelussa. Tietomalleja sekä mallintamista on alettu hyödyntää etenevissä määrin myös esimerkiksi työmaan käytössä sekä rakennuksen valmistuttua rakennuksen ylläpidossa. (Elementtisuunnittelu.fi: Mallintava suunnittelu.)

Tietomallit mahdollistavat esimerkiksi

- tuen investointipäätöksien tekemisessä vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysien ratkaisujen vertailun
- suunnittelun ja ylläpidon tavoiteseurannan
- suunnitelmien havainnollistamisen sekä rakennettavuuden analysoimisen paranemisen perinteisiin suunnitteluvälineisiin verrattuna
- laadunvarmistuksen, tiedonsiirron ja suunnitteluprosessin tehostamisen
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5).

Yhtenä mallintavan suunnittelun etuna aikaisemmissa suunnitteluvaiheissa toteutettuja tietomalleja voidaan hyödyntää seuraavissa suunnitteluvaiheissa. Aikaisemmissa suunnitteluvaiheissa tehdyt mallit täydentyvät uusien tietojen ja sisällön osalta, kun suunnitelmia tarkennetaan hankkeen edetessä. (Elementtisuunnittelu.fi: Mallintava suunnittelu) Kuvassa 2 on esitelty rakennushankkeen eri osapuolien tuottamat mallit suunnitteluvaiheen mukaan.

Tietomallit rakennusprosessissa	Arkkitehti	Rakennesuunnittelija	TATE-suunnittelija	Urakoitsija / toimittaja
Hankesuunnittelu (korjauskohde)	Vaatimusmalli (Inventointimalli)	Vaatimusmalli (Inventointimalli)	Vaatimusmalli (Inventointimalli)	
Ehdotussuunnittelu	Massa-, tilaryhmä-, tilamallit	Tilavarausmalli	Tilavarausmalli	
Yleissuunnittelu	Alustava rakennusosamalli	Alustava rakennemalli	Alustava järjestelmämalli	Alustava tuotantomalli
Hankintoja palveleva suunnittelu	Rakennusosamalli - hankinnat	Rakennemalli - hankinnat	Järjestelmämalli - hankinnat	Tuotantomalli
Toteutus suunnittelu	Rakennusosamalli - toteutus	Rakennemalli - toteutus	Järjestelmämalli - toteutus	Tuotantomalli
Rakentaminen	Toteumamalli	Toteumamalli	Toteumamalli	Tuotantomalli

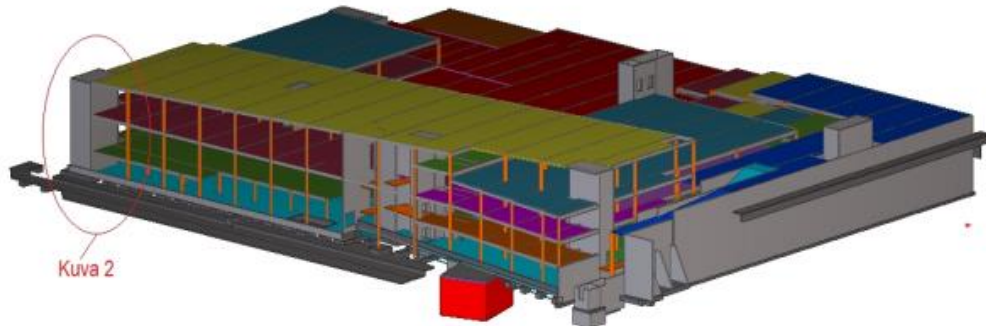
Kuva 2 Tietomallien jaottelu suunnitteluvaiheen ja tekijän mukaan (Elementti-suunnittelu.fi)

Tehtäväluettelo 2012:n mukaisessa jaottelussa rakennushanke on jaettu erillisiin vaiheisiin ja näille vaiheille on asetettu tehtäviä ja vaatimuksia. Hankesuunnitteluvaiheessa tilaaja asettaa tavoitteet hankkeen suunnittelulle ja läpiviennille. (RIL 229-1-2013, 18.) Rakennesuunnittelussa tuotettava vaatimusmalli sisältää näiden tilaajan vaatimusten pohjalta tavoitteita ja vaatimuksia. Tämän lisäksi vaatimusmalli sisältää esimerkiksi tiedot käytettävästi määräyksistä ja ohjeista sekä muista mahdollista vaatimuksista rakennuksen käytettävyyden ja muunneltavuuden kannalta. Vaatimusmalli voi olla muodoltaan esimerkiksi taulukko, piirustus, tekstiasiakirja, tietomalli tai näiden yhdistelmä. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelijat tekevät erilaisia ratkaisuja tilaajan asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi (RIL 229-1-2013, 18). Rakennesuunnittelun osalta arvioidaan arkkitehdin tekemien luonnosten pohjalta rakennusosien toteutettavuutta. Tälle vaiheelle ei ole esitetty varsinaisia mallinnusvaatimuksia, mutta rakennusosien toteutettavuutta ja kustannuksia voidaan arvioida mallintamalla rakenteet. Mallinnustarkkuus on vastaava kuin yleissuunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

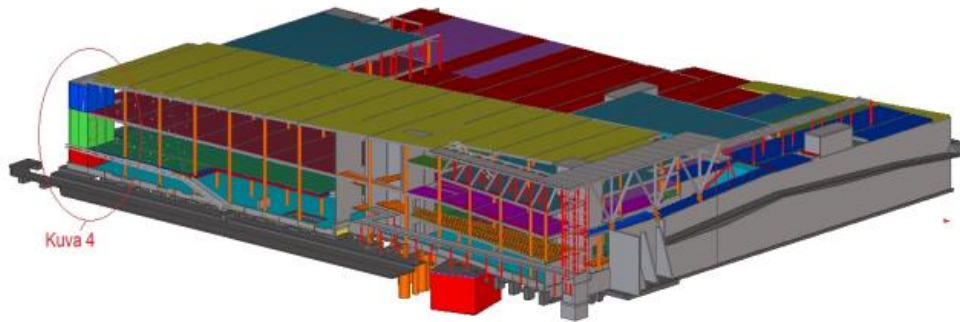
Yleissuunnitteluvaiheessa valittujen ehdotusten perusteella aloitetaan kehittämään toteuttamiskelpoista suunnitelmaa, jonka lopputuloksena aikaansaadaan yleissuunnitelma pääpiirustuksineen (RIL 229-1-2013, 18). Rakennesuunnittelussa rakennuksen rungon osat mallinnetaan perusgeometrian sekä sijainnan osalta oikein. Täydentävät rakennus- ja rakenneosat, kuten lämmöneristeet,

paalutukset ja katokset mallinnetaan vain näin sovittaessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5, liite 1) Kuvassa 3 on esitetty rakennemalli yleissuunnitteluvaiheessa.



Kuva 3 Rakennemalli yleissuunnitteluvaiheessa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5)

Hankintoja palvelevan suunnittelun vaiheessa suunnitelmia tarkennetaan ja täydennetään rakentamishankkeen eri hankintakyselyiden ja urakoiden tarjoamisen tarpeiden mukaan (RIL 229-1-2013, 18). Rakennesuunnittelussa yleissuunnitteluvaiheessa tehtyä rakennemallia täydennetään ja korjataan. Mallielementit mallinnetaan sijaintinsa, geometrian, liittymien, raudotteiden sekä valutarvikkeiden osalta oikein. Muut elementit ja paikallavalurakenteet mallinnetaan sijainnin ja geometrian osalta oikein niin, etteivät rakenneosat törmää toisiinsa ja mallista selviää rakenneosien kokonaismäärät. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5, liite 1.) Kuvassa 4 on esitetty rakennemalli hankintoja palvelevan suunnittelun vaiheessa.



Kuva 4 Rakennemalli hankintoja palvelevan suunnittelun vaiheessa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5)

Toteutussuunnitteluvaiheessa valmistetaan lopulliset suunnitelmat toteuttamista varten. Tämän lisäksi suunnittelijat toteuttavat tilaajalle tarvittavat tiedot ja ohjeistukset rakennuksen ylläpitoa sekä käyttöä varten. (RIL 229-1-2013, 18.) Rakennesuunnittelussa kaikki rungon rakenneosat, kuten esimerkiksi betonielementit, mallinnetaan samalle tarkkuustasolle kuin hankintoja palvelevan suunnittelun vaiheen mallielementit (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5, 17).

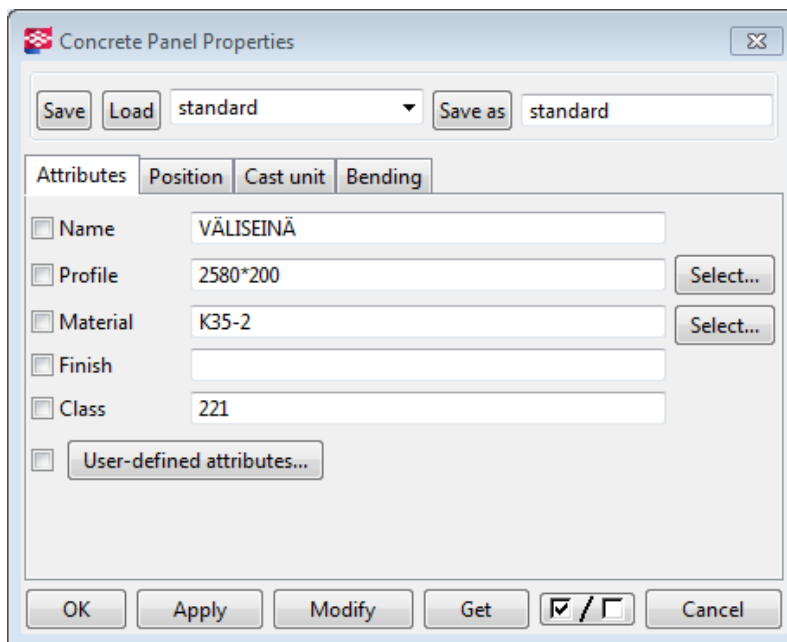
4.4 Mallintaminen Tekla Structures -ohjelmalla

Tässä luvussa esitellään Tekla Structures -ohjelman betonielementtien mallintamista väliseinäelementin osalta. Toimeksiantajayrityksen mallintamiseen liittyviä dokumentteja tai Tekla Structures -ohjelman käyttöliittymän ominaisuuksia tai toiminnallisuuksia ei esitellä.

4.4.1 Betonielementtien mallinnustyökalut ja -asetukset

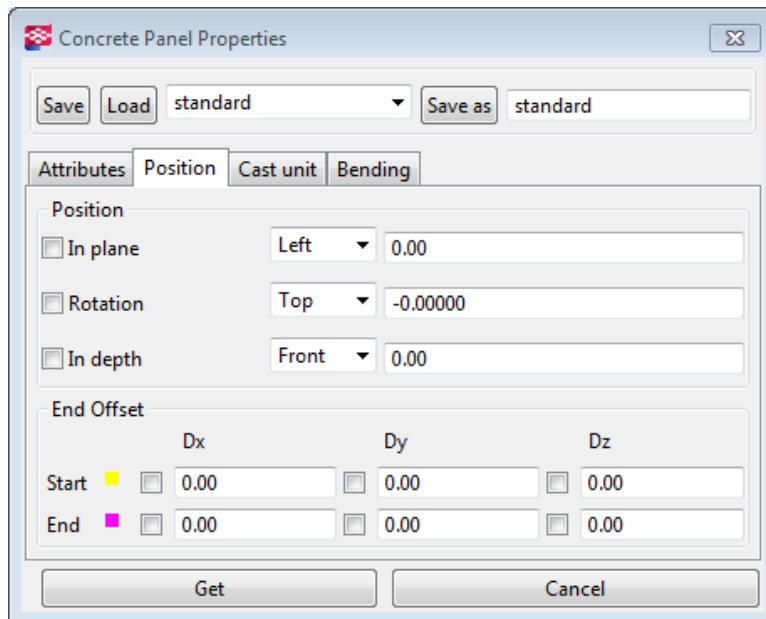
BEC 2012 -ohjeessa on esitetty elementtikohtaisia vaatimuksia ja ohjeita mallintamiselle sekä tietosisällölle. Mallinnetusta väliseinäelementistä tulee selvittää perustietoina ainakin pituus, korkeus, pääosan paksuus, tilavuus, paino sekä pinta-alat. (Kautto 2012.)

Osa edellä mainituista tiedoista täytetään joko kuvassa 5 esitetyn väliseinäelementin mallintamiseen käytettävän Concrete Panel -työkalun Attributes-näkymään tai elementtikokoonpanon Precast cast unit -näkymään. Osan tietoista, kuten elementin painon, tilavuuden ja pinta-alat, Tekla Structures -ohjelma laskee ja määrittää automaattisesti mallinnetun elementin geometrian sekä materiaalitietojen perusteella. Asetukset voidaan tallentaa Save as -painikkeella ja ladata Load-painikkeella myöhemmin mallinnettaville elementeille.



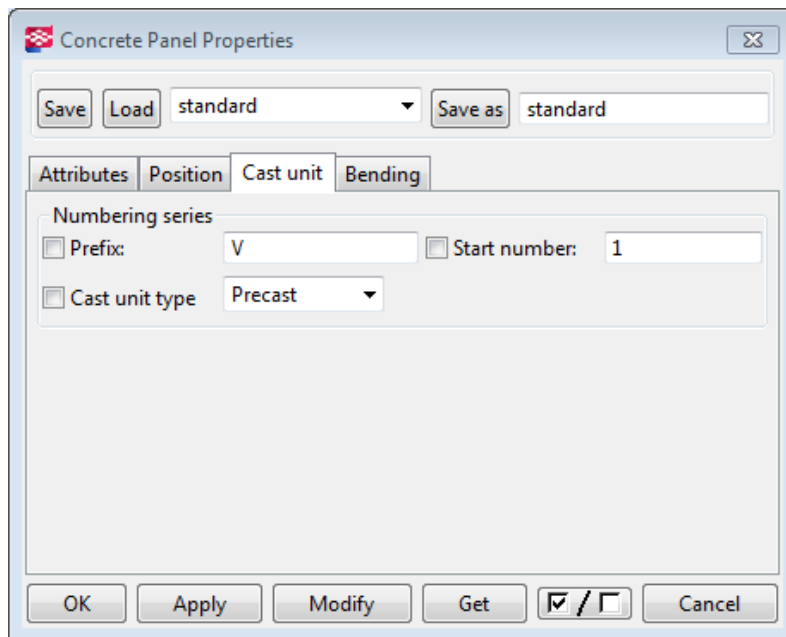
Kuva 5 Väliseinäelementin Attributes-asetukset

Position-näkymään määritetään elementin asema mallinnettaessa. Mallinnustyökalua käytettäessä määritetään elementin alku- ja loppupiste, joiden mukaan väliseinäelementti luodaan. Position-asetuksilla vaikutetaan siihen, millä tavalla mallinnettu elementti sijoittuu alku- ja loppupisteen perusteella määräytyvän referenssiakselin suhteen. Kuvassa 6 on näkymä Concrete Panel -työkalun Position-näkymästä.



Kuva 6 Väliseinäelementin Position-asetukset

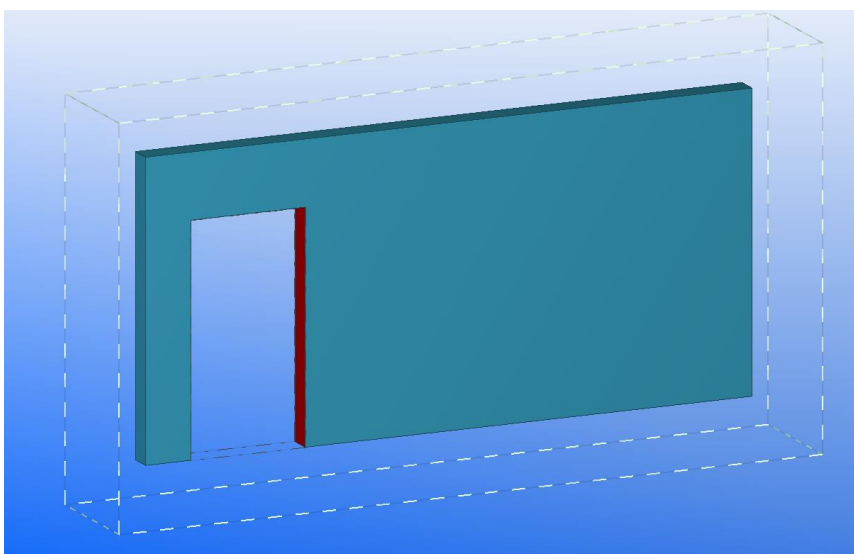
Jokainen elementti merkitään elementtikohtaisella tunnuksella, joka muodostuu elementtiluokan mukaisen prefix-tunnuksen sekä numeron yhdistelmästä. Kuvassa 7 on esitetty kuva seinäelementtien mallintamiseen käytettävän Concrete Panel -työkalun Cast unit -näkökulmasta, johon syötetään elementtikohtainen prefix-tunnus ja numerointisarjan ensimmäinen numero Start number -sarakeeseen. Betonielementtirakenteita mallinnettaessa Cast unit type -kohtaan tulee valinta Precast-asetus. Prefix-tunnuksien sekä numerointisarjojen käyttämisessä tulee toimia järjestelmällisesti ja tarkasti, jotta esimerkiksi samoille elementtityypeille saadaan samat tunnukset ja elementeistä pystytään tuottamaan tarvittavat luettelot ja piirustukset tehokkaasti sekä luotettavasti. Tavallisesti käytössä on projektikohtainen numerointi- ja nimeämisohje, jossa on määritetty osien ja elementtityyppien prefix-tunnukset sekä numerointisarjat.



Kuva 7 Väliseinäelementin Cast unit -asetukset

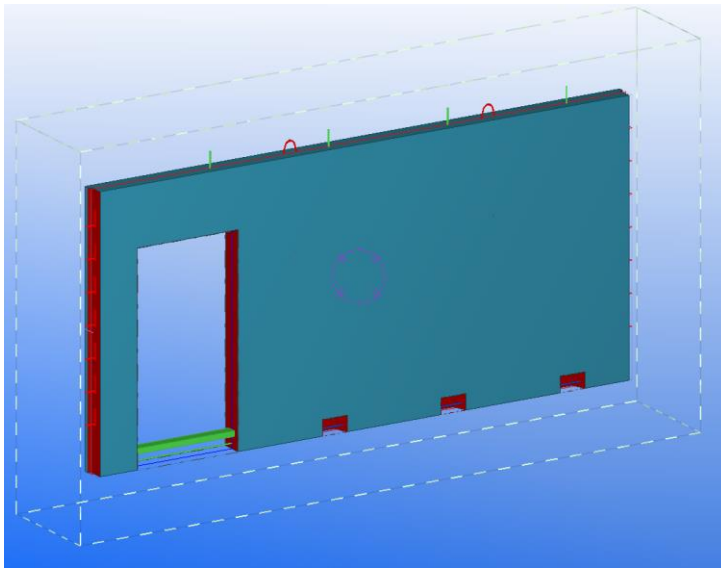
4.4.2 Betonielementtien mallintaminen

Väliseinäelementtien mallintamisessa voidaan käyttää Concrete Panel -työkalua. Mallinnettaessa aktivoidaan Concrete Panel -työkalu ja valitaan betonielementin alku- ja loppupiste, joiden mukaan betonielementti mallinnetaan työkalulle asetettujen asetusten mukaisesti. Kuvassa 8 on esitetty Concrete Panel -työkalulla mallinnettu väliseinäelementti, johon on lisätty oviaukko reikätyökalulla.



Kuva 8 Concrete panel -työkalulla mallinnettu väliseinäelementti

Aukotusten, valutarvikkeiden ja detaljien tekemisessä on tehokasta käyttää komponentteja. Komponenttien avulla pystytään mallintamaan tehokkaasti ja tarkasti esimerkiksi tarvittavat valutarvikkeet ja aukotukset. Tekla Structures -ohjelma sisältää valmiiksi monia hyödyllisiä komponentteja. Komponentteja on mahdollista luoda itse ja niitä on tehty esimerkiksi Betoniteollisuus ry:n sekä tarvikevalmistajien toimesta. Kuvassa 9 on esitetty mallinnettu väliseinäelementti, johon on lisätty tarvittavat valutarvikkeet.



Kuva 9 Väliseinäelementti Tekla Structures -ohjelman mallinnusnäkyssä
Mallinnettua betonielementtiä voidaan esimerkiksi siirtää ja kopioida. Betonielementtiin mallinnettuja valutarvikkeita ja detalleja voidaan kopioida osittain tai kokonaan muihin saman tyyppisiin betonielementteihin, mikä säästää aikaa ja tehostaa työskentelyä verrattuna osien uudelleen mallintamiseen.

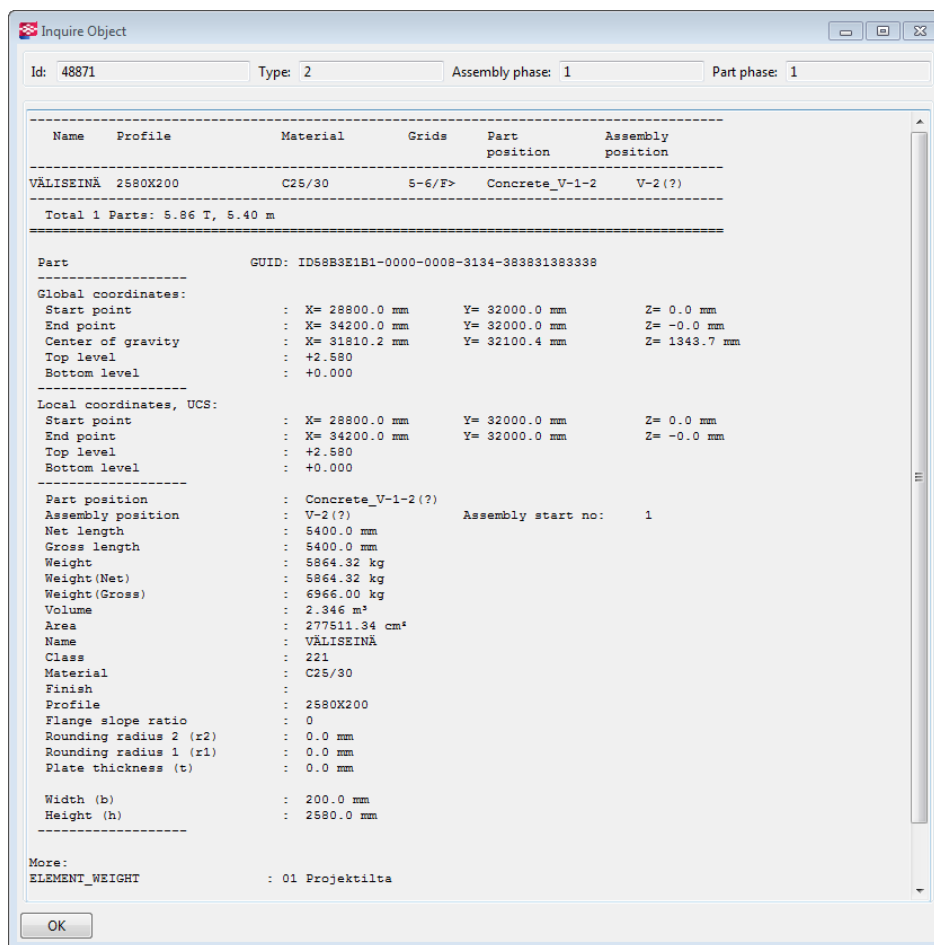
4.5 Piirustustuotanto Tekla Structures -ohjelmalla

Tässä luvussa esitellään Tekla Structures -ohjelman betonielementtipiirustustuotannon periaatteita sekä piirustustuotannossa huomioitavia asioita. Toimeksiantajayrityksen asiaan liittyviä dokumentteja, Tekla Structures -ohjelman käyttöliittymän ominaisuuksia tai toiminnallisuuksia ei esitellä.

4.5.1 Mallinnuksen tarkistaminen

Mallinnuksen tarkistaminen on suositeltavaa suorittaa ennen piirustusten tekemisen edellyttämää numerointia. Esimerkiksi yksittäisen osan sisältäessä virheellisiä tai puutteellisia tietoja, mikä huomataan vasta piirustuksia tehtäessä, tulee numerointi suorittaa uudelleen jokaisella kerralla osien tietojen muuttuessa. Numerointiprosessi voi viedä paljon aikaa tietomallin koosta riippuen ja voi haitata muiden samassa tietomallissa toimivien suunnittelijoiden työskentelyä.

Visuaalisen tarkastelun ohella elementin tietoja voidaan tarkistaa esimerkiksi Inquire- tai Organizer-työkaluilla. Inquire-työkalulla saadaan selville yksittäisen objektin tai kokoonpanon osalta esimerkiksi nimi, materiaali, sijainti, geometria, tunnukset, paino ja tilavuus. Kuvassa 10 on esitetty näkymä Inquire-työkalulla tehdystä tietojen hausta väliseinäelementin osalta.



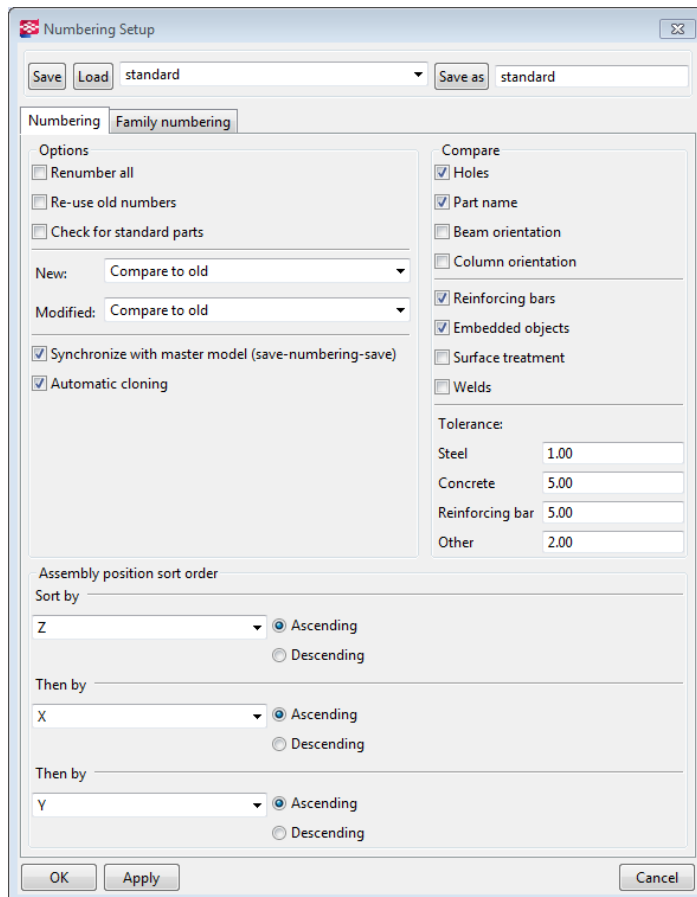
Kuva 10 Inquire-työkalulla tehty haku väliseinäelementin tiedoista

Organizer-työkalulla pystytään hakemaan ja luetteloimaan kaikki mallista löytyvät objektit. Organizerilla voidaan hakea esimerkiksi kaikki mallista löytyvät väli-seinäelementtien kokoonpanot tai jotkut näihin liittyvät osat halutun tiedon perusteella. Organizer näyttää valittujen objektien osalta halutut tiedot, kuten esimerkiksi profiilin, materiaalin ja prefix-tunnuksen. Jos luettelosta huomataan, että joidenkin objektien tiedot ovat poikkeavia, vääriä tai puutteellisia, nämä objektit voidaan poimia luettelosta ja korjata tiedot osien tai kokoonpanojen asetuksista.

4.5.2 Numerointi

Ennen elementtipiirustusten tuottamista tulee suorittaa numerointi niille osille ja kokoonpanoille, joista tehdään piirustuksia. Numerointi on Tekla Structures – ohjelman toiminto, jolla luodaan yksilölliset tunnukset jokaiselle mallinnetulle objektille. Numerointi on jaettu kokoonpanojen eli kokonaisten elementtien sekä kokoonpanoihin liittyvien osien eli esimerkiksi valutarvikkeiden tasolle. Numerointia ei voi suorittaa esimerkiksi yksittäisen kokoonpanoon tai siihen liittyvän osan osalta, vaan Tekla Structures -ohjelma suorittaa numeroinnin tietomallin kaikkien kyseiseen prefix-sarjaan kuuluvien kokoonpanojen sekä kaikista kyseisiin kokoonpanoihin liittyvien osien osalta. Numeroinnista tulee sopia projekti-kohtaisesti hyvissä ajoin ennen mallintamisen aloittamista.

Numerointiin liittyvien asetusten asettaminen vaatii tarkkuutta. Numerointia ei tule suorittaa, jos ei ole varmuutta numerointiasetusten oikeellisuudesta. Numerointiin liittyvät asetukset voidaan määrittää Numbering Setup -valintaikkunan kautta. Kuvassa 11 on esitetty näkymä Numbering Setup -valintaikkunan kautta määritettävistä numerointiasetuksista. Numbering Setup -asetusten kautta tulee määrittää esimerkiksi, numeroidaanko kaikki osat uudelleen ja sallitaanko aikaisemmin käytettyjen numeroiden käyttäminen uudelleen, mitkä objektit huomioidaan, minkälaisilla toleransseilla objektit huomioidaan ja missä järjestyksessä suhteessa origoon objektit numeroidaan.



Kuva 11 Numerointiasetukset Tekla Structures -ohjelmassa

Numerointiprosessissa identtiset väliseinäelementit saavat saman prefix-tunnuksen ja numeron yhdistelmän, kun taas seuraavat elementit saavat Tekla Structures -ohjelman numerointiasetuksista riippuen saman prefix-tunnuksen mutta uuden numeron juoksevassa järjestyksessä. Samanlaiset elementtikoonpanot esitetään yhdellä piirustuksella ja piirustuksessa ilmoitetaan elementtien kokonaismäärä.

Numeroinnissa tulee kiinnittää huomiota numerointiasetuksiin sekä siihen, että numeroidaan ainoastaan niitä numerointisarjoja, joita on tarkoituskin numeroida. Huolimaton numerointitoiminnon ja asetusten käyttäminen voivat aiheuttaa ongelmia sekä konflikteja tietomallissa. Viimeistään numerointiraportista tulee tarkistaa numerointitoiminnon suorittamisen jälkeen, että numerointi tapahtui vain haluttujen osien ja kokonpanojen osalta. Numerointiraportin tarkistamisen jälkeen tehty numerointi voidaan tallentaa, minkä jälkeen voidaan luoda esimer-

kiksi elementtipiirustuksia niiden elementtien osalta, joiden osalta numerointi on ajan tasalla.

4.5.3 Ensimmäisen piirustuksen luominen

Ensimmäinen elementtipiirustus voidaan luoda käyttämällä Create Drawings – valikon kautta Create Cast Unit Drawing -toimintoa. Tämän jälkeen Tekla Structures luo elementtipiirustuksen, jota voidaan muokata piirustustilan kautta. Piirustustilaan päästään aukaisemalla piirustusluettelo ja valitsemalla luettelosta piirustus, jota halutaan muokata.

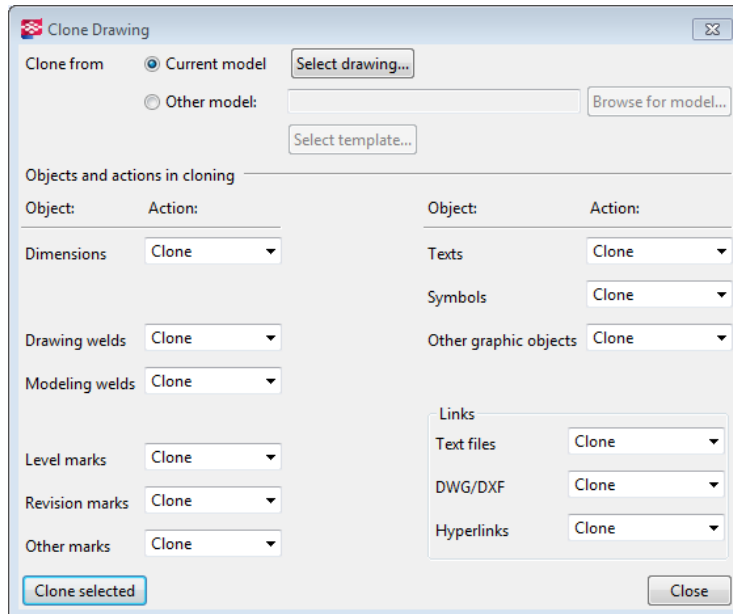
Piirustusasetukset on jaettu koko piirustusta käsittelevien asetusten sekä yksittäistä näkymää käsittelevien asetusten tasolla. Koko piirustusta käsittelevien Cast Unit Drawing Properties -asetusten kautta voidaan määrittää esimerkiksi piirustuksen layout eli piirustuksen ulkoasu luetteloiden sijainnin ja sivumäärän osalta sekä nimiössä esitettävät tiedot. Yksittäisen näkymän, kuten päämitanäkymän tai raudoitenäkymän vaakaleikkauksen, asetuksia voidaan muokata View Properties -näkymän kautta.

Tehokkaan työskentelyn kannalta on hyödyllistä käyttää ja luoda esivalmisteisia asetuksia, joita voidaan ladata piirustuksille. Esivalmisteiset asetukset voivat sisältää tietoa esimerkiksi mitoitusavoista, osa- ja raudoitemerkinnöistä, näkymien asettelusta sekä luetteloiden sisällöstä. Jos esivalmisteisiä asetuksia ei käytetä, joudutaan jokaisen piirustuksen asetukset muokkaamaan käsin, mikä vie paljon aikaa ja on hyvin työlästä.

4.5.4 Piirustuksien kloonaminen

Kloonaamistoiminnolla pystytään hyödyntämään jo aiemmin luotujen piirustusten asetuksia, esitystapoja ja tietosisältöä. Jos esimerkiksi ensimmäinen väliseinäelementtipiirustus tehdään huolellisesti, tämän väliseinäelementin piirustusta voidaan hyödyntää seuraavien väliseinäelementtien piirustusten tuottamisessa, jolloin kloonatuista piirustuksista tulee samankaltaisia kuin ensimmäisenä tehty piirustus. Myös aikaisemmissa projekteissa tuotettujen piirustuksien asetuksia ja esitystapoja voidaan hyödyntää kloonaamistoiminnon kautta.

Kloonaamisvaiheessa pystytään valitsemaan, mitkä tiedot ja asetukset esimerkiksi mitoituksen ja näkymäasetusten osalta kloonataan ensimmäisen piirustuksen perusteella. Ne tiedot ja esitystavat, joita ei kloonata, Tekla Structures -ohjelma tuottaa automatiikan perusteella uudelleen. Kuvassa 12 on esitetty näkymä piirustuksien kloonaamisasetuksista.



Kuva 12 Kloonaamisasetukset Tekla Structures -ohjelmassa

Kloonaamistoiminto toimii parhaiten, mikäli objektit on mallinnettu samoilla mallinnustyökaluilla ja ovat geometrialtaan sekä valutarvikkeiden osalta samankaltaisia. Kloonaamalla tehtyä piirustusta ei tarvitse välttämättä muokata ollenkaan, jos alkuperäinen piirustus on asetuksiltaan ja sisällöltään huolellisesti tehty ja objektit ovat lähes samankaltaisia. Jos kloonaamistoimintoa käytetään toisistaan poikkeavien objektien piirustusten tuottamisessa, joudutaan kloonatun piirustuksen sisältöä ja asetuksia useimmiten muokkaamaan.

5 Ongelmat elementtipiirustuksissa ja piirustustuotannossa

Ongelmia elementtipiirustuksissa sekä piirustustuotannossa on selvitetty esimerkiksi Heikki Apron selvityksessä Suunnitelmien laatu. Apron selvityksen sekä opinnäytetyön osana tehtävän kyselyn tuloksien perusteella tehdään pää-

telmiä tämän hetkisen elementtipiirustustuotannon ongelmista sekä piirustusohjeessa käsiteltävistä asioista ja osa-alueista.

5.1 Suunnitelmien laatu

Heikki Aapron vuonna 2013 laatima selvitys Suunnitelmien laatu käsittelee betonielementtipiirustusten sisällössä havaittuja puutteita. Selvityksessä on esitetty korjausehdotuksia ja toimintatapojen muutoksia betonielementtipiirustuksien laadun parantamiseksi.

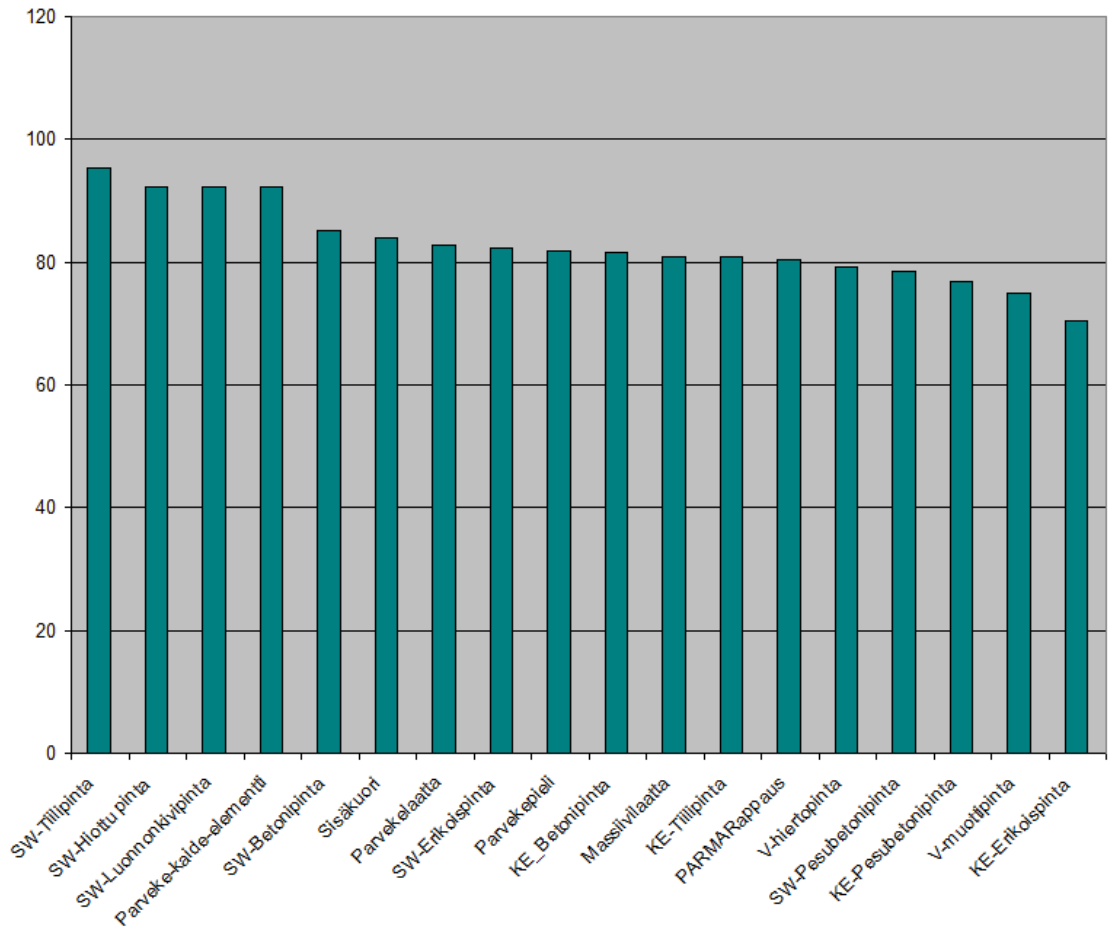
Selvityksessä poimittiin sata betonielementtipiirustusta sattumanvaraisesti Parman Forssan ja Kangasalan betonielementtitehtaiden betonielementtipiirustuksista, jotka olivat vuonna 2012 tuotannossa. Piirustuksien ominaisuuksia tarkistettiin 32 muuttujan osalta. Piirustukset valikoituivat sattumanvaraisesti suunnitelutoimistojen suhteen. (Aapro 2013.)

Piirustuksien oikeellisuutta arviointiin sen mukaan, täyttivätkö piirustukset muuttujien vaatimat ominaisuudet. Muuttuja sai arvon 1, jos piirustus oli kunnossa muuttujan osalta tai vastaavasti arvon 0, jos piirustus oli puutteellinen tai virheellinen. (Aapro 2013.)

Selvityksen tuloksena eniten puutteita sisältävät osa-alueet muuttujittain olivat

- elementin painopiste, esitetty oikein 24 piirustuksessa
- pintaluokat, esitetty oikein 53 piirustuksessa
- tarkastajan tai hyväksyjän allekirjoitus, esitetty 58 piirustuksessa
- elementin pinta-ala, esitetty oikein 59 piirustuksessa
- elementtitunnus, esitetty oikein 64 piirustuksessa
- nostolenkit ja -elimet, esitetty oikein 69 piirustuksessa
- purku- ja siirtolujuus, esitetty oikein 69 piirustuksessa (Aapro 2013).

Kuvion 1 diagrammi esittää, kuinka oikeellisia elementtipiirustukset olivat elementtityypeittäin muuttujien osalta. Diagrammin mukaan tiililaattapintaisien ruu-
tuelementtien piirustukset sisälsivät vähiten virheitä muuttujien osalta, kun taas erikoispintaisien kuorielementtien piirustukset sisälsivät eniten puutteita muuttu-
jien osalta.



Kuvio 1 Piirustuksien oikeellisuus muuttujien osalta elementtityypeittäin (Aapro 2013)

Taulukossa 1 on esitetty elementtipiirustuksien oikeellisuus elementtityypeittäin taulukkomuodossa. Taulukosta selviää elementtityypeittäin elementtien määrät sekä elementtipiirustuksien oikeellisuus muuttujien osalta.

Nimi	kpl	m2	yht:	Määrä	Toteutuma %
SW-Tiilipinta	5		62,59	5	95
SW-Hiottu pinta	1		3,03	1	92
SW-Luonnonkivipinta	1		8,99	1	92
Parveke-kaide-elementti	1		4,05	1	92
SW-Betonipinta	9		114,10	6	85
Sisäkuori	6		57,34	6	84
Parvekelaatta	22		204,83	8	83
SW-Erikoispinta	5		56,64	5	82
Parvekepieli	13		91,65	4	82
KE Betonipinta	5		26,26	5	82
Massiivilaatta	6		47,22	3	81
KE-Tiilipinta	3		4,98	1	81
PARMARappaus	28		343,50	18	80
V-hiertopinta	32		253,73	14	79
SW-Pesubetonipinta	9		133,17	5	78
KE-Pesubetonipinta	1		3,23	1	77
V-muottipinta	24		285,94	13	75
KE-Erikoispinta	3		21,66	3	71
	174		1 722,91	100	81

Taulukko 1 Piirustuksien oikeellisuus muuttujien osalta elementtityypeittäin (Aapro 2013)

Kuvion 1 ja taulukon 1 perusteella viiden vähiten puutteita muuttujien osalta sisältäneen elementtityypin joukossa on neljä erilaista ruutuelementtityyppiä. Muottipintainen väliseinäelementti on toiseksi eniten ja hiertopintainen väliseinäelementti viidenneksi eniten puutteita sisältänyt elementtityyppi muuttujien osalta.

Ruutuelementit sisältävät tavallisesti huomattavasti enemmän detaljeja, raudoitteita ja valutarvikkeita kuin väliseinäelementit, mikä voi tehdä ruutuelementtipiirustuksien tietojen oikeellisesta esittämisestä haastavaa. Tästä huolimatta ruutuelementtipiirustukset pesubetonipintaista ruutuelementtityyppiä lukuun ottamatta sisälsivät kuvion 1 ja taulukon 1 perusteella vähemmän virheitä kuin väli-

seinäelementtien piirustukset. Selityksenä tälle voi olla ruutuelementtien vähäinen määrä, kun esimerkiksi hiotulla pinnalla sekä luonnonkivipinnalla varustettuja elementtejä on ollut selvityksessä mukana vain yksi kappale kumpaakin. Tarkempi ja luotettavampi tieto elementtipiirustuksien oikeellisuudesta elementtityypeittäin saataisiin suuremmalla otantamäärällä.

Suunnittelutoimistojen välillä pisteytyksessä havaittiin huomattavia eroja kuten myös suurten toimistojen sisäisesti (Aapro 2013). Kuvassa 13 on esitetty erot pisteytyksessä viiden kyselyyn osallistuneen suunnittelutoimiston osalta. Suurin erotus suunnittelutoimistojen sisäisessä vertailussa parhaiten ja huonoimmin pisteytetyn piirustuksen välillä oli 30 pistettä.

	alin	ylin	erotus	kpl
Toimisto A	56	86	30	16
Toimisto B	73	97	24	24
Toimisto C	77	86	9	9
Toimisto D	69	82	13	6
Toimisto E	74	92	18	9
Yhteensä:				64

Taulukko 2 Hajonta muuttujien oikeellisuudessa toimistojen sisäisesti (Aapro 2013)

Hajonta suurten toimistojen sisäisessä pisteytyksessä voi kertoa yhtenäisien suunnittelukäytäntöjen sekä ohjeistuksien puutteista. Hajonta voi selittyä myös esimerkiksi sillä, että yhdestä toimistosta on sattunut valikoitumaan erityisen virheellisiä piirustuksia, kun taas toisesta toimistosta on lähetetty erityisen huolella tehtyjä piirustuksia. Laajempi otanta antaisi luotettavamman kuvan hajonnasta toimistojen sisällä sekä vaihtelusta piirustuksien laadusta toimistojen välillä.

Piirustuksista 18 oli tehty mallintavalla suunnittelulla. Piirustuksista 20:ssä oli käytetty tarvikeluetteloja ja kuudessa raudoiteluetteloja. Mallintavan suunnittelun ei havaittu parantaneen piirustusten laatua perinteiseen CAD-suunnitteluun verrattuna. Mallintavaa suunnittelua suositellaan käyttämään raudoite- ja tarvikeluetteloiden luomiseksi. (Aapro 2013.)

Selvityksen toisessa vaiheessa piirustuksien sisältöä tarkasteltiin 11 kriittisen muuttujan osalta, joiden puutteet aiheuttavat tuotannolle häiriöitä ja selvitystöimenpiteitä. Nämä muuttujat ja piirustuksien oikeellisuus näiden muuttujien osalta olivat

- suunnitelmien luettavuus, oikein 85 piirustuksessa
- kuvaus-suunta, oikein 93 piirustuksessa
- päämitat, oikein 98 piirustuksessa
- osamitat, oikein 100 piirustuksessa
- pintamerkinnot, oikein 82 piirustuksessa
- reunat ja viisteet, oikein 99 piirustuksessa
- vakiointi (paksuus), oikein 70 piirustuksessa
- vakiointi (detaljit), oikein 95 piirustuksessa
- vakiointi (osat), oikein 95 piirustuksessa
- nosto-osat, oikein 69 piirustuksessa
- sähkömerkinnät, oikein 70 piirustuksessa. (Aapro 2013.)

Selvityksessä yksikään piirustus ei täyttänyt jokaisen muuttujan osalta vaatimuksia. Työturvallisuutta eniten heikentävinä puutteina mainitaan elementin painopisteiden puuttuminen, puutteet nostolenkkien ja -elimien merkinnöissä sekä purku- ja siirtolujuuden ilmoittamatta jättäminen. Painopisteen sijainti oli määritetty suunnitelmaan seitsemässä piirustuksessa ja esitetty leikkauskuvassa kahdessa piirustuksessa. Puutteet piirustuksissa aiheuttavat betonielementtitehtäiden kannalta työturvallisuusriskien lisäksi esimerkiksi häiriöitä työn sujuvuudessa ja aikatauluissa, ylimääräisen työpanoksen puutteiden selvittämiseksi sekä ylimääräisiä kustannuksia. (Aapro 2013.)

5.2 Kysely toimeksiantajayrityksen suunnittelijoille

Tekla Structures -ohjelmalla tehtävän betonielementtipiirustustuotannon ongelmakohtien selvittämiseksi toteutettiin kysely toimeksiantajayrityksen työntekijöiltä. Kahdeksalle toimeksiantajayrityksen työntekijälle lähetettiin kysymyslista sähköpostitse. Valitut työntekijät olivat henkilöitä, joilla on kokemusta Tekla Structures -ohjelmalla toteutettavasta mallintamisesta sekä elementtipiirustusten tuottamisesta. Kysymysvastaukset on esitetty liitteessä 1.

Kyselytulosten perusteella toimeksiantajayrityksen Tekla Structures -ohjelman käyttöliittymästä löytyvät piirustusohjelmat ovat tällä hetkellä laajasti käytössä. Kaikki suunnittelijat eivät kuitenkaan käytä näitä piirustusohjelmia vaan esimerkiksi edellisissä projekteissa tuotettuja piirustuksia, joita hyödynnetään uusissa projekteissa kloonamistoiminnon kautta.

Betonelementtipiirustusten tuottamiseen ei ole tällä hetkellä käytössä yleisiä ohjeita. Mallipiirustuksia ja ohjeita on ollut aikaisemminkin käytössä, mutta piirustukset sekä ohjeet ovat osin vanhenneita ja kaipaavat päivittämistä.

Ongelmia aiheuttavina elementtityypeinä piirustustuotannon kannalta mainittiin ruutuelementit, pilarit sekä parveke- ja porrastasolaatat. Ongelmina mainittiin esimerkiksi tiettyjen elementtityyppien piirustusten tekemisen vaatima aika sekä monimutkaisten elementtien kaikkien tietojen yksiselitteisen esittämisen haastavuus.

BEC 2012 -ohjeen tuottamisen yhteydessä tehdyt mallipiirustuksia käytetään esimerkiksi mallipiirustuksina mallielementtien piirustusten tuottamisessa. Kyselytulosten perusteella piirustusten oikeellisuuteen ei ollut kiinnitetty erityistä huomiota, vaikkakin piirustusten tiedettiin sisältävän puutteita. Puutteina tai virheinä mainittiin nostokulmamerkintöjen puuttuminen, painopisteen puuttuminen leikkauskuvista, raudoitusten esittäminen mittakuvassa monimutkaisissa elementeissä sekä tehdasrapatut sisäkuorielementin osalta rappausdetaljien ja vaijerilenkkien syvyysuuntaisen mitoituksen puuttuminen.

5.3 Ohjeissa painotettavat osa-alueet ja ongelmakohdat

Kyselyyn osallistunut kahdeksan suunnittelijan joukko edustaa toimeksiantajayrityksen seitsemältä toimipisteeltä suunnittelijoita, jotka ovat käyttäneet Tekla Structures -ohjelmaa useiden vuosien ajan.

Piirustustuotannossa sekä piirustusten esitystavoissa on suunnittelija- ja paikakuntakohtaisia käytäntöjä ja periaatteita, mitkä ovat muodostuneet esimerkiksi työskentelyn kautta tulleen kokemuksen, hyväksi havaittujen työskentelymenetelmien sekä elementtitoimittajien tarpeiden ja vaatimusten mukaan. Tästä syystä käytäntöjä piirustusten tuottamisessa on vaikeaa yhtenäistää yksittäisen

piirustusohjeen avulla. Piirustustuotannon ja piirustusten esitystapojen yhtenäistäminen vaatisi koulutusta sekä toimintatapojen laajempaa kehittämistä.

Ohjeelta toivottiin visuaalisuutta. Tähän pyritään täydentämällä ohjetta selittäville kuvilla sekä tekemällä elementtityypeistä mallipiirustuksia.

BEC 2012 -mallipiirustuksissa on paljon samoja puutteita kuin Apron (2013) selvityksessä esille nousseet pahimmat ongelma-alueet. Esimerkiksi painopisteiden merkitsemisen ja mitoittamisen puutteet sekä nostokulmamerkintöjen puuttuminen ovat työturvallisuuden kannalta merkittäviä puutteita. Yleisesti käytössä olevien mallipiirustusten olisi syytä olla virheettömiä sekä mahdollisimman edustavia.

Tähän työhön ennalta valitut elementtityypit mainittiin monelta osin ongelmallisina Apron (2013) selvityksessä kuten toimeksiantajayrityksen työntekijöiden kyselyvastauksissa. Monet ongelmista, kuten puutteet mitoituksessa voidaan korjata kehittämällä piirustusohjeita ja ohjeistuksia. Ajankäyttö tehostuu piirustusohjeiden hyvällä toimivuudella sekä kattavalla ohjeistuksella.

Väliseinäelementti ei noussut esille toimeksiantajayrityksen työntekijöiden kyselyvastauksien perusteella ongelmallisena elementtityyppinä toisin kuin Apron (2013) selvityksessä. Väliseinäelementtien piirustuksien tuottaminen voi olla kokeneille työntekijöille yksinkertainen toimenpide, kun taas kokemattomille ja uusille työntekijöille ei ole välttämättä aikaisempaa kokemusta betonielementtien piirustuksien tuottamisesta, jolloin yksinkertaisenkin elementtityypin piirustuksien tuottaminen voi aiheuttaa ongelmia. Ohjeen tekeminen aloitetaan väliseinäelementtien osalta, jolloin nähdään yksinkertaisen elementtityypin osalta ohjeen tarvittava laajuus.

6 Työn lopputulokset

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön lopputuloksia. Lopuksi kerrotaan elementtitehtaiden edustajien arvio mallipiirustuksista sekä elementtitehtaiden edustajille suunnatun kyselyn tuloksia.

6.1 Piirustusohje ja mallipiirustukset

Piirustusohje tehtiin väliseinäelementin osalta. Ohjeen mukaisella toimintatavalla piirustuksia voidaan tuottaa mallipiirustuksien kaltaisia piirustuksia käyttäen valmiita piirustusohjia. Ohjeet sisältävät vaiheittaisen ohjeistuksen piirustuksen tekijälle siitä, millä toiminnoilla ja asetuksilla piirustuksen ulkoasusta ja sisällöstä saadaan mallipiirustuksien kaltainen.

Väliseinäelementistä tehtiin kaksi mallipiirustusta. Mallipiirustuksesta päädyttiin tekemään kaksi versiota projektikohtaisen vaihtelun ja tarpeiden esilletuomiseksi.

6.2 Kysely betonielementtitoimittajille

Valmiista mallipiirustuksista pyydettiin arvio neljän eri betonielementtitoimittajan edustajalta. Samalla toteutettiin kysely, jossa kysyttiin betonielementtitehtaiden tuotannon kannalta piirustuksille hyviä esitystapoja sekä betonielementtitehtaiden tietomallien nykyisestä hyödyntämisestä sekä tulevaisuudennäkymistä tietomallien sekä erilaisten digitaalisten sovellusten hyödyntämisen suhteen.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön lopputuloksena tuotettiin ohjeistus väliseinäelementtien piirustusten tuottamiseen Tekla Structures -ohjelmalla. Tämän lisäksi tuotettiin kaksi mallipiirustusta edellä mainitusta elementtityypistä.

Opinnäytetyön toteuttaminen sekä aihe pyrittiin suunnittelemaan ja rajaamaan tarkasti työn alussa. Tästä huolimatta mallipiirustukset ja ohje saatiin valmiiksi vain väliseinäelementin osalta. Työn alussa jouduttiin perehtymään betonielementtien suunnitteluun, betonielementtien mallintamiseen ja piirustuksien tuottamiseen Tekla Structures -ohjelmalla sekä toimeksiantajayrityksen käytäntöihin ja mallinnustyökaluihin, mikä vei huomattavasti aikaa. Työn toteuttaminen sekä ohjeessa käsiteltävien asioiden laajuus ja esittämistapa eivät olleet työtä aloittaessa selvillä, minkä vuoksi ohjeen ja mallipiirustuksien tekemisen vaatimaa aikaa oli vaikeaa arvioida ennakkoon.

Ohjeen sekä mallipiirustusten tuottamista jatketaan työn tavoitteessa mainittujen elementtityyppien osalta. Seuraavien elementtityyppien osalta ohjeen sekä mallipiirustusten tuottamisen oletetaan sujuvan nopeammin väliseinäelementin osalta tuotetun ohjeistuksen toimiessa pohjana sekä työskentelystä saadun kokemuksen perusteella.

Työhön ennakkoon valitut elementtityypit olivat suurelta osin samoja kuin toimeksiantajayrityksen työntekijöille suunnatussa kyselyssä esille tulleet ongelmalliset elementtityypit sekä Apron (2013) selvityksessä esille nousseet elementtityypit. Työn toteuttamisen kannalta olisi voinut olla järkevää, ettei elementtityyppejä olisi määritelty ennakkoon vaan ongelmallisimmat elementtityypit olisi määritetty kyselyn sekä Apron (2013) selvityksen perusteella. Elementtityypit sattuivat kuitenkin olemaan sopivia ja ohjeen sekä mallipiirustuksien laatimisen aloittaminen väliseinäelementin osalta toimii hyvänä pohjana seuraavia elementtityyppejä varten.

Ohje tehtiin Tekla Structures -ohjelman versiolle 21.0. Tämä ohjelmaversio tulee vanhenemaan ajastaan, jolloin ohjeetkin vaativat päivittämistä uuden ohjelmaversioon muutoksista ja päivityksistä riippuen. Myös mallipiirustuksia tulee päivittää tarpeen mukaan. Mikäli ohje ja mallipiirustukset todetaan käyttökelpoi-

siksi, voitaisiin ohjeistus tuottaa myös muista tämän opinnäytetyön ulkopuolelle rajatuista elementtityypeistä.

Toimeksiantajayrityksen suunnittelijoille suunnatun kyselyn sijaan voitaisiin tehdä uusi kysely esimerkiksi kesätyöntekijöille kesän jälkeen. Kesätyöntekijöille suunnatulla kyselyllä voitaisiin kartoittaa vähän kokemusta omaavien työntekijöiden kokemuksia siitä, mitkä olivat suurimpia ongelmia elementtipiirustusten tuottamisessa ja mitä osioita piirustusohjeissa olisi syytä kehittää.

Piirustusohjeen lähtökohtana on, että elementtipiirustukset luodaan valmiita piirustusohjia käyttäen. Piirustusohjeen sekä piirustusohjien käyttämisen kannalta on olennaista, että piirustusohjat toimivat luotettavasti ja halutulla tavalla. Mikäli piirustusohja toimii puutteellisesti eikä sisällä riittävästi automatiikkaa ja esiasetuksia, joudutaan piirustuksiin sekä piirustusasetuksiin tekemään käsin muutoksia. Tämä kuluttaa aikaa sekä lisää vaihtelua piirustusten esitystavoissa asetusmuutosten kautta sekä lisää mahdollisesti siirtymistä omien piirustusohjien käyttämiseen. Siksi on olennaista, että piirustusohjia kehitetään ja päivitetään tarpeen sekä havaittujen puutteiden perusteella.

Mallintamisessa, piirustusten tekemisessä ja esitystavoissa on paljon paikkakunta- ja suunnittelijakohtaisia toimintatapoja sekä käytäntöjä. Näiden käytäntöjen ja toimintatapojen yhtenäistämiseksi tarvittaisiin opinnäytetyötä laajempaa tutkimus- ja kehitystyötä, mikä olisi mahdollisesti järkevintä toteuttaa esimerkiksi BEC-ohjeen sekä Yleisten tietomallivaatimusten päivittämisen ja tarkentamisen kautta. Tällöin käytäntöjä mallintamisen ja piirustusten esitystapojen osalta voitaisiin yhtenäistää rakennusalalla laajemmin kuin pelkän opinnäytetyön toimeksiantajayrityksen osalta.

Mallintavan suunnittelun pohjalta tehdään edelleen hyvin samankaltaisia suunnitelmia kuin mitä tehtiin aikanaan käsin piirtäen. CAD-ohjelmistot mahdollistivat tehokkaan menetelmän tehdä käsin piirrettyjen piirustusten kaltaisia dokumentteja, kun taas mallintamalla on pyritty tekemään tehokkaammin CAD-piirustusten kaltaisia dokumentteja. Tämän menettelyn takia menetetään suuri osa tietomallintamisen mahdollistamasta tehokkuudesta, havainnollistavuudesta, automaatiosta ja tiedoista, joita tietomalli sisältää.

Piirustusten tuottamiseen käytetään tällä hetkellä huomattavan paljon aikaa ja vaivaa. Vaikka piirustukset tuotettaisiinkin mallintavan suunnittelun kautta, tietomallia ei välttämättä käytetä muutoin kuin rakentamista palvelevien piirustusten ja dokumenttien tuottamiseen, jolloin tietomallintamisen hyödyt jäävät pois muista rakennushankkeen vaiheista. Tietomallit yhdistettynä erilaisiin digitaali-tekniikan sovelluksiin, kuten 3D-tulostamiseen, robotiikkaan ja virtuaalitodellisuuteen, uskoisi mahdollistavan esimerkiksi betonielementtien tuottamisen sekä asentamisen työmaalla pelkän tietomallin sisältämän tiedon perusteella ilman käsin piirrettyjen piirustuksien kaltaisia dokumentteja.

Rakennesuunnittelun lopputuotteena voisi olla pelkkä oikein, tarkasti ja standardien mukaisesti mallinnettu rakennemalli, joka yhdistettynä muiden suunnittelualojen tietomalleihin, toimisi rakennushankkeen osapuolien tietolähteenä. Perinteisen kaltaisten elementtipiirustuksien tuottaminen voisi olla projektikohtaisesti sovittava asia. Vaihtoehtoisesti tietomalliohjelmien toimintaa voitaisiin kehittää niin että ohjelmat kykenisivät tuottamaan elementtipiirustukset täysin automaattisesti, mikä puolestaan vaatisi suunnittelijoilta tiukkaa mallintamiskuria ja yhtenäisiä käytäntöjä, jotta ohjelma pystyisi tuottamaan automaattisesti piirustuksia mallinnuksen perusteella.

Nykyinen toimintatapa, jossa eri suunnittelualojen suunnittelijat käyttävät toisistaan poikkeavia suunnitteluohjelmia ja toimivat omissa tietomalleissaan ja suunnitteluympäristöissään, aiheuttaa betonielementtirakenteiden suunnittelussa omalta osaltaan ongelmia. Eri suunnittelualojen suunnittelijoiden toimiminen samassa tietomallissa samalla suunnitteluohjelmalla ei ole kuitenkaan vielä nykyisin mahdollista. Tämän sijaan tiedonsiirtoa ohjelmien välillä voisi olla hyvä kehittää niin että esimerkiksi sähkö- ja lvi-suunnittelijoiden mallintamat tarvikkeet ja tilavaraukset saataisiin tiedonsiirron välityksellä päivitettyä suoraan osaksi rakennemallia. Tällöin kaikkien suunnittelualojen objektit näkyisivät automaattisesti myös elementtipiirustuksissa, millä voitaisiin saavuttaa huomattavaa säästöä ajankäytössä ja välttyä virheiltiltä. Tämä vaatisi esimerkiksi BEC-ohjeen päivittämistä ja laajentamista muita suunnittelualoja koskevien tarvikkeiden ja objektien osalta sekä mallintamisohjelmien kehittämistä.

Uusien ja kokemattomien työntekijöiden mallintamisosaamista sekä valmiutta työskennellä mallintamista vaativissa projekteissa voitaisiin kehittää yritysten omien ohjeiden, perehdytysten ja koulutusten lisäksi hyödyntämällä tietomalleja nykyistä enemmän osana oppilaitoksien kursseja ja opintokokonaisuuksia. Tietomallintamisesta voisi olla hyvä saada arkipäiväinen osa opintoja ja opiskelijan osaamista samalla tavalla kuin esimerkiksi CAD-osaaminen on tällä hetkellä. Tietomallintamista sekä malliympäristössä toimimista voitaisiin harjoitella esimerkiksi projektiluontoisien kurssien sekä mallintamista vaativien harjoitustöiden kautta. Viimeisintä tietoa ja käytännön tason kokemusta tietomallintamisesta, mallintavasta suunnittelusta, tietomallien hyödyntämisestä rakennushankkeen eri vaiheissa sekä työelämän vaatimuksista tietomallintamisen osalta voitaisiin saada esimerkiksi työelämäyhteistyön sekä vierailijaluennoitsijoiden kautta.

Kuvat

- Kuva 1. Rakennushankkeen tehtäväkokonaisuudet, s. 17
- Kuva 2. Tietomallien jaottelu suunnitteluvaiheen ja tekijän mukaan, s. 23
- Kuva 3. Rakennemalli yleissuunnitteluvaiheessa, s. 24
- Kuva 4. Rakennemalli hankintoja palvelevan suunnittelun vaiheessa s. 25
- Kuva 5. Väliseinäelementin Attributes-asetukset, s. 26
- Kuva 6. Väliseinäelementin Position-asetukset, s. 27
- Kuva 7. Väliseinäelementin Cast unit –asetukset, s. 28
- Kuva 8. Concrete Panel -työkalulla mallinnettu väliseinäelementti, s. 28
- Kuva 9. Väliseinäelementti Tekla Structures -ohjelman mallinnusnäkyessä, s. 29
- Kuva 10. Inquire-työkalulla tehty haku väliseinäelementin tiedoista, s. 30
- Kuva 11. Numerointiasetukset Tekla Structures -ohjelmassa, s. 32
- Kuva 12. Kloonaamisasetukset Tekla Structures -ohjelmassa, s. 34

Kuviot

- Kuvio 1. Piirustuksien oikeellisuus muuttujien osalta elementtityypeittäin, s. 36

Taulukot

- Taulukko 1. Piirustuksien oikeellisuus muuttujien osalta elementtityypeittäin, s. 37
- Taulukko 2. Hajonta muuttujien oikeellisuudessa toimistojen sisäisesti, s. 38

Lähteet

Aapro, H. 2013. Tuotantopiirustukset ja laatu.
http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/24040/Tuotantopiirustukset%20ja%20laatu_11112013_HEA.pdf. Luettu 29.1.2017.

Betoniteollisuus ry: Suunnittelu. <http://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/>. Luettu 18.3.2017.

Betoniteollisuus ry: Talonrakentaminen.
<http://betoni.com/betonirakentaminen/elementtirakentaminen/talonrakentaminen>
. Luettu 18.3.2017.

Elementtisuunnittelu.fi: Mallintava suunnittelu.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu>.
Luettu 3.2.2017.

Elementtisuunnittelu.fi: Valmisosarakentaminen.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>. Luettu 18.3.2017.

Hytönen Y. & Seppänen M. 2009. Tehdään elementeistä. Helsinki: SBK-säätiö.

Kautto, T. 2012. BEC 2012.
http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23982/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje_v104.pdf. Luettu 3.2.2017.

Mölsä, S. 2016. 50 vuotta kehitystyötä: VTT ja Tekes ovat monen rakennusalan menestystarinan takana. <http://www.rakennuslehti.fi/2016/05/vtt-ja-tekes-ovat-monen-rakennusalan-menestystarinan-takana/>. Luettu 13.2.2017.

Penttilä, H. Nykyaikainen suunnittelu ja rakentaminen -vuorovaikutusta, kommunikaatiota ja uusia työmenetelmiä.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070702.pdf>. Luettu 13.2.2017.

Rakennustieto Oy. 2013. RT-kortisto. RT 10-11115.

Rakennustieto Oy. 2013. RT-kortisto. RT 10-11128.

RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. Luettu 6.2.2017.

Sweco. 2017a. Tietoa Swecosta. <http://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>. Luettu 28.1.2017.

Sweco. 2017b. Palvelumme. <http://www.sweco.fi/palvelumme/bim/>. Luettu 28.1.2017.

Sweco. 2015. Sweco Rakennetekniikka on entistä vahvempi.
<http://www.mynewsdesk.com/fi/sweco/news/sweco-rakennetekniikka-on-entistae-vahvempi-103570> Luettu 28.1.2017.

Trimble. Tekla Structures. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>. Luettu 4.2.2017.

VNa 205/2009. Valtioneuvoston asetus rakennustyön työturvallisuudesta. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp4253600>. Luettu 22.3.2017.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleiset vaatimukset
http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf. Luettu 30.1.2017.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu.
http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf. Luettu 30.1.2017.

Kyselyvastaukset

1. Käytättekö elementtipiirustusten tekemisessä TeklaToolbarin kloonipohjia, toimiston omia pohjia tai omia henkilökohtaisia pohjia?

- SwecoToolbarin kloonipohjat on käytössä, mutta usein käy niin että projektin kuluessa pohjat alkavat muuttua monen tekijän kommentteista ja alkaa luomaan omia pohjia joita käyttää.
- Käytetään vain Teklan valmiita kloonipohjia
- Käytän TeklaToolbarin- kloonipohjia, joiden avulla teen ensimmäisen elementin valmiiksi ja käytän tätä piirustusta muiden saman elementtityypin piirustusten laadintaan. Meidän toimistolla ei ole mitään omia pohjia.
- Käytän henkilökohtaisia pohjia, jotka olen muokannut Swecon pohjista.
- Ensimmäiset kuvat eri elementtityypeille teen käyttäen TeklaToolbarin pohjia. Sen jälkeen teen siihen omia säätöjä ja sen jälkeiset elementit kloonaan tästä ensimmäisestä elementistä.
- Käytän elementtipiirustusten tekemiseen tällä hetkellä edellisistä kohteista periytyneitä pohjia. Swecon kloonipohjiin olen lähinnä tutustunut tekniikkapäivän ja muutaman satunnaisen kokeilun kautta.
- Tähän asti piirustukset olen luonut kloonaamalla edellisestä/samankaltaisesta piirustuksesta.
- Kulloisenkin elementtityypin ensimmäisen piirustuksen tekemiseen yleensä käytän Toolbarin kloonipohjaa, muokkaan tulosta tarpeen mukaan ja sen jälkeen kloonaan tätä piirustusta.

2. Onko teillä käytössä toimiston sisäisesti omia ohjeita betonielementtipiirustusten tuottamiseen Teklalla? Minkälaisia?

- Ei ole käytössä omia ohjeita, ja olen huomauttanut että olisi tarvetta. Joku visuaalinen ohje olisi hyvä (mielipide)
- Ohjeet tulevat Teklasta
- Meidän toimisto on suhteellisen alkuvaiheessa Tekla:n käytössä, joten tällä hetkellä
- teemme piirustukset Intran ja Toolbar:in sisältämien ohjeistusten mukaan sekä osittain omakohtaisten kokemusten perusteella.
- Ei ole.
- Ei ole mitään erityisiä ohjeita. Enemmän ne on itseopittuja/tutkittuja.
- Toimiston sisällä ei ole varsinaisesti selkeää ohjeistusta piirustusten luomiseen. Lähinnä homma menee niin että on olemassa vanhassa kohteessa jokin pohja ja se otetaan malliksi. Sen perusteella pohjat muotoutuvat hyvin pitkälti erilaisiksi, kun tyyppikuvan tekijänä on eri henkilöitä
- Toimiston sisäisiä ohjeita ei taida olla mutta esim. intrassa on paljon tietoa ja ohjeita
- Swecon (aiemmin FMC:n) ohjeita pyritään käyttämään.

3. Onko joidenkin elementtityyppien piirustusten tuottaminen erityisen ongelmallista? Miksi?

- Ei ole ongelmia, mutta joihinkin elementtiin menee paljon aikaa, ja jokainen askel sen nopeuttamiseksi olisi hyvä. (esim. vaikeat sandwich ja pitkät pilarit)
- Kaikkiin erikoisiin elementteihin ei ole mitään ohjeita esim. tiililaattapintainen sänkkäri. Silloin teemme vanhojen elementtisuunnitteluohjeiden (ennen Teklaa) ja sovellamme Teklassa. Tämä varmasti järkevintä kuin tehdä yleispäteviä ohjeita mitä ei kukaan kuitenkaan käytä. Tietysti esim. tiililaattapinnan luomiseen olisi hyvä olla ohjeet
- SW- elementit ovat varmaan ne ongelmallisimmat. Sänkkärit kun tarvitsevat ylivoimaisesti eniten piirustustilaa kaikkien tietojen esittämiseen. Toisaalta nykyiset pohjat ovat jo aika pitkällä ja esimerkiksi dimensioning- asetukset pitävät sisällään hyvän määrän esiasetuksia. Yksittäiset kuorielementit, palkit, pilarit ja laatat ovat suhteellisen yksinkertaisia tehdä, joten niissä ei ole mitään erityistä ongelmaa.
- Ei minun kokemuksen mukaan. Toiset ovat luonnollisesti työläämpiä kuin toiset mutta ei tätä ongelmaksi voi kutsua
- Parvekkeet ovat aika hankalia ja sanoisin, että laatat yleensä ovat vaikeimpia. Mutta en tiedä johtuuko se erityisesti Teklalla kuvien tuottamiseen.
- Parvekelaattojen elementtikuvien kanssa olen havainnut suuria ongelmia. Itse en niitä ole tehnyt, mutta läheltä seuranneena olen huomannut että tämä elementti tuottaa tuskaa.
- Porrastasolaatat ovat joskus olleet ongelmallisia, joskus laatat ovat niin monimuotoisia että ne on mallinnettava laattana, joten raudoitusten mallinnus voi olla työlästä, yksinkertaisen laatan voi mallintaa palkkina jolloin raudoitus toimii hieman paremmin.
- Joidenkin elementtityyppien kanssa olen ollut niin vähän tekemisissä, että tähän en osaa kauhean kattavasti vastata.....itse en ole aivan mahdottomiin ongelmiin törmännyt.

4. Elementtisuunnittelu.fi -sivulla on esitetty elementtien mallipiirustuksia, jotka on laadittu BEC2012 -ohjeen laatimisen yhteydessä. Oletteko huomanneet joitakin puutteita tai virheitä näissä mallipiirustuksissa?

- Olen käyttänyt näitä mallikuvia, usein minua pyydetään tekemään ensimmäinen/malli kuva, niin käytän näitä mallikuvia hyödykseen, ja en ole huomannut mitään ongelmia niissä, tietenkin käytän niitä hyvin näennäisesti (eli katon ne tärkeimmät kohdat ainakin, jätän pikku asiat pois)
- Ei olla käytetty eikä tsekattu
- Tässä muutama havainto. Kaista näyttäisi puuttuvan seuraavat tiedot:
 1. Elementin nostokulma puuttuu
 2. Painopiste löytyy, mutta sitä ei ole mitoitettu (kahdessa suunnassa)
- Aluksi elementtisuunnittelu.fi-sivuston kuvat näyttivät kovin vierailta, koska ovat ulkonäöltään erilaisia kuin toimistomme tuottamat kuvat. Nykyään silmä on jo tottunut erinäköisiin kuviin, joten tätäkään ongelmaa ei enää ole. Virheettömiä nämäkään kuvat eivät ole. Mallikuvat olisi ollut hyvä käydä tarkemmin läpi, koska tuolta kuitenkin moni mallia ottaa.
- En ole noita kuvia niin tarkasti tutkinut, mutta se asia ottaa silmään, että siinä on rauditus esitetty samassa kuvassa kuin mitat. Mielestäni mittakuva ja raudituskuva tulee pitää erillään.
- Elementtisuunnittelu.fi
 - a. Tehdasrapatut elementit (RKR)
 1. kuvat eivät sisällä rappausedetallia
 2. leikkauksista puuttuu mm. vaarnalenkkien sijainti syvyys suunnassa
- En ole huomannut virheitä/puutteita.

- Piirustukset on ilmeisesti kooltaan A3:sia (tosin pdf ilmoittaa kooksi A4). Isokokoisten elementtien kanssa tuo piirustuskoko käy ahtaaksi, vaihtoehdoksi kaipaisi A4:n kerrannaisia (esim. 840x594, 1050x891 jne...).
- Mallipiirustukset näyttäisi olevan jo 4 vuotta vanhoja, varmastikin kaikenlaista viritystä ja kehitystä on tapahtunut, olisiko aika päivittää mallikuvat?
- Monimuotoisessa ja paljon varustellussa elementissä saisi mielestäni olla raudoituksia varten oma(t) kuvantonsa.
- Laattapintaisesta seinäelementistä ei näytä olevan mallikuvaa, tästäkin voisi olla malliesitys.
- Samoin sähkö- ja LVI-varausten esittämisestä voisi olla myös malliesimerkki, mm. Sewatekien tietojen oikeanlaisesta esittämisestä (tämä voisi palvella myös LVIS-suunnittelijoita).