



## Advance Steel teräsosien suunnittelussa

Alec Melville

Opinnäytetyö, AMK

Huhtikuu 2021

Tekniikan ala

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Insinööri (AMK)

**Melville Alec**

**Advance Steel teräsosien suunnittelussa.**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Huhtikuu 2021, 47 sivua

Tekniikan ala. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

## **Tiivistelmä**

Tutkimuksen toimeksiantajana toimi Ramboll Finland Oy:n korjausrakentaminen ja tutkimukset yksikkö. Ramboll oli korjausrakentamisen toimialalla ottanut strategiakseen käyttää Autodesk Revit-ohjelmistoa tietomallintamiseen. Usein peruskorjauskohteissa tulee suunniteltavaksi teräsrakenteisia laajennusosia, kuten esimerkiksi ilmanvaihtokonehuoneita tai rakennuksen ulkopuolisia poistumistieportaikkoja. Tästä syystä haluttiin etsiä Autodesk-tuoteperheestä yhteensopiva ohjelmisto Revitin kanssa. Tällä tavoin pyritään välttämään kopiotiedon tuottamista kahden toisistaan irrallisen ohjelmiston välillä. Tehtävänä oli opetella ohjelman käyttämistä ja arvioida sillä luotujen piirustusten laatua. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, että pystytäänkö Advance Steel otta-  
maan käyttöön toimeksiantajayrityksessä.

Tutkimusmenetelmäksi valittiin interventionistinen kehittämistutkimus. Tutkimusaineisto kerättiin kuvailevalla kirjallisuuskatsauksella, jonka perusteella kehittämistyö tehtiin. Lisäksi suoritettiin strukturoimaton haastattelu Advance Steeliin perehtyneen asiantuntijan kanssa. Piirustusasetusten kehittämistä oli välttämätöntä tehdä, koska oli selvää, että ilman sitä Advance Steelistä ei saataisi riittävän laadukkaita piirustuksia, eikä ohjelman potentiaalista olisi saatu riittävää käsitystä.

Tutkimuksen tuloksena saatiin käsitys Advance Steelin käyttämisestä, ominaisuuksista, käyttölaajuudesta maailmalla ja yhteiskäytöstä Revitin kanssa. Lisäksi toimeksiantajalle luovutettiin työn aikana luotu kehitysmateriaali, kuten piirustusasetukset ja natiivi tietomalli.

Tulosten perusteella tultiin siihen johtopäätökseen, että Advance Steelin käyttö voitaisiin aloittaa osaprojektiluontoisesti toimeksiantajayrityksessä. Ohjelman käyttämiseksi konepajasuunnitteluun oli kuitenkin tarvetta jatkuvaan jatkokehittämiseen yrityksen sisällä.

## **Avainsanat (asiasanat)**

Autodesk Advance Steel, konepajasuunnittelu, teräsrakenteet, tietomallinnus, tekninen piirtäminen

## **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

**Melville Alec**

### **Advance Steel in steel design**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2021, 47 pages

Engineering and technology. Degree Programme in Civil Engineering. Bachelor's thesis

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The study was commissioned by Ramboll Finland's refurbishment and property survey unit. Ramboll had adopted a strategy of using Autodesk Revit software for building information modelling. However, large-scale renovations often required steel fabrication design that could not be accomplished using Revit. For this reason, Ramboll decided to experiment with Autodesk Advance Steel to create workshop drawings. The task was to learn how to use the program and evaluate the quality of drawing created with it. The aim of the study was to determine whether Advance Steel could be implemented in Ramboll.

Interventionist development research was chosen as the research method. The research material was collected through a descriptive literature review, based on which the development work was carried out. In addition, an unstructured interview was conducted with an expert familiar with Advance Steel. Development was necessary because it was clear that without it, Advance Steel would not be able to produce drawings of sufficient quality and the potential of the program would not have been adequately understood.

The study provided an understanding of Advance Steel's use, features, current utilization worldwide and joint use with Revit. In addition, Ramboll was provided with the material developed during the study, such as drawing settings and the native building information model.

Based on the results, it was concluded that the use of Advance Steel could be adopted at Ramboll. However, the program had a need for further, continuous development of the program within the company.

### **Keywords/tags (subjects)**

Autodesk Advance Steel, steel fabrication design, steel structures, BIM, technical drawing

### **Miscellaneous (Confidential information)**

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Työn lähtökohdat .....</b>	<b>6</b>
2.1	Toimeksiantaja .....	6
2.2	Tutkimusongelma.....	6
2.3	Tutkimuksen tavoitteet .....	7
2.4	Tutkimusote, aineisto ja menetelmät .....	8
<b>3</b>	<b>Konepajapiirustukset.....</b>	<b>9</b>
3.1	Projektiot.....	9
3.2	Viivatyytit.....	10
3.3	Hitsausmerkinnät .....	11
3.4	Luettelot, taulukot ja nimiö.....	13
3.5	Mittamerkinnät .....	15
3.5.1	Mittalajit .....	16
3.5.2	Mitoitusperiaatteet .....	17
3.6	Leikkaukset, detaljit sekä kuvannon lyhentäminen .....	18
3.7	Tietomallinnus.....	19
<b>4</b>	<b>Advance Steel.....</b>	<b>20</b>
4.1	Mallintaminen .....	20
4.1.1	Koordinaatistot .....	20
4.1.2	Objektit .....	21
4.1.3	Advance Properties.....	21
4.1.4	Connection Vault .....	23
4.1.5	Advance Joint Properties .....	25
4.1.6	Checking.....	29
4.1.7	Numerointi.....	30
4.2	Asetukset.....	32
4.2.1	Advance Steel Management Tools .....	33
4.2.2	Henkilökohtaiset asetukset .....	34
4.3	Piirustusten luominen .....	34
4.3.1	Document manager .....	35
4.3.2	Drawing style manager .....	37
4.3.3	Prototyytit.....	38
4.3.4	Materiaaliluettelot.....	39

<b>5</b>	<b>Piirustusasetusten kehittäminen.....</b>	<b>39</b>
5.1	Lähtötilanne .....	39
5.2	Ensimmäinen muutossykli.....	41
5.2.1	Toinen Piirustus .....	41
5.2.2	Kolmas piirustus.....	41
5.3	Piirustusasetusten jatkokehitys .....	42
<b>6</b>	<b>Tulokset.....</b>	<b>43</b>
6.1	Advance Steelin käyttäminen.....	43
6.2	Advance Steelistä saatavat piirustukset ja muu dokumentointi .....	43
6.3	Käyttölaajuus Ramboll-konsernissa .....	44
6.4	Advance Steel ja Revit -ohjelmien yhteiskäyttö.....	44
<b>7</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>45</b>
7.1	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys .....	46
7.2	Kehitys- ja jatkotutkimusehdotukset .....	47
	<b>Lähteet .....</b>	<b>48</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>51</b>
	Liite 1. Ensimmäinen piirustus .....	52
	Liite 2. Toinen piirustus .....	53
	Liite 3. Kolmas piirustus .....	54
	Liite 4. Tom Channellin sitaatti alkuperäisellä kielellä .....	55
	<b>Kuviot</b>	
	Kuvio 1. Muutossykli interventionistisessä tutkimuksessa (Kananen 2017, 35) .....	8
	Kuvio 2. Yhden käännön menetelmä (SFS-EN ISO 5456-2 2010, 12-15 muokattu).....	9
	Kuvio 3. Kolmen käännön menetelmä (SFS-EN 5456-2 2010, 18-19).....	10
	Kuvio 4. Yhden käännön menetelmän käännössymboli (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 11) .....	10
	Kuvio 5. Kolmen käännön menetelmän käännössymboli (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 11) .....	10
	Kuvio 6. Esimerkki hitsausmerkinnästä (SFS-EN ISO 2553 2019, 43).....	12
	Kuvio 7. Esimerkki nimiöstä (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, muokattu) .....	14
	Kuvio 8. Yleiskuva Advance Steelin käyttöliittymästä (Autodesk 2021).....	20
	Kuvio 9. Advance Properties -valikko (Autodesk 2021).....	22
	Kuvio 10. Positioning-välilehti (Autodesk 2021) .....	22
	Kuvio 11. Connection Vault (Autodesk 2021) .....	24

Kuvio 12. Advance Joint Properties (Autodesk 2021).....	25
Kuvio 13. Joint design (Autodesk 2021).....	26
Kuvio 14. Parametrien asettaminen (Autodesk 2021).....	26
Kuvio 15. Pulttien asetukset (Autodesk 2021).....	27
Kuvio 16. Hitsien asetukset (Autodesk 2021) .....	28
Kuvio 17. Joint Box (Autodesk 2021) .....	28
Kuvio 18. Clash check -luettelo (Autodesk 2021) .....	29
Kuvio 19. Steel construction technical check -luettelo (Autodesk 2021) .....	30
Kuvio 20. Numerointi (Autodesk 2021) .....	31
Kuvio 21. Prefix configuration -valikko (Autodesk 2021).....	32
Kuvio 22. Advance Steel Management Tools -valikko, Default-välilehti (Autodesk 2021).....	33
Kuvio 23. Visuaaliset tyylit (Autodesk 2021).....	34
Kuvio 24. Document manager -valikko (Autodesk 2021) .....	36
Kuvio 25. Drawing styles manager -valikko, edestäpäin katsotun pilarin kuvannon lyhentämisen asetukset (Autodesk 2021). .....	37
Kuvio 26. Hitsausmerkintöjä .....	42

## **Taulukot**

Taulukko 1. Viivapaksuudet millimetreinä (SFS-EN ISO 128-2, 2010, 37, muokattu).....	11
Taulukko 2. Yleismerkintätaulukon täyttöohje Suomen projekteille (Konepajapiirustusten laadintaohje, 2016 muokattu) .....	13
Taulukko 3. Esimerkki osaluettelosta .....	14
Taulukko 4. Advance Steel -ohjelman tukemat tiedostomuodot.....	35

## **Keskeiset käsitteet**

### **Advance Steel**

Autodeskin julkaisema CAD-ohjelmisto teräsrakenteiden tietomallintamiseen ja detaljointiin.

### **Aihio**

Esivalmistuskappale, josta valmistetaan jonkin tuotteen osia.

### **Autodesk**

Yhdysvaltalainen ohjelmistoalan yritys, joka tunnetaan parhaiten AutoCAD-ohjelmasta.

### **DWG**

(Drawing), on Autodeskin patentoima tiedostomuoto.

### **DSTV**

(Deutsche Stahbau-Verband), on standardisoitu työstökoneen ohjaamiseen tarkoitettu dataformaatti.

### **Makro**

Sarja komentoja, joka automatisoi ohjelman suorittaman rutiinitoimenpiteen.

## 1 Johdanto

Suomen rakennuskannasta noin 20 % on toteutettu teräsrunkoisena (Rakentaminen teräksestä n.d.). Teräsrakenteiden suunnitteluun kuuluu sekä konepajavalmistus että asennettavuus työmaalla. Tavoitteena on, että haastavimmat työvaiheet, eli käytännössä hitsiliitokset, toteutetaan konepajalla. Rakennusosat pyritään työmaalla liittämään kiinni toisiinsa ruuviliitoksilla, sillä se on nopeaa ja edullista. (Ongelin & Valkonen 2012, 465.) Teräsrakenteet suunnitellaan EN 1993 Eurokoodi 3:n mukaan.

Tämän opinnäytetyön pääpaino on konepajapiirustusten luomisessa Advance Steel -ohjelmalla teknisen piirtämisen näkökulmasta. Hanifanin (2010) mukaan dokumentointi on tärkein osa suunnittelua, koska sen perusteella työn onnistuminen arvioidaan. Tavoitteena on tehdä piirustukset sellaisella tarkkuudella, että osat tehdään oikein, eivätkä ne sisällä tulkinnanvaraista tietoa. Todellisuudessa piirustuksissa tulee aina olemaan jonkin tasoisia virheitä, joko suuria tai pieniä, mutta pienetkin virheet voivat tulla kalliiksi. (Mts. 1.)

Konepajapiirustuksilla tarkoitetaan osa- ja kokoonpanopiirustuksia. Työmaan käyttöön tarkoitetut tuotantopiirustukset, kuten linja-, mitta-, ja leikkauspiirustukset on rajattu työn ulkopuolelle. Työssä ei myöskään syvennytä teräsrakenteiden tai liitosten lujuuslaskennalliseen mitoitukseen tai siihen, miten rakenteet konepajalla toteutetaan. Hanifan (2010) tuo esille, että ensisijaisesti piirustusta käytetään lopputuotteen vaatimusten täyttämiseen, ei siihen miten ne vaatimukset täytetään. Tämä tarkoittaa, että piirustukseen merkitään reiän koko, mutta ei sitä, miten reikä valmistetaan, ellei valmistustapa ole kriittinen. (Mts 3.) Konepajapiirustusten laadintaohje (2016, 35) jatkaa, ettei hitsausprosessia tarvitse merkitä piirustukseen, koska tuotannossa työskentelevät tietävät parhaiten, miten se on järkevintä tehdä.

Advance Steel on ranskalaisen Graitec-yrityksen vuonna 2002 lanseeraama teräsrakenteiden tietomallinnusohjelma. Advance Steel kuuluu Graitecin Advance tuoteperheeseen, johon kuuluu Advance Steelin lisäksi FEM-laskentaan tarkoitettu Advance Design, konepajoille suunnattu Advance Workshop ja betonirakenteiden tietomallinnukseen tarkoitettu Advance Concrete, jonka päivitys on lopetettu ja toiminnot on siirretty Autodeskin Revit-ohjelmaan. (About Us n.d.) Vuonna 2013 Advance Steelin ja Advance Concreten jakeluoikeudet myytiin Yhdysvaltalaiselle Autodeskille (History n.d.).



## 2 Työn lähtökohdat

### 2.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Ramboll Finland Oy:n korjausrakentaminen ja tutkimukset -yksikkö. Ramboll on kansainvälinen ja maailmanlaajuinen konserni, joka tarjoaa monialaisia palveluita kiinteistöjen ja rakentamisen sekä infran ja liikenneteen aloilla. Korjausrakentaminen ja tutkimukset -yksikkö Suomessa tarjoaa kaikki korjausrakentamisen, peruskorjausten ja perusparannusten suunnitteluun liittyvät palvelut.

### 2.2 Tutkimusongelma

Opinnäytetyön tutkimusongelma oli selvittää, että pystytäänkö Autodesk Advance Steel 2021 -ohjelmistolla tuottamaan vaaditun tasoisia piirustuksia ja dokumentaatiota. Ramboll on ottanut korjausrakentamisen puolella strategiaksi käyttää Autodeskin Revit -ohjelmistoa tietomallintamiseen. Revit on laajasti käytetty arkkitehtisuunnittelussa, mutta sen käyttö rakennesuunnittelussa on vielä vähäistä. Tämä johtuu osittain siitä, että Revitillä ei pystytä tekemään konepajasuunnittelua. Konepajasuunnitteluun Autodesk tarjoaa Advance Steel -ohjelmistoa.

Opinnäytetyön aihe oli merkityksellinen, koska se toi täysin uutta tietoa rakenne- ja konepajasuunnitteluun. Aiheesta tekee merkittävän myös se, että Advance Steel -ohjelmistoa ei työn kirjoittamisen hetkellä käytetty Suomessa lainkaan. Ohjelman käyttöönotto voi luoda kilpailua suunnitteluosa-alueeseen, jossa suunnittelutyökalut ovat tällä hetkellä hyvin vakiintuneita. Näin ollen työllä on potentiaalia tuoda yritykselle laadullista sekä taloudellista hyötyä. Rambollilla on myös etumatka osaamisessa, jos ohjelman käyttö yleistyy alalla.

Koska ohjelmiston käytöstä Suomessa ei ollut tietoa, työ oli rajattu tutkimaan ohjelmiston soveltuvuutta käytettäväksi siitä saatavan dokumentaation perusteella. Peren (2016, luku 2) mukaan ennen uuden suunnitteluohjelman hankintaa täytyy selvittää vastaako se yrityksen nykyisiä ja tulevia tarpeita. Dokumentaatiolla tässä yhteydessä tarkoitetaan piirustuksia ja tietomallista saatavia tiedostoja. Koska Ramboll Finlandissa ei ole yhtään Advance Steel -ohjelmiston käyttäjää, opinnäyte-

työssä perehdytään myös tavanomaiseen ohjelman käyttämiseen. Vieraskielisiä tieteellisiä tutkimuksia, joiden pääpaino on Advance Steel -ohjelmistossa, ei löytynyt. Muuta vieraskielistä materiaalia, kuten valmistajan tekemiä käyttöohjeita oli olemassa.

### 2.3 Tutkimuksen tavoitteet

Opinnäytetyön päätavoite oli selvittää, että voidaanko Advance Steel ottaa käyttöön Rambollin korjausrakentaminen ja tutkimukset yksikössä. Mahdollisuuteen ottaa ohjelma käyttöön vaikutti erityisesti se, millaisia piirustuksia ohjelma tuottaa ja pystyvätkö piirustukset täyttämään niille asetetut vaatimukset. Lisäksi ohjelman tulee pystyä tuottamaan muu vaadittu dokumentaatio, kuten esimerkiksi DSTV-tiedosto ja tarvittavat luettelot. Hyvä yhteiskäyttö Revitin kanssa oli myös vaatimuksena, jotta tietomallinnus Advance Steelillä saataisiin yrityksessä tehokkaaseen käyttöön.

Opinnäytetyön toinen tavoite oli selvittää, miten paljon Advance Steeliä käytetään kansainvälisesti Rambollin sisällä. Käyttölaajuuden selvittämisestä koettiin olevan Rambollille paljon hyötyä, koska ulkomaalaiset kollegat voisivat antaa mahdollisia neuvoja ja ideoita ohjelman kehittämiseen.

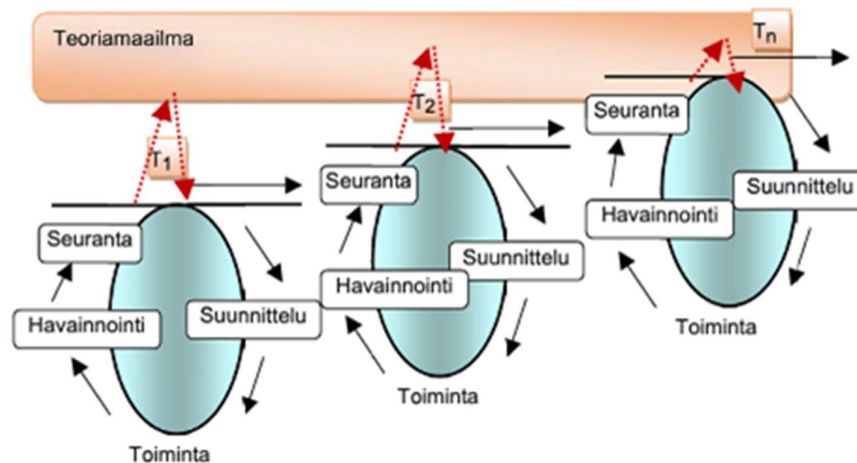
Konkreettisenä tavoitteena oli luoda toimeksiantajalle natiivi tietomalli Advance Steel -ohjelmistolla, mitä voidaan jatkokäyttää mallinnuspohjana. Natiivimallilla voidaan helpottaa ohjelman käyttöönottoa. Tässä opinnäytetyössä mallinnuspohjaa hyödynnetään luomalla esimerkinomaiset konepajapiirustukset, joiden perusteella ohjelman soveltuvuutta toimeksiantajalle arvioidaan.

Opinnäytetyön tärkeimmät tutkimuskysymykset ovat:

- Miten Advance Steel -ohjelmistoa käytetään?
- Pystytäänkö Advance Steel -ohjelmistolla luomaan vaatimusten mukaisia konepajapiirustuksia?
- Miten Advance Steel ja Revit -ohjelmistojen yhteiskäyttö toimii?
- Mikä on käyttölaajuus kansainvälisesti Ramboll-konsernissa?

## 2.4 Tutkimusote, aineisto ja menetelmät

Opinnäytetyö suoritettiin interventioistisena kehittämistutkimuksena. Työn lähestymistapa oli osallistuva toimintatutkimus. Eskolan ja Suorannan (1998, 90) sekä Kanasen (2017, 17) mukaan toimintatutkimuksessa tutkija yrittää ratkaista ongelman yhteisön jäsenten kanssa, jotta päästään yhdessä asetettuihin päämääriin. Kanasen (2017, 21) mukaan interventioistinen tutkimus eroaa tavallisesta laadullisesta tutkimuksesta, koska sen tavoitteena on muutos. Oleellinen osa interventiotutkimusta on muutossykli (ks. kuvio 1), millä pyritään poistamaan määritelty ongelma (Kananen 2017, 34). Tässä työssä ongelmat määrittyvät sitä mukaan, kun niitä ohjelman tuottamista piirustuksista huomataan. Ongelmia korjattiin niin paljon, kun niitä tämän työn aikana voitiin korjata ja mahdolliset korjaamattomat ongelmat pyrittiin tunnistamaan. Kanasen (2017, 34) mukaan interventioistinen tutkimus kohdistuu vain yhteen muutossykliin.



Kuvio 1. Muutossykli interventioistisessä tutkimuksessa (Kananen 2017, 35)

Työssä tiedonkeruumenetelminä toimivat kuvaileva kirjallisuuskatsaus ja jäsenitelemättömät eli avoimet haastattelut. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa voidaan käyttää laajoja aineistoja ilman tiukkoja metodisia sääntöjä (Salminen 2011, 6). Greenin, Johnsonin ja Adamsin (2006, 113) mukaan kuvailevalla kirjallisuuskatsauksella voidaan minimoida tutkijan puolueellisuus. Freeman (1984, 10) puolestaan toteaa, että kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan yhdistellä toisistaan erillisiä asiakokonaisuuksia.

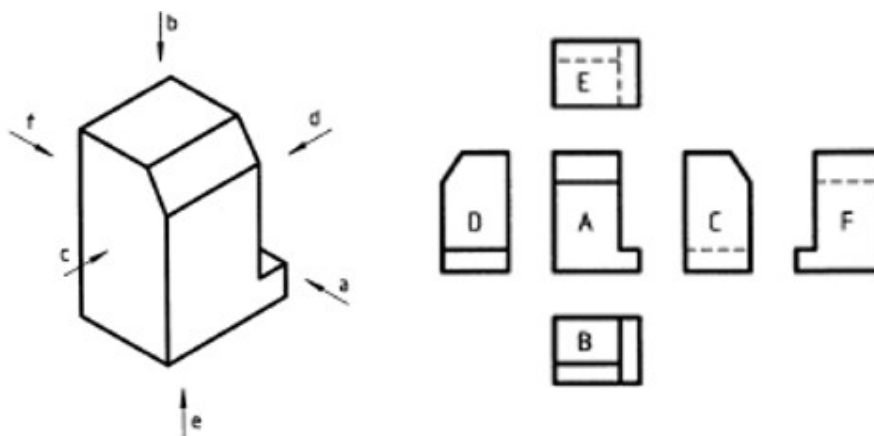
Eskolan ja Suorannan (1998, 90) mukaan avoin haastattelu on sitä, kun kaikkien haastateltavien kanssa keskustellaan tietyistä aiheista, mutta eri haastateltavien kanssa voidaan keskustella erilaisista tutkimuksen kannalta tärkeistä aiheista. Räsänen (2014, 26) mukaan jäsenitelemättömät haastattelut ovat hyviä, koska niistä voidaan tehdä löydöksiä.

Jäsenitelemättömiin haastatteluihin päädyttiin, koska työn tarkoituksena oli haastatella eri osa-alueiden asiantuntijoita, eikä heiltä olisi ollut työn lopputuloksen ja vaikuttavuuden kannalta järkevää kysyä samoista teemoista. Haastattelut toteutettiin Microsoft Teams -sovelluksella vallitsevan koronaviruspandemian, sekä maantieteellisten sijaintien takia.

### 3 Konepajapiirustukset

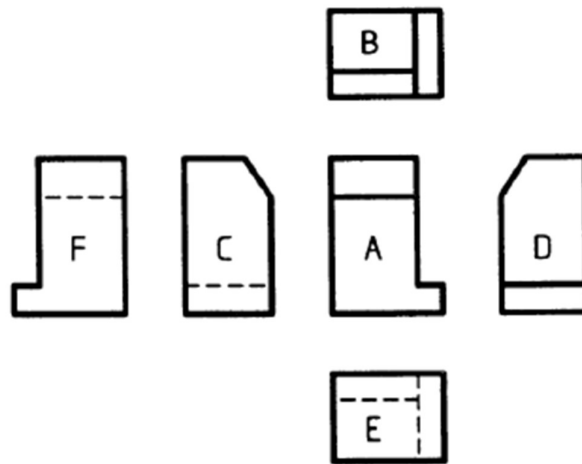
#### 3.1 Projektit

Konepajapiirustuksia luotaessa on tärkeää esittää kolmiulotteinen kappale kaksiulotteisilla esitystavoilla eli tasopiirustuksina. Eri suunnista kuvatut tasopiirustukset järjestellään paperille yleensä Suomessa niin sanottua yhden käännön menetelmää käyttäen. Yhden käännön menetelmässä valitaan pääkuvanto, joka sisältää kaikista kuvannoista eniten informaatiota. Muut kuvannot asetellaan kuvion 2 mukaisesti. Niin sanottu kolmen käännön menetelmä, eli amerikkalainen menetelmä on toinen tapa esittää projektit (ks. kuvio 3). Tämä menetelmä on yleinen Yhdysvalloissa ja Kanadassa, mutta menetelmää käytetään Suomessa vain erittäin harvoin. Jos kolmen käännön menetelmää joudutaan käyttämään, tulee siitä aina sopia konepajan kanssa erikseen. Käytetty projektiomenetelmä tulisi esittää piirustuksen nimiössä käännösymbolilla (ks. kuvat 4 ja 5). (Dygdon,



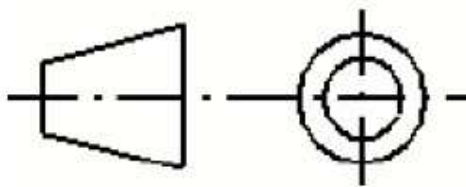
Kuvio 2. Yhden käännön menetelmä (SFS-EN ISO 5456-2 2010, 12-15 muokattu)

Giesecke, Hill, Mitchell, Novak & Spencer 2003, 150; Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 11, 13; Pere 2016, luku 4; Rathnam 2018, 77–78.)

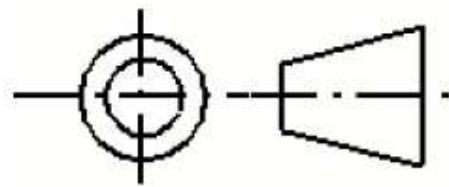


Kuvio 3. Kolmen käännön menetelmä (SFS-EN 5456-2 2010, 18-19)

Kaikkia kuvantoja ei kuitenkaan tarvitse käyttää ja niiden määrää tulisi pyrkiä rajoittamaan vain tarvittavaan määrään. Yksityiskohdat tulisi myös esittää vain yhdessä kuvannossa. (SFS-EN ISO 5456-2:2000, 12.)



Kuvio 5. Yhden käännön menetelmän käännössymboli (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 11)



Kuvio 4. Kolmen käännön menetelmän käännössymboli (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 11)

### 3.2 Viivatyytit

Konepajapiirustuksissa käytetään SFS-EN ISO 128-2 mukaisia viivatyyppijä. Viivojen paksuutena käytetään kapeaa, leveää ja erittäin leveää viivaa, joiden paksuuksien suhteet toisiinsa ovat 1:2:4.

(SFS-EN ISO 128-2 2020, 37; Pere 2016, luku 3; Harju 2007, 79). Viivapaksuudet on esitetty tarkemmin taulukossa 1.

Taulukko 1. Viivapaksuudet millimetreinä (SFS-EN ISO 128-2, 2010, 37, muokattu)

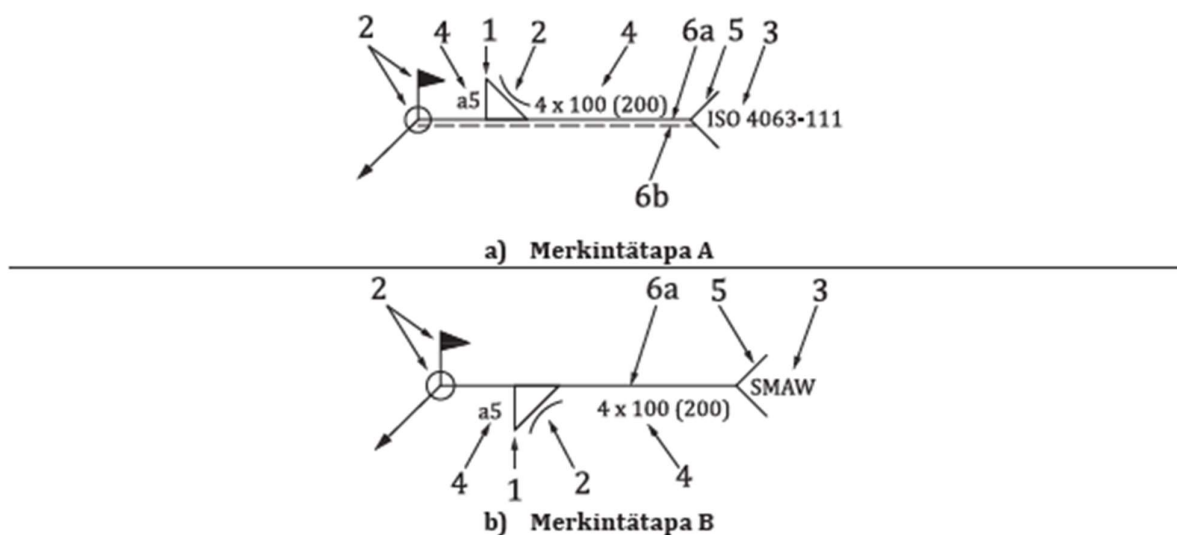
Viivaryhmä	Kapea viiva	Leveä viiva	Erittäin leveä viiva
0,25	0,13	0,25	0,5
0,35	0,18	0,35	0,7
0,5*	0,25	0,5	1
0,7*	0,35	0,7	1,4
1	0,5	1	2
*Suositeltavat viivaryhmät			

Viiteviivat tulee piirtää piirustukseen ehyellä kapealla viivalla. Viiteviivojen suositellaan olevan > 15° kulmassa kehyksiin ja lähellä oleviin viivoihin nähden. Viiteviiva voi tarvittaessa tehdä teräviä mutkia. Useampi viiteviiva voidaan yhdistää samaan merkintäviivaan, jos kohteisiin pätee samat lisäohjeet. Merkintäviivaksi kutsutaan viivaa, jonka päälle tai ympärille lisäohjeet kirjoitetaan. Merkintäviiva piirretään samoilla viiva-asetuksilla kuin viiteviiva. Merkintäviivan pituuden tulee olla yleensä ohjetekstin mittainen. Jos ohjeteksti on lyhyt, esimerkiksi symboli, tai ohjeteksti on merkintäviivan vieressä, tulee siitä tehdä määrämittainen, noin 20 kertaa viivan levyinen. (SFS-ISO 128-22:2009, 5, 10.)

### 3.3 Hitsausmerkinnät

Hitsausmerkki koostuu vähintään viitenuolesta ja merkintäviivasta (ks. kuvio 6). Tähän perusmerkintään lisätään tarpeen mukaan tarvittavat lisätiedot. (SFS-EN ISO 2553:2019, 10; Pere 2016, luku 19.) Haarukka on lisämerkintä, johon voidaan sisällyttää lisätietoja kuten hitsiluokka, hitsausprosessi, lisäaine, hitsausasento tai muita huomioon otettavia lisätietoja. Yleensä käytetään niin sanottua avointa haarukkaa. Suljettua haarukkaa tulee käyttää ainoastaan, kun viitataan erityisohjeeseen. (Heikkilä 2001, 128; SFS-EN ISO 2553:2019, 25.) Merkintäviivaan yleensä lisätään hitsausmerkinnöissä katkoviiva ehyen viivan alapuolelle. Kun merkintäviiva koostuu kahdesta viivasta, määrittää perustunnuksen sijainti hitsin paikan. Silloin kun perustunnus sijoitetaan ehyelle

viivalle, hitsataan nuolen puolelta ja silloin kun se sijoitetaan katkoviivalle, hitsataan nuolen vasta-puolelta. Katkoviivaa ei tulisi lisätä symmetrisille hitseille (Heikkilä 2001, 125; Pere 2016, luku 19; SFS-EN ISO 2553:2019, 23.) Perustunnukset ovat hitsausmerkkiä täydentävä osa, joka piirretään merkintäviivaan kiinni. Lisätiedoilla, mitoilla ja lisätunnuksilla tulee täydentää perustunnuksia tarpeen mukaan. (SFS-EN ISO 2553:2019, 11; Pere 2016, luku 19.) Perus- ja lisätunnukset selityksi-neen on esitetty standardissa SFS-EN ISO 2553:2019. Työmaalla tehtäviä hitsiliitoksia pyritään vält-tämään sen takia, että niiden laadunvarmistus on hankalaa ja olosuhteet voivat olla huonot (Ongelin & Valkonen 2010, 342).



#### Selite

- 1 perustunnus (pienahitsi)
- 2 lisätunnus (kouruhitsi, asennushitsi, ympärihitsattu hitsi)
- 3 lisätiedot (puikkohitsaus (prosessi 111 (SMAW) standardin ISO 4063 mukaan))
- 4 mitat (nimellinen a-mitta 5 mm, katkopianahitsi, joka muodostuu neljästä 100 mm:n pituisesta osahitsistä, joiden väli on 200 mm)
- 5 haarukka
- 6a merkintäviiva (ehyt)
- 6b katkoviiva (vain merkintätapa A)

HUOM. Sekä a) että b) merkitsevät saman asennuskatkopianahitsin nuolen puolelle: nimellinen a-mitta 5 mm, katkopianahitsi, joka muodostuu neljästä 100 mm:n pituisesta osahitsistä, joiden väli on 200 mm.

Kuvio 6. Esimerkki hitsausmerkinnästä (SFS-EN ISO 2553 2019, 43)

### 3.4 Luettelot, taulukot ja nimiö

Yleismerkintätaulukko on piirustuksen yläreunaan sijoitettava taulukko, jossa esitetään konepajavalmistuksen kannalta tärkeät asiat. Yleismerkintätaulukosta tulee selvittää taulukon 2 sisältö. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 6.)

Taulukko 2. Yleismerkintätaulukon täyttöohje Suomen projekteille (Konepajapiirustusten laadintaohje, 2016 muokattu).

Sisältö	Mahdolliset arvot	Ohje / Standardi	Esim.
Esikäsitteilyaste	P1, P2, P3	SFS-EN ISO 8501-3	P2 (SFS-EN ISO 8501-3)
Hitsausluokka	B, C, D	SFS-EN ISO 5917	C (SFS-EN ISO 5817)
Polttoleikkausluokka	Useita	SFS-EN ISO 9013 / QV202	442 (SFS-EN ISO 9013)
Pintakäsittelyluokka	Useita	SFS-EN ISO 12944	EN 120/2-FeSa2½ (SFS-EN ISO 12944)
Värisävy	Useita		RAL 7000 (Harmaa)
Toteutusluokka	2, 3, 4	EN 1090-2	EXC2 (EN 1090-2)
Valmistustoleranssit		SFS-EN 1090-2	Klass 1 (SFS-EN 1090-2)
Pituustoleranssi	Useita		±2 mm
Esikorotus	Useita		15 mm
Hitsit	Max 5 mm	Menettelyohje QD520	5



Osaluetteloon kirjataan kaikkien kokoonpanossa olevien osien vaadittavat tiedot (ks. taulukko 3) (Heikkilä 2001, 88; Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 8). Hanifanin (2010, 21) mukaan piirustuksessa tulisi välttää painon ilmoittamista, ellei sitä ole sopimuksessa vaadittu. Ruukin konepajapiirustusten laadintaohje (2016, 8) kuitenkin kehottaa painon ilmoittamista osaluettelossa. Osaluettelo sijoitetaan yleismerkintätaulukon alapuolelle. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 8).



Taulukko 3. Esimerkki osaluettelosta

Osa	Profiili	Pituus (mm)	Materiaali	kpl	kg/kpl
R11	PL20x150	240	S355J2G3	3	5,6
R12	PL15x300	300	S355J2G3	2	10,6
TP10	CFRHS250x150x10	2590	S355J2H	1	147,5
<b>T1-BEA-102</b>		Kokoonpanon yhteispaino [kg]			185,5
		Kokoonpanojen lukumäärä [kpl]			1

Nimiössä ilmoitetaan piirustuksen kannalta oleellisia tietoja. Se sijoitetaan piirustuksen oikeaan alanurkkaan (ks. kuvio 7).

Mark	Revision	Created by	Date
Construction site and address WORKSHOP DRAWING GUIDE <b>1</b>		Content of drawing BEAM <b>2</b>	
 Rautaruukki Oyj Karperövägen 148 <b>4</b> FIN-65610 Korsholm tel. +358 205930111 www.ruukki.com		Scale 1:5 1:10 <b>3</b>	
 <b>5</b>			
Drawn by T LILLHANNUS <b>6</b>	Designed by T HANNUKSELA <b>7</b>	Drawing type K <b>8</b>	Project number CF-9999 <b>9</b>
Date 21.05.2014 <b>10</b>	Approved by S POKELA <b>11</b>	Drawing number <b>T1-BEA-100</b> <b>12</b>	
		Revision <b>13</b>	

Kuvio 7. Esimerkki nimiöstä (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, muokattu)

Nimiön tietokentät ovat:

1. Rakennuskohde ja sen osoite
2. Piirustuksen sisältö
3. Piirustuksessa käytetyt mittakaavat
4. Suunnittelutoimisto, osoite ja puhelinnumero
5. Käännössymboli
6. Piirtäjä
7. Suunnittelija
8. Suunnitteluala
9. Projektinumero
10. Päivämäärä
11. Hyväksyjä
12. Piirustusnumero
13. Revisio

Revisioinnilla tarkoitetaan piirustuksen tietojen muuttamista tai tarkentamista. Kun piirustukseen tehdään muutos, tulee revisiotaulukkoon lisätä päivämäärä, tekijä ja revisiotunnus. Revisiotunnus kertoo, kuinka monta kertaa piirustusta on muutettu. Revisiotaulukko sijoitetaan nimiön yläpuolelle. Muutettujen kohtien löytämistä voidaan helpottaa merkitsemällä ne revisiopilvellä. Vanhat revisiopilvet tulisi aina poistaa, kun piirustuksesta julkaistaan uusi päivitys. Tuotannolle tulisi ilmoittaa heti, kun muutoksista tiedetään, etenkin jos revisioinnissa kestää kauan. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 9.) Hanifanin (2010, 18) mukaan revisiot tulee pitää mahdollisimman yksinkertaisina.

Konepajapiirustukset esitetään aina A4 standardikoon kerrannaisina. Yleisimmin käytetään A3 tai A4 paperikokoja. A2 ja A1 kokoja voidaan käyttää, jos piirustus on suurikokoinen kuten ristikko, eikä se mahdu pienemmälle paperille. Varusteluosat esitetään yleensä 1:1, 1:2, 1:5 tai 1:10 ja kokoonpanot 1:10, 1:15 tai 1:20 mittakaavassa. Väliarvoja ei ole syytä käyttää, koska ne tekevät piirustuksista vaikeaselkoiset. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 10.)

### 3.5 Mittamerkinnot

Mitoilla, apuviivoilla ja muilla mitoituserkinnoilla esitetään rakenteiden koot ja mitat. Rakenteet tulee mitoitaa mahdollisimman selkeästi ja ylimääräistä mittojen ilmoittamista tulisi välttää. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 14.) Hanifan (2010, 7) on myös sitä mieltä, että yksinkertainen piirustus on vähemmän altis väärinymmärryksille kuin monimutkainen piirustus. Selkeyden vuoksi mittaviivojen, mittojen ja rakenteiden välisiä päällekkäisyyksiä ei saisi tulla. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 14; Dygdon ym. 2003, 295). Jos ei itse ymmärrä jotakin esitettyä informaatiota piirustuksessa, todennäköisesti muutkaan eivät sitä ymmärrä. (Hanifan 2010, 7). Epäselvistä kohdista tulee tehdä erillinen detalji tai kirjoittaa selventävä teksti (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 19).

Muista viivoista poiketen mittaviivat tulee piirtää 0,1 millimetrin paksuisena, jotta ne eivät sekoituisi rakenteeseen (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 14). Maguire, Phelps ja Simmons (2012, 77) puolestaan toteavat, että mittaviivat tulisi piirtää 0,35 millimetrin paksuisina, jotta ne erottuvat muusta piirustuksesta. Mittaluvut tulee piirtää 2,5 mm korkuisena, mutta tietyissä tilan-

teissa tilan puutoksen vuoksi, niitä voidaan hieman pienentää. Manuaalisesti lisätyt mitat tulee alleviivata, koska ne eivät ole perinteisiä mitoitusmerkintöjä. Manuaalisesti piirretty mitta voi olla esimerkiksi kynällä paperille revisioitu mitta. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 14.)

### **3.5.1 Mittalajit**

Kappaleita mitoitetaan piirustuksiin kolmella eri tavalla toiminta-, valmistus-, ja tarkastusmitoilla. Kaikki piirustuksen mitat ovat valmiin osan mittoja ja niiden on riitettävä sellaisenaan. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 15.)

#### **Toimintamitoitus**

Piirustuksen tärkeimmät mitat ovat toimintamittoja. Jotta rakenne pystytään asentamaan paikoilleen, sen muodot ja sijainti täytyy määrittellä eli toimintamitoittaa. Mikäli rakenteelle on asetettu erilaisia toleransseja kuin yleistoleransseissa, täytyy ne ilmoittaa toimintamitoissa. Suunnittelijan on mitoittaessa tärkeää ymmärtää, mitkä ovat osien määräävät pinnat, miten ne liittyvät muihin rakenteisiin ja miten ne on mallinnettu. Rakenteet täytyy mitoittaa samalla tavalla kaikissa toisiinsa liittyvissä rakenteissa, jotta niistä saadaan yhteensopivia. Kaikki muut mittalajit sisältävät myös toimintamitoitusta. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 15–17.) Harjun (2007, 52) mukaan toimintamitat eivät aina ole välttämättömiä valmistuksen kannalta, mutta ne ovat kokoonpanon toiminnan kannalta tärkeitä.

#### **Valmistusmitoitus**

Valmistusmitat kertovat konepajalle osien ja osaryhmien muodot ja sijainnin valmistusvaiheessa. Ne on merkittävä piirustuksiin sillä tavalla, että konepajalla ei tarvitse tehdä laskutoimituksia. Jigin eli esikasausalustan osien valmistukset on myös otettava huomioon valmistusmitoituksessa. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 18.) Harjun (2007, 52) mukaan valmistusmitoituksen tarkoituksena on taloudellisuus, virheiden minimointi ja työn nopeuttaminen.

#### **Tarkastusmitoitus**

Tarkastukset pystytään yleensä tekemään ilman erillisiä tarkastusmittoja, jos perusmitoitus on tehty huolellisesti. On olemassa tarkastusmenetelmiä, jotka vaativat omia erikoismittoja, mutta

niitä ei ole tarkoituksenmukaista mitoittaa piirustukseen. Tarkastusmitoista yleisimmät ovat ristikoiden sekä muiden kokoonpanojen ristimitat. Ristimitat tulee ilmoittaa aihion päästä päähän. (Harju 2007, 52; Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 19.)

### **3.5.2 Mitoitusperiaatteet**

Lähes aina piirustuksessa käytetään montaa eri mitoitustapaa. Oikeanlaisen mitoitustavan käyttäminen tekee piirustuksesta luettavan ja selkeän. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 14.) Mitoituslähdekohdan valinta määrittää piirustuksen tärkeät mitat ja kohdat. Liittymäpinnat, joissa osat liittyvät toisiinsa soveltuvat hyvin mitoituksilähdekohdiksi. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 14; Pere 2016, luku 7). Rathnamin (2018, 4) mukaan mittaviivat päättyvät aina joko nuolenkärkeen tai vinoviivaan.

#### **Perusviivamitoitus**

Perusviivamitoitus on paras mitoituksiperiaate silloin, kun rakenteella on selkeä lähtöpiste. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi pilarit, palkit ja ristikot. Perusviivamitoitus aloitetaan aina aihion päästä, johon merkitään nollapiste ja se päättyy aihion toiseen päähän. Väärästä päästä aloitettu mitoituks voi vaikuttaa heittona rakenteen valmistustoleranssissa. Perusviivamitoituksen tunnistaa mittaviivan päättävistä nuolenkärjistä ja siitä, että mittaluvut merkitään mittaviivan jatkeelle koh-tisuoraan mittaviivaan nähden. (Harju 2007, 54; Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 20.) Maguiren ja muiden (2012, 123) mukaan perusviivamitoitus on yksinkertainen ja vähän tilaa vievä tapa toteuttaa yhdensuuntaista mitoitusta.

#### **Jonomitoitus**

Jonomitoitusta voidaan käyttää silloin, kun rakenteella ei ole selkeää määrävää pintaa. Jonomitoitusta käytetään yleensä yksinkertaisten varusteluosien mitoitukseen ja perusviivamitoituksen täydentämiseen. Rakenteiden maksimitat tulee myös esittää jonomitoituksena. Jonomitoituksen tunnistaa mittaviivan päättävistä vinoviivoista ja siitä, että mittaluvut ovat mittaviivan kanssa koh-tisuorassa. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 22.) Jonomitoitus on siis samaa mitoituksiperiaatetta, mitä rakennepiirustuksissa käytetään lähes poikkeuksetta.

### **Kulmamotoitus**

Kulmamotoituksella on tarkoituksena esittää kulman suuruus asteina. Kulma merkitään aina terävämpään kulmaan. Tapauksissa, joissa ahiota sahataan useaan kertaan, tulee piirustukseen lisätä niin sanottu hahmomitta, jotta konepajalla ei tarvitse tehdä ylimääräisiä laskutoimituksia. Mittakaaren päissä tulee olla nuolenkärjet. (Harju 2007, 55; Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 23; Dygdon ym. 2003, 301; Dygdon 2014, 383.)

### **Sädemitoitus**

Sädemitoitusta käytetään kulmien pyörityksen esittämiseen. Sädemitta koostuu nuolesta, joka osoittaa pyöristettävään kohtaan ja mittaluvusta, jonka eteen asetetaan R-kirjain. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 24; Dygdon ym. 2003, 302.)

### **Halkaisijamotoitus**

Halkaisijamotoilla esitetään yleensä reikien kokoa. Halkaisijamitta koostuu mittaluvusta ja  $\varnothing$ - tai D-merkistä. Halkaisija on mahdollista esittää myös jonomitoituksena tapauksessa, jossa kuvataan rakennetta eikä sen reikää. (Harju 2007, 55; Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 25; Dygdon ym. 2003, 308–309.)

## **3.6 Leikkaukset, detaljit sekä kuvannon lyhentäminen**

Leikkauksia käytetään silloin, kun kaikkea tärkeää informaatiota ei pystytä esittämään pääprojektioidissa järkevästi. Kohtaa, josta rakenteen leikkaus otetaan, merkitään leikkausnuolella, joka osoittaa myös leikkauksen suunnan. Leikkausprojektiot pyritään aina ottamaan palkeista vasemmalta oikealle ja pilareista ylhäältä alas. Leikkaukset merkitään tunnuksilla, jotka kasvavat aakkosjärjestyksessä A:sta eteenpäin (Dygdon ym. 2014, 245–246; Heikkilä 2001, 95; Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 26; Maguire ym. 2012, 77; Pere 2016, luku 5.)

Detaljeja sen sijaan käytetään esittämään haastavia kohtia rakenteesta esittämällä ne suuremman mittakaavassa. Detaljiprojektiot merkitään suorakaiteella, jonka jatkeelle merkitään detaljiprojektion tunnus. Detaljit merkitään tunnuksilla, jotka kasvavat numerojärjestyksessä ensimmäisestä alkaen. (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 27.)

Kuvantoa voidaan lyhentää sellaisesta kohdasta, jossa ei ole mitään muuta kuin aihio, jotta rakenne pystytään esittämään suuremmissa mittakaavassa. Kuvantoa saa lyhentää ainoastaan pysty- ja vaakasuunnassa, eikä ristikoita saa lyhentää. Lyhentämiskohta voidaan esittää kahden millimetrin rakona (Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 28.) Harju (2007, 50, 79), Heikkilä (2001, 95), Pere (2016, luku 3) ja SFS-EN ISO 128-2 (2020, 45) puolestaan esittävät kuvantojen rajaukseen siksakviivaa tai leikkausviivaksi pitkää ja kapeaa pistekatkoviivaa.

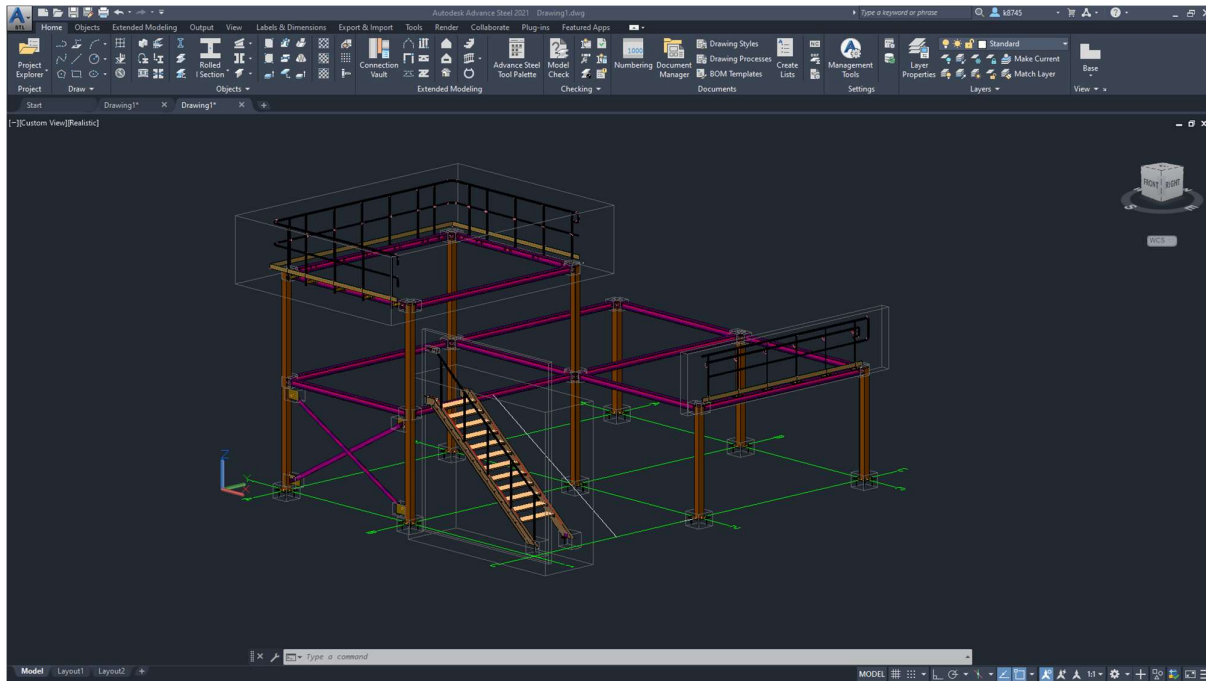
### 3.7 Tietomallinnus

Tietomallinnus eli BIM on prosessi, jossa luodaan parametrinen tietoa sisältävä kolmiulotteinen malli. BIM mahdollistaa dokumenttien hallinnoinnin, projektin koordinaation ja simulaation koko projektin ajan. (Benefits of BIM, n.d.) Hardinin ja McCoolin (2015, 2) mukaan tietomallinnuksella on saatu tuloksia aikaan rakennushankkeiden riskien hallinnassa. Tietomallinnuksessa on paljon hyötyjä perinteiseen 2D suunnitteluun verrattuna. 3D-mallin havainnollistaminen ja visualisointi on huomattavasti helpompaa kuin kaksiulotteisen piirustuksen. (Pirttinen 2020; Dygdon ym. 2003, 7; Dygdon ym. 2014, 13.) Peren (2016, luku 2) mukaan kolmiulotteisesta mallista saadaan sitä enemmän hyötyä, mitä monimutkaisempaa rakennetta suunnitellaan. Pirttisen (2020) mukaan mallin tietosisältöä pystytään hyödyntämään esimerkiksi määrälaskentaan tai aikataulutukseen. Hardin ja McCool (2015, 281) lisää, että tietomallinnus ei ole ratkaisu huonoille käytännöille esimerkiksi aikataulutuksessa, vaan käytöksen muuttaminen on avain onnistumiseen. Eri suunnittelu-alojen tietomalleja yhdistelemällä suunnittelualojen välinen yhteensovittaminen helpottuu. Etenkin törmäystarkasteluja käyttämällä päällekkäisyydet ja ristiriidat voidaan huomata hyvissä ajoin. Tietomallia päivittämällä saadaan rakennepiirustukset automaattisesti päivittymään mallin mukaan, säästään näin aikaa ja resursseja, sekä pienentäen virheiden riskiä. Toisaalta tietomallin luominen kuormittaa projektia alkuun enemmän, kuin 2D-suunnittelu. (Pirttinen, 2020.)

## 4 Advance Steel

### 4.1 Mallintaminen

Tässä kappaleessa käsitellään Advance Steelin käyttöä mallinnustilassa. Advance Steelin käyttöliittymä on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8. Yleiskuva Advance Steelin käyttöliittymästä (Autodesk 2021)

#### 4.1.1 Koordinaatistot

Advance Steelissä on kolme erilaista koordinaatistoa globaali koordinaatisto eli WCS (engl. World coordinate system), lokaali koordinaatisto (engl. Object coordinate system) ja käyttäjä koordinaatisto eli UCS (engl. User coordinate system) (About Coordinate Systems 2018). WCS määrittää koko projektin origon ja on koko projektin ajan staattinen. Jokaisella objektilla on ohjelmassa oma lokaali koordinaatisto, joka määrittelee objektin orientaation. Tärkein koordinaatistoista on kuitenkin UCS. UCS on aina se koordinaatisto, joka on sillä hetkellä aktiivisena. Sitä on mahdollista siirtää ja kääntää tarpeen mukaan. Kaikki koordinaatit, joita syötetään, viittaa aina UCS:n ellei toisin mainita (Advance Steel User's guide 2015, 26.)

#### **4.1.2 Objektit**

Column-toiminto luo malliin määrämittaisen pilarin, jonka oletuspituus on viisi metriä. Oletuspituutta voi muuttaa projektin asetuksista tai pilareiden pituudet voi muuttaa manuaalisesti haluttuun pituuteen. Mallinnettavat liitokset, liitosmakron mukaan, saattavat myös leikata pilarin muiden objektien mukaan.

Beam-toiminto luo malliin valittuna olevan profiilin mukaisen palkkirakenteen. Palkki on mahdollista mallintaa vain käytössä olevan koordinaatiston X- ja Y- suuntaan. Vinot rakenneosat tulee joko mallintaa ensin vaakaan ja siirtää toista solmukohtaa jälkeensä tai vaihtoehtoisesti kääntää UCS haluttuun kulmaan.

Ohjelmalla on mahdollista mallintaa myös erilaisia verhouksia ja seiniä. Advance Steel tukee teräksen lisäksi sekä puun että betonin mallintamista. Lisäksi ohjelman mukana tulee valmiiksi makroja, joilla on mahdollista luoda portaita, kierreportaita, tikkaita ja kaiteita.

#### **4.1.3 Advance Properties**

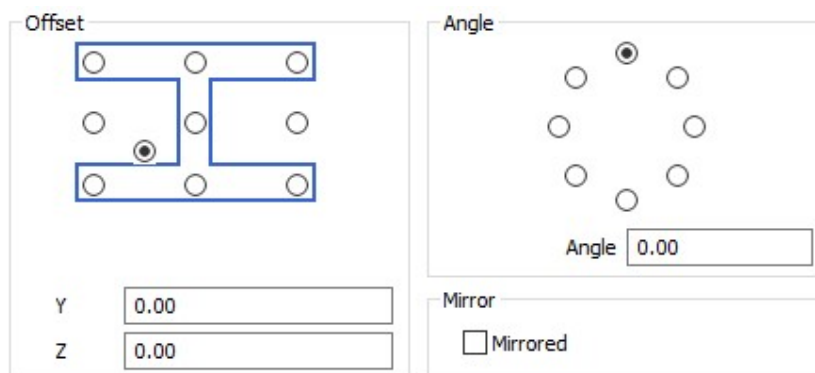
Sen jälkeen, kun malliin on luotu yksi tai useampi älykäs objekti, ohjelma aukaisee Advance properties -valikon automaattisesti (ks. kuvio 9). Valikko on mahdollista avata jälkikäteen valitsemalla halutut objektit, painamalla hiiren vasenta näppäintä ja valitsemalla Advance Properties. Section & Material -välilehdellä on mahdollista tarkentaa tai vaihtaa kokonaan objektin profiilia. Lisäksi tällä välilehdellä on mahdollista muuttaa objektin materiaalia ja pinnoitetta.





Kuvio 9. Advance Properties -valikko (Autodesk 2021)

Positioning-välilehdellä on mahdollista säätää objektin sijainnin poikkeama (engl. offset) järjestelmän linjasta (engl. system line) eli sijainnista, johon objekti on asetettu. Poikkeamaa voidaan säätää vaihtamalla järjestelmän linjan sijainti poikkileikkauksessa tai siirtämällä poikkileikkausta XY-koordinaatistolla numeerisesti. Välilehdellä on mahdollista myös kääntää poikkileikkaus haluttuun kulmaan tai peilata se (ks. kuvio 10).



Kuvio 10. Positioning-välilehti (Autodesk 2021)

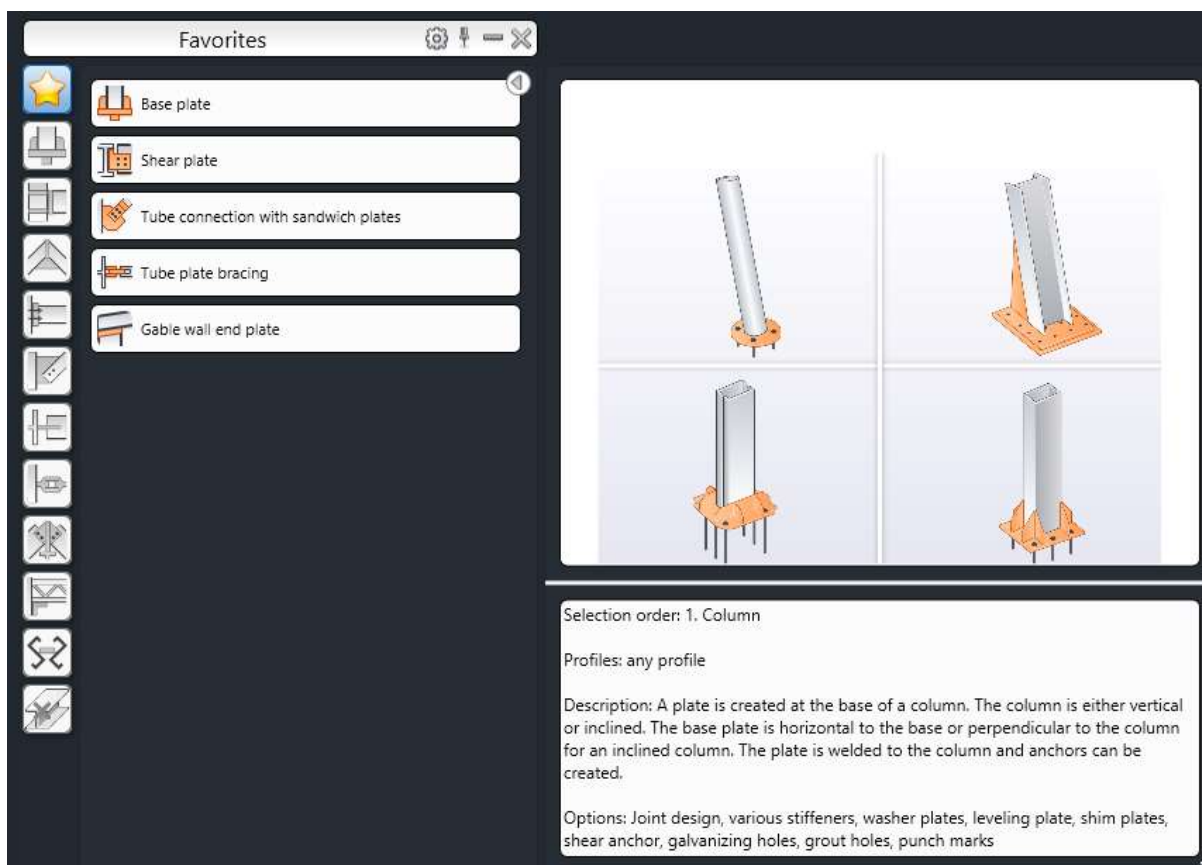
Naming-välilehdellä määritetään objektin tunniste (engl. model role). Tunnisteen täytyy olla asetettu oikein, jotta ohjelma osaa nimetä ja käsitellä objekteja oikein. Huomioitavaa on, että column-työkalulla mallinnetuille rakenteille on automaattisesti asetettu column-tunniste, mutta beam-työkalulla mallinnetuilla rakenteilla ei ole tunnistetta automaattisesti lainkaan.

Behavior-välilehdellä on mahdollista valita, käytetäänkö objektia numerointiin, listoihin ja törmäystarkasteluihin. Lisäksi välilehdellä määritellään objekti kantavaksi tai ei-kantavaksi rakenteeksi. Oletuksena objektia käytetään kaikkiin edellä mainittuihin toimintoihin ja se on kantava rakenne.

#### 4.1.4 Connection Vault

Ensisijainen tapa luoda liitoksia Advance Steelillä on käyttää liitosholvista (engl. Connection Vault) löytyviä valmiita liitosmakroja. Erilaisia liitoksia tulee ohjelman asennuksen mukana oletuksena erittäin kattava määrä. Liitosmakrot on jaoteltu liitettävien objektien mukaan omiin alakategorioihinsa. Alakategorioita ovat järjestyksessä ylhäältä alas (kts. kuvio 11):

- Suosikit (engl. Favorites)
- levyliitos (engl. Plates at beam)
- Pilari-Palkki-liitos (engl. Column-Beam)
- Palkki-Palkki päistään liitettynä (engl. Beam end to end)
- Palkki-Palkki-liitos (engl Platform beams)
- Pysty- ja vaakasiteet (engl. General bracings)
- Putkiliitokset (engl. Tube connections)
- Pyöröterästankoliitokset (engl. Turnbuckle bracings)
- Katto-orisi- ja kylmävalssatut liitokset (engl. Purins & Cold rolled)
- Sekalaiset (engl. Miscellaneous)
- Valmistajakohtaiset makrot (engl. Fabricator specific macros)
- Vanhat - ei enää päivitetty (engl. Old – Not updated anymore)

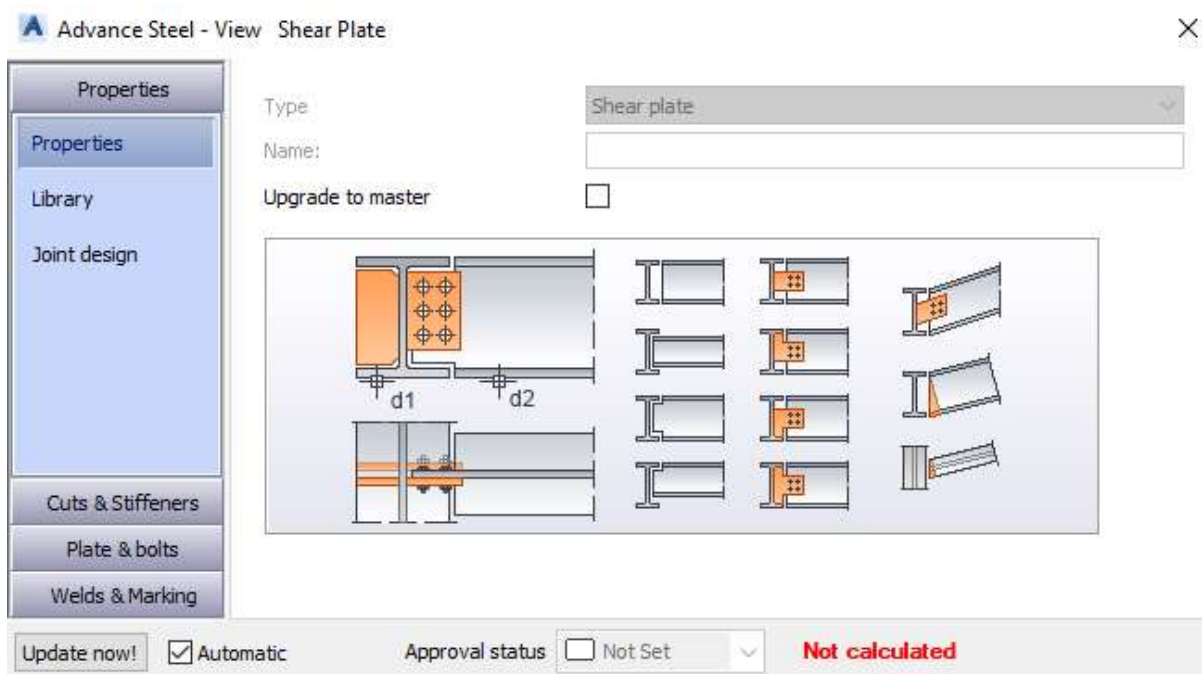


Kuvio 11. Connection Vault (Autodesk 2021)

Kuviossa 11 on lisätty suosikkeihin neljä eri liitosmakroa, joita on käytetty Rambollille mallinnuksessa IV-konehuoneessa sekä liitosmakro, josta on tehty painuman sallivan liitoksen periaate. Osoittimen kohdalla olevasta liitostyyppistä näkyy esikatselu valikon oikealla puolella. Esikatselun alapuolella on tietoa liitostyyppistä. Ensimmäinen huomioitava asia on valintajärjestys (engl. Selection order). Jos objektit on valittu väärässä järjestyksessä, tekee ohjelma liitoksen joko väärinpäin tai se ei tee sitä ollenkaan. Tietokentässä on myös tieto siitä, minkälaisille profiileille (engl. Profiles) liitos soveltuu, lyhyt kuvaus liitoksesta (engl. Description) ja tieto mahdollisista erityisominaisuuksista (engl. Options). Erityisominaisuuksia ei siis ole pakko ottaa liitokseen mukaan, mutta niihin on mahdollisuus. Tämänlaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi soikeat reiät, sinkitysreiät, taseuslevyt ja erilaiset jäykisteet.

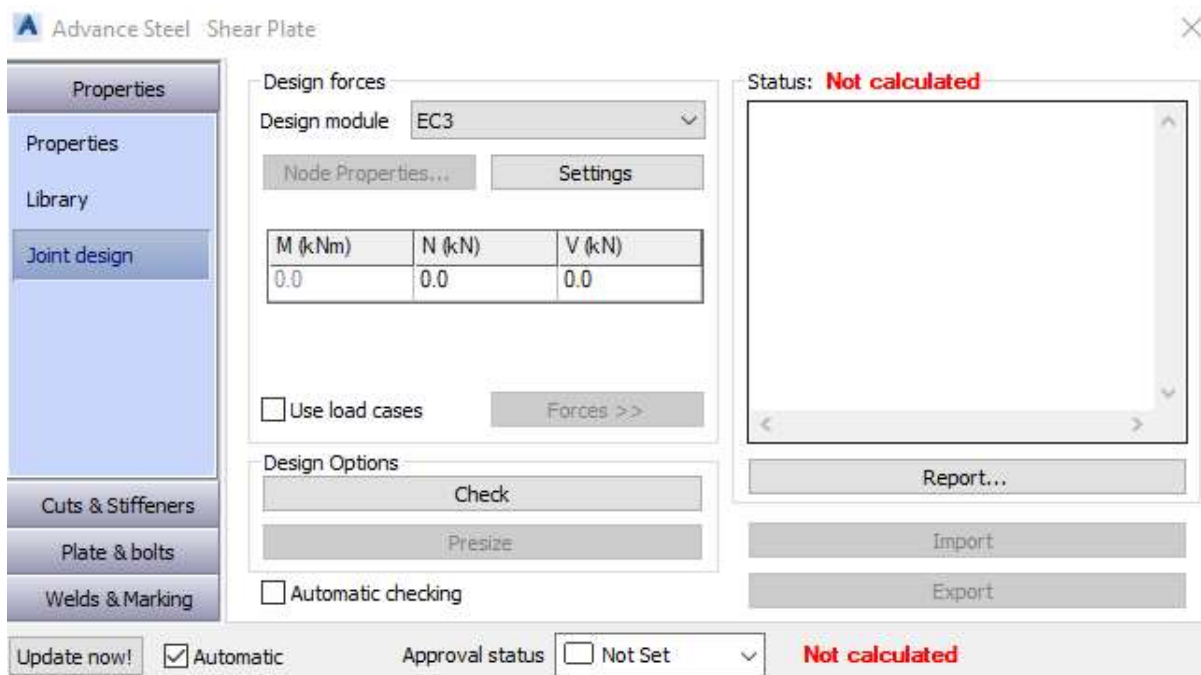
#### 4.1.5 Advance Joint Properties

Kun liitosmakro on luotu, avautuu Advance Joint Properties -valikko (ks. kuvio 12). Valikko on mahdollista avata myös valitsemalla jokin liitoksen osa, painamalla hiiren oikeaa painiketta ja valitsemalla Advance Joint Properties. Tästä valikosta hallitaan kaikkea kyseiseen liitokseen liittyvää. Mikäli mallissa on monta samanlaista liitosta, on yhdestä liitoksesta mahdollista tehdä pääliitos (engl. master), jolloin siihen tehdyt muutokset vaikuttavat myös orjaliitoksiin (engl. slave). Propagate joint -käsky monistaa automaattisesti valitun liitoksen kaikkiin samanlaisiin kohtiin ja muuttaa alkuperäisen liitoksen automaattisesti pääliitokseksi. Library välilehdellä on mahdollista tallentaa tai ladata liitokselle annetut parametrit.



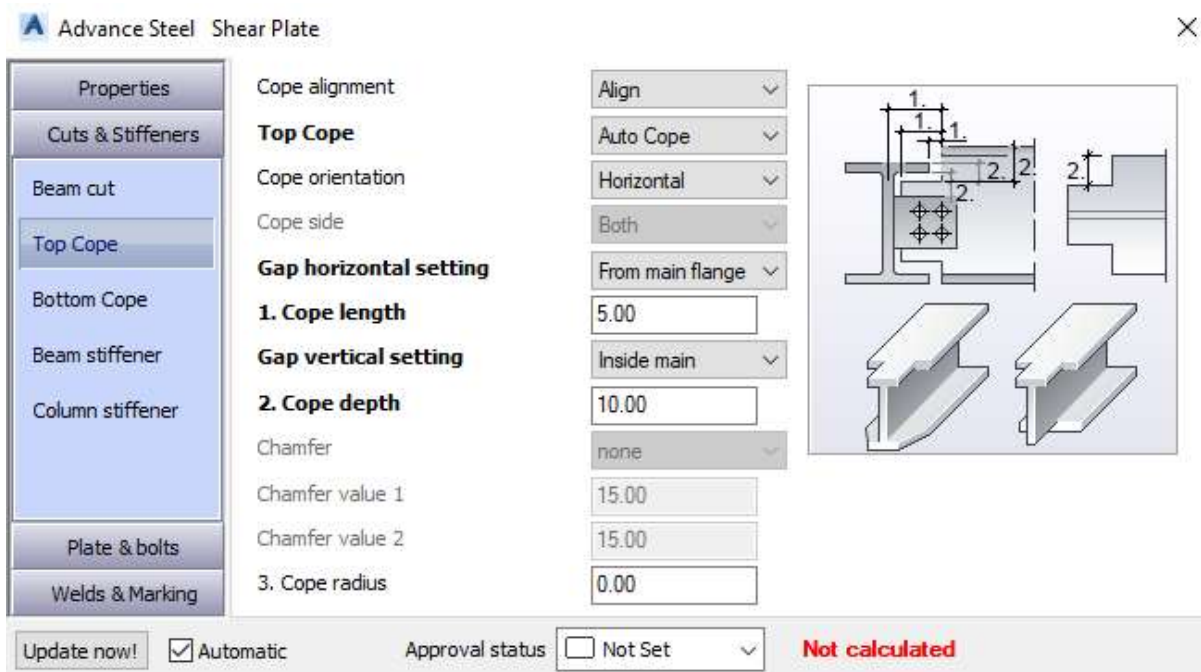
Kuvio 12. Advance Joint Properties (Autodesk 2021)

Joint design on ohjelmaan sisäänrakennettu liitosten kestävyuden laskentatyökalu (ks. kuvio 13). Työkalu tukee EC3 (Eurocode 3) ja AISC (American Institute of Steel Construction) standardeja.



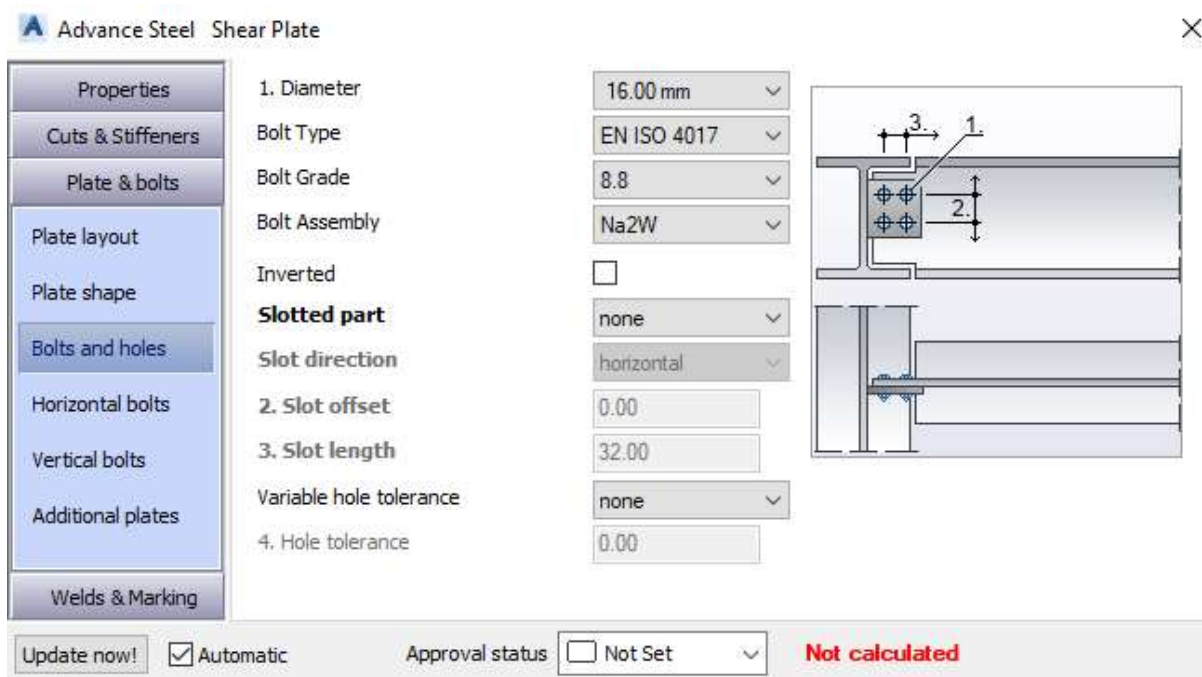
Kuvio 13. Joint design (Autodesk 2021)

Jokainen liitosmakro on asetuksiltaan erilainen, mutta niiden käyttäminen käytännössä on hyvin samanlaista. Parametrien säätämistä helpottaa huomattavasti myös se, että muutokset malliin tapahtuu reaaliajassa. Kuvio 14 voi huomata, kuinka vakiona tulevissa liitosmakroissa on havainnollistavia kuvia parametrien asettamiseen.



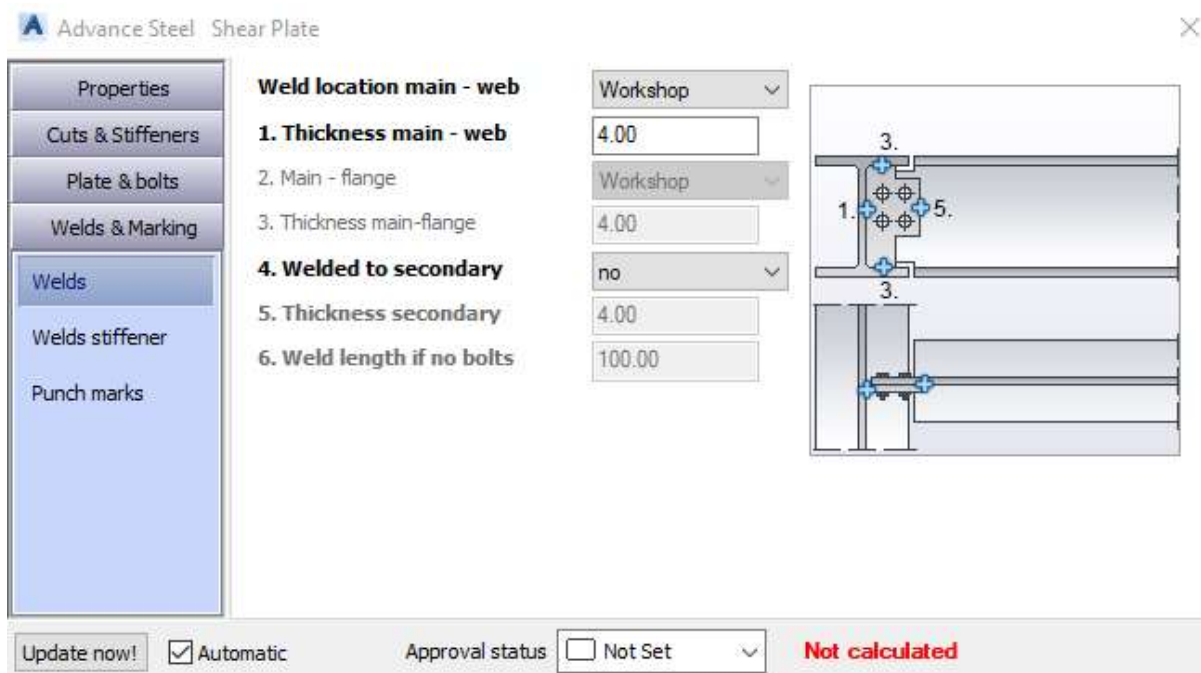
Kuvio 14. Parametrien asettaminen (Autodesk 2021)

Pulteille on erittäin kattavat mukauttamismahdollisuudet. Oletusarvona erilaisten valmistajien ja standardien mukaisia pultteja voi valita Bolt Type -kohdasta. Kuviossa 15 tähän kohtaan on valittu EN ISO 4017 standardi, mutta siihen olisi mahdollista valita esimerkiksi Hilti DA-P ankkuri. Riippuen valitusta pulttityypistä, voidaan säätää haluttu pultin paksuus, lujuusluokka ja joissakin liitosmakroissa pultin pituus. Oletuksena pultit asennetaan työmaalla, mutta ohjelma mahdollistaa myös konepajalla asennetut pultit. Bolt Assembly -kohta määrää pultin kokoonpanon. Kuviossa 15 valittuna oleva Na2W (Nut and two washers) tarkoittaa pulttia ja kahta aluslevyä.



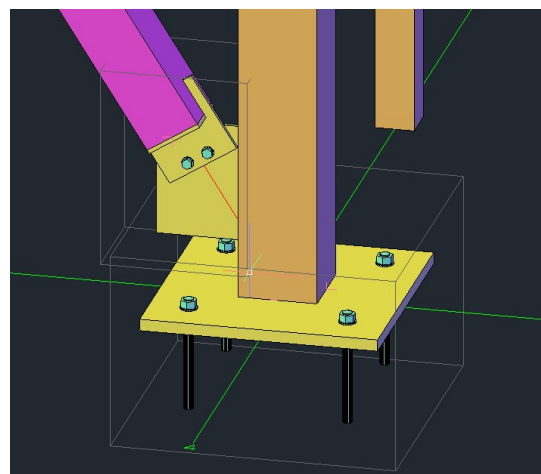
Kuvio 15. Pulttien asetukset (Autodesk 2021)

Hitsien asetuksissa on vain muutama huomion arvoinen asia. Hitsit ovat aina oletusarvoisesti konepajalla tehtäviä, mutta ohjelma sallii myös työmaahitsien tekemisen. Asetuksista voi myös valita hitsauskohdan ja paksuuden (ks. kuvio 16). Hitsien paksuus on ilmoitettu hitsin a-mittana. Joissakin liitostyypeissä on mahdollista myös valita hitsin tyyppi, pituus tai ympärihitsaus.



Kuvio 17. Hitsien asetukset (Autodesk 2021)

Kaikilla makron luomilla objekteilla on myös omat asetuksensa, joita on mahdollista säätää Advance Properties -valikosta. Makron hallitsevat asetukset ovat lukittuina objektien omissa asetuksissa niin kauan, kun makro on olemassa. Liitoksen ympärillä oleva harmaa liitoslaatikko (engl. Joint box) on ohjelman tapa edustaa makroa (ks. kuvio 17). Tämän poistaminen poistaa makron ominaisuudet, mutta jättää makron luomat objektit. Tämän vuoksi liitoslaatikon poistaminen ei ole suositeltavaa. Koko liitos on mahdollista poistaa valitsemalla jokin liitoksen objekti ja poistamalla se. Tämä poistaa sekä makron että kaikki sen luomat objektit.



Kuvio 16. Joint Box (Autodesk 2021)

Liitoksia on mahdollista luoda myös itse manuaalisesti yhdistelemällä teräslevyjä, pultteja ja hitsejä. Liitosten mallintaminen tällä tavalla ei ole suositeltavaa, koska tällä tavalla mallinnetun liitoksen muokkaaminen ja monistaminen jälkeenpäin on huomattavasti vaikeampaa. Lisäksi virheiden mahdollisuus valmiisiin liitosmakroiin verrattuna on moninkertainen. Ainoana poikkeuksena kahden kappaleen liittäminen toisiinsa ainoastaan hitsiliitoksella voidaan tehdä ilman liitosmakroa,

koska sellaista liitosmakroa ei ohjelmassa ole oletuksena. Ohjelmalla on myös mahdollista luoda itse omia liitosmakroja (engl. custom connection), jotka toimivat kuten ohjelman mukana tulevat valmiit liitosmakrot. Tämänlaisten liitosten luominen vaatii kuitenkin erittäin kattavan ymmärryksen ohjelmasta, joten tässä työssä ei siihen perehdytä.

#### 4.1.6 Checking

Advance Steel tarjoaa useita laadunvarmistukseen tarkoitettuja työkaluja. Näiden työkalujen käyttö on hyvin suositeltavaa, jotta tietomallin mahdolliset ongelmat on mahdollista huomata hyvissä ajoin. Joidenkin virheiden huomaaminen ainoastaan piirustuksista tai 3d-näkymästä on haastavaa. Pahimmassa tapauksessa virhe huomataan vasta konepajalla tai työmaalla.

Törmäystarkastelu (engl. Clash check) on ominaisuus, joka listaa mallista kaikki kohdat, joissa kaksi objektia ovat fyysisesti toistensa sisällä (ks. kuvio 18). Lisäksi Advance Steelissä tämä ominaisuus myös varoittaa, jos pultilla ei ole tilaa tulla asennetuksi tai työkalut eivät mahdu sen ympärille. View-tila on suositeltavaa pitää 2D wireframessa eli kaksiulotteisessa rautalankamallissa, jotta virhekohtien huomaaminen on helpompaa. (Merriman 2019.)

Id	Object 1	Object 2	Coordinates	Volume
1	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (6007.80 mm, 5058.55 mm, 4888.33 mm)	0.00 m <sup>3</sup>
2	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (3007.80 mm, 12941.45 mm, 4926.67 mm)	0.00 m <sup>3</sup>
3	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (3007.80 mm, 8941.45 mm, 4926.67 mm)	0.00 m <sup>3</sup>
4	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (3007.80 mm, 4941.45 mm, 4926.67 mm)	0.00 m <sup>3</sup>
5	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (6007.80 mm, 8941.45 mm, 4888.33 mm)	0.00 m <sup>3</sup>
6	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (6007.80 mm, 16941.45 mm, 4888.33 mm)	0.00 m <sup>3</sup>
7	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (3007.80 mm, 13058.55 mm, 4926.67 mm)	0.00 m <sup>3</sup>
8	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (6007.80 mm, 13058.55 mm, 4888.33 mm)	0.00 m <sup>3</sup>
9	p1066 : PL 10x110x278 [ Shear plate ]	p1044 : IPE300 [ Beam ]	WCS (3007.80 mm, 17058.55 mm, 4926.67 mm)	0.00 m <sup>3</sup>

Kuvio 18. Clash check -luettelo (Autodesk 2021)

Teräsrakenteen tekninen tarkastelu (engl. Steel construction technical check) toimii hyvin samalla periaatteella kuin tavallinen törmäystarkastelu, mutta se varoittaa erilaisista ongelmista (ks. kuvio 19). Teräsrakenteen tekninen tarkastelu korostaa esimerkiksi reiät, jotka eivät ole minkään objektin sisällä ja hitsit, jotka yhdistävät vain yhden objektin. Tarkastelussa tulee esiin myös pultit, joilla ei ole riittävää reunaetäisyyttä. (Merriman 2019.)



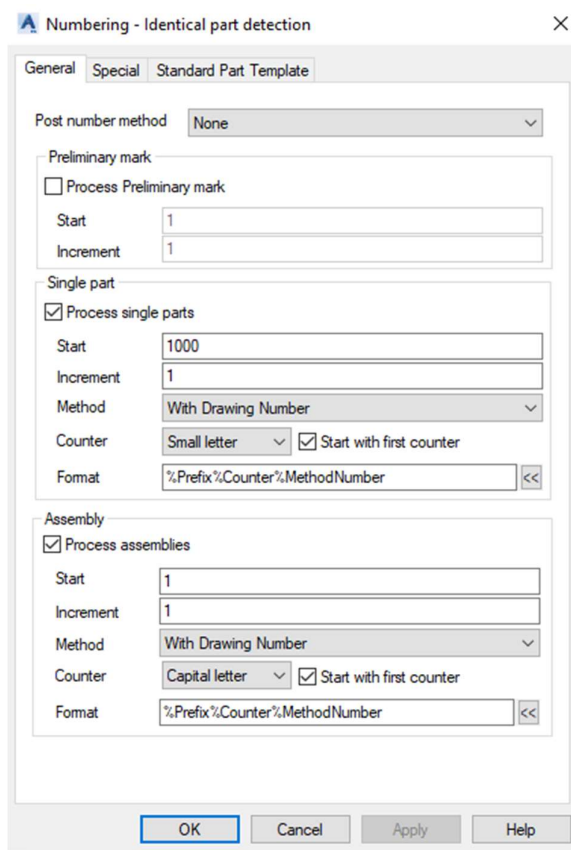
Id	Object	Description
85	Plate [SandwichPlate] [Handle: C59D]	Some bolts in bolt pattern [Handle: C5A1] are too close to the object's edge!
86	Beam [Beam] [Handle: 9114]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 1229C] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
86	Beam [Beam] [Handle: 9114]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 11429] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
87	Plate [SandwichPlate] [Handle: 8642]	Some bolts in bolt pattern [Handle: 8646] are too close to the object's edge!
88	Plate [Shear plate] [Handle: 860F]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 861F] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
89	Plate [Shear plate] [Handle: 860D]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 861F] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
90	Plate [Gusset plate] [Handle: 8602]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 861F] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
91	Plate [SandwichPlate] [Handle: 857A]	Some bolts in bolt pattern [Handle: 857E] are too close to the object's edge!
92	Plate [SandwichPlate] [Handle: 84D0]	Some bolts in bolt pattern [Handle: 84D4] are too close to the object's edge!
93	Beam [Beam] [Handle: AC6]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 14158] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
93	Beam [Beam] [Handle: AC6]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 141C0] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
94	Beam [Beam] [Handle: AC4]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 14124] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
94	Beam [Beam] [Handle: AC4]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 1410A] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).
95	Weld [Weld] [Handle: 986]	Welds do not connect anything or connect to only one element!
96	Beam [Beam] [Handle: 9127]	Distance of bolts in bolt pattern [Handle: 12279] is too small, Change Dx and/or Dv (min 54.00 mm).

Kuvio 19. Steel construction technical check -luettelo (Autodesk 2021)

Checking välilehdellä on myös mahdollisuus laskea valittujen teräsosien paino ja painopiste (engl. Centre of gravity and total weight calculation). Kun halutut objektit on valittu ja tämä käsky annettu, ohjelma ilmoittaa laskun tulokset komentorivillä, joka on samanlainen kuin AutoCADissä. Ohjelma ilmoittaa teräsosien painopisteen WCS-koordinaatistossa ja painon kilogrammoina. Vaihtoehtoisesti voidaan selvittää myös kokoonpanon painotiedot (engl. Assembly weight information). Tämä käsky on hyödyllinen, koska käyttäjän tarvitsee valita vain yksi teräsosa ja ohjelma itsestään laskee koko kokoonpanon painon. Näin ollen inhimillisten virheiden mahdollisuus on eliminoitu.

#### 4.1.7 Numerointi

Piirustuksessa esitettävät osat tulee numeroida osatunnuksella ja samanlaisilla osilla tulee olla sama tunnus (Heikkilä 2001, 88; Konepajapiirustusten laadintaohje 2016, 29–30; Pere 2016, luku 16). Numerointi (engl. Numbering) -toiminto antaa automaattisesti kaikille mallissa oleville objekteille osa- (engl. Single part mark) ja kokoonpanotunnuksen (engl. assembly mark) (ks. kuvio 20). Ohjelma tunnistaa automaattisesti identtiset osat ja kokoonpanot. Identtisille osille ohjelma antaa saman tunnuksen. Numeroinnin yhteydessä ohjelma myös laskee objektien määrät määräluetteiloita varten ja analysoi osien välisiä suhteita määrittääkseen kokoonpanot ja niiden pääosat (engl. main part). Ohjelma valitsee pääosaksi kokoonpanon painavimman objektin. Pääosa vaikuttaa siihen, kuinka ohjelma asettelee kappaleet piirustukseen. Pääosa on mahdollista asettaa tarvittaessa



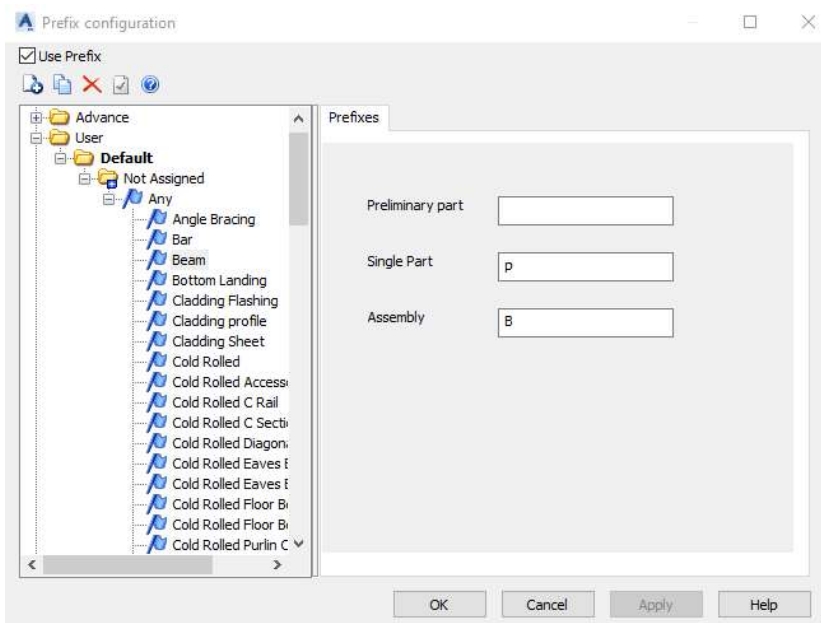
Kuvio 20. Numerointi (Autodesk 2021)

myös manuaalisesti. On suositeltavaa numeroida osat ja kokoonpanot samanaikaisesti. Kokoonpanoja ei ole mahdollista numeroida ennen osia. (About Numbering, 2018.) Tietyillä numerointimethodeilla (engl. numbering method) ohjelma antaa osille alustavan tunnuksen, joka on esimerkiksi #internal1. Alustava tunnus muuttuu varsinaiseksi tunnukseksi osapiirustuksen luonnin yhteydessä.

Kun halutaan käyttää etuliitteitä (engl. prefix) numeroinnin yhteydessä, täytyy ne panna päälle polusta Output > Part marks > Prefix configuration. Samasta sijainnista on mahdollista myös muuttaa etuliitteitä, jotka tulevat objektin tunnisteen (engl. model role) mukaan (ks. kuvio 21).

Ohjelmassa ei oletuksena ole kerros- ja lohkojakoja, joka olisi mahdollista automaattisesti formatoida numerointiin. Korjauskohteissa tämän ei pitäisi tulla ongelmaksi, koska korjausrakentamisessa tehtävät teräskokoonpanot rajoittuvat yhteen lohkon ja kerrokseen. Numerointi saadaan Ruukin konepajapiirustusten laadintaohjeen mukaiseksi asettamalla lohkon ja kerroksen tunnus staattisesti. Tarvittaessa numerointi voidaan poistaa polusta Output > Part marks > Delete part

numbers. Toggle Switch Display Sp/MP-komento määrittää vaikuttaako numeroinnin poisto osiin, kokoonpanoihin vai alustaviin tunnuksiin.



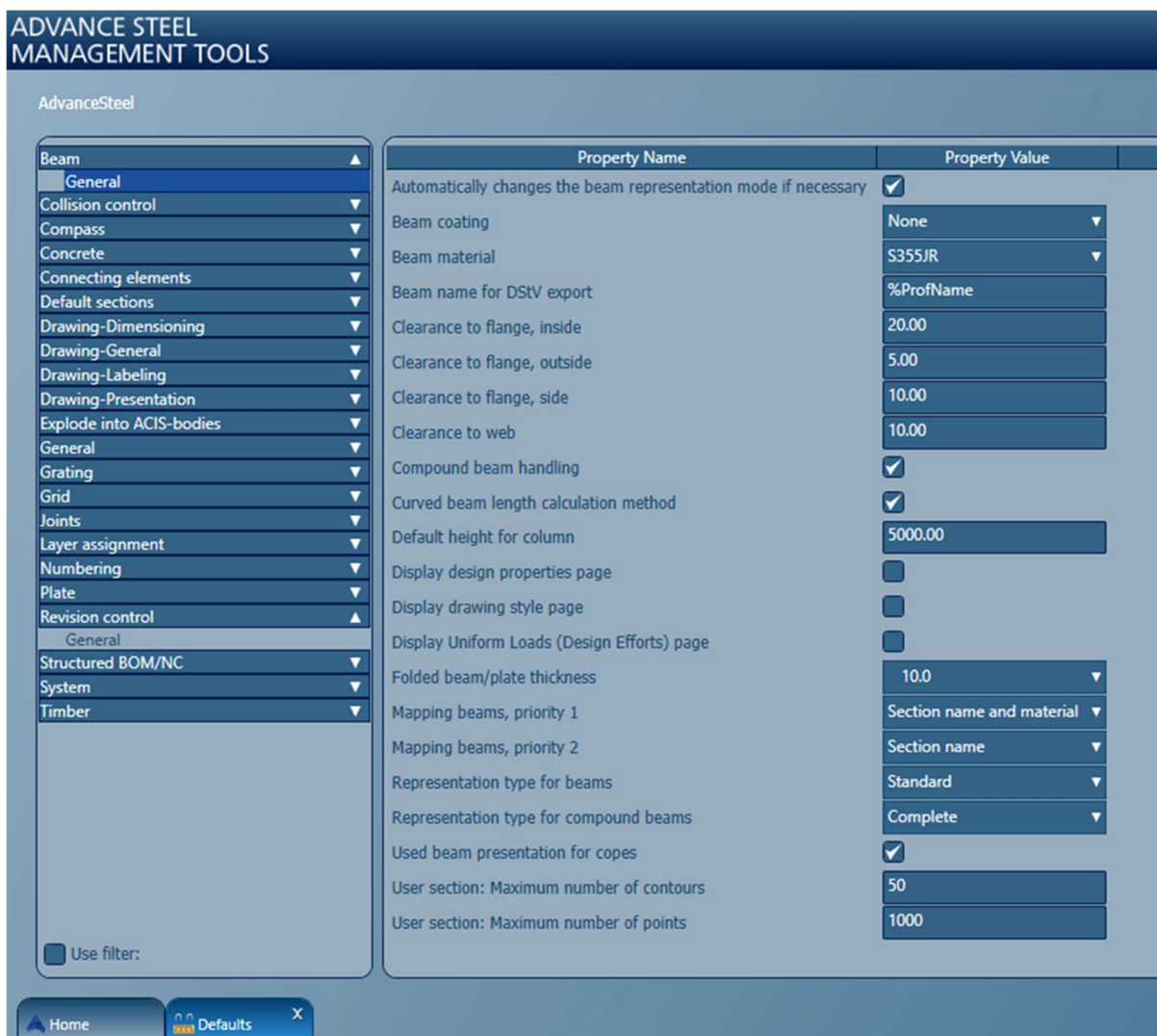
Kuvio 21. Prefix configuration -valikko (Autodesk 2021)

## 4.2 Asetukset

Erityisen tärkeää, kun Advance Steel avataan ensimmäisen kerran, on valita kansainvälinen (engl. international) ympäristö. Ympäristö tallentuu ohjelmaan sen jälkeen, kun se on ensimmäisen kerran valittu. Ohjelma ei anna mahdollisuutta valita ympäristöä uudestaan käynnistyksen yhteydessä, mutta se on mahdollista vaihtaa asetuksista. Ohjelmassa ei ole Suomi-ympäristöä. Ympäristön valinta vaikuttaa lähes kaikkiin ohjelman asetuksiin. Teräsprofiilit, joita ohjelma tarjoaa oletuksena ovat kansainvälisessä ympäristössä pääosin saksalaisten DIN-standardien mukaisia, kun taas amerikkalaisessa ympäristössä oletusprofiilit ovat taas AISC-standardin mukaisia. Suurin vaikutus ympäristöllä on piirustusasetuksiin, kuten projektiomenetelmiin, mittayksiköihin, mitoitus-tyyleihin ja -merkintöihin. Kaikki asetukset eivät oletuksena ole sellaisia, mitä Suomessa käytetään, mutta niitä on mahdollista mukauttaa yksilökohtaisesti.

### 4.2.1 Advance Steel Management Tools

Advance Steel Management Tools -valikko määrittää suurimman osan projektin oletusasetuksista, jotka vaikuttavat sekä mallintamiseen että piirustuksiin (ks. kuvio 22). Valikossa on useita eri välilehtiä, joista oletukset-välilehti (engl. defaults) on tärkein. Nimensä mukaisesti tältä välilehdeltä hallinnoidaan, kuinka ohjelma tekee asiat oletusarvoisesti. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi pilareiden korkeus, palkkien materiaali, teräslevyjen paksuus, piirustuksissa käytetty projektionen- telmä ja hitsimitta, jota ei tarvitse piirustukseen merkitä. Asetusten muokkaaminen jälkikäteen ta- pauskohtaisesti on yleensä mahdollista. Asetuksia on Advance Steel Management Tools -valikossa niin paljon, että kaikkia ei ole mielekästä käydä yksityiskohtaisesti tässä työssä läpi.

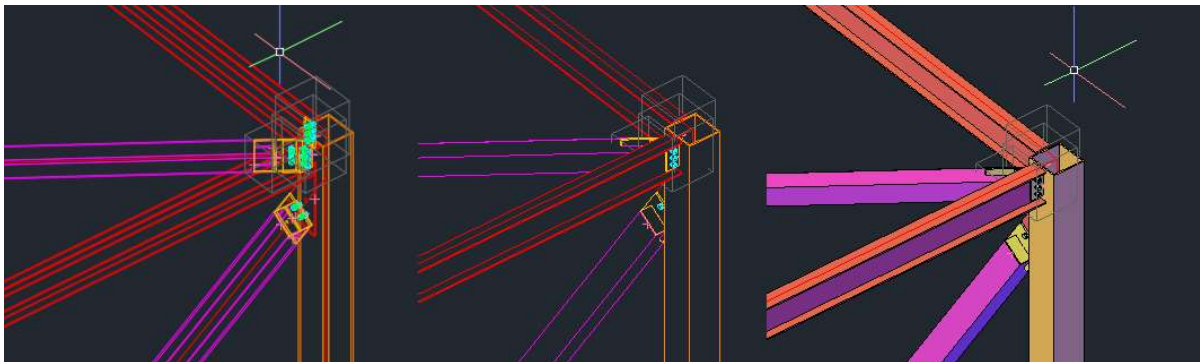


Kuvio 22. Advance Steel Management Tools -valikko, Default-välilehti (Autodesk 2021)

#### 4.2.2 Henkilökohtaiset asetukset

Advance Steel -ohjelmassa on samanlaiset tartunta-asetukset (engl. snapping) kuin AutoCAD-ohjelmassa. Suositeltavaa on yleisesti valita ainoastaan tartunta solmukohtiin (engl. node) ja kohtisuoraan (engl. perpendicular). Jos kaikki tartunta-asetukset pannaan päälle, on tartuntapisteitä liikaa ja mallintaminen hankaloituu. Tartunta-asetuksia on mahdollista muuttaa hyvin nopeasti tarpeen vaatiessa.

Advance Steelin käytön helpottamiseksi on suositeltavaa mukauttaa ohjelman visuaalista tyyliä (engl. Visual Style) tarpeen mukaan. Sauvarakenteiden mallintamiseen on suositeltavaa käyttää kaksiulotteista rautalankaesitystapaa (engl. 2D Wireframe), joka on esitetty kuviossa 23 vasemmanpuolimmaisena. Erona kolmiulotteiseen rautalankamalliin, joka on esitetty kuviossa 23 keskellä on se että, kaksiulotteinen rautalankaesitystapa piirtää myös peittoon jäävät viivat. Koska kaikki viivat ovat näkyvissä, on järjestelmäviivan ja solmupisteiden löytäminen helpompaa. Liitoksia mallintaessa suositeltavaa on käyttää käsitteellistä (engl. conceptual) visuaalista tyyliä, joka on esitetty kuviossa 23 oikeanpuolimmaisena. Myös muut realistisen näköiset visuaaliset tyylit soveltuvat liitosten mallinnukseen, koska liitoksia mallintaessa selkeys on ensiarvoisen tärkeää. Visuaalisia tyyliä on mahdollista myös luoda ja mukauttaa henkilökohtaisten mieltymysten mukaan.



Kuvio 23. Visuaaliset tyylit (Autodesk 2021)

#### 4.3 Piirustusten luominen

Advance Steel ohjelma luo piirustukset automaattisesti tässä kappaleessa mainittujen asetusten mukaisesti. Tavoitteena on, että ohjelma loisi valmistuskelpoiset piirustukset täysin itsenäisesti, jolloin suunnittelijan ei täytyisi tehdä piirustuspuolella mitään. Piirustusten luonti alkaa piirustus-

prosessi paletista (engl. Drawing processes palette). Piirustukset voidaan luoda kaikista tai vain valituista kameroista, teräsosista ja -kokoontuloista. Kameroiden käyttöön ei tässä työssä ole perehdytty. Piirustukset voidaan täyttää niin monella osalla tai kokoonpanolla, mitä paperille mahtuu tai jokaisesta osasta ja kokoonpanosta voidaan tehdä oma piirustus. Oletusarvoisesti paperikoot ovat standardin ISO 216 mukaiset eli niin sanottua A-sarjaa.

Advance Steel luo kansioapuun, johon se oletusarvoisesti tallentaa suuren osan tietomallista saatavasta dokumentoinnista, kuten materiaaliluettelot, mitoituslaskennat, piirustukset ja DSTV-tiedostot. Details eli detaljiansio-ohjelma luo piirustustiedostot DWG-tiedostoina. Revisioita varten ohjelma luo backup eli varmuuskopiokansion, johon aiemmat versiot piirustuksista säästyy.

Advance Steel -ohjelmalla on mahdollista hyödyntää useita erilaisia tiedostomuotoja, joita on esitetty taulukossa 4. Tuominen (engl. Import) tarkoittaa sitä, että malliin tuodaan toisesta tiedostomuodosta jotakin dataa. Vieminen (engl. export) sen sijaan tarkoittaa, että mallista vietään dataa toiseen tiedostomuotoon.

Taulukko 4. Advance Steel -ohjelman tukemat tiedostomuodot.

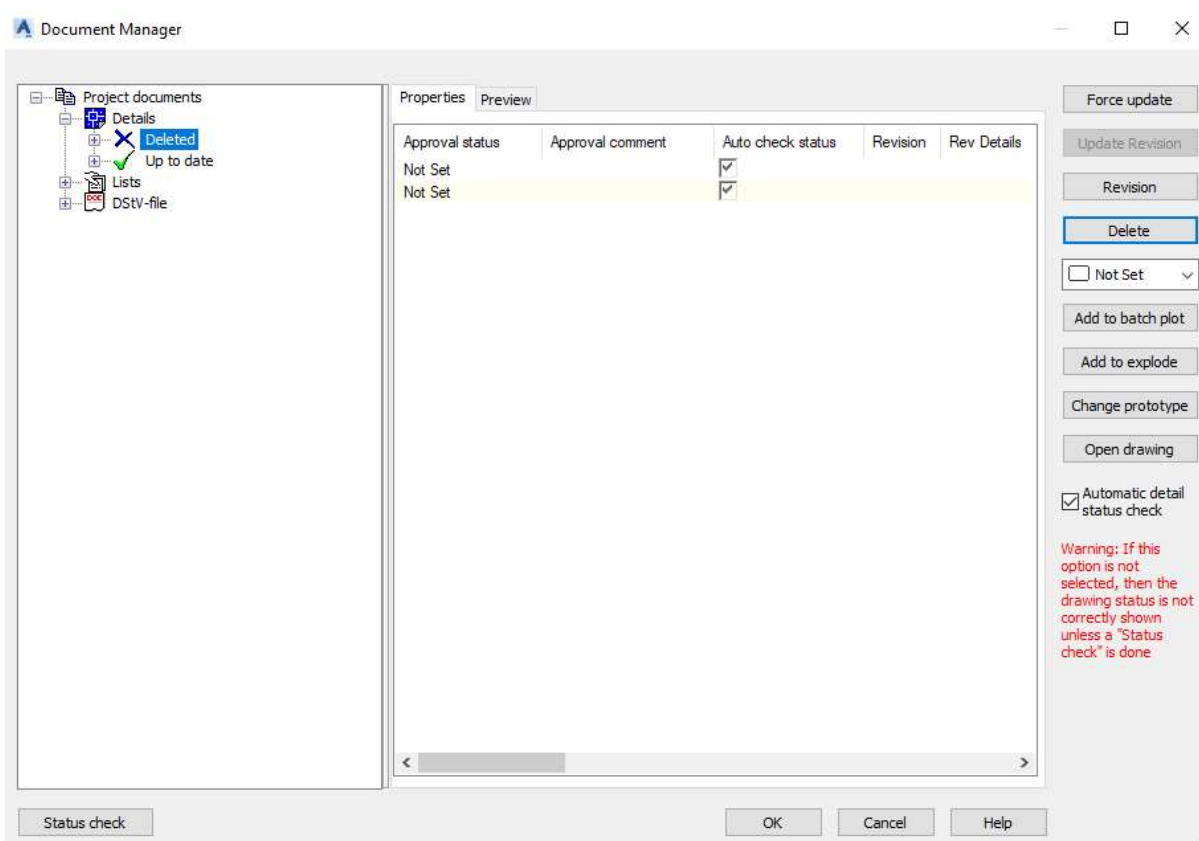
Tiedostomuoto	Nimi	Tuo	Vie	Lisätietoja
DWG	Drawing	x	x	Natiivitiedosto
SMLX (Revit)	Steel markup language	x	x	Synkronointi mahdollisuus
DWF (Navisworks)	Design web format		x	2D ja 3D
IFC	Industry foundation classes	x	x	2x3 ja MVD EM. 11
STP	CIMSteel integration standards	x	x	CIS/2
SDNF	Steel detail neutral files	x	x	Version 2.0, Version 3.0
SFR	Structural fabrication report		x	
STD	Staad® program file	x	x	
DSTV	Deutscher Stahlbau Verband	x	x	
KISS	Keep it simple, steel		x	
PML	Parametric modelling language		x	

#### 4.3.1 Document manager

Dokumenttien hallinta tapahtuu Document manager -valikosta. Valikosta on mahdollista pakottaa päivitys (engl. Force update), jolloin piirustukset päivittyvät ilman revisiomerkinä. Päivitä revisio

(engl. Update Revision) -käsky taas päivittää piirustukset revisiomerkinnoilla. Revisiionin yhteydessä aukeaa revisiovalikko, joka määrittelee revisiotaulukon sisällön. Piirustuksen poistaminen Dokument manager -valikosta ei poista piirustusta lopullisesti vaan siirtää sen sijainnin poistettuihin (engl. deleted). Jos koko piirustus halutaan poistaa, tulee sen DWG-tiedosto poistaa detaljikansiosista.

Piirustuksessa käytetyn prototyypin vaihtaminen (engl. Change prototype) tapahtuu myös Document manager -valikosta (ks. kuvio 24). Lisäksi piirustuksia on mahdollista räjäyttää (engl. Explode) useita kerrallaan, jolloin piirustukset eivät enää ole linkitettyinä malliin ja ne menettävät älykkäät ominaisuutensa. Piirustusten räjäyttämistä ei suositella missään tilanteessa.



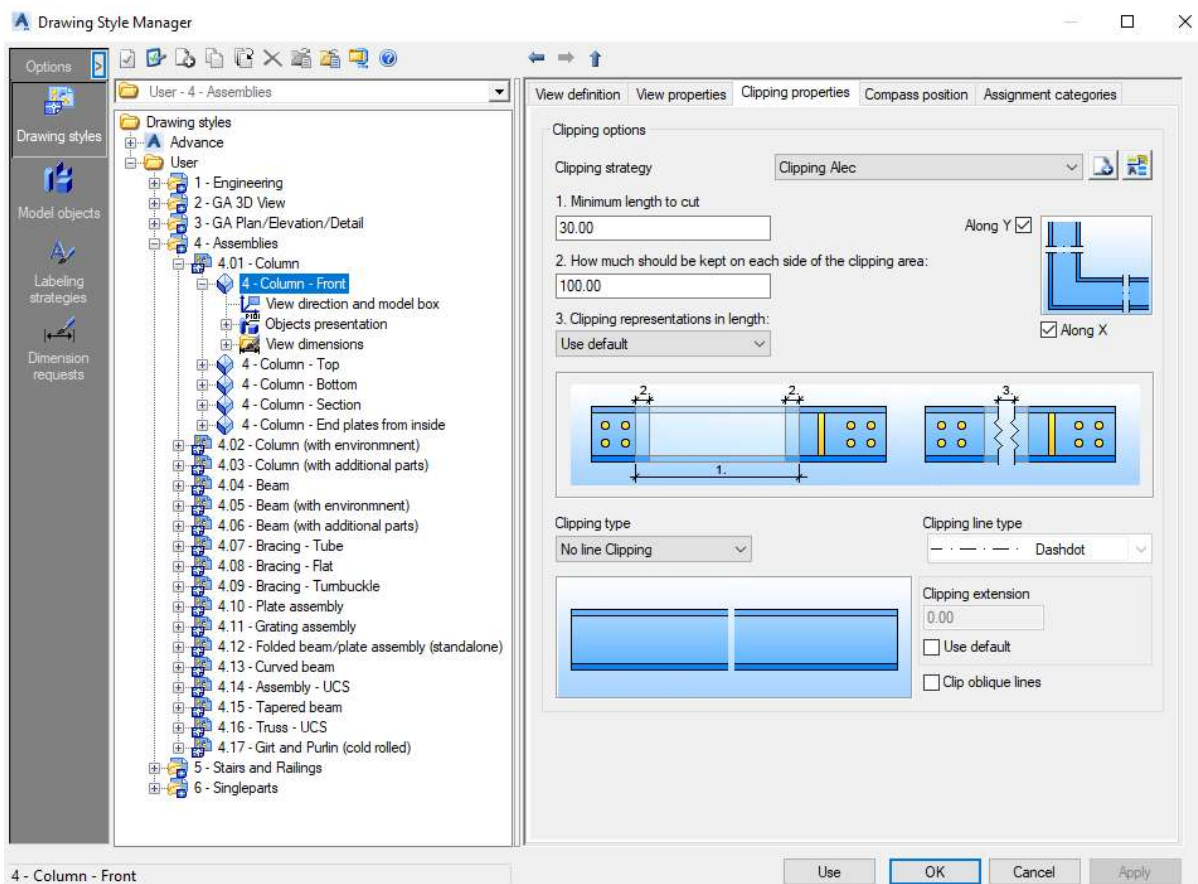
Kuvio 24. Document manager -valikko (Autodesk 2021)

Piirustuksen avaaminen (engl. Open Drawing) aukaisee piirustuksen DWG-tiedoston. Tässä tiedostossa malli (engl. Model) välilehti on täysin tyhjä ja sommitteluvälilehdellä (engl. Layout) on ohjelman tuottama piirustus. Piirustusta on mahdollista muokata käytännössä täysin samalla tavalla

kuin AutoCAD-ohjelmassa. Piirustuksissa on detaljinäkymiä (engl. detail view), jotka ovat verrattavissa AutoCADin viewport-ikkunoihin, mutta ne sisältävät älykkäitä ominaisuuksia. Lisäksi piirustuksen tulostus tapahtuu myös täysin samalla tavalla kuin AutoCAD-ohjelmassa. Piirustuksia on myös mahdollista tulostaa useita piirustuksia samanaikaisesti Document Manager -valikosta löytyvällä lisää joukkotulostukseen (engl. Add to batch plot) -toiminnolla.

### 4.3.2 Drawing style manager

Drawing style manager -valikon asetukset määrittelevät globaalisti, kuinka ohjelma luo piirustuksien näkymät automaattisesti (ks. kuvio 25). Näkymien asetuksia voi siis muuttaa yksitellen näistä asetuksista poikkeaviksi tarvittaessa. Esimerkkejä asioista, joihin pystyy näillä asetuksilla vaikuttamaan, on geometrian esitys, mitoitustyyli, mittakaavat ja kuvantojen lyhentäminen.



Kuvio 25. Drawing styles manager -valikko, edestäpäin katsotun pilarin kuvannon lyhentämisen asetukset (Autodesk 2021).



Asetukset muodostuvat ohjelmalle annetuista tapauskohtaisista säännöistä. Esimerkiksi kuvannon lyhentämiselle on mahdollista antaa erilaiset säännöt riippuen siitä, mistä suunnasta objektia katsotaan. Asetuksien säätämistä helpottaa se, että asetuksista on mahdollista tehdä erilaisia strategioita, jotka voidaan monistaa erilaisiin tapauksiin, jotta kaikkia asetuksia ei tarvitse säätää uudelleen esimerkiksi jokaiseen katsomissuuntaan tai objektityyppiin. Strategiaa muuttamalla pystytään vaikuttamaan jokaiseen tapaukseen, johon se on asetettu.

Erilaisia asetuksia on mahdollista säätää niin laajasti sekä niiden mukauttaminen on osin niin monimutkaista, että tässä työssä ei ole mitenkään mahdollista perehtyä kaikkeen. Etenkin mitoitustyylien mukauttaminen osoittautui haastavaksi. Mitoitustyyleistä tiedetään, että niiden avulla pystytään vaikuttamaan tapauskohtaisesti ainakin siihen, mihin mittaviivat sijoitetaan, miten ne ryhmitellään ja minkälaisia mitoituspäätteitä käytetään.

### **4.3.3 Prototyypit**

Prototyypit (engl. Drawing prototypes) toimivat sapluunoina piirustuksille. Prototyypit luodaan tietylle paperikoolle ja niihin voidaan sisällyttää piirustuksen raamit, nimiö, materiaaliluettelot, revisiotaulukko ja muu tarvittava lisätieto. Prototyypit ovat DWG-tiedostoja, jotka sijaitsevat Advance Steel -ohjelman asennuskansiossa tai projektikansiossa. Prototyypit tulee aina muokata Advance Steel -ohjelmalla. (Drawing Prototypes 2019).

Prototyyppien muokkaaminen on yllättävän helppoa, koska se perustuu pitkälti AutoCADistä tuttuun palikoiden (engl. Block) muokkaamiseen. Nimiön sekä raamien palikoille tulee antaa tietyt nimet, jotta ne toimivat oikein. Lisäksi, vaikka niillä on aina sama nimi, ne eivät ole prototyyppien välillä sama palikka. Palikoitten sisäisiin attribuutteihin (engl. Attribute) pystytään lisäämään älykkyyttä eli automaattisesti täyttyvää tietoa, kun käytetään ohjelman tunnistamia merkkejä (engl. Token). (Drawing Prototypes 2019). Lista Advance Steelin tunnistamista merkeistä löytyy Autodeskin verkkosivuilta.

#### 4.3.4 Materiaaliluettelot

Materiaaliluettelo (engl. Bill of materials, BOM) on yleisnimitys kaikille ohjelman luomille listauksille. Luetteloita on mahdollista tulostaa sellaisenaan PDF tai XLS tiedostomuodoissa tai lisätä sellainen osaksi piirustusta. Listauksia on mahdollista mukauttaa kattavasti, mutta siihen ei tässä opinnäytetyössä perehdytä.

## 5 Piirustusasetusten kehittäminen

Tässä luvussa kuvaillaan, millä tavalla ja minkä takia Advance Steel -ohjelman piirustusasetuksia on muokattu. Piirustukset on luotu kuvitteellisesta projektista eikä niitä ole suunniteltu valmistettavaksi. Piirustukset on luomisen jälkeen jaettu Rambollin asiantuntioille kommentoitavaksi, jotta mahdollisimman moni piirustuksen aspekti olisi huomioitu. Piirustukset ovat täysin ohjelman luomia eli niitä ei ole manuaalisesti muokattu.

### 5.1 Lähtötilanne

Ensimmäinen piirustus luotiin täysin ohjelman oletusasetuksilla, jotta saatiin käsitys siitä, minkä tasoisia piirustuksia ohjelma tuottaa ilman minkäänlaista kehitystä. Ensimmäinen piirustus luotiin fill the sheet -tyylillä, joka asettaa useita kokoonpanoja yhdelle paperiarkille, vaikka yleisesti piirustuksessa esitetään vain yksi kokoonpano. Syy tälle päätökselle oli se, että alkuun saataisiin laajempi otanta. Ensimmäinen ohjelmalla luotu piirustus on kokoonpanopiirustus ja se on esitetty liitteessä 1.

Piirustuksesta voidaan heti huomata, että ohjelma automaattisesti asettelee projektiot yhden käännön menetelmän mukaan. Yhtenä suurimpana haasteena piirustusten osalta Advance Steelin käyttöönotolle pidettiin sitä mahdollisuutta, että ohjelma pakottaa kolmen käännön menetelmän käyttämistä tai projektiot pitäisi manuaalisesti asettaa itse. Lisäksi ohjelma luo tarvittavan määrän leikkausnäkyymiä vaadittujen merkintöjen kanssa oikeasta suunnasta ja sallitussa mittakaavassa.

Ohjelma luo kokoonpanon yläpuolelle tunnisteeseen, jossa on ilmoitettu kokoonpanon tunnus, valmistettävien identtisten kokoonpanojen määrä, aihion profiili ja mittakaava. Ohjelma luo automaattisesti viiteviivoja ja yhdistää useita viiteviivoja yhteen merkintäviivaan tarvittaessa. Varusteluosien tunnukset ja määrä on esitetty piirustuksessa.

Piirustuksesta voidaan huomata, että jotkin varusteluosat on numeroitu alustavalla #internal-muotoisella tunnisteella, joka johtuu käytetystä numerointimetodista ja siitä, että niistä ei ole luotu osapiirustuksia.

Piirustuksesta puuttuu reikien kohdalta viiteviivat, mutta mikäli ne esitetään osapiirustuksessa ei niitä välttämättä tarvitse kokoonpanopiirustuksessa esittää. Ohjelma luo hitsimerkinnät vaadittuihin kohtiin asettaen merkintäviivalle ainoastaan pienahitsiä kuvaavan kolmion. Kyseinen merkintätapa on sallittu yleishitsille.

Kuvannot on piirustuksessa lyhennetty erittäin lyhyiksi, mikä ei suoranaisesti ole kiellettyä, mutta se on outo tapa esittää sauvarakenne. Lisäksi kuvanto on lyhennetty siksak-viivalla, mikä on yksi SFS-EN ISO 128-2:2020:ssä esitetyistä kuvannon lyhentämiseen käytettävistä viivatyypeistä, mutta sen käyttö Suomessa on harvinaista. Sauvarakenteet ohjelma esittää paperilla siinä asennossa, jossa ne ovat todellisuudessa eli pilarit pystyssä ja palkit vaakatasossa.

Automaattinen mitoitus, jonka ohjelma luo, on oletuksena kokonaan jonomitointusta. Tämä mitoitustyyli ei ole tehokkain mahdollinen, koska se hidastaa konepajalla tapahtuvaa prosessia. Tehokkain mitoituseriaate on yleensä perusviivamitointusta. Lisäksi aihion keskiviivaa on käytetty mitoituksen lähtöpisteenä. Tietyt mitat ovat piirustuksessa myös niin lyhyitä, että lukijalle voi jäädä epäselväksi, mihin niillä yritetään osoittaa.

Advance Steelin oletusnimiö on muodollisesti riittävä, mutta se on varustettu Autodeskin logolla. Nimiössä on itsestään täyttyviä sarakkeita kuten, materiaali, päällyste, mittakaava, päiväys, piirustus- ja revisionumero. Nimiön yläpuolella on myös revisiotaulukko. Piirustus ei sisällä muita taulukoita.

## 5.2 Ensimmäinen muutossykli

### 5.2.1 Toinen Piirustus

Ensimmäinen kehityskohde oli piirustus pohja eli prototyyppi. Kyseinen piirustus pohja on esitetty liitteessä 2. Rambollille luotiin A4 kokoinen piirustus pohja osapiirustuksille. Piirustus pohjaan kopiointiin mukauttaen nimiö AutoCADistä ja lisättiin osaluettelo. Nimiöön luotiin mittakaava ja osatunnus itsestään täyttyvinä attribuutteina.

Prototyypissä käytetty osaluettelo on yksi Advance Steelin oletuksista. Luettelo sisältää kaiken siltä vaaditun tiedon ja on sellaisenaan riittävä. Tämän yhteydessä pyrittiin myös tekemään itse mukautettu luettelo, mutta haastavuuden ja aikarajoitteiden takia ajatuksesta luovuttiin.

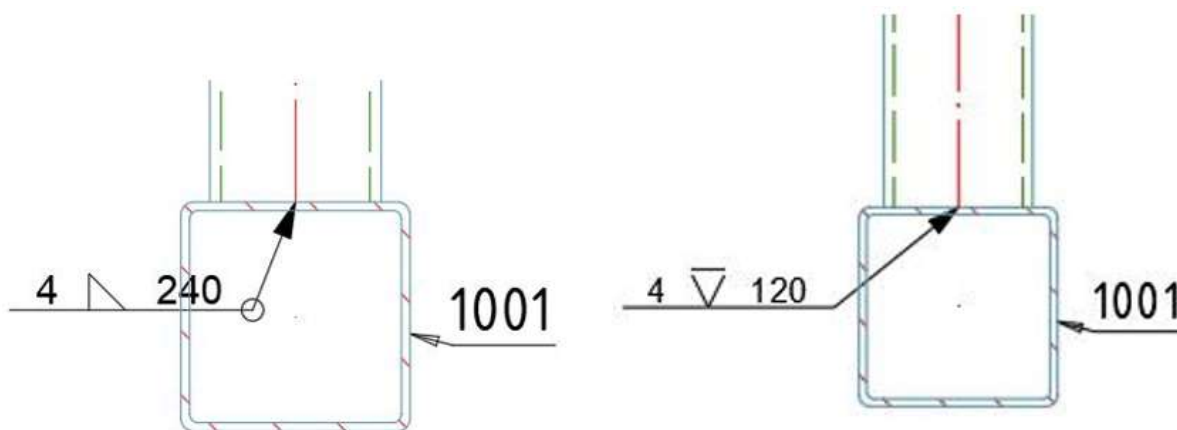
Prototyypeissä on selvästi vielä kehittämisen tarvetta, mutta tarkoituskaan ei ollut tämän työn aikana saada niitä täysin valmiiksi. Tarkoituksena oli saada ensimmäinen näyte siitä, mihin Advance Steelillä pystyy. Prototyyppejä täytyisi luoda kattava määrä eri paperiko'oilte ja piirustustyypeille, joten se ei olisi tässä työssä mielekäästä.

### 5.2.2 Kolmas piirustus

Seuraavaksi tehtiin revisio kokoonpanopiirustukseen, joka on esitetty liitteessä 3. Kokoonpanoon lisättiin päätylevy pilarin yläpäähän. Revisiopilvi näkyy jokaisessa projektiossa, jossa lisätty osa ilmenee. Revisiopilven väri on valmiissa piirustuksessa punainen, vaikka piirustuksen tulisi olla kokonaan mustavalkoinen. Revisiotaulukko on oletusasetuksilla riittävän hyvä, joten se ei vaadi kehitystä tässä vaiheessa.

Ennen piirustuksen luomista kuvannon lyhentämisen asetuksia muokattiin sillä tavalla, että leikkausviivaa ei ole lainkaan vaan kuvanto on lyhennetty Ruukin konepajapiirustusten laadintaohjeen mukaisella kahden millimetrin raolla. Lisäksi asetusta, joka määrittelee, kuinka paljon aihiota täytyy näkyä leikkauskohdan molemmilla puolilla, muutettiin kolmestakymmenestä sataan millimetriin paperilla. Tämän muutoksen ansiosta ohjelma ei enää esitä sauvarakenteita alamittaisina piirustuksissa.

Yleishitsin asetus muutettiin neljästä millimetristä nollaan millimetriin, jotta hitsin a-mitta tulisi aina piirustuksiin näkyviin. Erilaisia hitsejä ja niiden piirustusmerkintöjä selvitettiin myös tässä vaiheessa (ks. kuvio 26). Hitsimerkinnöistä ei löydetty puutteita, sillä ohjelma ilmoittaa tarvittaessa hitsin tyyppin, pituuden, pinnan muodon, ympärihitsauksen ja työmaahitsauksen. Kuviossa 26 esitetään osa kokeilluista hitseistä.



Kuvio 26. Hitsausmerkintöjä

### 5.3 Piirustusasetusten jatkokehitys

Piirustusasetuksissa on vielä jatkokehitystarpeita. Kaikki ohjelman luomat viivat ovat käytännössä saman paksuisia. Piirustuksia olisi huomattavasti helpompi lukea, jos niissä olisi käytetty erilaisia viivapaksuuksia. Ohjelmaan täytyisi myös luoda mittaviivatyöli perusviivamitoitukselle, jossa olisi asianmukaiset yhteen suuntaan kulkevat nuolenkärjet, sekä toleranssimerkinnät mahdollistava mittaviivatyöli.

Mitoitustyyliä pitäisi kehittää, jotta piirustuksista tulisi luettavia ilman, että suunnittelijan täytyy niitä muokata kovin paljoa. Dygdon ja muut (2014, 369) toteavatkin, että mittojen asettelu vaatii sellaista älykkyyttä, jota harvoin suunnitteluohjelmissa on. Tämä tarkoittaa, että tärkeät päätökset jäävät suunnittelijan tehtäväksi. Prototyypeissä ja materiaaliluetteloissa on laajasti mahdollisuuksia muokata niitä yrityksen tarpeiden ja visuaalisen ilmeen mukaiseksi.

## 6 Tulokset

### 6.1 Advance Steelin käyttäminen

Hypoteesina ennen opinnäytetyön aloittamista oli, että Advance Steel ja Revit olisivat samankaltaisia ohjelmia, koska molemmat ovat Autodeskin tarjoamia tietomallinnusohjelmia. Hyvin nopeasti kävi kuitenkin selväksi että, Advance Steel muistuttaa visuaalisesti ja käyttöliittymältään enemmän AutoCAD -ohjelmaa (ks. kuvio 8), vaikka niiden käyttötarkoitukset ovat aivan erilaiset. Yhtäläisyyksiä Revitin käyttämiseen ei juuri ole. Tämä oli oikeastaan positiivista, sillä lähes jokainen suomalainen rakennesuunnittelija osaa käyttää AutoCADiä eikä Revitin käyttäjiä ole suhteessa kovin monta. Kun rakennesuunnittelija osaa käyttää AutoCAD -ohjelmistoa, on Advance Steelin käytön opettelu kohtuullisen helppoa verrattuna vastaaviin ohjelmiin. Kaikki pikakomennot, jotka toimivat AutoCAD:ssä toimivat samalla tavalla myös Advance Steelissä. Advance Steelin käyttäminen on myös intuitiivisempaa kuin vastaavien ohjelmien, mikä helpottaa ohjelman opettelua.

Tässä työssä perehdyttiin Advance Steelin käyttämisen perusteisiin. Kappaleessa viisi on riittävä määrä tietoa, että lukija saa perusedellytykset ohjelman käyttämiseen. Työssä on pyritty myös antamaan esimerkkejä ja suosituksia, joiden avulla ohjelman käyttäminen olisi tehokkaampaa.

Rambollille on luovutettu kaikki työn aikana luotu materiaali, jota voidaan käyttää hyödyksi Advance Steelin käyttöönottamiseksi. Tärkein luovutetuista materiaaleista on ilmanvaihtokonehuoneen rungon tietomalli, joka luotiin esimerkkiprojektiksi. Tietomallista on mahdollista kopioida siinä käytettyjä liitosmakroja tuleviin projekteihin.

### 6.2 Advance Steelistä saatavat piirustukset ja muu dokumentointi

Advance Steelillä pystytään luomaan konepajapiirustuksia, jotka täyttävät suomalaisten konepajojen vaatimukset. Oletusasetuksia täytyy muuttaa, jotta piirustuksista saadaan laadukkaampia. Tämä tarkoittaa, että käyttöönotto vaatii kehitystyötä yritykseltä alkupainotteisesti. Mukauttamisvaihtoehtoja ohjelma tarjoaa erittäin kattavasti yrityksen ja konepajan vaatimusten mukaan.

Työn aikana piirustusasetuksien kehittäminen aloitettiin ja niitä parannettiin niin paljon, kun rajallisessa ajassa oli mahdollista. Lisäksi piirustusasetusten jatkokehitystarpeet on huomioitu ja ne on

todettu mahdolliseksi. Rambollille on luovutettu kaikki piirustusasetukset, joita on työn aikana tehty. Toimeksiantajaa suositellaan jatkokehittämään piirustusasetuksia ensimmäisten projektien rinnalla ohjelmaan perehtyneen henkilön toimesta.

Advance Steelillä pystytään myös luomaan muu konepajojen vaatima dokumentaatio. Konepajapiirustusten laadintaohjeen (2016, 44) mukaan piirustusten lisäksi konepajoille on toimitettava piirustusluettelo sekä SAP- ja DSTV-tiedostot.

### **6.3 Käyttölaajuus Ramboll-konsernissa**

Käyttölaajuutta Rambollin sisällä tiedusteltiin yrityksen sisäisen Yammer-kanavan sekä ennalta tiedossa olevien kontaktien avulla. Työn aikana Rambollin sisältä löytyi yksi toimiala, jossa Advance Steel on käytössä. Iso-Britanniassa transport-yksikössä ohjelmaa käytetään portaalien tietomallinnukseen. Portaalit ovat rakenteita, mitkä kannattelevat valaisimia, opastustauluja, liikennevaloja tai liikennemerkkejä (Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje 126). Haastattelin Tom Channellia Ramboll UK:sta, koska hänellä on kattava kokemus Advance Steelin käytöstä. Hyvin nopeasti kävi kuitenkin ilmi, että Iso-Britanniassa mallinnetaan Advance Steelillä, mutta niistä ei kuitenkaan tehdä konepajasuunnittelua Rambollissa, joten enempiä haastatteluita ei enää tehty.

Ramboll UK on tehnyt kattavaa kehitystyötä mallinnusprosessien automatisoimiseksi. Tom Channellin (2021) mukaan portaalien suunnittelu on automaation ansiosta saatu lyhennettyä noin viikon työpanoksesta tuntiin. Portaalien suunnittelu on saatu niin nopeaksi, koska Ramboll UK on luonut standardoidun systeemin tarjoamistaan portaalimalleista. He ovat automatisoineet mallinnuksen luomalla C# -ohjelmointikielellä skriptin, joka mallintaa automaattisesti halutun portaalityyppin asetettujen parametrien mukaan perustuen standardoituun kirjastoon.

### **6.4 Advance Steel ja Revit -ohjelmien yhteiskäyttö**

Advance Steelin ja Revitin tehokas yhteiskäyttö oli yksi vaatimuksista, jotta Advance Steelin käyttö olisi järkevää aloittaa. Työn aikana tietomallin siirtämistä ohjelmien välillä koeajettiin ja se todettiin sujuvaksi.

Advance Steel ja Revit toimivat keskenään saumattomasti SMLX tiedostomuodon avulla. Synkronoinnin avulla molemmat tietomallit pystytään pitämään jatkuvasti ajan tasalla. Kaikki tarvittava projektissa, objekteissa ja makroissa oleva tieto säilyy tiedonsiirron myötä. Revit ja Advance Steel tukevat samoja liitosmakroja, joten makrojen toiminnallisuus säilyy molemmissa ohjelmissa. Advance Steelin profiilit ja materiaalit täytyy linkittää vastaaviin Revitin familyihin ja materiaaleihin ensimmäisen tiedonsiirron yhteydessä.

## 7 Pohdinta

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, että pystytäänkö Advance Steel ottamaan Rambollissa käyttöön korjausrakentaminen ja tutkimukset -yksikössä. Jotta ohjelman potentiaalista saatiin mahdollisimman laaja käsitys opinnäytetyön aikana, oli kehitystyön tekeminen välttämätöntä. Kehitystyötä saatiin tehtyä hyvä määrä ottaen huomioon opinnäytetyölle varattu aika. Olisi ollut epärealistista ajatella, että tämän työn jälkeen Advance Steelin käyttö ei enää vaatisi kehitystä toimeksiantajayrityksessä. Samoin Hanifan (2010, 3) painottaa sitä, että piirustusten täytyy täyttää sopimusten mukaiset vaatimukset ja yrityksen standardit.

Opinnäytetyöstä teki erityisen haastavan se, että Advance Steel on täysin uusi ohjelmisto Suomen markkinoilla, eikä siitä ole kirjoitettu mitään suomen kielellä. Suuri osa työhön käytetystä ajasta kului ohjelman omatoimiseen opetteluun, koska sen käytöstä ei ollut ollenkaan kokemusta. Näistä syistä tutkimus on merkittävä, koska se tuo täysin uutta tietoa suomen kielellä. Suomessa tuoteosasuunnitteluun on käytetty käytännössä vain yhtä mallinnusohjelmistoa, joten tällä työllä on potentiaalia luoda kilpailua sille osa-alueelle rakennesuunnittelussa. Syvällisempi erilaisten tietomallinnusohjelmien vertailu tapahtuu myöhemmin osaprojektien aikana.

Toinen opinnäytetyön tärkeimmistä tavoitteista oli selvittää Advance Steelin käyttölaajuutta Ramboll-konsernissa. Syy siihen, että Rambollin sisältä ei löydetty Advance Steelin käyttäjiä lähes ollenkaan on se, että kansainvälisesti työnjako rakennesuunnitteluprosessissa on hieman erilainen kuin Suomessa. Kansainvälinen tyyli on, että rakennesuunnittelija määrittelee rakenteen kuormat ja primäärirakenteiden profiilit, jolloin tuoteosasuunnittelu liitoksineen sisällytetään konepajalle (Pere 2016, luku 14; Dygdon ym. 2014, 717, 723). Tämä tarkoittaa sitä, että Rambollilla ei ole muissa maissa tarvetta konepajasuunnitteluun painottuneelle ohjelmalle.



Jos konepajasuunnittelua olisi tehty Rambollin sisällä Advance Steelillä muissa maissa, olisi siitä ollut yritykselle suuri hyöty. Muissa maissa tehtyä kehitystyötä olisi mahdollisesti voitu hyödyntää ja haastatteluihin olisi saatu laajempi otanta. Etenkin Euroopan sisäisestä käytöstä olisi ollut paljon hyötyä, koska vaatimukset konepajapiirustuksille ovat lähempänä Suomalaisia vaatimuksia kuin esimerkiksi Pohjois-Amerikkalaisia.

Toimeksiantaja pystyi hyödyntämään tutkimusta päätöksessään Advance Steelin käytön aloittamiseen. Opinnäytetyöstä saatiin vielä laajempi hyöty kehitystyönä luodun materiaalin ja perehtyneen henkilön avulla. Käyttö aloitettiin osaprojektiluontoisesti, irrotettuna varsinaisesta projektista. Osaprojekteissa tullaan mittaamaan suunnitelmatuotosten laatua sekä konepajasuunnitelmien laadinnan ajankäyttöä.

## **7.1 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys**

Tutkimuksen reliabiliteettiä voidaan pitää hyvänä, sillä tietokoneohjelman pitäisi antaa samanlaiset tulokset, kun sille syötetään samat lähtötiedot. On kuitenkin mahdollista, että tässä työssä tehdyt havainnot eivät pidä enää paikkaansa, kun Advance Steeliä päivitetään ja uusia ohjelmaversioita julkaistaan.

Teoreettinen viitekehys pohjautuu suureksi osaksi Ruukin konepajapiirustusten laadintaohjeeseen, joten muilla konepajoilla voi olla omia, tässä työstä esitetyistä esitystavoista poikkeavia käytäntöjä. Tämä myös tarkoittaa sitä, että tutkimus ei ole täysin yleistettävissä, vaikka Ruukin ohjeistusta pidetään korkeatasoisena. Työn lähteiden luotettavuus on korkealla tasolla, joten tuloksia voidaan pitää valideina.

Advance Steelin käytön osaaminen on arvokasta, jos ohjelma otetaan käyttöön, joten positiivisen kuvan antaminen ohjelmasta on minulle työelämän kannalta hyödyllistä. Siitä syystä on ollut mahdollista olla tutkijana täysin objektiivinen sen suhteen, että kannattaako Advance Steeliä alkaa käyttämään Rambollissa. Työssä on kuitenkin pyritty olemaan niin objektiivinen kuin mahdollista nämä seikat huomioon ottaen.

Haastattelulle henkilölle kerrottiin haastattelupyynnön yhteydessä, mihin tarkoitukseen häntä haastatellaan, kuinka pitkään haastattelu kestää ja haastattelun tallentamiseen pyydettiin lupa.

Haastattelun jälkeen haastatellulta pyydettiin erillistä lupaa siteerata häntä ja sitaatti alkuperäisellä kielellä on pantu liitteeksi, jotta mitään ei menetetä käännösprosessissa.

## 7.2 Kehitys- ja jatkotutkimusehdotukset

Opinnäytetyö oli rajaukseltaan laaja, koska opinnäytetyön aihealue on täysin uusi. Advance Steeliin liittyy useita asiakokonaisuuksia, joita olisi mahdollista tutkia paljon syvällisemmin. Ensimmäiset projektit, joita ohjelmalla mahdollisesti toteutetaan paljastavat varmasti vielä lisää jatkokehitystoimenpiteitä. Uskon, että Rambollin sisällä tehdään vielä kattavasti kehitystyötä ohjelman käyttöominaisuuksien kanssa.

Advance Steelin ja Robotin tai Advance Designin yhteiskäytön tutkimisella olisi potentiaalia viedä työteho aivan uudelle tasolle. Tällä tavalla tietomalli, tuotesasuunnittelu ja rakennusosien mitoitus voitaisiin toteuttaa käytännössä yhdellä mallilla säästämällä näin työaikaa. Siitä, kuinka paljon Advance Steelissä luotua mallia pystytään hyödyntämään Robotissa tai Advance Designissa, ei ole tietoa. Lisäksi Advance Steelin oman liitostenmitoitustyökalun käytön tutkiminen olisi hyödyllistä.

Tässä työssä perehdyttiin Advance Steelin piirustusasetusten kehittämiseen, mutta niitä voitaisiin tutkia vielä lisää. Tutkimus, joka perehtyisi syvällisesti ohjelman piirustusasetuksiin ja etenkin piirustusluonnin automatisoimiseen voisi kehittää työtehoa paljon. Lisäksi Advance Steelin käyttäminen mitta-, linja- ja leikkauspiirustusluomiseen olisi hyödyllistä tutkia. Myös mallinnuksen automatisoiminen, kuten Ramboll UK:ssa portaalien mallinnus on automatisoitu, on alue, jota olisi hyvä tutkia. Mallinnuksen automatisoiminen vaatisi kuitenkin yritykseltä jonkinlaista tarjonnan standardoimista ja kehittäjältä ohjelmointitaitoa.

## Lähteet

About Coordinate Systems. 2018. Viitattu 3.3.2021. Autodesk <https://knowledge.autodesk.com/support/advance-steel/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/AdvSteel-3Dmodeling/files/GUID-61BD7619-DB8B-40BA-8323-230D2BB0B25B-htm.html>

About Numbering. 2018. Autodesk Viitattu 1.3.2021 <https://knowledge.autodesk.com/support/advance-steel/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/AdvSteel-Numbering/files/GUID-AA460BE5-11DA-4E18-B878-3E878F880787-htm.html>

About us. N.d. Graitec. Viitattu 22.4.2021 <https://us.graitec.com/company/>

Advance Steel User's Guide. 2015. Autodesk. Viitattu 3.3.2021 [https://download.autodesk.com/us/Advance\\_Steel/2015/AS-User-guide-2015-EN-Metric-140408.pdf](https://download.autodesk.com/us/Advance_Steel/2015/AS-User-guide-2015-EN-Metric-140408.pdf)

Benefits of BIM. N.d. Autodesk. Viitattu 19.1.2021 <https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim>

Channell, T. 2021. Yhtiökumppani. Ramboll UK. Haastattelu.

Drawing Prototypes. 2019. Viitattu 8.3.2021. <https://knowledge.autodesk.com/support/advance-steel/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/AdvSteel-Drawings/files/GUID-00036924-E652-4D4A-B121-B0CE96859CE5-htm.html>

Dygdon, J. Giesecke, F. Goodman, M. Hill, I. Lockhart, S. Novak, J. Spencer, H. 2014. Technical Drawing with Engineering Graphics. 14. p. Harlow: Pearson Education.

Dygdon, J. Giesecke, F. Hill, I. Mitchell, A. Novak, J. Spencer, H. 2003. Technical Drawing. International Edition. 12. p. New Jersey: Pearson Education.

Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.

Freeman, M. 1984. History, Narrative, and Life-span Developmental Knowledge. Human Development 27, 1-19. Viitattu. 30.4.2021. <https://www.jstor.org/stable/26765077>

Green, B. Johnson, C. Adams, A. 2006. Qualitative Research Methods. Journal of chiropractic medicine. 5, 3, 101-117. Viitattu. 30.4.2021. [https://www.academia.edu/36837989/Writing\\_narrative\\_literature\\_reviews\\_for\\_peer\\_reviewed\\_journals\\_secrets\\_of\\_the\\_trade](https://www.academia.edu/36837989/Writing_narrative_literature_reviews_for_peer_reviewed_journals_secrets_of_the_trade)

Hanifan, R. 2010. Reduce your engineering drawing errors: preventing the most common mistakes. New York: Momentum Press.

Hardin, B. McCool, D. 2015. BIM and Construction Management. 2. p. Indianapolis: John Wiley & Sons.

Harju, P. 2007. Teknisen piirtämisen perusteet. 3. p. Hamina: Penan Tieto-Opus.

Heikkilä, M. 2001. Tekniset piirustukset. 2–4. p. Helsinki: WSOY.

History. N.d. Graitec. Viitattu 22.4.2021 <https://us.graitec.com/company/>

Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje. Tampere: Rakennustieto.

Kananen, J. 2017. Kehittämistutkimus interventiotutkimuksen muotona. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Konepajapiirustusten laadintaohje. Versio 1.4. 2016 Ruukki Construction.

Maguire, D. Phelps, N. Simmons, C. 2012 Manual of Engineering Drawing. 4. p. Oxford: Elsevier.

Ongelin, P. & Valkonen, I. 2010. Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. Hämeenlinna: Rautaruukki.

Ongelin, P. & Valkonen, I. 2012. Rakenneputket EN 1993 -käsikirja. Hämeenlinna: Rautaruukki.

Pere, A. 2016. Koneenpiirustus 1 & 2. 12. p. Espoo: Kirpe.

Pirttinen, V. 2020. Tietomallit tuovat digitaalisuutta rakentamiseen. Viitattu 19.1.2021. <https://www.tequ.fi/en/tietomallit-tuovat-digitaalisuutta-rakentamiseen/>

Rakentaminen teräksestä. N.d. Teräsrakenneyhdistys. Viitattu 22.4.2021. <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/rakentaminen-teraksesta/>

Räsänen, H. 2014. Kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät. Viitattu 8.2.2021. <https://docplayer.fi/11241987-Kvalitatiiviset-tutkimusmenetelmat-henrik-rasanen-tekniikan-tohori-kauppatieteiden-lisensiaatti.html>

Rathnam, K. 2018. A First Course in Engineering Drawing. Cuddalore: Springer nature.

Rob Merriman. 2019. Checking Your Advance Steel Model. Graitec. Viitattu 26.2.2021 <https://www.graitec.co.uk/blog/entry/checking-your-advance-steel-model>

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Opetusjulkaisu. Vaasan Yliopisto. Viitattu 23.4.2021 [https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)

SFS-EN ISO 128-2:2020 Tekninen tuotedokumentointi. Yleiset esittämisperiaatteet. Osa 2: Perussäännöt viivatyypeille. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 28.8.2020. Viitattu 24.4.2021. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

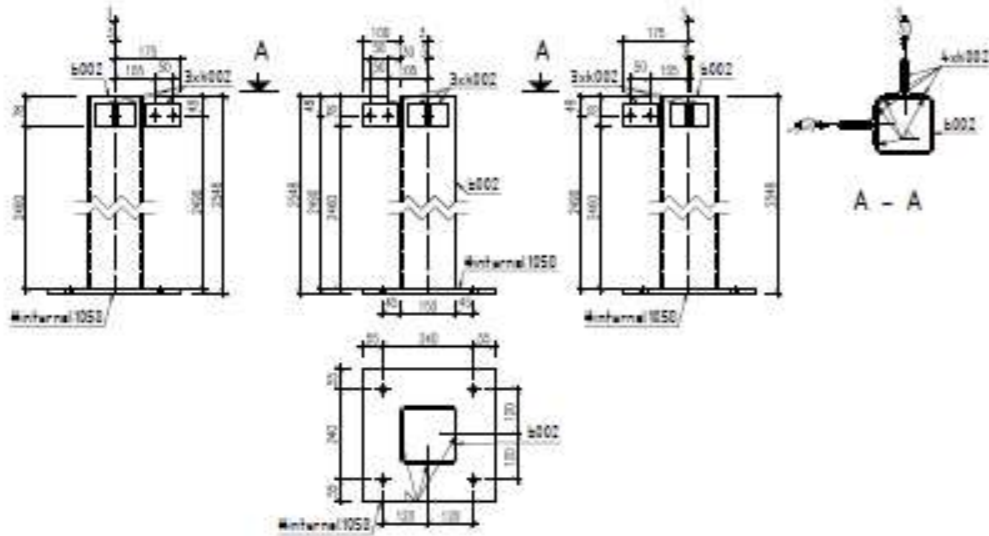
SFS-EN ISO 128-22. Tekniset piirustukset. Yleiset esittämisperiaatteet. Osa 22: Viiteviivojen ja merkintäviivojen perussäännöt ja soveltaminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 07.9.2009. Viitattu 24.4.2021. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN ISO 2553:2019. Hitsaus ja sen lähiprosessit. Piirustusmerkinnät. Hitsausliitokset. Vahvistettu 26.4.2019. Viitattu 24.4.2021. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

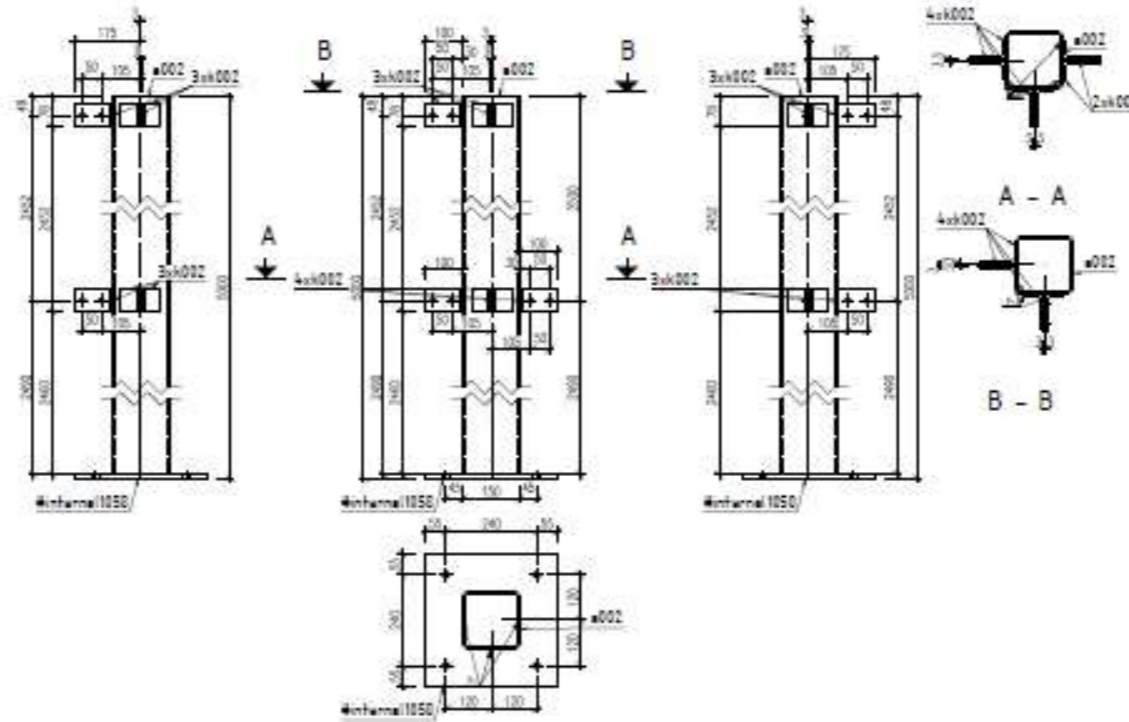
SFS-EN ISO 5456-2. Tekniset piirustukset. Projisointimenetelmät. Osa 2 Kohtisuorat yhdensuuntaisuusprojektiot. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 27.3.2000. Viitattu 24.4.2021. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

## **Liitteet**

3x **A003** RHC150x6 - 1:10

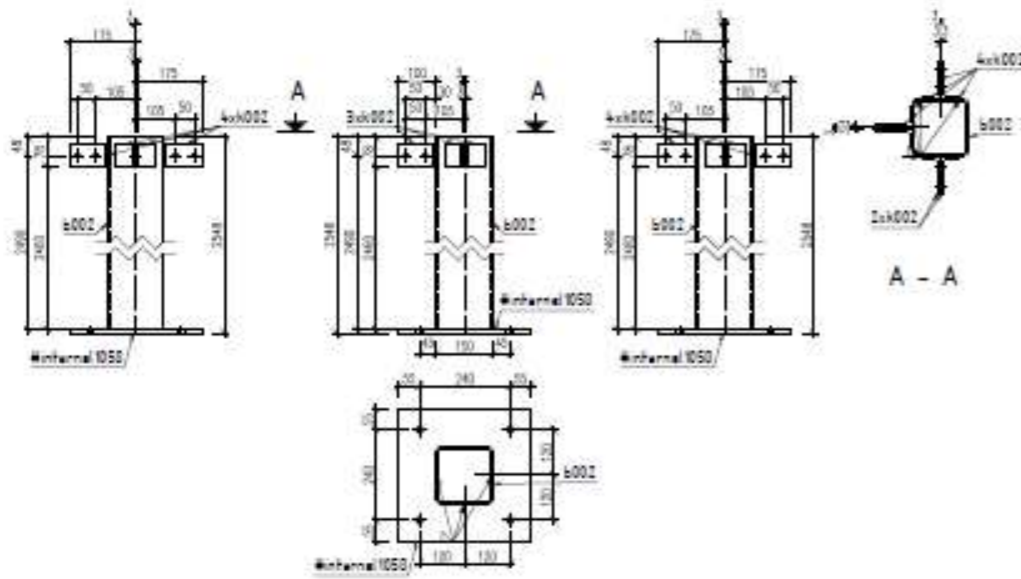


1x **C003** RHC150x6 - 1:10

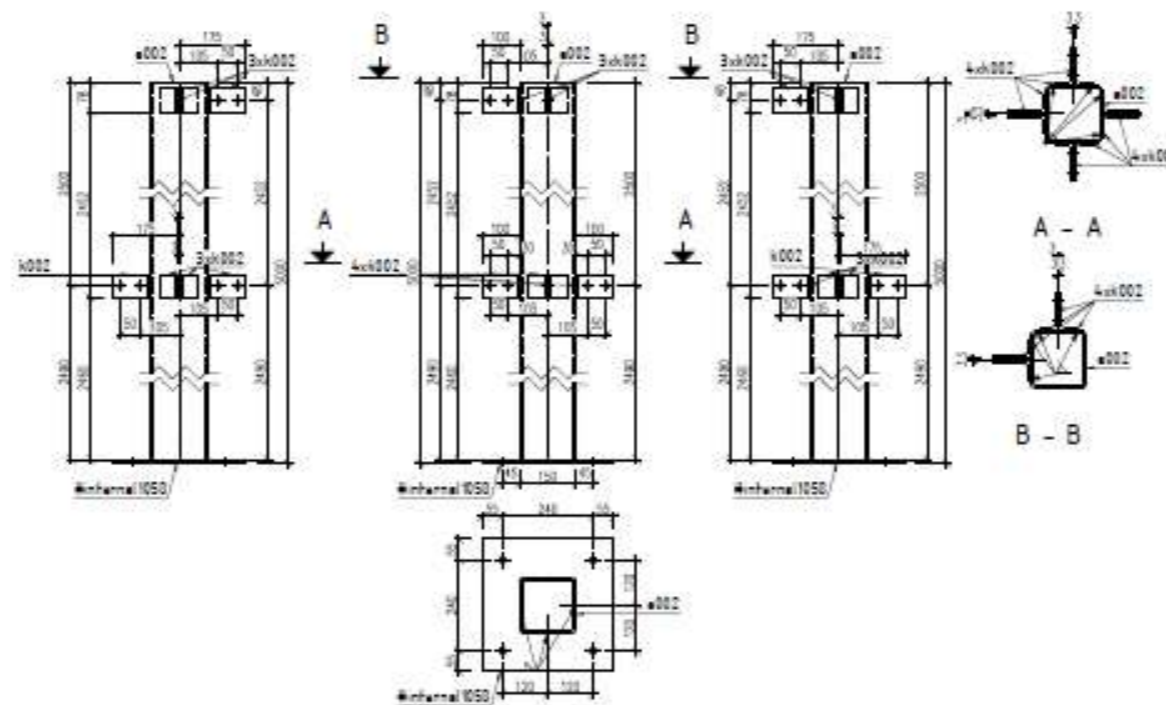


Liite 1. Ensimmäinen piirustus

1x **B003** RHC150x6 - 1:10



1x **D003** RHC150x6 - 1:10



Index	Date	Author	Description
Building			
Location			
Client			
Project			
Model DWG Drawing1			Draw
Status	Comment		
Order	Date	Name	
Designer			
Checker			
Coating			
Material			
Scale	Project No.	Drawing Num.	
1:10		003	

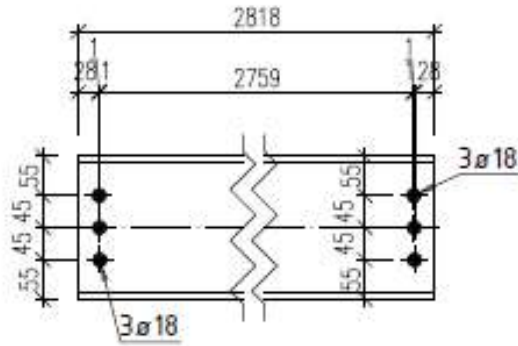
Autodesk

RevQ

Mark	Quantity	Description	Length	Grade	Part weight	Total weight
p2001	4	IPE200	2818	S355J2H	63.1	252.5
	4	Combined Total				252.5

## Liite 2. Toinen piirustus

4x **p2001** IPE200  
S355J2H - 1:10

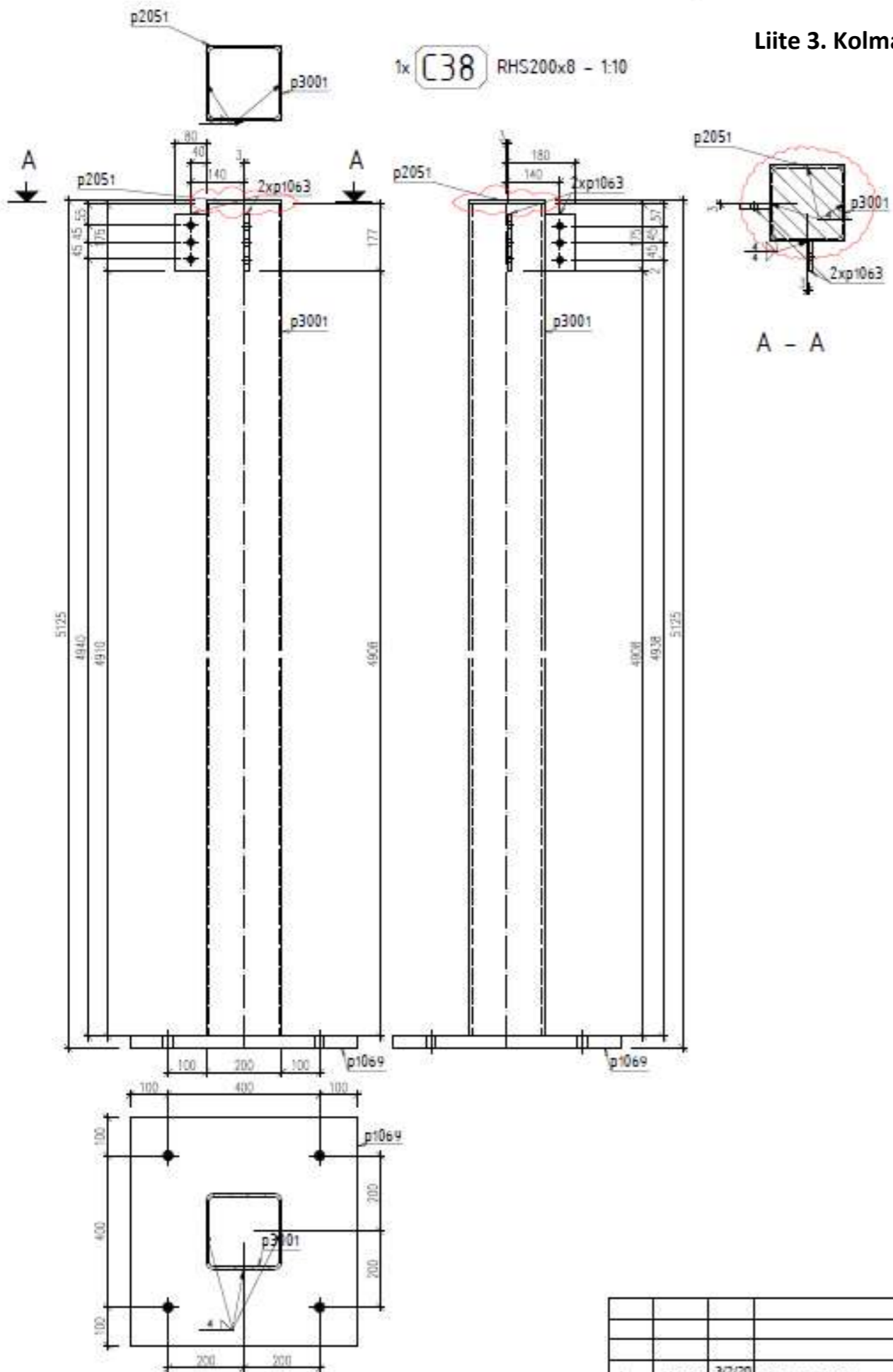


Rakennuskohteen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö		Mittakaava
<b>HARJOITUSNIMIÖ</b> <b>HARJOITUSKATU 1</b> <b>40100 JYVÄSKYLÄ</b>		<b>OSAPIIRUTUS</b> p2001		<b>1:10</b>
 Ramboll Finland Oy Ylistönmäentie 26 40500 Jyväskylä puh. 020 755 611 etunimi.sukunimi@ramboll.fi		Hallin. kiint. (nro)		Hallinnollinen kiinteistö (nimi)
		Kiinteistö (nro)		Hankennumero ja nimi
		Rakennus (nro)		Rakennus (nimi)
Piirt.	Suunnittelija (nimi, tutkinto, allekirj.)	Työnumero	Suunnitteluala ja piirustusnumero	
Päiväys	Vastuullinen suunnittelija	Nimen selvennys ja koulutus	<b>RAK</b>	
			Muutos	



Liite 3. Kolmas piirustus

1x **C38** RHS200x8 - 1:10



Mark	Quantity	Description	Length	Grade	Part weight	Total weight
C38	1	RHS200x8				
p3001	1	RHS200x8	5085	S355J2H	236.45	236.45
p1069	1	PL 30x600x600	600	S355JR	84.78	84.78
p2051	1	PL 10x200x200	200	S355JR	3.14	3.14
p1063	2	PL 10x80x150	150	S355JR	0.94	1.88
One assembly weight:					326.26	326.26
Combined Total						326.26

Index	Author	Date	Description
A	ALECM	3/2/2021	Lisätty päästely

**Autodesk**

ASSEMBLY DRAWING			
Project : N° :		Pos Num : C38	
Status : Not Set		Scale : 1:10	
Date : 3/2/2021		Detailer :	
Client :		Material : S355J2H	
		Revision Date : 3/2/2021	
		Index : A	

**Liite 4. Tom Channellin sitaatti alkuperäisellä kielellä**

“The design of gantries has been shortened from a week’s worth of work to a couple of hours thanks to automation. Designing has been made so fast because it is built on a defined standardized system. Ramboll UK has automated the modelling by creating C# scripts that model the desired gantry according to the parameters set and based on a standard library.”