



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# BETONIPALKKIELEMENTTIEN MALLINNUSOHJE – TEKLA STRUCTURES

TEKIJÄ: Mikko Pesonen

|  |          |                    |       |
|--|----------|--------------------|-------|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala   |          |                    |       |
| Koulutusohjelma<br>Rakennustekniikan koulutusohjelma   |          |                    |       |
| Työn tekijä<br>Mikko Pesonen   |          |                    |       |
| Työn nimi<br>Betonipalkkielementtien mallinnusohje – Tekla Structures  |          |                    |       |
| Päiväys  | 4.5.2018 | Sivumäärä/Liitteet | 35/48 |
| Ohjaajat<br>Arto Puurula, TkT, yliopettaja ja Viljo Kuusela, lehtori   |          |                    |       |
| Toimeksiantaja<br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Arto Nieminen, teknologiapäällikkö elementtirakenteet   |          |                    |       |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Sweco Rakennetekniikka Oy:lle mallinnusohjeet Tekla Structures -ohjelmistoa varten HI-, I- ja K-betonipalkkielementeistä. Mallinnusohjeiden avulla mallintajien, erityisesti aloittelevan mallintajan tulisi pystyä johdonmukaisesti mallintamaan kyseisiä palkkeja itsenäisesti. Ohjeilla pyrittäisiin yhtenäistämään yrityksen toimintatapoja, jotta työskentely tehostuisi ja yhteistyö toimipisteiden välillä helpottuisi.</p> <p>Työn tekeminen aloitettiin perehtymällä betonielementtirakentamiseen ja tietomallinnukseen liittyviin julkaisuihin. Mallinnusohjeiden lähtötiedot kerättiin haastatteleamalla yrityksen eri toimipisteiden rakennesuunnittelijoita. Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina ja niihin osallistui yhteensä kuusi rakennesuunnittelijaa. Haastatteluiden perusteella selvisi, mitä mallinnusohjeiden tulisi pitää sisällään, mihin ongelmakohtiin tulisi puuttua ja mitä mahdollisia asioita tulisi kehittää. Näiden tietojen perusteella mallinnettiin Tekla Structures -ohjelmistolla kyseiset betonipalkkielementit, detaljit ja laadittiin piirustukset. Mallinnusosuuden perusteella laadittiin betonipalkkielementtien mallinnusohjeet.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tuloksena tuotettiin HI-, I- ja K-betonipalkkielementtien mallinnusohjeet Tekla Structures -ohjelmistolle sekä kehitettiin ohjelmiston vakiodetaljien asetuksia. Mallinnusohjeista voidaan todeta, että ohjeet ovat erittäin helppolukuiset, selkeät ja johdonmukaiset. On oletettavissa, että ohjeiden käyttäjät pystyvät mallintamaan kyseisiä betonipalkkielementtejä täysin itsenäisesti</p> |          |                    |       |
| Avainsanat<br>tietomallinnus, betonielementtirakentaminen, tekla structures  |          |                    |       |
|  |          |                    |       |

|   |             |                  |       |
|---|-------------|------------------|-------|
| Field of Study<br>Technology, Communication and Transport   |             |                  |       |
| Degree Programme<br>Degree Programme in Construction Engineering  |             |                  |       |
| Author<br>Mikko Pesonen   |             |                  |       |
| Title of Thesis<br>Modeling Instructions for Concrete Beam Elements – Tekla Structures  |             |                  |       |
| Date  | 4 May, 2018 | Pages/Appendices | 35/48 |
| Supervisors<br>Mr Arto Puurula, PhD, Principal Lecturer and Mr Viljo Kuusela, Senior Lecturer   |             |                  |       |
| Client Organisation<br>Mr Arto Nieminen, Technology Manager, Precast Structures, Sweco Rakennetekniikka Ltd   |             |                  |       |
| <p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of this final project was to develop modeling instructions to Sweco Rakennetekniikka Ltd. for Tekla Structures -software from HI-, I- and K-concrete beam elements. With modeling instructions modelers, especially unexperienced modelers should be able to model those beams logically and independently. The instructions were also aimed at unifying the working methods in the company to make them more efficient and co-operation between offices easier.</p> <p>The work was started by studying publications about precast concrete construction and building information modeling (BIM). The data was gathered by interviewing structural engineers working in different offices in the company. The interviews were a semi-structured interview and six persons were interviewed. After that, it was clear what the instructions to Tekla Structures should contain, which problems should get intervened and which potential issues should be developed. The beams, details and drawings were modeled, and the modeling instructions were based on this information.</p> <p>The result of this thesis were the modeling instructions from HI-, I- and K- concrete beam elements for the Tekla Structures -software and standard detail configurations as well. The modeling instructions were found readable, clear and consistent, so the users are expected to model those concrete beam elements completely independently.</p> |             |                  |       |
| <p><b>Keywords</b><br/>BIM, precast concrete construction, tekla structures</p>   |             |                  |       |
|   |             |                  |       |

## ESIPUHE

Haluan kiittää Sweco Rakennetekniikka Oy:n Arto Niemiästä mielenkiintoisesta aiheesta ja auttamisesta työn eri vaiheissa sekä kyselyihin osallistuneita henkilöitä. Haluan kiittää myös Arto Puurulaa erinomaisesta ohjauksesta.

Kuopiossa 4.5.2018

Mikko Pesonen

## SISÄLTÖ

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO .....                                       | 7  |
| 1.1   | Sweco Rakennetekniikka Oy .....                      | 7  |
| 1.2   | Tausta ja tavoitteet .....                           | 8  |
| 1.3   | Rajaukset .....                                      | 8  |
| 2     | BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN.....                     | 9  |
| 2.1   | Historia .....                                       | 9  |
| 2.2   | Standardisointi ja BES- järjestelmä .....            | 11 |
| 2.3   | Nykytilanne .....                                    | 12 |
| 3     | RAKENNUKSEN TIETOMALLINNUS .....                     | 13 |
| 3.1   | Mitä on tietomallinnus? .....                        | 13 |
| 3.2   | YTV2012 .....  | 14 |
| 3.2.1 | Tietomallivaatimukset rakennesuunnittelijoille ..... | 15 |
| 3.3   | BEC 2012 .....                                       | 19 |
| 3.4   | TELU 2012 .....                                      | 20 |
| 3.5   | Tekla Structures -tietomallinnusohjelma.....         | 21 |
| 4     | YLEISESTI BETONIPALKKIELEMENTEISTÄ .....             | 22 |
| 5     | MALLINNUSOHJEIDEN TEKEMINEN.....                     | 24 |
| 5.1   | Rakenne ja ulkoasu .....                             | 25 |
| 5.2   | Sisällön tuottaminen .....                           | 26 |
| 5.2.1 | HI- ja I-palkkielementit.....                        | 26 |
| 5.2.2 | K-palkkielementti .....                              | 29 |
| 5.3   | Mallinnusohjeen käyttöönotto .....                   | 31 |
| 6     | POHDINTA.....  | 32 |
|       | LÄHTEET .....  | 33 |
|       | LIITEET .....  | 35 |

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

|                  |  |
|------------------|--|
| 3D               | kolmiulotteinen grafiikka, tietokone grafiikka, joka on sisäisesti mallinnettu kolmen tilaulottuvuuden suhteen                 |
| BIM              | Building Information Model, tietomallintaminen.  |
| BEC              | Betonielementtirakenteiden suunnittelun yhtenäistämiseksi ja ohjeistukseen tehty teos  |
| BES              | Suomessa laadittu betonielementtistandardi, sisältää suosituksia betonielementtirakenteiden rakenneratkaisuista ja detaljeista |
| COBIM            | Kehittämishanke, jonka tuloksena YTV 2012  |
| IFC              | Industry Foundation Classes, tietomallien tiedonsiirtoon yleisin käytetty tiedostomuoto  |
| Rakennemalli     | Rakennesuunnittelun pohjalta laadittu tietomalli, sisältää rakenneosien rakenne- ja tuotetietoa                                |
| Sweco            | Kansainvälisesti toimiva suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys  |
| Tekla Structures | Monipuolinen rakennusten tietomallinnukseen kehitetty ohjelma  |
| YTV 2012         | Yleiset tietomallivaatimukset 2012   |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Sweco Rakennetekniikka Oy

Sweco -konsernin juuret kantautuvat vuoteen 1889, jolloin Hugo Theorell perusti Theorells insinööri-toimiston Tukholmaan. Sweco on perustettu vuonna 1997, jonka jälkeen monia yhtiöitä on joko hankittu tai yhdistynyt Sweco -konserniin ja nykypäivänä Sweco on yksi Euroopan johtavista konsultti-toimistoista. (Sweco 2017)

Sweco on rakennetun ympäristön ja teollisuuden asiantuntija, joka tarjoaa laadukkaita suunnittelu- ja konsultointipalveluita kaiken kokoisiin hankkeisiin. Sweco työllistää noin 14500 työntekijää, toimii nykyisin 15 maassa ja sen liikevaihto on noin 1.8 miljardia euroa. Sweco -konserni jakautuu liiketoiminta-alueisiin, jotka ovat seuraavat: Sweco Central Europe, Sweco Denmark, Sweco Finland, Sweco Netherlands, Sweco Norway, Sweco Sweden ja Sweco Western Europe toimialoihin. Sweco Finland on yksi arvostetuimmista rakennetun ympäristön ja teollisuuden innovatiivinen asiantuntija maailmalla ja Suomessa. Sweco Finland toimii 25 paikkakunnalla ja se työllistää lähes 2000 asiantuntijaa. (Sweco 2018a; Sweco 2018b)

Sweco Finlandin toimialat (Sweco 2018b):

- asiantuntijapalvelut
- projektinjohto ja rakennuttaminen
- rakennetekniikka
- talotekniikka
- teollisuus
- ympäristö- ja yhdyskuntatekniikka.

Sweco Rakennetekniikka Oy on Sweco Finlandin suurin toimiala, joka työllistää 800 työntekijää ja se on yksi Suomen johtavista rakennesuunnittelualan konsulttiyrityksistä. Sweco Rakennetekniikka Oy:n palvelut kattavat rakennesuunnittelussa sekä uudis-, että korjausrakentamisen. (Sweco 2018c)

Sweco Rakennetekniikan rakennesuunnittelun osa-alueet (Sweco 2018c):

- betoni-, teräs-, puu- ja julkisivurakenteet
- vaativa tekninen laskenta
- tarkastus- ja asiantuntijatehtävät
- kestävän kehityksen- ja korjausrakentamisen palvelut
- rakennetekniikan erityispalvelut.

## 1.2 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sweco Rakennetekniikka Oy. Työn aihe valikoitui toimeksiantajan tarpeen mukaan sekä omasta mielenkiinnostani. Olin viime kesän työharjoittelussa Kuopion Sweco Rakennetekniikan toimistolla ja mielenkiintoni mallintamiseen kasvoi entisestään. Lähdinkin kyselemään mahdollisia opinnäytetyöaiheita mallintamiseen liittyen ja päädyimme betonipalkkielementtien mallinnusohjeiden tekoon.

Tavoitteena on tehdä mallinnusohjeet HI-, I- ja K-betonelementtipalkeista Tekla Structures -ohjelmistolla. Mallinnusohjeiden avulla mallintajat, varsinkin aloittelevat ja kokemattomat mallintajat pystyvät tuottamaan kyseiset betonelementtipalkit itsenäisemmin ja tehokkaammin. Mallinnusohjeesta tehdään erittäin selkeä ja yksityiskohtainen, jotta kuka tahansa pystyy sen avulla mallintamaan kyseiset betonelementtipalkit.

Työ aloitetaan keräämällä lähtötietoja Sweco Rakennetekniikan Suomen eri toimipisteiden mallintajilta. Kyselyillä selvitetään nykyisiä toimintamalleja sekä ongelmakohtia Tekla Structures -ohjelmiston betonelementtipalkkien mallintamisessa. Kyselyn vastauksia käytetään hyödyksi kyseisten betonelementtipalkki mallinnusohjeiden tekemisessä.

## 1.3 Rajaukset

Kysely toteutetaan toimeksiantajan työntekijöille pääasiassa puhelinkeskusteluilla mutta myös sähköpostikyselyinä. Kyselyissä olevilla henkilöillä tulee olla kokemusta kyseisten betonelementtipalkkien mallintamisesta.

Mallintamisen osuus suoritetaan käyttäen Tekla Structures -ohjelmiston versiota 21.0. Betonelementti palkeista HI ja I mallinnetaan geometria, detaljit ja rei'itykset ja betonelementti palkista K mallinnetaan geometria, detaljit, rei'itykset ja raudoitukset.



## 2 BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN

### 2.1 Historia

Betonin esivaiheena pidettiin roomalaisten valmistamaa betonia muistuttavaa ainetta, josta on mm. rakennettu Rooman Pantheon (kuva 1), joka on tunnetuin varhainen betonirakenne. (Elementtisuunnittelu.fi a; Hytönen ja Seppänen 2009, 13.)



KUVA 1. Rooman Pantheon. (Lampkin 2016-04-27)

Englantilainen muurari Joseph Aspdin kehitti ensimmäisenä keinotekoisia sementtiä vuonna 1824, joka patentoitiin nimellä Portland-sementti. Aluksi sementtiä käytettiin sideaineena kivimuurien laastisaumoissa. Myöhemmin yhdistettiin sementtiä, hiekkaa, soraa ja vettä, josta syntyi betonimassa, jonka lopputuloksena oli kivimäinen rakenne. (Elementtisuunnittelu.fi a; Hytönen ja Seppänen 2009, 13-14)

Betonin puristuslujuus oli hyvä, mutta vetolujuus osoittautui vähäiseksi. Tilanne muuttui, kun ranskalainen Joseph Monier oivalsi käyttää terästä betonin kestävyiden parantamiseksi. Monierin oivaluksen jälkeen tehtiin pian useita betonin käyttöä rakentamisessa lisäaineita keksintöjä. Kun raudoitusta lisättiin muottiin valettavaan kiveen, avautui uusia keinoja suunnitella rakennuksia ja rakentaa siltoja. Vuonna 1889 Pariisin maailmannäyttelystä maailmalle levisi tieto rungoista, joissa oli käytetty betonia. (Elementtisuunnittelu.fi a; Hytönen ja Seppänen 2009, 14)

Suomessa vanhimpia betonin käyttökohteita ovat olleet edelleenkin lähes kaikissa vanhoissa kivitaloissa käytössä olevat valetut portaikot. Betonin ns. esiinmarssi tapahtui 1900-luvun alussa, kun Helsinkiin alkoi nousemaan Pariisin maailmannäyttelyn innoittamana nopeasti uusia betonitekniikkaa edustavia rakennuksia, mm. Eduskuntatalo (kuva 2), Rautatieasema, Stockmann ja Taidehalli. (elementtisuunnittelu.fi a)



KUVA 2. Eduskuntatalo (Moilanen 2017-18-11)

1900-luvun alkupuolella teollistumisen myötä betoni otettiin käyttöön kaikilla rakentamisen osa-alueilla ja valtasi alaa myös tie- ja liikennejärjestelyiden, vesi- ja viemärintijärjestelmien sekä teollisuuden ja tuotannon rakentamisen yhteydessä. Lähes kaikkien kaupunkien ja kuntien viemäriverkostot ja vesitornit rakennettiin betonista. (elementtisuunnittelu.fi a)

Sota-ajat kehittivät Suomen betonitekniikkaa ja yhteiskunnan teollistumista. Sotien jälkeen rakennustarve oli valtava, joten etsittiin mahdollisimman tehokasta ja taloudellista rakennustapaa ja ratkaisuksi tarjoutui betonielementtirakentaminen, jota käytettiin niin uudis- kuin jälleenrakentamisessa. (elementtisuunnittelu.fi a; Hytönen ja Seppänen 2009, 19-20)

Elementtirakentaminen lähti liikkeelle teollisuusrakentamisesta, mutta suurimmat rakentamisen määrät syntyivät asuintuotannosta. Asuinrakentamisen vetäjinä toimivat arava-rahoitusjärjestelmä, pankit, rakennuttajayhteisöt ja rakennusliikkeet. Kenttävalimot, suur- ja pöytämuottitekniikan betonirakentamiseen toivat urakoitsijat. (elementtisuunnittelu.fi a; Hytönen ja Seppänen 2009, 32-34)

Asuinrakentamisen kysyntä huipentui vuosina 1973–1974 ennen näkemättömällä tavalla. Tätä vaihetta kutsuttiin rakentamisessa ”hulluiksi vuosiksi”. Vuonna 1974 Suomessa rakennettiin noin 73 000 uutta asuntoa, mikä oli Suomen väkilukuun nähden maailmanennätysvauhtia: 1,7 asuntoa tuhatta asukasta kohti. (Hytönen & Seppänen 2009, 99)

”Hullut vuodet” eivät olisi olleet mahdollisia ilman avointa BES- järjestelmää. BES- järjestelmän käyttöönotto teki Suomesta edelläkävijän avoimen elementtijärjestelmän käytössä. Valitettavasti suurin osa 1970-luvun julkisivuista on jo vaatinut peruskorjausta, ensimmäiset jo 30 käyttövuoden jälkeen. Tämä johtuu siitä, että tieto betonin kestävyys tekijöistä, kuten lämpökäsittely, pakkasen kestävyys ja raudoituksen ruostumien oli saatu varsin suppealta ajanjaksolta. (elementtisuunnittelu.fi a; Hytönen & Seppänen 2009, 98)

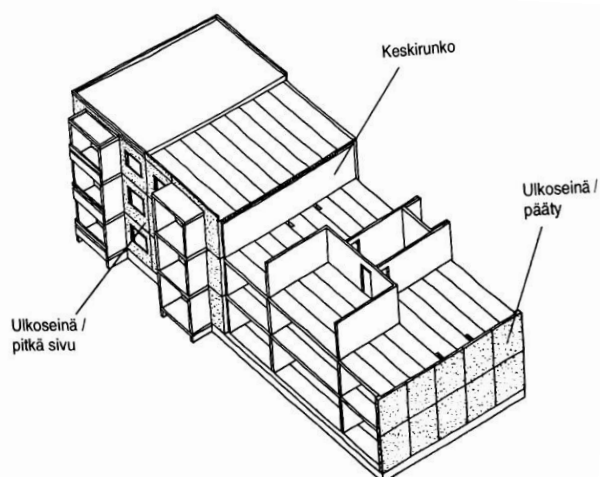
## 2.2 Standardisointi ja BES- järjestelmä

Betonielementtirakentamisen kasvaessa törmättiin pian lukuisiin ongelmiin. Elementtitehtaiden määrä kasvoi 1960-luvun alun kymmenestä tehtaasta 36 tehtaaseen vuoden 1966 loppuun mennessä. Tehtaiden välillä ei juurikaan ollut yhteisiä pelisääntöjä rakenneratkaisuille, tuotannolle tai suunnittelulle. Koulutuksen puuttuminen oli yleistä niin työmailla, kuin ammatti- ja korkeakouluissa. (Hytönen & Seppänen 2009, 85-87.)

Betoniteollisuus ry julkaisi asuinrakennuksiin liittyvän elementtien kiinnitys-, sauma- ja rakennedetailjeista standardin vuonna 1968. Standardi helpotti ja nopeutti suunnittelua huomattavasti. (Hytönen & Seppänen 2009, 93.)

Vuonna 1967 BES- niminen toimikunta aloitti tutkimustyön, jonka tarkoituksena oli kehittää avoin kerrostaloelementtijärjestelmä, joka mahdollistaisi avoimet elementtimallit, yhtenäisen mittajärjestelmän sekä mahdollisuuden tuottaa elementtejä suurissa sarjoissa. Tutkimukseen osallistui betonielementtirakentamisen eri osapuolista yhteensä noin 30 suunnittelijaa. Tutkimuksessa käytiin läpi yli 600 elementtijärjestelmää, joiden perusteella määräytyi elementtirakentamiselle neljä ryhmää; pilari-palkki-, pilari-laatta-, tilaelementti- ja kantavat seinät -malli. (Hytönen & Seppänen 2009, 94-96.)

Lopulta BES- toimikunta päätyi kantavat seinät -malliin (kuva 3), jossa pääty- ja väliseinät olivat kantavia, pitkälaattoja käytettiin välipohjina ja sandwich-elementtejä käytettiin ei kantavissa ulkoseinissä. Parvekkeet rakennettiin muista rakenteista irti, siten että ne olivat irrallisia perustuksiin tukeutuvia torneja. Ontelo- ja kotelolaattoja ruvettiin käyttämään laattoina. Betonielementit ja liitosdetaljit standardoitiin siten, että valmisosien hankkiminen eri toimittajilta oli mahdollista. Runkojärjestelmän ansiosta asuntojen pohjaratkaisujen suunnittelussa oli lähes vapaat kädet. BES- toimikunta suoritti tutkimustyön vuosien 1967-1970 välillä ja heti 1970-luvun alussa avoin BES- järjestelmä otettiin laajaan käyttöön. BES- järjestelmä oli vapaasti käytössä kaikille rakennusalalla toimiville osapuolille. (elementtisuunnittelu.fi; Hytönen & Seppänen 2009, 97-98.)



KUVA 3. BES- järjestelmän perusrakenne: kantavat pääty- ja väliseinät, välipohjat pitkälaatoista. Eikantavina julkisivuina ruutuelementit, parvekkeet vapaasti seisovina torneina. (Hytönen & Seppänen 2009, 97)

Standardointi jatkui elementtijärjestelmien osalta 1980-luvulla, kun julkaistiin Runko-BES, jonka tarkoituksena oli koota mitoitusjärjestelmä, rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä liitosdetaljit pilari-palkkirungolle. (elementtisuunnittelu.fi. a)

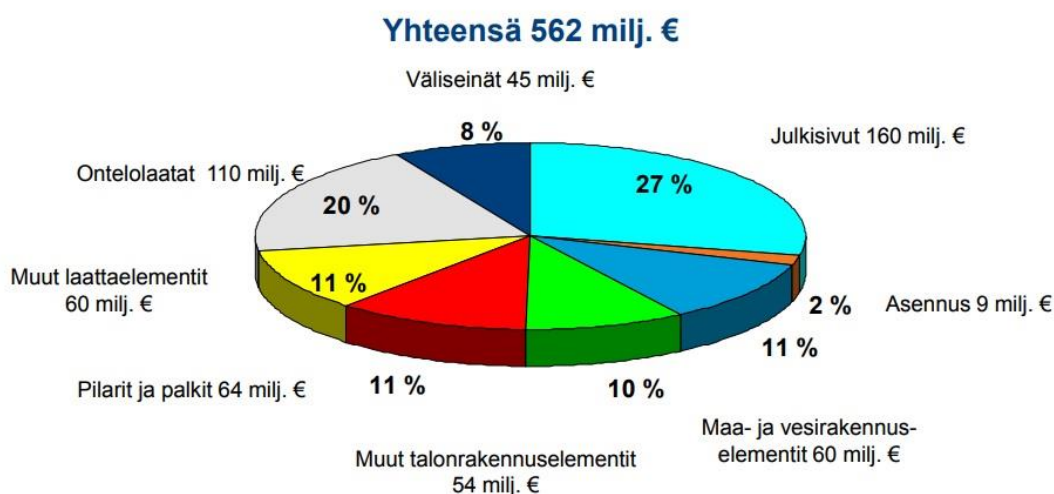
### 2.3 Nykytilanne

Vielä nykyäänkin BES-järjestelmän mukainen kantavat seinät-laatta -malli on yksi yleisimmistä asuin- kerrostalojen rakentamistavoista Suomessa.

Nykyään pilari-palkki-laatta- ja kantavat seinät-laatta- ovat yleisimmät käytössä olevat ja vakioidut runkojärjestelmät. Elementtejä voidaan käyttää lähes kaikissa rakennuksissa, kuten teollisuuden ja maatalouden halleissa, toimisto-, liike- ja julkisissa rakennuksissa, kerros-, rivi- ja omakotitaloissa. (Betoni.com.)

Runkorakenteissa käytettyjen betonielementtien osuus on nykyisin noin 33% ja julkisivuista noin 15%. Betonielementtejä käytettiin vuonna 2008 rakennusten rungoissa: (elementtisuunnittelu.fi b)

- asuin-kerrostaloissa 74%
- rivitaloissa 22%
- toimistorakennuksissa 74%
- kaikissa toimitilarakennuksissa yhteensä 46%
- teollisuusrakennuksissa 35%
- maatalouden rakennuksissa 22%
- varastorakennuksissa 46%.



KUVA 4. Betoniteollisuuden liikevaihto vuonna 2011 (betoni.com b)

Rakennusten näkyvillä pinoilla ja julkisivuissa betonin käyttö on noussut uudella tavalla esiin, kun sen rakenneratkaisuja ja ominaisuuksia on monipuolistettu ja kehitetty. Betonipintoihin on olemassa nykyään paljon vaihtoehtoja, kuten väribetoni, sileävalu, pinnan rasterointi ja erilaiset pintakäsittely, kuten graafinen betoni. Myös elementtien saumoja on opittu häivyttämään. (betoni.com)

### 3 RAKENNUKSEN TIETOMALLINNUS

#### 3.1 Mitä on tietomallinnus?

Rakennuksen tietomallinnus (BIM, Building Information Modelling) tarkoittaa 3D-pohjaista suunnittelua, jossa 3D-mallit sisältävät myös muuta kuin rakennuksen muotoa kuvaavaa tietoa.

(Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. RT 10-10992, 1.)

Avoimen tietomallin toimivin tiedostomuoto on IFC (Industry Foundation Classes). Avoin tietomallinnus tuo koko rakennushankkeen työkululle yhteensopivuutta. Näin ollen, käytössä oleva tieto on ohjelmisto riippumaton ja kaikkien projektissa olevien osapuolten mallit voidaan yhdistää. (tekla.com a.)



KUVA 5. Avoin tietomallinnus. (tekla.com d)

YTV 2012:ssa on tietomallinnukselle asetettu yleisiä tavoitteita (YTV 2012. Osa1. Yleinen osuus. RT 10-11066, 5):

- tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua
- tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja

- parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella
- tukea hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysijä
- tukea hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan.

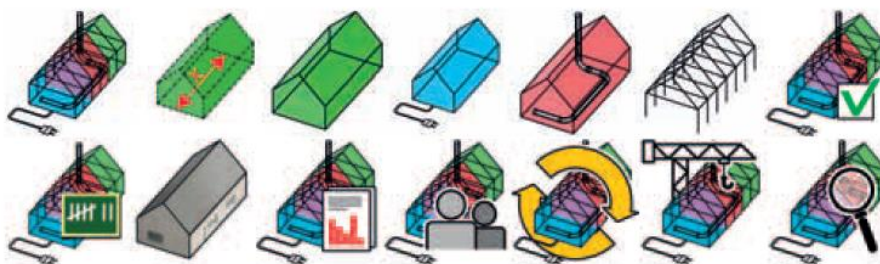
### 3.2 YTV2012

Kaikkien tietomallihankkeen osapuolien tulisi tutustua alakohtaisiin tietomallivaatimuksiin sekä yleiseen osuuteen, että laadunvarmistuksen periaatteisiin. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. RT 10-11065,5)

Tietomallinnuksen yleistyttyä tarve ohjeistukselle kasvoi. Suomen ensimmäinen tietomallinnukseen liittyvä ohjeistus julkaistiin vuonna 2007 Senaatti-Kiinteistön toimesta. Vuonna 2011 ohjeistusta päivitettiin ja laajennettiin rakennustietosäätien vetämällä COMBI-hankkeella, jossa olivat mukana muun muassa Senaatti-Kiinteistö, Suomen johtavat suunnittelutoimistot, kiinteistön omistajat ja urakoitsijat. COMBI-hankkeen tuloksena syntyi tietomallinnukseen liittyvä ohjeistus "Yleiset tietomallivaatimukset 2012" (YTV2012). Yleiset tietomallivaatimukset sisältävät tiedon ja vaatimukset siitä mitä, millä tarkkuudella ja missä rakennushankkeen vaiheessa eri suunnittelu aloilla tulisi mallintaa. Yleiset tietomallivaatimukset ovat yhdenmukaistaneet rakentamisen ja suunnittelun toimintatapoja. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Esittely. RT 10-11080, 1)

YTV2012 julkaisusarja on 14 osainen (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Esittely. RT 10-11080, 1):

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



KUVA 6. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 sisältö (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Esittely. RT 10-11080, 1)

### 3.2.1 Tietomallivaatimukset rakennesuunnittelijoille

YTV2012 Osassa 5. Rakennesuunnittelu käydään läpi rakennesuunnittelijan tietomallien vaadittua sisältöä. Osa 5. kattaa uudis- ja korjausrakentamisen sekä rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon liittyviä vähimmäisvaatimuksia. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070)

Tietomallintamisen tason vaatimukset rakennesuunnittelijoille jaetaan vaatimusmalliin, ehdotus-, yleis-, hankintoja palvelevaan- ja toteutussuunnitteluun. Seuraavaksi avaamme vaatimukset tarkemmin.

#### **Vaatimusmalli**

Vaatimusmallissa esitetään rakennesuunnitteluun vaikuttavat tavoitteet ja vaatimukset. Malli voi sisältää erilaisia taulukoita, piirustuksen, tekstiasiakirjoja, tietomallin tai näiden kaikkien yhdistelmän. Rakennesuunnittelun vaatimusmalli voi esimerkiksi sisältää käytettävät määräykset ja ohjeet, tilaajan antamat lähtötiedot, velvoitteet, vaatimukset ja rajaukset. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 9.)

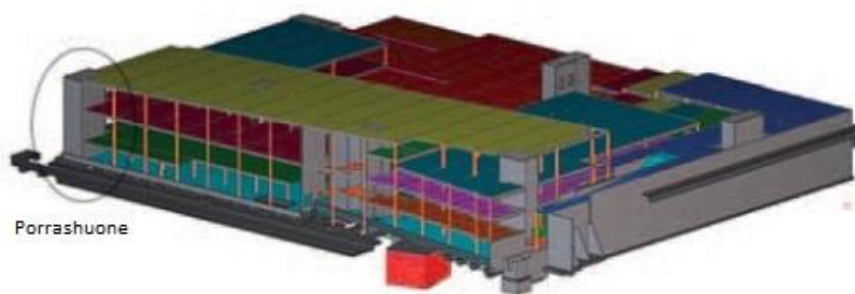
#### **Ehdotussuunnittelu**

Ehdotussuunnitteluvaiheessa arkkitehti esittää eri visuaaliset vaihtoehdot ja rakennesuunnittelija arvioi, mitkä vaihtoehdoista ovat toteutuskelpoisia. Yleensä tässä vaiheessa rakennesuunnittelijalla ei ole mallinnusvaatimuksia, ellei niistä ole sovittu erikseen. Esimerkiksi voidaan sopia, että rakennesuunnittelija selvittää mahdollisten runkovaihtoehtojen kustannukset ja mallintaa ne yleissuunnitteluvaiheen tarkkuudella. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 9.)

#### **Yleissuunnittelu**

Yleissuunnitteluvaiheessa valittu ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Rakennesuunnittelijan tulee varmistaa käytettävän rakennejärjestelmän vaatimukset ja mitoitukset sekä vaikutukset muiden suunnittelijoiden työhön. Rakennusluvan hakemiseen tarvittavat rakenteiden piirustukset, kuten perustuksien, alapohjan ja tasojen mittapiirustukset ja yleisleikkauspiirustukset, tehdään arkkitehtimallin tarkkuudella. (YTV 2012. Osa 1. Yleinen osuus. RT 10-11066, 15-17.)





KUVA 7. Yleissuunnitteluvaiheen tietomalli (Muokattu lähteestä YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 9)



KUVA 8. Yleissuunnitteluvaiheen mallitarkkuus esimerkki porrashuoneesta (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 11)

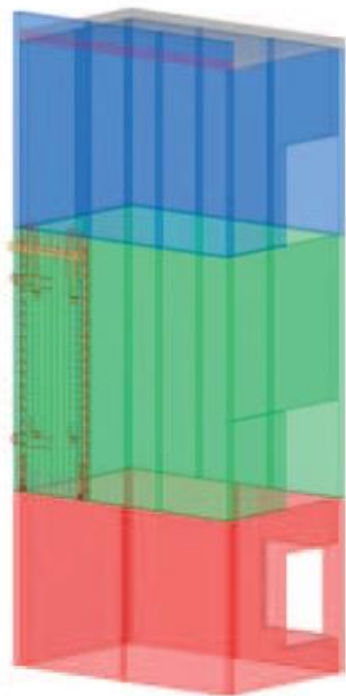
Konkreettisesti tietomallia tulisi pystyä hyödyntämään visuaaliseen tarkasteluun, lähtötietona määrä- ja kustannuslaskentaan, suunnitelmien yhteensovittamiseen ja siitä pitäisi saada alustava runkoaikataulus sekä lähtötiedot rakennesuunnittelijan lujuuslaskentamallille ja hankintoja palvelemaan suunnitteluun. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 10)

### **Hankintoja palveleva suunnittelu**

Hankintoja palvelevassa suunnittelussa tietomalli tulee kehittää sille tasolle, että voidaan tehdä tarjouspyyntöasiakirjat hankinta kyselyjä varten. Yleensä tässä vaiheessa tarjosten tekijöille annetaan tietomallit, määräluettelot, visualisoinnit ja muut dokumentit helpottamaan rakennustyön suunnittelua ja urakkatarjosten tekemistä. Rakennesuunnittelijoiden tietomallit ovat vähintään tarkkuudessa,



jotta kaikista rakenteista pystyy laatimaan mallielementit tai kokoonpanot. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 11)



KUVA 9. Porrashuoneen mallitarkkuus ja mallielementti hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 12)

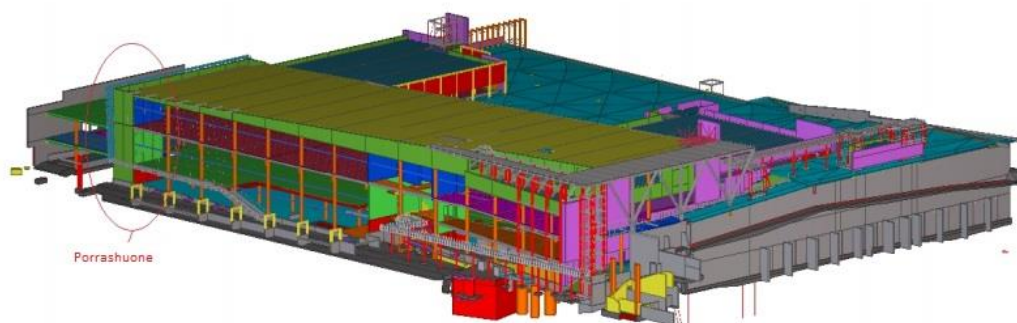
Konkreettisesti tietomallia tulisi pystyä hyödyntämään suunnitelmien havainnollistamiseen, määrälaskentaan, suunnitelmien yhteensovittamiseen, rakennusalueen käytön ja työturvallisuuden suunnitteluun, asennusten- ja työjärjestyksen suunnitteluun ja siitä tulisi saada lähtötiedot toteutussuunnittelulle sekä mallista pitäisi pystyä tuottamaan tulosteita, kuten paaluluettelo ja -piirustus, anturoiden ja muiden perustuksien tyyppi- ja mittapiirustukset, perustuksien-, alapohjan-, tasojen-, yleisleikkauksien- ja väestönsuojan mittapiirustus, mallielementti- ja mallikokoonpanopiirustukset. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 13):

### **Toteutussuunnittelu**

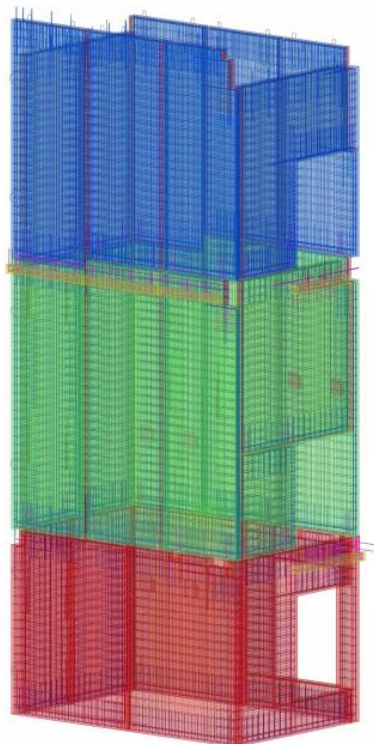
Mikäli rakennesuunnittelija toimii myös projektin elementtisuunnittelijana, tulee kaikki elementit edellisen suunnitteluvaiheen mallinnustarkkuudella. Jos elementtisuunnittelu kuuluu toiselle osapuolelle, rakennesuunnittelija jatkaa mallin kehittämistä muiden rakenteiden osalta. Mallin jakamisesta, yhteensovittamisesta ja rakennesuunnittelijoiden yhteistyöstä on sovittava projektikohtaisesti. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 17)

Toteutussuunnitteluvaiheessa tietomallista tulisi pystyä havainnollistamaan rakennesuunnitelmat, määrälaskenta, yhteensovittaminen, työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu, rakentamisaikataulun ja toteumatilanteen esittäminen ja havainnollistaminen sekä asennus- ja työjärjestysten suunnittelu. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 18):

Mallista pitäisi pystyä tuottamaan paalutuksen toteumapiirustus, perustus-, väestönsuojan- ja paikallavalurakenteiden mittapiirustukset sekä perustuksien, väestönsuojan, paikallavalurakenteiden raudoituspiirustukset. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 18):



KUVA 10. Malli toteutussuunnitteluvaiheessa (Muokattu lähteestä YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 18)



KUVA 11. Mallinnustarkkuus toteutussuunnitteluvaiheessa (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 19)

Rakennemallin sisältö ja tarkkuus toteutussuunnitteluvaiheessa on määritetty YTV 2012 liitteessä 1. Liitteessä käydään läpi rakenteet, rakennusosat ja tarkkuus. Liitteessä kerrotaan myös, mallinnettaanko rakennusosat suoraan vai sovitaanko niiden mallintamisesta projektikohtaisesti (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 17):

TAULUKKO 1. Näyte toteutussuunnittelun mallinnustarkkuus taulukosta (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, liite 1)

x = mallinnetaan, (x) = mallintamisesta on sovittava projektikohtaisesti

| Rakenne   | Rakennusosa         | x/(x) | Tarkkuus  |
|-----------|---------------------|-------|---|
| Alapohjat | Alapohjalaatta      | x     | Mallinnetaan kantavan rakenteen osalta oikein liittyminen ja valutarvikkeineen.                                 |
|           |                     | (x)   | Paikallavaluraudoitteet   |
|           |                     | (x)   | Elementit mallinnetaan suunnittelusopimuksen mukaisesti   |
|           | Alapohjakanaalit    | x     | Mallinnetaan kantavan rakenteen osalta oikein liittyminen ja valutarvikkeineen.                                 |
|           |                     | (x)   | Paikallavaluraudoitteet   |
|           | Erityiset alapohjat | x     | Mallinnetaan kantavan rakenteen osalta oikein liittyminen ja valutarvikkeineen.                                 |
|           |                     | (x)   | Paikallavaluraudoitteet   |
|           | Lämmöneristeet      | (x)   | Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein, siten että rakenteiden kokonaismäärä selviää mallista. |

### 3.3 BEC 2012

BEC 2012 ohjeistuksen tarkoituksena määritellä betonielementtien tietomallinnuksen yhteisiä pelisääntöjä, joita kaikkien mallintajien tulisi noudattaa. Ohjeistuksen ideana on, että mallit olisivat samankaltaisia, riippumatta suunnittelutoimistosta tai mallintajasta. Elementtivalmistajat haluavat samanlaisia tai samalla tyylillä tehtyjä malleja, jotta elementtien tuotanto helpottuu, kun tietomalleista saa suoraan elementti- ja tarvikeluettelot sekä tarvittaessa tiedonsiirto voidaan tehdä suoraan mallista. (Kautto 2012, 4)

BEC 2012 projektissa ovat olleet mukana betonielementtiteollisuus, rakennesuunnittelijat ja Tekla Oyj vuosina 2011-2012. He kehittivät yhdessä betonielementtien 3D-suunnittelua, tietomallinnusta ja tiedonsiirtoa. (Kautto 2012,4)

Tähän mennessä BEC-projektissa on tuotettu seuraavat (elementtisuunnittelu.fi):

- Mallinnusohje
  - Tekla Structures -suomiympäristön päivitys yhteensopivaksi mallinnusohjeen kanssa
- Tyypielementtipiirustukset ja mallielementtien tietomallit
- Esimerkkiluettelot ja luettelo-ohje
  - Tekla Structures- suomiympäristön raporttipohjat
  - Seinien ja laattojen määrälaskentaohjeet

- Mallinnustyökalut
  - HI- ja I-palkki- komponentit
  - Sokkelipalkkikomponentit
  - Nostolenkkityökalut
  - Ontelolaatan kololaattatyökalut
  - TT-laattaliitokset
  - HTT-laattakomponentti
  - Perustus/ pilarikenkäliitos
  - Seinäkenkäliitos
  - Kahden seinän välinen liitos.

BEC- projektia jatkettiin vuonna 2013. Tällöin projektiryhmässä oli elementtiteollisuus ja 8 suunnittelutoimistoa, kuten Ramboll Finland ja Finnmap Consulting. He kehittivät työkaluja seinäelementtien raudoitukseen ja nostolenkkeihin, rapattujen elementtien detaljeihin ja piilokonsoliliitoksiin. (elementtisuunnittelu.fi c)

### 3.4 TELU 2012

Tehtäväluettelot ovat tarkoitettu talonrakennusta koskevien suunnittelutehtävien sisällön ja laadun määrittelyyn. Tehtäväluetteloita käytetään suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn lisäksi suunnittelukokonaisuuden hallinnassa sekä osana suunnittelun laadunvarmistusta. (Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12. RT10-11105, 1)

TAULUKKO 2. Tehtäväluettelorakenne (Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12. RT10-11105, 1)

|                           | JOHTAMINEN   |                                 | RAKENNUSSUUNNITTELU                    |   |                                     |  | MUUT SUUNNITTELU- JA ASIAINTUNTIJATEHTÄVÄT |  |  |                         |                           |  |
|---------------------------|--|---------------------------------|--|---|-------------------------------------|--|--|--|--|-------------------------|---------------------------|--|
|                           | 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 | Elinkaariaasiointuntija | Palotekninen asiantuntija |  |
|                           | HJR12  | PS12                            | ARK12                                  | TATE12                                    | RAK12                               | GEO12                                    | SIS12                                      | AKU12                                  | VAL12                                  |                         |                           |  |
| <b>TEHTÄVÄKOKONAISUUS</b> | 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                       |  |   |                                     |  |  |  |  |                         |                           |  |

### 3.5 Tekla Structures -tietomallinnusohjelma

Tekla Structures -tietomallinnusohjelmisto on Tekla Oyj kehittämä ohjelmisto. Suomessa vuonna 1966 perustettu Tekla Oyj:n pääkonttori sijaitsee Espoossa. Yritys valmistaa kansainvälisille markkinoille tarkoitettuja suunnitteluohjelmistoja ja tietojärjestelmiä. Tekla Oyj on kuulunut vuodesta 2011 alkaen Yhdysvaltalaisen Trimble-konsernin omistukseen. (tekla.com a)

Tekla Structures -ohjelmisto on kehitetty tietomallintamista varten, erityisesti rakennusten rakenteiden mallinnukseen. Vaikka ohjelmisto julkaistiin vuonna 2004 oli sen myytyjen lisenssien määrä vuonna 2010 yli 18 000 kappaletta. Ohjelmistossa on saatavilla rakentamisen eri toimialojen tarpeisiin erilaisia ohjelmistokokoonpanoja. (tekla.com a)

Ohjelmistolla pystyy mallintamaan rakenteita mistä materiaalista tahansa tai lisätä useita eri materiaaleja yhteen malliin. Tekla Open API- ohjelmointirajanpinnan avulla on mahdollista yhdistää useisiin eri laskentaohjelmistoihin. Tekla Structures toimii laskentaohjelmistojen kanssa myös tiedostopohjaisesti. Ohjelmisto tukee erilaisia tiedonsiirtomuotoja, kuten IFC, SDNF ja CIS/2. (tekla.com b)

Tekla Structures ohjelmistokokoonpanot tällä hetkellä (tekla.com c):

- Kaikki toiminnallisuudet kattava **Full**
  - kattaa kaiken rakennesuunnittelusta rakentamisen hallintaan.
  - yksityiskohtaiset 3D-mallit teräs- ja betonirakenteille
  - tiedon seuranta luonnos-, valmistus-, pystytys- ja työmaaohjausvaiheita
  - tiedon jakaminen.
- Betonielementtisuunnitteluun tarkoitettu **Precast Concrete Detailing**
  - suunnitteluun ja valmistukseen
  - yksityiskohtaiset 3D-mallit betonirakenteille
  - mallien valmistusta ja pystytystä liittyvien tietojen lisäys
  - tiedon jakaminen.
- Teräsrakenteiden suunnitteluun tarkoitettu **Steel Detailing**
  - liitos- ja konepajasuunnittelu
  - mallien valmistusta ja pystytystä liittyvien tietojen lisäys
  - tiedon jakaminen.
- Raudoitussuunnitteluun tarkoitettu **Rebar Detailing**
  - paikallavalun detaljointi
  - mallien valmistusta ja valuun liittyvien tietojen lisäys
  - tiedon jakaminen.
- Rajoitettuna kaikki toiminnallisuudet **Primary**

- malli voi sisältää enintään 2,5 tuhatta osaa (pl. pultit ja mutterit) ja 5 tuhatta ruu-  
doitetta.
- Yleissuunnitteluun tarkoitettu **Engineering**
  - synkronointi projektiosapuolten kesken
  - yhteisen rakennemallin jakaminen.
- Rakentamiseen, valujen suunnitteluun ja työmaan ohjaukseen tarkoitettu **Modeling**
  - rakennusprojektin hallinta- ja seurantatoiminnot
  - tietojen hallinta ja välitys mahdollisuudet toimitusvaiheesta asennukseen.
- Rakentamisen suunnitteluun ja ohjaukseen tarkoitettu **Project Viewer**
  - rakennusprojektin hallinta- ja seurantatoiminnot
  - tietojen hallinta ja välitys mahdollisuudet toimitusvaiheesta asennukseen.
- Piirustusten muokkaukseen tarkoitettu **Drafter**
  - piirustusten viimeistely.
- Tekla tarjoaa opiskelijoille neljän kuukauden ilmaisversion Tekla Structures -ohjelmistosta, joka sisältää kaikki ohjelmistokokoonpanot.

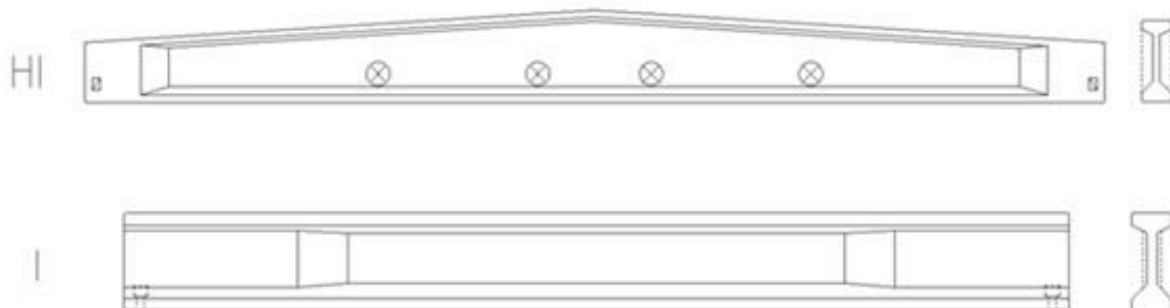
Työssäni käytän Tekla Structures Precast Concrete Detailing ohjelmistokokoonpanoa ja Tekla Structures ohjelmisto versiota 21.0. Työn tarkoituksena on opastaa mallintajaa Tekla Structures -ohjelmiston käyttöön.

#### 4 YLEISESTI BETONIPALKKIELEMENTEISTÄ

Betonipalkkielementtien harjaterästen tehtävä on vastaanottaa vetojännitys ja betonin puristusjännitys. Betonin puristuslujuus on erittäin hyvä, mutta vetolujuus heikkoa. Puristus sijoittuu palkin yläreunaan ja veto alareunaan, jonka vuoksi harjateräkset sijoitetaan pääosin palkin alapintaan, määräysten mukaisin suojaetäisyyksin.

Jännitettyjä teräsbetonia HI- ja I-palkkielementtejä käytetään yleensä teollisuuden rakennuksien yläpohjien pääkannattajina. I-palkit ovat yleisiä myös väli- ja alapohjissa. Yleisimmät käyttökohteet ovat tuotanto-, varasto- ja hallimaiset rakennukset. HI- ja I-palkkien käyttäminen mahdollistaa pitkät jännevälit, koska niiden suurin jänneväli on jopa yli 30 metriä. HI- ja I-palkki eroavat toisistaan muodollisesti siten, että HI-palkki on harjapalkki ja sen korkeus kasvaa harjalle päin, kun taas I-palkki on tasakorkea koko jänneväliltään. (Betoniteollisuus Ry 2010, 45–47).

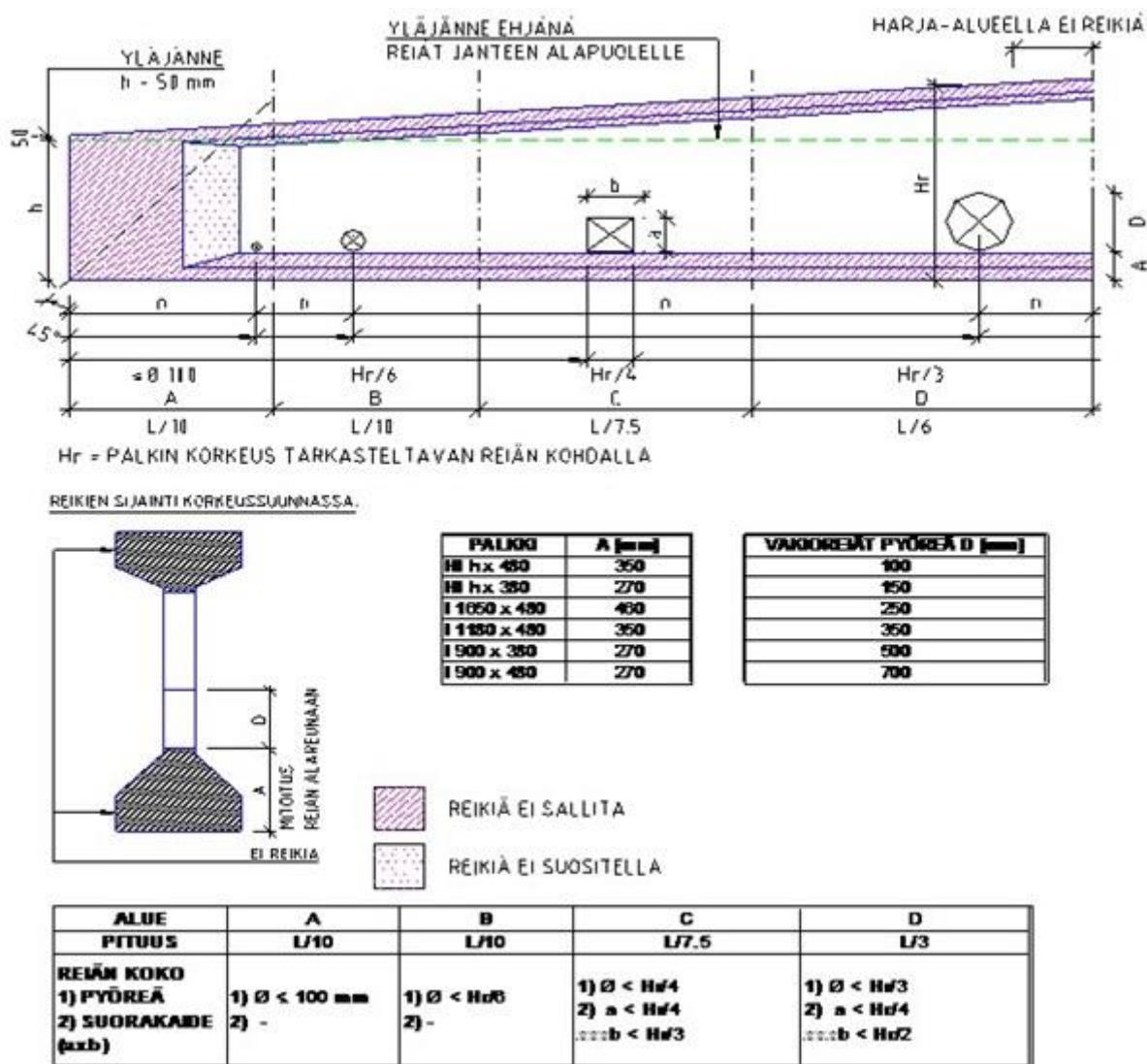
HI- ja I-palkkien koot ovat vakioituja ja muoto on suunniteltu siten, että poikkileikkaus toimisi tehokkaasti ja materiaalimenekit olisivat pieniä. HI- ja I-palkkien suunnittelussa käytettävissä olevien palkkien koko, mittasuhteet ja kantavuusominaisuudet tarkistetaan tuotevalmistajan taulukoista. HI- ja I-palkit ovat yleensä 380mm ja 480 mm leveitä. Palkkien korkeus ja muoto vaihtelevat, riippuen tuotevalmistajasta. HI-palkkien ylälaipan kaltevuus on 1:16 ja harjakorkeudet ovat välillä 1050mm – 2700mm ja I-palkkien korkeudet ovat 900mm – 2380mm välillä. (Betoniteollisuus Ry 2010, 45–47).



KUVA 12. HI- ja I- palkkien tyypilliset muodot (Betoniteollisuus Ry 2010, 46)

Reikien tekemisessä tulee aina noudattaa elementtitehtaan ohjeistusta tai elementtitehtaan raudoitussuunnittelijan ohjeita. Rei'ityksien tekemisessä on otettava huomioon mm. seuraavat suositukset (kuva 11) (Betoniteollisuus Ry 2010, 46–47):

- reiän voi sijoittaa vain palkin uumaan
- reikien tulee olla yläjänneiden alapuolelle
- pyöreiden reikien käyttö on suositeltavaa, koska ne ovat taloudellisempia sekä jännitykset pienempiä verrattuna suorakaide-reikiin
- vakioreikäkoot, mikäli isompien reikien tekeminen on välttämätöntä, tarkista elementtitehtaan suunnittelijan kanssa palkin kestävyys
- jos mahdollista, käytä systeemirei'ityksiä
- reiät on sijoitettava siten, että rei'ityksien väliin jää vaadittava suojaetäisyys, jotta puristusvoimat pääsevät siirtymään
- reikien sijoittamista leikkausrasitetuimmille kohdille vältettävä.



KUVA 13. HI- ja I-palkkien rei'itys (Betoniteollisuus Ry 2010, 47)

## 5 MALLINNUSOHJEIDEN TEKEMINEN

Opinnäytetyönä toteutettavien mallinnusohjeiden tekeminen lähti liikenteeseen palaverissa, jossa oli minun lisäksi Sweco Rakennetekniikan teknologiapäällikkö Arto Nieminen. Rajasimme työn laajuuden HI-, I- ja K-palkkielementtien mallinnusohjeisiin. Myöhemmin pidettiin aloituspalaveri, jossa oli minun lisäksi Sweco Rakennetekniikan teknologiapäällikkö Arto Nieminen ja Savonia-ammattikorkeakoulun ohjaava opettajani, yliopettaja Arto Puurula. Aloituspalaverissa kävimme läpi tilaajan ja Savonia-ammattikorkeakoulun toiveet työssä. Työtä rajattiin, lähinnä tilaajan puolesta, haastateltavien henkilöillä tuli olla kokemusta kyseessä olevien palkkien mallintamisessa, HI- ja I-palkkien mallinnusohjeiden tulisi sisältää geometria, detaljit, rei'itykset ja piirustuksien luonti ja K-palkin mallinnusohjeen tulisi sisältää geometria, detaljit, rei'itykset, raudoitukset ja piirustuksien luonti.



Työ aloitettiin keräämällä lähtötietoja liittyen HI-, I- ja K-palkkien mallintamiseen. Lähtötiedot kerättiin haastattelemalla Sweco Rakennetekniikka Oy:n eri toimipisteiden mallintajia. Haastattelut suoritettiin Skype-puheluin ja puhelimen välityksellä. Haastatteluista ilmeni erilaiset mallinnustavat ja yhteneväisyydet palkkielementejä käytettäessä sekä käytetyt detaljit, ongelmat ja kehitettävät asiat.

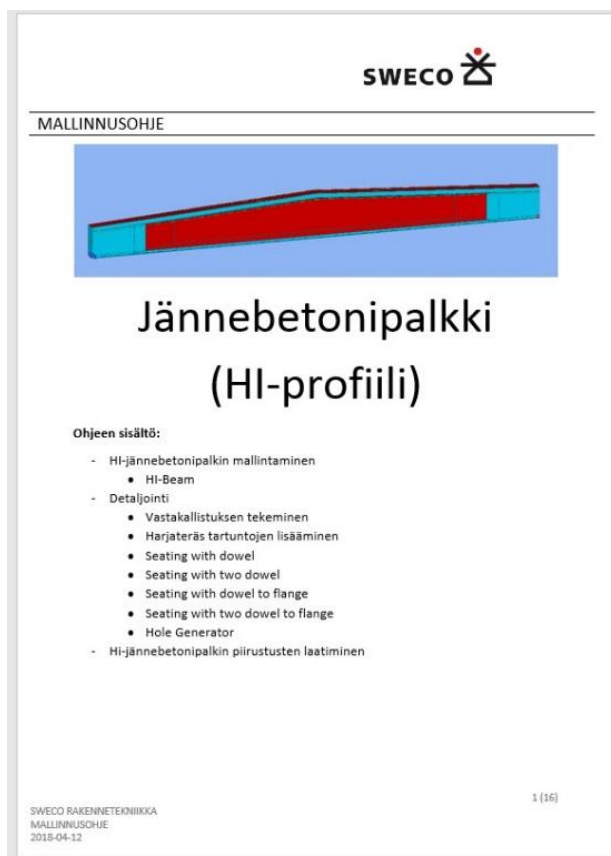
Saatujen lähtötietojen perusteella päätimme mitä mallinnusohjeiden tulisi sisältää. Lähdimme mallintamaan kyseisiä palkkeja, tutustuimme niiden käyttötapoihin, pohdimme ongelmia ja niiden ratkaisuja sekä mietimme mahdollisimman yksinkertaisen tyylin mallintaa palkit sekä niihin tulevat detaljit, reiät ja raudoitukset.

Mallinnus suoritettiin Tekla Structures 21.0 ohjelmisto versiolla. Työssä ei ollut oikeaa rakennettavaa kohdetta, vaan teimme ns. mielikuvitus kohteen, mihin kyseessä olevia palkkeja mallinnettiin ja testattiin erilaisia mallinnustapoja.

## 5.1 Rakenne ja ulkoasu

Mallinnusohjeiden rakenteesta tehtiin erittäin selkeä, yksiselitteinen ja niissä edettiin loogisessa järjestyksessä, jotta ohje olisi mahdollisimman helposti luettavissa ja sisäistettävissä. Ohje on suunnattu mallintajille ja eniten niistä on hyötyä mallintajan työtä aloittaville. Ohjeen avulla, kenen tahansa tulisi pystyä mallintamaan kyseiset palkkielementit.

Mallinnusohjeiden ulkoasu ja tekstin muotoilu määräytyivät Sweco Rakennetekniikan puolelta. Ohjeet tehtiin Sweco Rakennetekniikan dokumentointipohjalle, joka tallennetaan lopussa PDF-muotoon. Mallinnusohjeiden ulkoasu oli erittäin yksinkertainen. Kansilehteen tuli mallinnettavan palkkielementin kuva, otsikko ja sisältö. Sisällössä käydään läpi millä mallinnustyökalulla tai komponentilla mallinnus on suoritettu, ohjeessa käytetyt detaljit ja niiden työkalujen- tai komponenttien nimet sekä raudoitustyökalut ja piirustuksien luonti. Käymme seuraavassa luvussa ohjeiden sisällön tuottamisen vaiheet läpi.



KUVA 14. HI-betonipalkkielementin mallinnusohjeen kansilehti (Pesonen 2018)

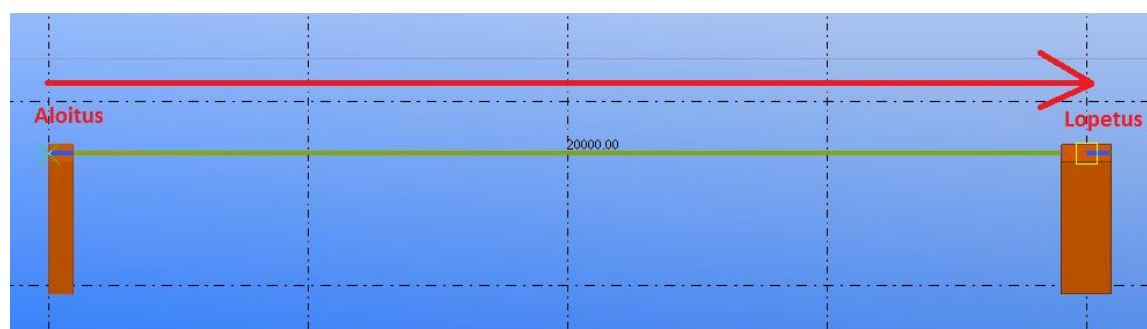
## 5.2 Sisällön tuottaminen

Ennen mallinnusohjeiden sisällön tuottamista tuli selvittää ja ratkaista mallintamalla ja kokeilemalla, kuinka käytettävät palkkielementit, niihin tulevat detaljit, raudoitukset ja piirustusten luonti Tekla Structures -ohjelmistolla tapahtuu.

### 5.2.1 HI- ja I-palkkielementit

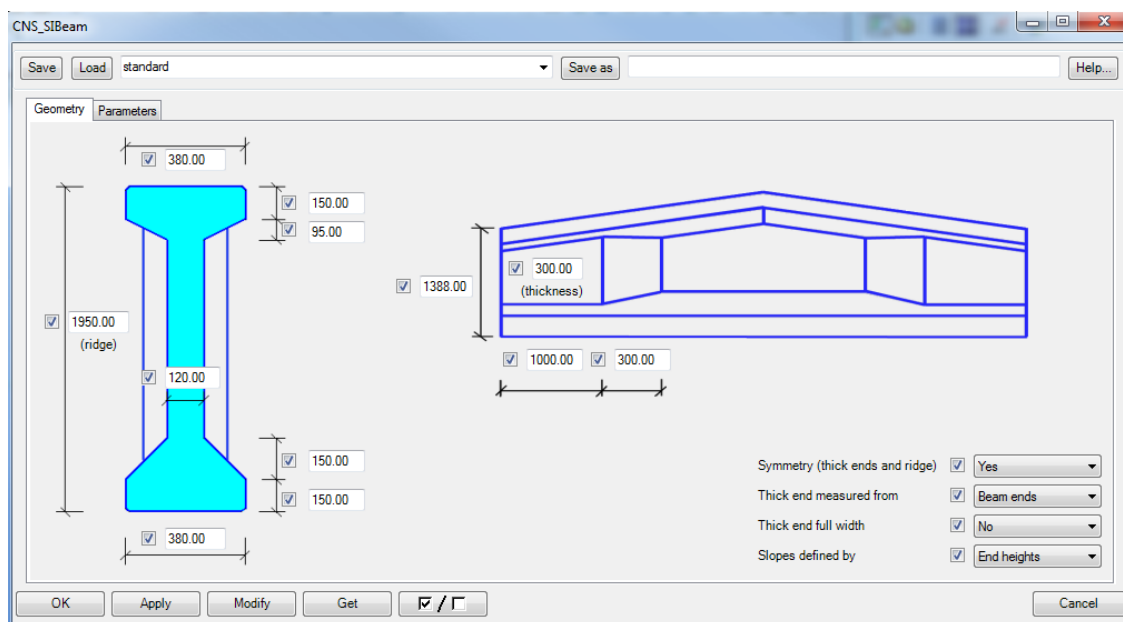
#### Mallinnus

HI- ja I-palkit mallinnettiin "CNS\_SIBEAM"- ja "CNS\_IBEAM"-komponenteilla. Palkkien mallinnus tapahtui kahden mallinnuspisteen avulla, aloitus- ja lopetuspiste. Näiden pisteiden avulla määritetään myös palkkien pituus. Mallinnusohjeissa käytiin myös läpi, kuinka pituuksien jälkikäteen muokkaaminen tapahtuu.



KUVA 15. Palkkielementtien mallinnuspisteet (Pesonen 2018)

Kävimme myös perinpohjaisesti läpi, kuinka HI- ja I-palkkikomponenttien asetukset muokataan, mitä tapahtuu mistäkin ja kuinka käytettävissä olevaa Parman komponenttikirjastoa käytetään.



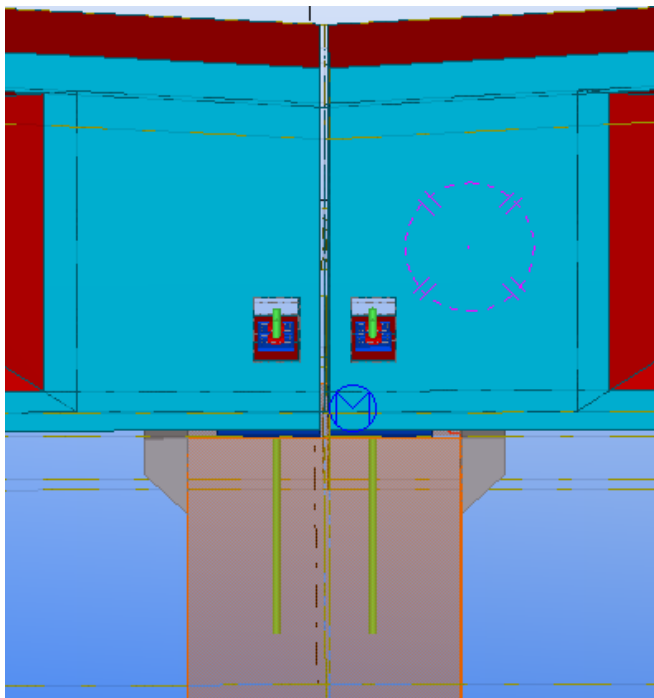
KUVA 16. HI-palkkikomponentin asetusten määrittäminen (Pesonen 2018)

## Detaljit

Detaljien mallinnus, muokkaus ja asetusten oikeaoppinen määrittäminen kerrottiin erittäin yksityiskohtaisesti. HI- ja I-palkkien detaljit erosivat hieman toisistaan.

HI-palkkiin lisätyt detaljit:

- Pilarin ja palkin pulttiliitoksista käytiin läpi mallintaminen, asetusten muokkaus ja valmiiden detaljiasetusten lataaminen. Pulttiliitokset tehtiin seuraavilla komponenteilla:
  - "Seating with dowel"
  - "Seating with dowel to flange"
  - "Two sided seating with dowel"
  - "Two sided seating with dowel to flange".
- Harjateräs tartunnoista käytiin läpi mallintaminen, asetusten määrittäminen ja muokkaaminen ja kopiointi. Harjateräs tartunnat tehtiin raudoitustyökalulla "Create reinforcing bar group"
- Vastakallistuksesta käytiin läpi mallintaminen ja asetusten muokkaaminen. Vastakallistus tehtiin betonityökalulla "Create concrete slab"
- Reikien tekemiseen käytettiin "Hole Generator" -komponenttia ja kerroimme, kuinka reiät tehdään, muokataan ja kopioidaan.

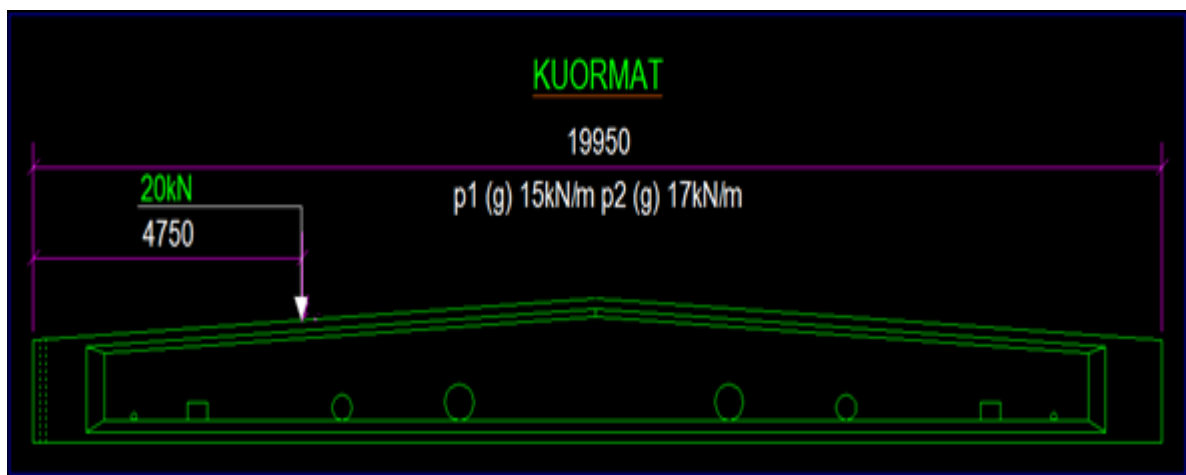


KUVA 17. "Two sided seating with dowel to flange" mallinnettuna (Pesonen 2018)

I-palkkiin lisättävät detaljit olivat muuten samat, mutta vastakallistusta ei tehty ollenkaan ja harjateräs tartunnat mallinnettiin Sweco -konsernin kehittämällä komponentilla.

### Piirustuksien luominen

HI- ja I-palkkien piirustuksien tekemiseen liittyen käytiin läpi elementtien numerointi, piirustuksen luonti, piste- ja viivakuormien lisääminen ja kloonaminen.



KUVA 18. Piste- ja viivakuormat piirustuksessa (Pesonen 2018)

## 5.2.2 K-palkkielementti

### Mallinnus

K-palkki mallinnettiin "Create concrete beam" betonityökalulla. Palkin mallinnus tapahtui kahden mallinnuspisteen avulla, aloitus- ja lopetuspiste. Näiden pisteiden avulla määritettiin myös palkkien pituus. Mallinnusohjeissa käytiin myös läpi, kuinka pituuksien jälkikäteen muokkaaminen tapahtuu.

Kävimme myös läpi, kuinka K-palkin asetukset, kuten nimen, profiilin, materiaalin, luokan ja prefix-tunnuksen sekä sijainti tietojen määrittäminen tapahtuu.

| Attributes  | Position | Cast unit       | Defo |
|---|----------|-----------------|------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Name            | 1.       | PALKKIELEMENTTI |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Profile         | 2.       | 360*200         |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Material        | 3.       | C35/45          |      |
| <input type="checkbox"/> Finish                     |          |                 |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Class           | 4.       | 212             |      |
| <input type="checkbox"/> User-defined attributes... |          |                 |      |

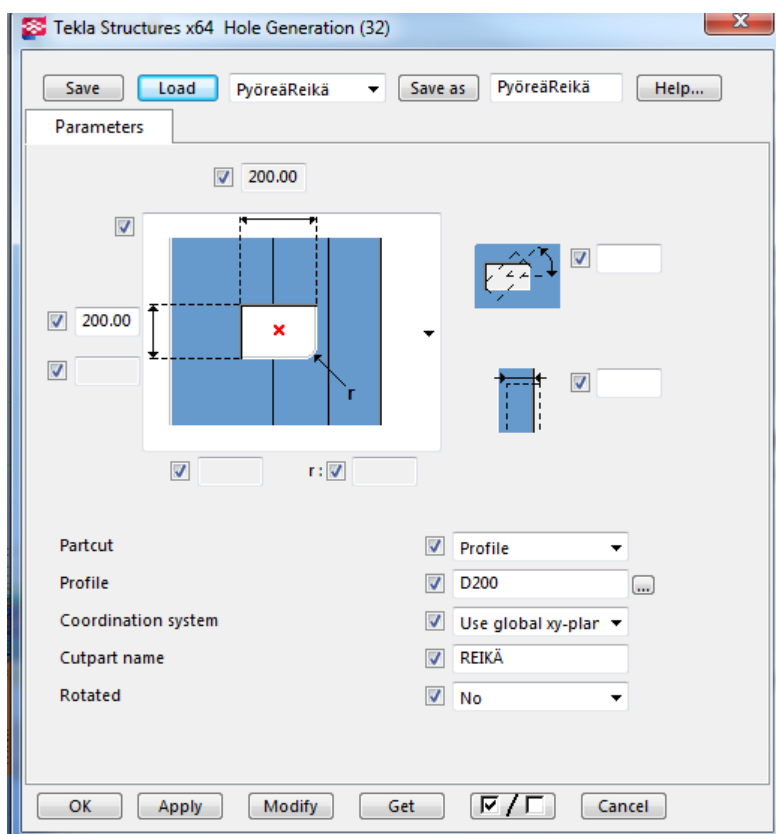
KUVA 19. K-palkin asetusten määrittäminen

### Detaljit

Detaljien mallinnus, muokkaus ja asetusten oikeaoppinen määrittäminen kerrottiin erittäin yksityiskohtaisesti.

K-palkkiin lisätyt detaljit:

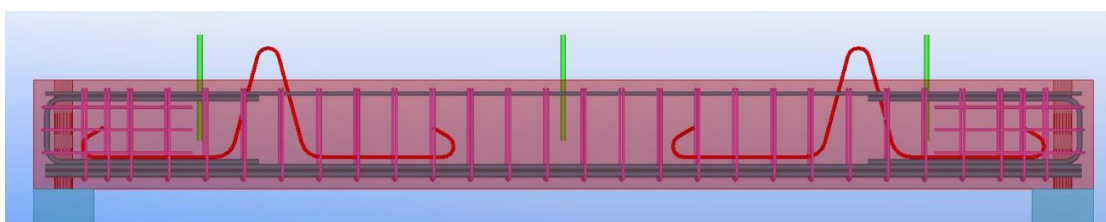
- Harjateräs tartunnat. Tartunnoista käytiin läpi mallintaminen, asetusten määrittäminen ja muokkaaminen ja kopiointi. Harjateräs tartunnat tehtiin Sweco -konsernin kehittämällä komponentilla
- Nosto-osat:  
Nosto-osat tehtiin "Lifting Inserts" komponentilla ja niistä käytiin läpi mallintaminen ja asetuksista nosto-osan valitseminen
- Kiinnityslevyt. Kiinnityslevyistä käytiin läpi mallinnus, joka tapahtui "SBKL" -komponentilla.
- Reikien tekeminen tapahtui "Hole Generator" komponentilla ja ohjeessa käytiin läpi, kuinka pysty- ja vaakasuuntaisten reikien sekä syvennyksien tekeminen tapahtuu.



KUVA 20. "Hole Generation" -komponentti (Pesonen 2018)

## Raudoitus

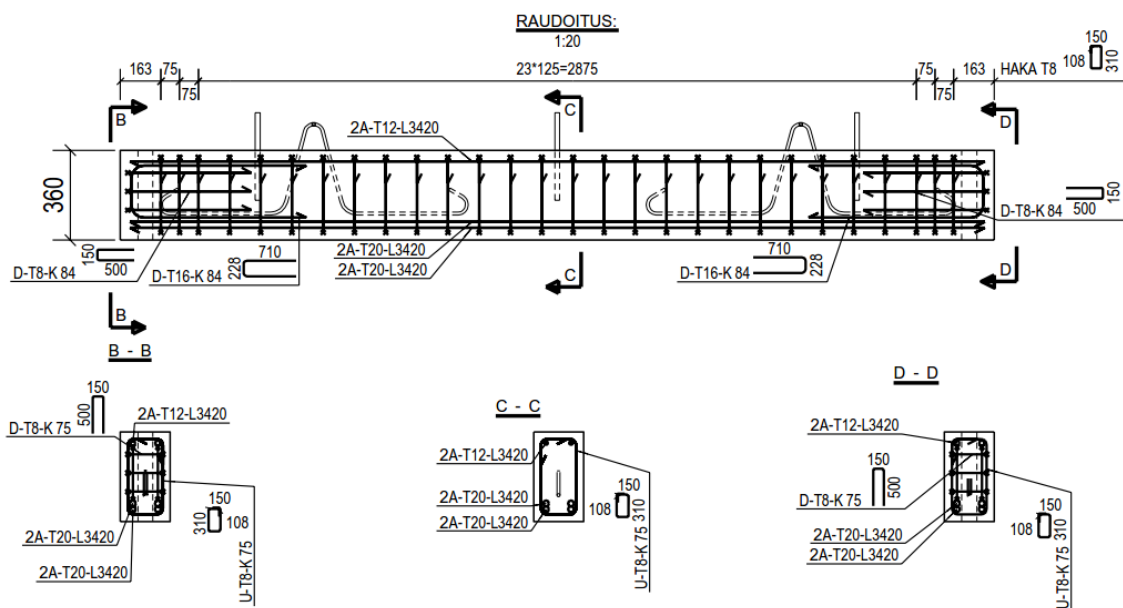
Palkkiin lisättiin raudoitus käyttäen "Rectangular beam reinforcement" -komponenttia. Komponentin avulla mallinnettiin vaakasuuntaiset pääteräkset, päätyjen raudoitukset ja haat. Ohjeessa kävimme läpi, kuinka kyseinen komponentti toimii ja miten asetukset muokataan tarpeen mukaan.



KUVA 21. K-palkin raudoitukset mallissa (Pesonen 2018)

## Piirustuksien luominen

K-palkin piirustuksien tekemiseen liittyen käytiin läpi elementtien numerointi, piirustuksen luonti, kloonaminen ja esiteltiin esimerkkipiirustus.



KUVA 22. Näyte esimerkki piirustuksesta (Pesonen 2018)

### 5.3 Mallinnusohjeen käyttöönotto

Ennen mallinnusohjeiden käyttöönottoa yrityksen ohjaajan valitsemat henkilöt kommentoivat ohjeita. Heidän kommenttien perusteella ohjeisiin tehtiin tarvittavia muutoksia ja lisäyksiä. Muutosten jälkeen mallinnusohjeet otetaan käyttöön.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Sweco Rakennetekniikka Oy:lle mallinnusohjeet Tekla Structures -ohjelmistoa varten HI-, I- ja K-betonipalkkielementeistä. Mallinnusohjeiden avulla mallintajien, erityisesti aloittelevan mallintajan tulisi pystyä johdonmukaisesti mallintamaan kyseisiä palkkeja itsenäisesti. Ohjeilla pyrittäisiin yhtenäistämään yrityksen toimintatapoja, jotta työskentely tehostuisi ja yhteistyö toimipisteiden välillä helpottuisi. Henkilökohtaisena tavoitteenani oli kehittää vuorovaikutus- ja ongelmanratkaisutaitoja, sekä kasvattaa henkilökohtaista ammattitaitoa.

Työn tuloksena tuotettiin HI-, I- ja K-betonipalkkielementtien mallinnusohjeet Tekla Structures -ohjelmistolle sekä kehitettiin ohjelmiston komponenttien vakiodetaljien asetuksia. Mallinnusohjeista voidaan todeta, että ohjeet ovat erittäin helppolukuiset, selkeät ja johdonmukaiset. On oletettavissa, että ohjeiden käyttäjät pystyvät mallintamaan kyseisiä betonipalkkielementtejä täysin itsenäisesti.

Mallinnusohjeiden kehitys mahdollisuuksia on olemassa. Ohjeita ei tehty uusimmalla Tekla Structures -ohjelmiston versiolla, joten on oletettavissa, että ohjeiden päivitys uudelle versiolle on tulevaisuudessa edessä. Opinnäytetyössä ei perehdytty komponenttien muokkaamiseen ja parantamiseen, joten sillä puolella esimerkiksi HI- ja I-palkkien mallinnuksessa käytettyjä "CNS\_SIBeam"- ja "CNS\_IBeam"-komponentteja olisi mahdollista kehittää tai parantaa niiden toimivuutta.

Haasteelliseksi työssä osoittautui lähtötietojen kerääminen Sweco Rakennetekniikan eri toimipisteiden mallintajilta. Vaikeinta oli löytää sopivat henkilöt haastatteluihin, koska HI- ja I-betonipalkkielementtejä ei ollut mallintanut lähiaikoina kovinkaan moni. Myös Tekla Structures -ohjelmiston tiettyjen komponenttien toimintatavan ymmärtäminen aiheutti ongelmia.

Opinnäytetyön tekemisen aikana koen kehittyneeni Tekla Structures -ohjelmiston käytössä sekä vuorovaikutus-, että ongelmaratkaisutaidoissa. Erityisesti kehityin ymmärtämään enemmän tietomallintamisesta ja siihen liittyvistä julkaisuista. Koen, että olen valmiimpi ottamaan vastaan rakennesuunnittelijan työelämän haasteet.



## LÄHTEET

betoni.com a[verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-25] Saatavissa: <https://betoni.com/> Polku: Betonirakentaminen. Elementtirakentaminen. Talonrakentaminen.

betoni.com b. Betonin kuviot 2011 [verkkoaineisto] 2011. [viitattu 2018-04-04] Saatavissa: <https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/08/Betonin-kuviot-2011.pdf>

BETONITEOLLISUUS RY. 2010. Runkorakenteet [verkkojulkaisu]. [viitattu 2018-03-16] Saatavissa: [http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22592/Runkorakenteet\\_9%203%202010.pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22592/Runkorakenteet_9%203%202010.pdf)

Elementtisuunnittelu.fi a. Elementtirakentamisen historia [verkkoaineisto] 2009. [Viitattu 2018-03-22] Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22002/elementtirakentamisen%20historia.pdf>

Elementtisuunnittelu.fi b[verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-25] Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi> Polku: Valmisosarakentaminen. Talonrakentaminen.

Elementtisuunnittelu.fi c. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-04-15] Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi> Polku: Uutiset. 2013. BEC -projektissa tuotettu runsaasti uusia työkaluja.

HYTÖNEN, Yki ja SEPPÄNEN, Matti. 2009. Tehdään elementeistä. Helsinki: SBK-säätiö.

KAUTTO, Tero 2012. BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje\_V104 [verkkojulkaisu]. [viitattu 2018-04-15.] Saatavissa: [http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23852/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje%20\(1\).pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23852/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje%20(1).pdf)

LAMPKIN, Benjamin 2016-04-27. 11 Monumental Facts About the Pantheon [digikuva]. Artikkelit [verkkojulkaisu]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MOILANEN, Vesa 2017-18-11. Ryhmäjohtajat luottavat eduskuntatalon turvallisuuteen [digikuva]. Artikkelit [verkkojulkaisu]. Sijainti: Keskisuomalainen sähköiset kokoelmat.

Sweco 2017. History [Sisäinen tiedote]. Sijainti Sweco [intranet]. Inside Sweco. Tietoa Swecosta. Who we are. History.

Sweco 2018a. Business areas [Sisäinen tiedote]. Sijainti Sweco[intranet]. Inside Sweco. Tietoa Swecosta. Business areas.

Sweco 2018b. Business areas [Sisäinen tiedote]. Sijainti Sweco[intranet]. Inside Sweco. Tietoa Swecosta. Business areas. Sweco Finland.

Sweco 2018c. Business areas [Sisäinen tiedote]. Sijainti Sweco[intranet]. Inside Sweco. Tietoa Swecosta. Business areas. Sweco Finland. Sweco Rakennetekniikka.

tekla.com a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-02-28] Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/> Polku: Tietoa meistä. Historia.

tekla.com b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-01] Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/> Polku: Tuotteet. Tekla Structures.

tekla.com c. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-01] Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/> Polku: Tuotteet. Tekla Structures. Tuotekokoonpanot.

tekla.com d. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-04-15] Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/> Polku: Tietoa meistä. Open BIM.

TIETOMALLINNETTAVA RAKENNUSHANKE. OHJEITA RAKENNUTTAJALLE. RT 10-10992. Saatavissa: <https://www.rakennustietokauppa.fi/en/rt-10-10992-tietomallinnettava-rakennushanke.-ohjeita-rakennuttajalle/103680/dp>

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012. OSA 1. YLEINEN OSUUS. RT 10-11066. [online]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2014-02-09]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11066.html.stx>

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012. OSA 5. RAKENNESUUNNITTELU. RT 10-11070. [online]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2014-02-09]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11070.html.stx>

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012. ESITTELY. RT 10-11080. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11080.html.stx>

## LIITEET

Liitetiedostot ovat luottamuksellisia, eikä niitä julkaista.