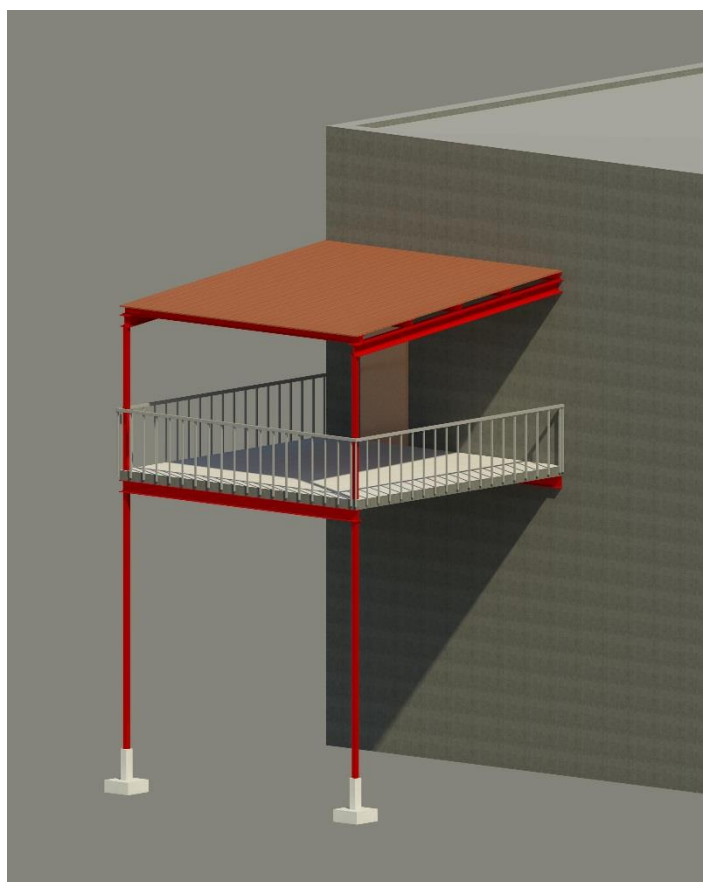


Tarmo Lähdesmäki

# RAKENNETERÄSOSIEN TUOTANTO- PIIRUSTUSTEN LAADINTA REVIT – OHJELMISTOLLA



Rakennusinsinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Kevät 2016



KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## TIIVISTELMÄ

**Tekijä(t):** Lähdesmäki Tarmo

**Työn nimi:** Rakenneteräsosien tuotantopiirustusten laadinta Revit-ohjelmistolla.

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), rakennustekniikka

**Asiasanat:** Rakennesuunnittelu, teräsrakenteet, mallinnus, konepaja

Tämä insinöörityö tehtiin Insinööritoimisto Savolainen Oy:n alakonttorille, Suunnittelutoimisto Määtälle, vuosien 2015 ja 2016 vaihteessa. Toimisto tuottaa asiakkailleen monipuolisesti arkkitehti- ja rakennesuunnittelua, ja ongelmaksi oli noussut rakennustuoteasetuksen voimaantulon myötä teräsrakennesuunnittelun kohonnut vaatimustaso. Toimiston rakennesuunnitteluosaston käytössä oleva ohjelmisto, Autodesk Revit, toimii sellaisenaan huonosti tuotantopiirustusten laatimisessa, joten opinnäytetyöksi valikoitui selvitys, miten ohjelmistolla pystyisi laatimaan teräsrakennneosien tuotantopiirustuksia kustannustehokkaasti.

Standardissa SFS-EN 1090-1+A1 määritellään teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus rakennesuunnittelijan näkökulmasta. Standardissa määrätään tarkoin teräsrakenteiden tekniset vaatimukset, mutta rakennesuunnittelijan ei tarvitse tarkoin tuntea kaikkia esimerkiksi hitsaamiseen tai teräksen leikkaamiseen liittyviä asioita. Tässä opinnäytetyössä määritellään teräskokoonpanojen tuotanto-, esikäsitteily- ja pintakäsittelyluokat ja selostetaan, millä perusteella suunnittelijan on luokat valittava. Lisäksi selostetaan toteutus- ja kokoonpanoeritelmien laadinta.

Tuotemallinnuksen kautta pystytään suunnittelun laatua ja suunnitelmien havainnollisuutta parantamaan. Teräsrakenteiden osalta mallinnuksen avulla voidaan tutkia osien yhteensopivuutta etukäteen, jolloin virheiden riski pienenee. Revit-ohjelmisto on joustava ja monipuolinen työkalu tuotemallinnukseen. Ohjelmaan ladataan suunnittelulementtejä, joihin voi geometriatietojen lisäksi syöttää rajattomasti parametritietoa, joka on myöhemmin käytettävissä taulukoinnissa. Kaikki on säädettävissä, mikä tarjoaa rajattomasti mahdollisuuksia ohjelman käyttöön. Haittapuolena on, että ennen kuin ohjelmaa voidaan käyttää, on tehtävä paljon valmisteluja.

Käytännön työtä varten luotiin mallikohte teollisuusalueen parvekerakenteesta, jonka teräsosien tuotantopiirustukset laadittiin Revitillä. Mallikohteen parissa työskennellessä oli suunniteltava samalla työskentelytapaa yleisellä tasolla ja oli tehtävä paljon valmisteluja, jotta seuraavat projektit olisi helpompi toteuttaa. Tarkemmin työprosessi on selostettu liitteessä.

Revit ei ole lähtökohtaisesti optimaalinen ohjelma teräsrakenteiden tuotantopiirustusten laatimiseen. Ohjelma on kuitenkin muokattavissa myös siihen soveltuvaksi ja lisäosilla työstä on mahdollista jalostaa myös kustannustehokasta.

## ABSTRACT

**Author(s):** Lähdesmäki Tarmo

**Title of the Publication:** Using Revit for Creating Shop Drawings of Structural Steel Elements.

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Construction Engineering

**Keywords:** Structural Engineering, Structural Steel, Modeling, Metal Workshop

This thesis was produced for Insinööritoimisto Savolainen Oy's sub-office, Suunnittelutoimisto Määttä between late fall 2015 and early spring 2016. The engineering office produces a variety of architectural and structural engineering services for its clients, however, the raised requirements for design of steel structures had become a problem. Autodesk Revit is used by the structural engineers at the office and as it stands, the program is not well suited for efficiently creating shop drawings for steel structures. The subject of this thesis was thus chosen to research the program to find if it can be efficiently used for creating this kind of shop drawings and if there are add-ons available to aid in this matter.

In the theory part of the thesis the standard SFS-EN 1090-1+A1 is examined from the perspective of the designer. The standard consists of demands for steel assemblies and it was found that most of the technical information was irrelevant for the designer. For example, specific information of welding types or different cutting methods doesn't help the structural designer. This thesis explains the relevant attributes of steel structures and how they are to be defined and presented in the drawings.

After examining the standards, the thesis introduces the advantages and disadvantages modeling brings to structural steel design. The special characteristics of Autodesk Revit are also described.

For the practical part of the thesis, an example model of a balcony structure for industrial building was modeled. The shop drawings were created using the example model and observations were documented in this thesis.

As the result it was found that Revit as it stands now, is not well suited for creating steel shop drawings. The excellence of the program lies in its adaptivity, however, it could be configured so that it can manage these tasks. With add-ons the program is furthermore adaptable and via using them, working with steel shop drawings can be made cost-efficient.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 KONEPAJAPIIRUSTUSTEN VAATIMUKSET JA SISÄLTÖ.....	3
2.1 Liitteen A.1 ja A.2 mukaiset lisätiedot.....	4
2.2 Toteutusluokan määrittäminen ja valinta .....	5
2.3 Esikäsittelyasteen määrittäminen ja valinta .....	7
2.4 Pintakäsittelyn määrittäminen ja valinta .....	10
2.5 Geometriset muodot ja toleranssit.....	11
2.6 Teräslaadut .....	12
2.7 Hitsaus ja pulttiliitokset.....	12
2.8 Kokoonpanoeritelmä .....	13
3 AUTODESK REVIT – MALLINNUSOHJELMA.....	16
4 TUOTANTOPIIRUSTUSTEN LAATIMINEN .....	19
4.1 Piirustusten laadinta ilman lisäosia.....	20
4.2 Revitin lisäosat .....	21
4.3 Muut vaihtoehdot.....	22
5 YHTEENVETO .....	23
LÄHTEET .....	24
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaaja, Insinööritoimisto Savolainen, on vuonna 1960 perustettu rakennusalan suunnittelu- ja konsulttitoimisto, jonka päätoimipaikka sijaitsee Iisalmessa ja jolla on sivukonttorit Kajaanissa, Kuopiossa ja Varkaudessa. Toimisto tarjoaa asiakkailleen arkkitehti- ja rakennesuunnittelupalveluita sekä rakennuttajatehtäviä ja työvalvontaa. Kajaanin toimipiste, jolle opinnäytetyö toteutetaan, toimii paikallisesti aputoiminimellä Suunnittelutoimisto Määttä. [1.]

Toimisto on siirtynyt kaksiulotteisesta tasossa piirtämisestä kolmiulotteiseen mallintamiseen. Kun kohde mallinnetaan ja mallin osiin syötetään informaatiota, voidaan siitä luoda todellista tilannetta vastaavia taulukoita ja detajiiikkaa. Rakennesuunnittelija huomaa ongelmalliset, tarkempia selvityksiä vaativat kohdat helpommin kolmiulotteisesta mallista, ja suunnittelun laatua on näin mahdollista parantaa. Arkkitehtisuunnitteluun mallinnus on avannut aivan uuden maailman, kun kohteen sisälle voidaan mennä lopputulosta tarkastelemaan, ennen kuin mitään on rakennettu. Kolmiulotteisen mallin avulla on helppo esitellä valmista tuotetta asiakkaalle.

Mallinnus tuo mukanaan myös haasteita. Ohjelmistot ovat puutteellisia, eivätkä ne kommunikoi hyvin keskenään. Mallintaminen on raskasta, se vie paljon laskenta-tehoa työasemalta ja osaamista käyttäjältä. Etenkin arkkitehtisuunnitteluun voidaan käyttää loputtomasti aikaa ja energiaa yksityiskohtaiseen mallinnukseen kuitenkin lisäarvoa tuottamatta.

Suunnittelutoimisto Määttän rakennesuunnitteluosastolla käytetään Autodeskin Revit-mallinnusohjelmistoa, joka on loistava työkalu kaikenlaisten rakenteiden perustason mallinnukseen. Osasto työskentelee monipuolisesti erilaisten rakennetyyppien parissa ja käyttää rakenteissaan myös teräspalkkeja ja teräspilareita. Ongelmaksi on noussut teräsosien suunnittelun kohonneet vaatimukset, joiden mukaan jokaisesta osasta ja kokoonpanosta on tehtävä omat piirustukset. Tähän haasteeseen Revit vastaa sellaisenaan huonosti.

Opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena on selvittää, voidaanko Revitillä luoda kustannustehokkaasti teräsrakenteiden konepajapiirustuksia. Lisäksi tavoitteena oli tutkia kolmannen osapuolen sovelluksia, joilla työn tehokkuutta voitaisiin parantaa. Toimeksiantajan näkökulmasta tavoitteena on kehittää toimiston osaamista vastaamaan nykyajan standardien vaatimuksia teräsrakenteiden suunnittelussa ja siten pitämään yllä valmiutta ottaa vastaan monenlaisia tilauksia.

Toisena tavoitteena on paremmin tutustua teräsrakentamiseen ja rakenteiden suunnitteluun. Teräksen käyttö rakennusmateriaalina on Euroopan tasolla laajasti standardoitu. Tavoitteena oli myös perehtyä keskeisimpiin teräsrakenteita ohjaaviin standardeihin ja siten kehittää valmiuksiani laatia toteutuskelpoisia ja standardien mukaisia teräsrakennesuunnitelmia.

## 2 KONEPAJAPIIRUSTUSTEN VAATIMUKSET JA SISÄLTÖ

Tässä osiossa käsitellään rakenneterästen tuotantopiirustusten vaatimuksia ja sitä, mihin vaatimukset perustuvat.

1.9.2014 voimaan tulleen ympäristöministeriön asetuksen 477/2014 3§:n mukaan rakennuksen kantavat ja jäykistävät rakenteet on suunniteltava ja toteutettava eurokoodien sekä niitä koskevien ympäristöministeriön asetuksina annettujen kansallisten valintojen mukaisesti.

1.7.2013 voimaan astuneen EU:n rakennustuoteasetuksen (EU N:o 305/2011) mukaan kaikki rakennustuotteet on tuotehyväksyttävä eli CE-merkittävä. Asetus määräsi myös teräsrakenteina käytetyt terästuotteet CE-merkittäväksi. Teräsrakenteiden suunnittelijan on täten toimitettava toteutettavien teräsosien ja -kokoonpanojen tiedot CE-merkin vaatimassa laajuudessa. Nämä tiedot esitetään toteutuseritelmässä ja kokoonpanoeritelmissä.

Teräs- ja alumiinirakenteiden ja niiden suunnittelun tekniset vaatimukset esitetään EN 1090-2 + A1-standardissa. Sen mukaan toteutuseritelmässä on käsiteltävä tarpeen mukaan seuraavia asioita:

- a) Standardin EN 1090-2 + A1 liitteen A.1 mukaiset lisätiedot.
- b) Standardin EN 1090-2 + A1 liitteen A.2 mukaisia vaihtoehtoja koskevat valinnat.
- c) Toteutusluokat
- d) Esikäsittelyasteet
- e) Toleranssiluokat
- f) Rakennustöiden turvallisuutta koskevat tekniset vaatimukset [2.]

Toteutuseritelmä on projektikohtainen, ja siihen kirjataan yksityiskohtaisesti tiedot esimerkiksi käytetyistä teräslaaduista ja rakennuspaikan tiedoista ja rakenteeseen kohdistuvista kuormituksista. Toteutuseritelmän lisäksi jokaisesta kokoonpanosta on laadittava kokoonpanoeritelmä, jossa esitetään kokoonpanon ja sen osien dimensiot ja muut perustiedot. Tämän opinnäytetyön teoriaosioon sisällytetään lyhyesti, mitä tietoja kokoonpanoeritelmaan on merkittävä, mitä valintoja suunnittelijan on tehtävä ja millä perusteella.

## 2.1 Liitteen A.1 ja A.2 mukaiset lisätiedot

Standardin liite A.1 sisältää noin 60 teknistä asiaa, joille tulee esittää kohdekohtaisesti vaatimuksia, ja liite A.2 noin 90 asiaa, joille voidaan esittää vaihtoehtoisia vaatimuksia.

Kommentoitavasta asialistasta on pyritty tekemään kattava, eli siinä on kommentoitavana laajasti asioita, joista kaikki eivät ole relevantteja suunniteltaessa yksinkertaisia kohteita. Toisaalta monet asiat ovat teräsalaa heikosti tuntevalle vieraita. Suunnittelijan on esimerkiksi esitettävä vaatimus kaaripistehitsien pienimmästä näkyvästä leveydestä tai käytettävistä juotosvalumateriaaleista – asioista, joista yksinkertaisia rakenteita suunnittelevalla perusinsinöörillä ei lähtökohtaisesti ole tarpeen olla tietämystä.

Suomen teräsrakenneyhdistys on tehnyt saman havainnon, joten se on laatinut opuksen ”Ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi SFS-EN 1909-2 liite A”. Kirjassa annetaan ohjetekstit ja opastavat tiedot jokaiseen kommentoitavaan kohtaan ja siitä asiaan perehtymätön suunnittelija saa suuntaviivoja siihen, mitä mihinkin kohtaan pitäisi kirjata.

Esimerkiksi kaaripistehitsien pienimmästä näkyvästä leveydestä kirja opastaa: ”Pienin näkyvä leveys  $d_w$  määritetään standardin SFS-EN 1993-1-3 kohdan 8.5 mukaisesti. Kaaripistehitsi tarkoittaa normaalia pistehitsiä, jolla liitetään ohutlevyjä



toisiinsa tai runkoihin, levyvahvuuden rajoitukset, ks. Standardin SFS-EN 1993-1-3 kohta 8.5.” [4, s.18.]

## 2.2 Toteutusluokan määrittäminen ja valinta

SFS-EN 1090-2+A1-standardin mukaisesti on teräsosille määritelty neljä toteutusluokkaa EXC1 ... EXC4 siten, että vaatimukset kasvavat, kun siirrytään luokasta EXC1 luokkaan EXC4. Teräsosalle tai kokoonpanolle asetetaan toteutusluokalla laadullisia vaatimuksia standardin liitteen A.3 mukaisesti. Liitteessä määritellään esimerkiksi hitsiliitosten vaatimusluokat, pulttiliitosten tarkistamisen tapa ja dokumentointi sekä toleranssit. [2. s. 18–19, 98–101.]

Toteutusluokka on tärkein suunnittelijan määrittämä parametri, joka vaikuttaa teräsrakenteen valmistukseen. Rakennesuunnittelijan ei tarvitse tarkasti tietää, miten toteutusluokat vaikuttavat tuotteen valmistukseen, mutta hänen on tiedettävä, millä perusteella kohteen teräsosille valitaan sopiva toteutusluokka. Toteutusluokka vaikuttaa merkittävästi teräsosien valmistuskustannuksiin, joten tarpeettoman korkeita luokkavaatimuksia on syytä välttää.

Standardin liitteeseen B on laadittu ohjeistus, jonka mukaan toteutusluokka voidaan valita taulukko 1:stä, kun tiedetään kohteen seuraamusluokka, käyttöluokka ja tuotantoluokka. Jos piirustuksissa tai toteutuseritelmässä ei ole mainittu toteutusluokkaa, käytetään EXC2 luokkaa.

Taulukko 1. Kohteelle valitaan sopiva toteutusluokka seuraamusluokan, käyttöluokan ja tuotantoluokan perusteella [2, s. 104]

Seuraamusluokat		CC1		CC2		CC3	
Käyttöluokat		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Tuotantoluokat	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4

Seuraamusluokat on määritelty rakenteiden suunnitteluperusteita käsittelevässä eurokoodissa SFS-EN 1990+A1+AC. Niillä huomioidaan rakenteen pettämisestä aiheutuvat seuraamukset. Luokka merkitään tunnuksella CC ja valinta tehdään standardista löytyvän taulukon 2 mukaan.

Taulukko 2. Seuraamusluokka valitaan rakenteille sen mukaan, miten suuri vahinko sortumasta seuraisi [3. s. 139].

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset hengenmenetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	Vähäiset seuraamukset hengenmenetysten tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätaloussrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Käyttöluokka ja tuotantoluokka on määritelty standardissa SFS-EN 1090-2+A1. Käyttöluokalla huomioidaan rakennetta kuormittavien olosuhteiden haastavuus ja tuotantoluokalla rakenteen valmistamisessa käytettävien työmenetelmien vaikutus. Käyttöluokat SC1–SC2 valitaan taulukon 3 mukaan, ja tuotantoluokat PC1–PC2 valitaan taulukon 4 mukaan.

Taulukko 3. Rakenteen käyttöluokka määrittämään kohteen kuormitusolosuhteiden vaativuuden perusteella [2. s. 103].

Luokat	Kriteerit
SC1	- Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan pääosin vain staattisille kuormituksille (esim. rakennukset)
	- Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille matalan seismisen aktiviteetin perusteella ja luokassa DCL (EN 1998-1)
	- Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan nostureista aiheutuville väsytytkuormille (Luokka S <sub>0</sub> (EN 1991-3 ja EN 13001-1))
SC2	- Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan standardin EN 1993 mukaisille väsytytkuormille (esim. maantie- ja rautatiesillat, nosturit (luokat S <sub>1</sub> ...S <sub>9</sub> ), rakenteet, jotka ovat alttiina tuulesta, väkijoukosta tai pyörivästä laitteesta aiheutuville värähtelyille
	- Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille keskimääräisen tai korkean seismisen aktiviteetin perusteella ja luokissa DCM ja DCH (EN 1998-1)

Taulukko 4. Tuotantoluokka valitaan käytettävien työmenetelmien vaativuus huomioon ottaen [2. s. 103].

Luokat	Kriteerit
PC1	- Terästuotteista valmistetut kokoonpanot, joissa ei ole hitsejä
	- Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on alempi kuin S355
PC2	- Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on S355 tai enemmän
	- Rakenteellisen toimivuuden kannalta tärkeät kokoonpanot, jotka kootaan hitsaamalla työmaalla
	- Kokoonpanot, jotka valmistetaan kuumamuovaamalla tai joita lämpökäsitellään valmistuksen aikana
	- Pyöreistä rakenneputkista valmistetut ristikkokokoonpanot, joissa putkien päitä joudutaan leikkaamaan erityiseen muotoon

### 2.3 Esikäsitteilyasteen määrittäminen ja valinta

Teräsosat ovat ilman pintakäsittelyä alttiita korroosiolle, joka kosmeettisten haittojen lisäksi heikentää vähitellen rakenteen lujuutta. Teräsrakenneosille on siksi vaettava olosuhteisiin ja suunniteltuun huoltoväliin sopiva korroosiosuojaus. Eritasoi-

sen korroosionsuojan saavuttaminen vaatii osan esikäsitteilyä, joka asettaa vaatimuksia pintojen virheellisyyksien korjaamiseksi ja tartunnan varmistamiseksi. Esimerkkinä mainittakoon hitsausroiskeiden poistaminen. P1-luokassa hitsausroiskeet ovat sallittuja sellaisenaan, P2-luokassa ei saa pintaan jäädä irtonaisia hitsausroiskeita ja P3-luokassa sallitaan vain reunahaavattomat hitsausroiskeet. [4.]

Teräsosan esikäsitteilyasteen valintaan vaikuttavat kohteen olosuhteet ja korroosiosuojauksen suunniteltu kestoikä taulukon 6 mukaisesti. Standardi EN ISO 12944-2 esittelee teräsrakenteen käyttöolosuhteille rasisluokitukset C1:stä C5:een siten, että korroosiorasitus kasvaa siirryttäessä luokasta C1 luokkaan C5. Taulukossa 5 on esitetty ohje olosuhteen rasisluokan arviointiin.

Taulukko 5 Rasisuusluokka valitaan kohteen olosuhteiden säärasituksen mukaisesti. [4. s. 12.]

Rasisuusluokka	Esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä lauhkeassa ilmastossa (vain opastava)	
	Ulkona	Sisällä
<b>C1 Hyvin lievä</b>	-	Lämmitetyt rakennukset, joissa puhtaat ilmatilat, esim. toimistot, kaupat, koulut, hotellit.
<b>C2 Lievä</b>	Ilmatilat, joissa epäpuhtauksien määrä on alhainen. Enimmäkseen maaseutualueita	Lämmittämättömät rakennukset, joissa voi esiintyä kondensoitumista, esim. varastot, urheiluhallit
<b>C3 Kohtalainen</b>	Kaupunki- ja teollisuusilmatilat, joissa kohtalainen rikkidioksidikuormitus. Rannikkoalueet, joilla alhainen suolapitoisuus	Tuotantotilat, joissa korkea kosteuspitoisuus ja joissain määrin epäpuhtauksia ilmassa, esim. elintarviketehtaat, pesulat, panimot, meijerit
<b>C4 Ankara</b>	Teollisuusalueet ja rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus on kohtalainen	Kemianteollisuuden tuotantolaitokset, uima-altaat, rannikoilla sijaitsevat telakat ja veneveistämöt
<b>C5-I Hyvin ankara (teollisuus)</b>	Teollisuusalueet, joilla kosteus on korkea ja ilmatila on syövyttävä	Rakennukset tai alueet, joilla kondensoituminen on miltei jatkuvaa ja saasteiden määrä korkea
<b>C5-M Hyvin ankara (meri)</b>	Rannikkoalueet ja rannikon ulkopuoliset alueet, joilla suolapitoisuus on korkea	Rakennukset tai alueet, joilla kondensoituminen on melkein jatkuvaa ja saasteiden määrä korkea
<b>Im 1</b>	Makea vesi	Jokirakenteet, vesivoimalat
<b>Im 2</b>	Meri tai murtovesi	Satama-alueiden rakenteet, kuten patoym. luukun aukot, portit, sulkulaitteet, laiturit
<b>Im 3</b>	Maaperä	Maanalaiset säiliöt, teräspaalut, teräsputket

Standardi ISO 8501-3 määrittää tarkemmin kolme esikäsittelyastetta P1:stä P3:een siten, että esikäsittelyn laatu paranee siirryttäessä luokasta P1 luokkaan P3. Standardi SFS-EN 1090-1+A1:n taulukko 6:n mukaan esikäsittelyaste voidaan valita ympäristön rasisuusluokan ja suunnitellun käyttöiän perusteella.

Taulukko 6 Esikäsitteilyaste valitaan rasitusluokan ja korroosionsuojan halutun huoltovälin perusteella. [2. s. 73.]

Korroosionkeston odotettu käyttöikä	Rasitusluokka	Esikäsitteilyaste
> 15 vuotta	C1	P1
	C1...C3	P2
	Yli C3	P2 tai P3, kuten esitetty
5 ... 15 vuotta	C1...C3	P1
	Yli C3	P2
< 5 vuotta	C1...C4	P1
	C5...Im	P2

Suunnittelijan ei tarvitse tietää tarkasti, miten eri esikäsitteilyasteet eroavat toisistaan käytännössä. Hänen on kuitenkin tiedettävä teräsosan käyttökohteen olosuhteet ja valittava esikäsitteilyaste siten, että myöhemmin osalle vaaditut korroosion- ja palonkesto-ominaisuudet ovat saavutettavissa.

#### 2.4 Pintakäsittelyn määrittäminen ja valinta

Suunnittelijan on valittava teräsosalle käyttökohteen mukainen pintakäsittely, joka täyttää osalle asetetut korroosion- ja palonkestovaatimukset, ja merkattava se projekti-, kokoonpano- tai osakohtaisesti SFS-EN ISO 12944-5:n mukaisesti. Merkinällä esitetään suojamaaliyhdistelmän tunnus, maalityypin tunnus, kalvon nimellispaksuus, maalauskerrosten lukumäärä, alustatyyppi ja alustan puhdistusaste. Suojamaaliyhdistelmän valinnassa apuna ovat maalinvalmistajien omat valintataulukot.

Esimerkkinä pintakäsittelyn standardinmukaisesta esityksestä Tikkurilan valintataulukosta: TA12 SFS-EN ISO 12944-5/A3.01 (AK 120/2-FeSa2½) [5.]

TA12 = Tikkurilan tunnus.

SFS-EN ISO 12944-5 = Standardin nimi ja osa, jonka mukaisesti maaliyhdistelmä on valmistettu.

A3.01 = Em. standardista valittu suojamaaliyhdistelmän tunnus.

AK = Maalityyppi (Alkydi)

120/2 = Kokonaiskalvopaksuus ( $\mu\text{m}$ ) ja maalauskerrosten lukumäärä.

Fe = Pintatyyppi (Teräs)

Sa2½ = Puhdistusaste SFS ISO 8501-1:n mukaan (Hyvin huolellinen suihkupuhdistus)

## 2.5 Geometriset muodot ja toleranssit

Kokoonpanoeritelämään kuuluvat oleellisena osana valmistettavan osan geometriset tiedot eli muodot ja dimensiot. Niiden esittämiseen käytetään teknisten piirustusten standardoituja merkitsemistapoja.

Käytettäessä standardoituja rakenneterästuotteita, kuten I-profiileja, esitetään piirustuksissa tuotteen tyyppi ja siihen liittyvät standardit, eikä poikkileikkauksen mittoja tarvitse piirustuksissa erikseen ilmoittaa.

Teräsrakenteille asetetaan kahdenlaisia toleransseja. Olennaiset toleranssit asettavat vaatimukset poikkeamille sen perusteella, että niiden laskennallinen kantokyky ei vaarannu. Olennaiset toleranssit ovat ehdottomia, ja ne on määritelty standardissa SFS-EN 1090+A1. Toiminnalliset toleranssit asettavat mittatarkkuusvaatimukset muiden tekijöiden, kuten yhteen sopimisen ja ulkonäön perusteella. Toiminnalliselle toleranssille voidaan määrittää luokka 1 tai 2, joista luokka 2 on vaativampi. Jos luokkaa ei ole määritetty, käytetään luokkaa 1 [2, s. 76–77.]

Geometrian esittämiseen suunnittelija laatii riittävän määrän kuvantoja ja projektioita ja lisää niihin mittoja ja selventäviä tekstejä siten, että kokoonpano tai osa on

yksiselitteisesti toteutettavissa. Toleranssien suhteen riittää, että piirustuksiin on merkitty standardi, jonka mukaan toleranssit määräytyvät. Toiminnallisen toleranssin luokaksi riittää useimmiten luokka 1, jota käytetään, jos muuta ei ole määrätty. Näin ollen sitä ei useimmiten tarvitse piirustuksiin merkitä.

## 2.6 Teräslaadut

Teräsrakenteiden toteutuksessa käytettävien tuotteiden tulee olla SFS-EN 1090-2+A1 standardin 5 luvussa lueteltujen eurooppalaisten standardien mukaisia. Jos käytetään muita tuotteita, niiden ominaisuudet on esitettävä toteutuseritelmässä. Metallituotteille tulee olla standardin EN 10204 mukainen ainetodistus. [2, s. 20–21.]

Suunnittelijan on valittava käytettävät teräslaadut ja -tuotteet siten, että kokoonpanot kestävät niille tarkoitetut kuormat ja rasitukset.

## 2.7 Hitsaus ja pulttiliitokset

Hitsi- ja pulttiliitokset on suunniteltava Eurokoodi 3:n mukaisesti siten, että ne kestävät rakenteelle tulevat kuormat.

Hitsi- ja pulttiliitokset on merkittävä kokoonpanoeritelmiin, ja niiden esittämiseen käytetään teknisten piirustusten standardoituja merkitsemistapoja.

Kokoonpanoeritelämään määritellään toteutusluokan vaatima standardin EN ISO 5817 mukainen hitsiluokka seuraavasti.

- EXC 1 -> Hitsiluokka D
- EXC 2 -> Hitsiluokka C
- EXC 3 -> Hitsiluokka B



- EXC 4 -> Hitsiluokka B+

Suunnittelijan ei tarvitse tietää tarkasti, miten hitsaus käytännössä toteutetaan. Kuitenkin hänen on osattava määrittää käyttötarkoitukseen sopiva liitostapa ja hitsiluokka.

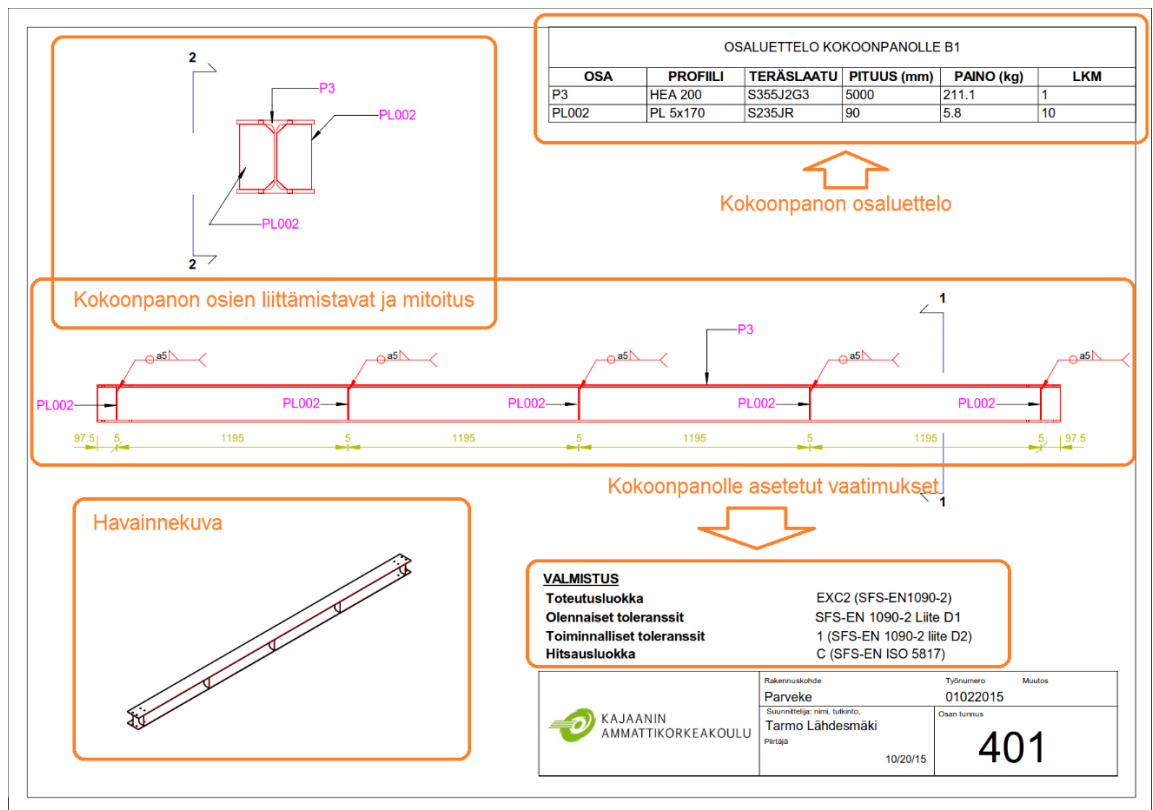
Liitostapoja valittaessa on myös syytä huomioida sen vaikutus tuotantoluokkaan. Pulttiliitoksia olisi useimmiten kustannustehokasta suostia työmaaolosuhteissa.

## 2.8 Kokoonpanoeritelmä

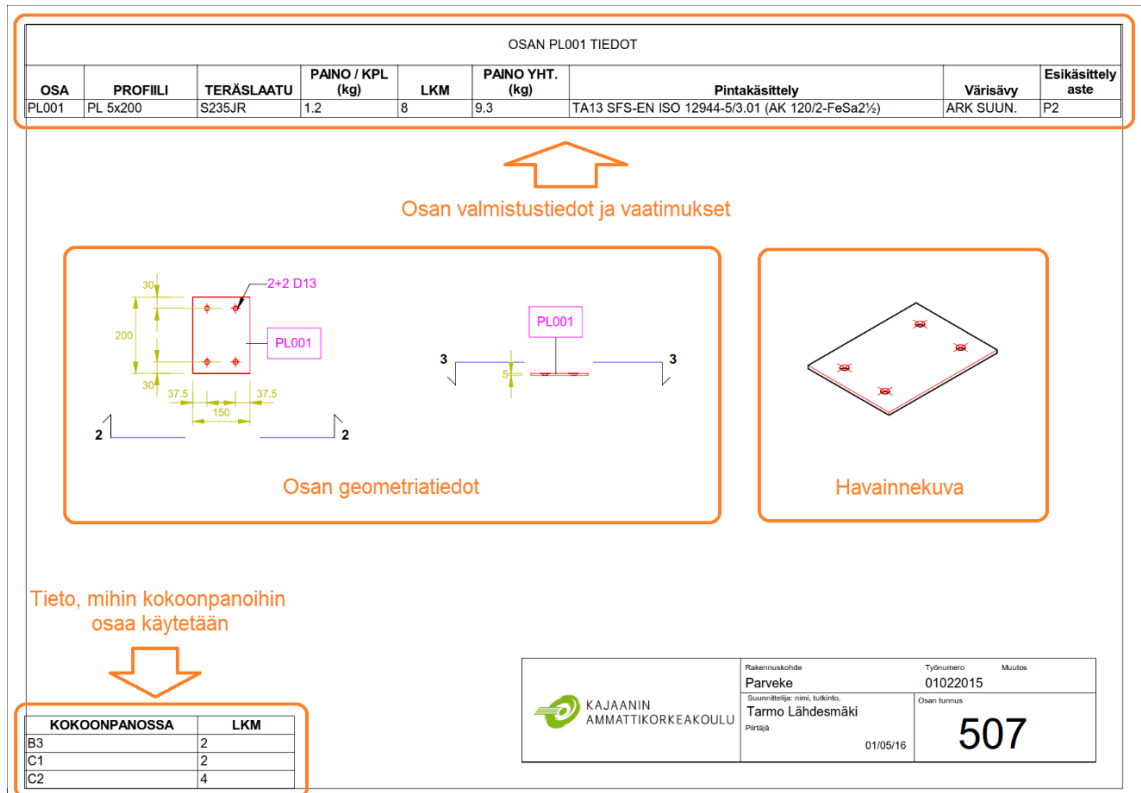
Kokoonpanoeritelmä toimii piirustuksena tuotetta valmistavalle konepajalle. Kokoonpanoeritelmä ei ole määrämuotoinen, eli standardit eivät esitä niille muoto-vaatimuksia. Niissä on kuitenkin esitettävä yksiselitteisesti valmistettavan kokoonpanon, osakokoonpanon tai osan tiedot. Myös siitä, mitä tietoja kokoonpanoeritelmissä esitetään, ei ole annettu ohjetta, vaan se on suunnittelijan harkinnan varassa.

Yleinen käytäntö on, että suunnittelija laatii ensin piirustukset yksittäisistä osista, kuten teräslapuista tai teräsputkista, ja sitten niiden kokoonpanoa kuvaavat kokoonpanopiirustukset, joissa on esitetty osien sijainti ja liittämistapa.

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty esimerkki, jossa tässä luvussa määritetyt tekniset vaatimukset on esitetty.



Kuva 1. Kokoonpanopiirustus on osa kokoonpanoeritelmaa. Kokoonpanopiirustuksessa esitetään osien liittämistavat ja sijainti, sekä tekniset vaatimukset kokoonpanon valmistukselle.



Kuva 2. Osapiirustukset ovat osa kokoonpanoeritelmiä. Siinä esitetään geometriatiedot ja vaatimukset kokoonpanon osan valmistukselle.

### 3 AUTODESK REVIT–MALLINNUSOHJELMA

Revit on BIM-ohjelmisto (Building Information Model), jolla voidaan laatia suunnitellusta rakennuksesta tai rakenteesta kolmiulotteinen tietomalli. Tietomallista voidaan leikata taso-, pohja- tai leikkauspiirustuksia, ja käytetyistä mallielementeistä voidaan koota taulukoitua tietoa esimerkiksi teräsosien tilavuudesta ja painosta. Rakenteellisten teräskokoonpanojen suunnittelussa kolmiulotteinen malli helpottaa rakenteiden yhteensovittamista ja lisää tarkkuutta. Tietomallista rakenne-elementtien saattaminen kokoonpanoeritelmäksi ei kuitenkaan ole Revit-ohjelmalla helppoa, sillä siihen ei ole sisäänrakennettuna sopivia työkaluja.

Tässä luvussa esitellään lyhyesti Revit-ohjelman toimintaa, jotta myöhemmin eri tuotantopiirustusten toteutustapojen toteutusta esitellessä käytettävät käsitteet avautuisivat lukijalle. Tarkoitus ei ole opettaa lukijaa käyttämään Revit ohjelmaa, vaan kuvailla sen toimintamahdollisuuksia.

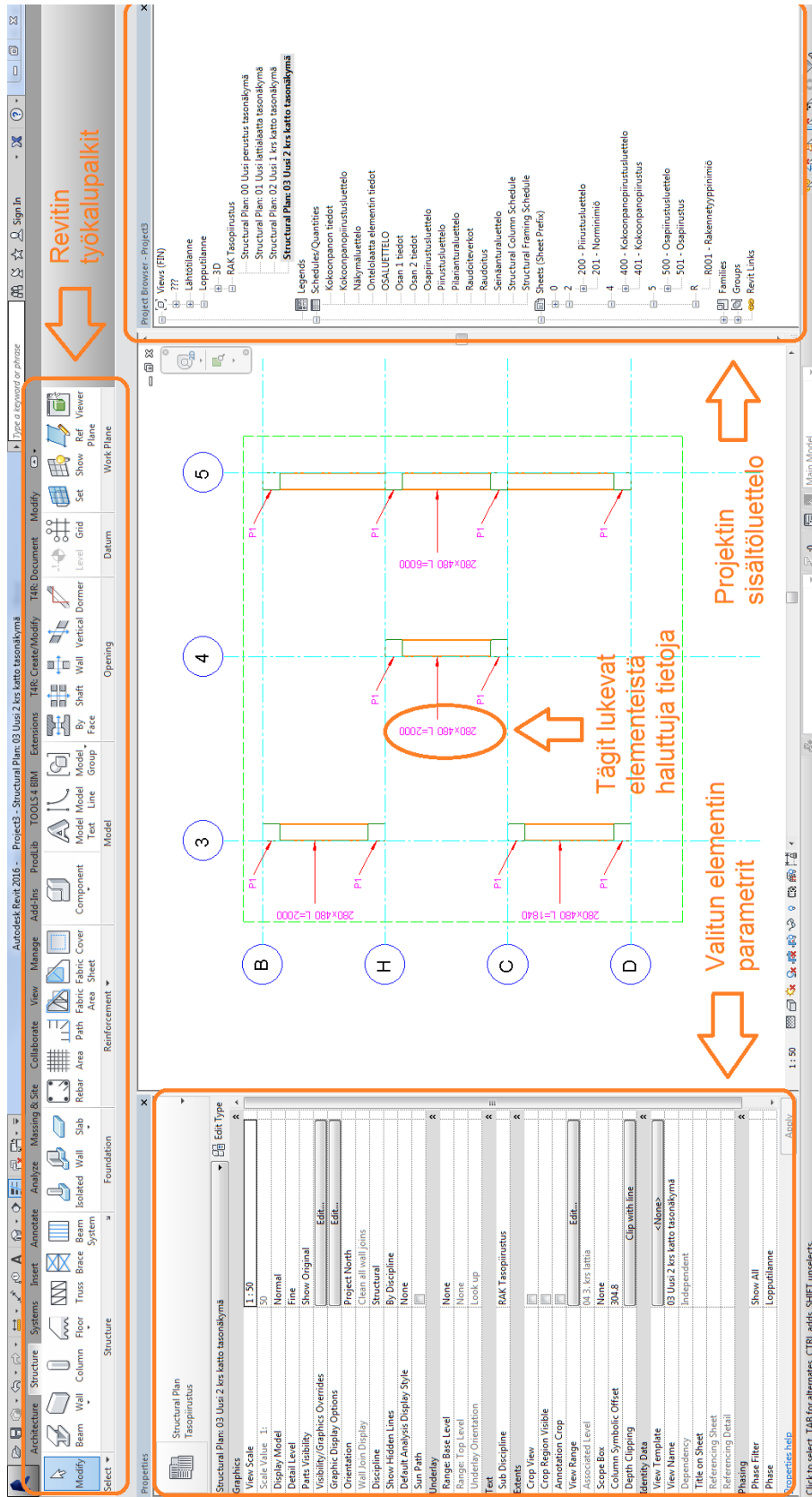
Revit-ohjelman luoma tietomalli koostuu elementeistä, joita Revitissä kutsutaan familyiksi, ja niiden parametriarvoista. Graafisesti näistä parametreista määritellään familyn sijainti kolmiulotteisessa avaruudessa. Loput parametriarvot määritetään kirjoittamalla, ja ne ovat jokaiselle familylle luomisvaiheessa määritettyjä. Autodesk toimittaa joitain perusfamilyitä, kuten kalusteita ja koneita, joita suunnittelijat voivat käyttää, mutta käytännössä tarvittavat familyt on joko ladattava internetistä tai tehtävä itse.

Esimerkiksi yksinkertainen kulmalevy koostuu kahdesta suorakulmiosta, jotka ovat kohtisuoraan toisiaan vasten ja joiden dimensioita ohjaavat parametrit pituus, leveys, korkeus ja paksuus. Lisäksi kulmalevyllä voi olla materiaaliparametri ja muita tekstiparametrejä, kuten paloluokka tai pintakäsittelyluokka. Kulmalevyfamily voidaan ladata projektiin, ja se voidaan graafisesti sijoittaa malliin haluttuun paikkaan.

Projektiin sijoitettuja familyitä voidaan tarkastella kolmiulotteisesti, ja niistä voidaan luoda kuvantoja eri kuvakulmista. Kuvantoihin voidaan lisätä mitoitusta ja

muuta parametritietoa voidaan ilmaista tägeillä tai taulukoilla. Kuvantoihin voidaan lisäksi lisätä tietomallin ulkopuolelle selventäviä tekstejä, viivoja ja symboleita. Kuvantoja, projektioita ja tietomallista kerättyjä taulukoita voidaan sijoittaa plansseille ja tulostaa halutussa muodossa. Kuvassa 3 on esitetty yksinkertainen kuvankaappaus ohjelman toimintaympäristöstä selittävin tekstein.

Revit ei ole helppo eikä aloittelijaystävällinen ohjelma. Se kuitenkin tarjoaa osaa-  
valle käyttäjälle periaatteessa rajattomat mahdollisuudet luoda kolmiulotteista äly-  
kästä geometriaa, josta tietoa voidaan esittää halutun mallin mukaisesti. Näinpä  
myös teräsosien tuotantopiirustusten laatiminen on mahdollista, mutta se vaatii  
paljon valmistelua toimintaympäristössä.



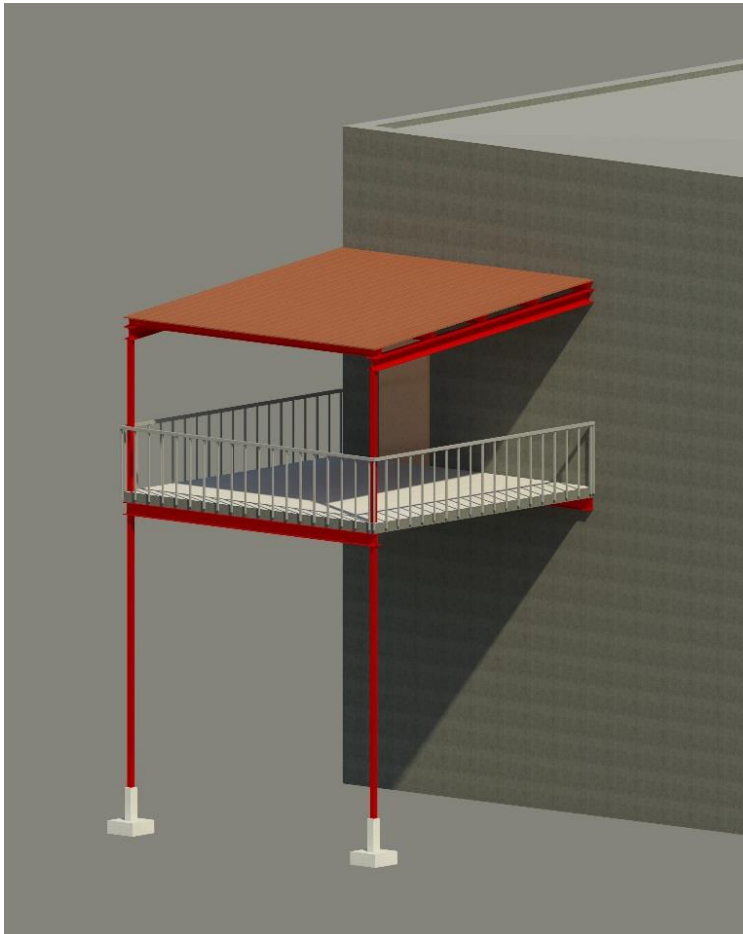
Kuva 3 Tyypillinen näkymä Revitillä työskennellessä.

## 4 TUOTANTOPIIRUSTUSTEN LAATIMINEN

Teräsosien tuotantopiirustuksia on mahdollista, joskin työlästä, luoda Revitillä. Tutkin piirustusten tekoa ensin ilman mitään laajennuksia tai lisäosia ja sitten mahdollisia lisäosia hyväksikäyttäen.

Piirustusten laadintaa varten loin liitteen 1 piirustusten mukaisen kuvitteellisen malliprojektin, jossa on esitetty teollisuusrakennukseen tehtävä 5x5 m<sup>2</sup> parvekera-kenne tyypillisin perusratkaisuin toteutettuna. Teräsrakennesuunnittelija saa yleensä pääsuunnittelijalta tämäntasoiset lähtötiedot, joiden perusteella voidaan laatia tarkemmat tuotantopiirustukset teräsosista. Malliprojektin havainnekuva on esitetty kuvassa 4.

Esimerkin parvekkeen teräsosien valmiit tuotantopiirustukset on esitetty liitteessä 2. Tuotantopiirustusten ulkoasu tai sisältöä ei ole standardeissa määritelty. Piirustukset ovat siis aina tekijänsä näköiset. Tärkeintä on, että ne ovat havainnolliset ja yksiselitteiset. Selventävien tekstien käyttö on sallittua ja usein jopa suotavaa. Osapiirustuksissa on esitetty tarkkaan osien geometriatiedot ja tieto, missä kokoonpanoissa kyseistä osaa käytetään. Kokoonpanopiirustuksista käy ilmi osien liittäminen toisiinsa ja tärkeimmät toteutusta ja kuljetusta koskevat tiedot. Kokoonpanopiirustuksiin myös lisätään lista kokoonpanossa käytetyistä osista. Tarkemmin tuotantoa ohjaavia tietoja annetaan toteutuseritelmässä.



Kuva 4 Havainnekuva kuvitteellisesta parvekerakenteesta.

#### 4.1 Piirustusten laadinta ilman lisäosia

Rakenneteräsosien suunnittelussa on tekotavasta huolimatta samat vaiheet. Ensin hahmotellaan kohteessa tarvittavat osat suttupaperille, johon merkitään osissa käytettävät profiilit ja dimensiot. Kokoonpanoista laaditaan myös sketsit, joihin merkitään siinä käytettävät osat ja niiden kiinnittäminen toisiinsa. Näiden hahmotelmien pohjalta mallinnetaan osat projektiin omille paikoilleen. Komponentteihin syötetään parametritietona tulevaa taulukointia varten tarvittavat teräsosaa koskevat tiedot, kuten teräslaatu ja profiili.



Kaikkiin kuvantoihin on niiden luonnin jälkeen lisättävä mittatiedot ja muut notaatiot, jonka jälkeen ne ja niitä varten luodut taulukot on asetettava manuaalisesti plansseille, joihin on lisättävä nimiötiedot.

Jokaista kokoonpano- ja osapiirustusta varten on siis tehtävä paljon töitä. Lopputuloksena on hyvä ja muutosten tekeminen on suhteellisen helppoa. Mallista luodut osat ovat periaatteessa yhteensopivia – se on testattu virtuaalisesti. Käytännössä kuitenkin virhettä tekevät ainakin puutteelliset lähtötiedot, asennusolosuhteet ja sallitut toleranssit. Nämä asiat on otettava huomioon varsinkin korjauskohteissa.

Yksityiskohtaisemmin tuotantopiirustusten laatimisprosessia on esitelty liitteessä 3.

#### 4.2 Revitin lisäosat

Edellisessä luvussa kuvattu työtapa on toimiva, joskin monia vaiheita siinä olisi mahdollista automatisoida. Tutkin eri vaihtoehtoja ja löysin AGACadin lisäosat Revitiin.

Smart Assemblies - lisäosa luo kokoonpanosta halutut kuvannot, taulukot ja planssit yhdellä napin painalluksella, eli jokaista ei tarvitse luoda manuaalisesti. Lisäksi ohjelma luo valmiit päämitoitukset ja notaatiot valmiiksi kuvantoihin ja jopa sijoittaa ne plansseille määritellyn mallin mukaisesti. Smart Assembliesin käyttö on periaatteessa melko helppoa, mutta vaatii sekin paljon valmisteluja. Asetusten säätäminen on työlästä, mutta tämän jälkeen tuotantopiirustusten valmistuminen nopeutuu huomattavasti.

AGACadin tarjoamaan lisäosapakettiin kuului lisäksi paljon muita lisäosia, joilla esimerkiksi sandwich- ja ontelolaattaelementtien luonti mahdollistuu Revitillä. Lisäosien hinta oli kohtuullinen suhteutettuna Autodeskin omiin ohjelmistoihin. Smart Assembliesin lisenssin tarjoushinta toimistolle oli vajaat 500 € ja muut lisäosat samoissa suuruusluokissa. Vuosittaiset käyttökustannukset olivat 1000 €:n

suunnilla ja tähän hintaan hankitut lisenssit saatiin verkkopalvelun kautta jaettua koko toimiston kaikille työpisteille.

#### 4.3 Muut vaihtoehdot

Revit on hyvä rakennesuunnittelijan yleistyökalu puu-, teräsbetoni- ja teräsrakenteiden suunnitteluun, mutta monipuolisuudestaan johtuen se ei sovellu kaikkeen erikoissuunnitteluun.

Teräsrakenteiden suunnitteluun on olemassa parempia ohjelmia, joista Suomessa yleisimmin käytössä on Tekla Structures. Autodesk tarjoaa myös omaa Advanced Steel-ohjelmistoaan, joka toimii Revitin kanssa yhteistyössä. Näiden ohjelmistojen lisenssit ovat kuitenkin kalliita ja niiden käyttöön on koulutettava tekijät erikseen. Tästä johtuen pienehkön toimiston, joka tekee monialaista rakennesuunnittelua, ei kannata näihin investointeihin lähteä mukaan, vaan olisi pyrittävä tekemään tulosta yleisemmillä ohjelmistoilla.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko Revitillä luoda kustannustehokkaasti teräsrakenteiden konepajapiirustuksia. Tämä tavoite saavutettiin ja sain lisäosien avulla kehitettyä toimivan mallin tuotantopiirustusten kustannustehokkaaseen laatimiseen. Menetelmän käyttö vaatii käyttäjältä perustasoa paremmat ohjelmiston käyttötaidot, mutta lisäosien avustamana työ helpottuu. Uskon, että työskentelemällä suunnitteluprojektien parissa pystyn kehittämään toteutusmallia ja tehokkuus kasvaa edelleen kokemuksen ja rutiinin karttuessa.

Perehdyin työssä myös keskeisimpään teräsrakenteiden valmistamista koskevaan SFS-EN 1090-2+A1-standardiin ja opin laatimaan standardinmukaiset toteutuseritelmät, jotka on aina suunnitelmien mukana toimitettava konepajalle. Hyvin valmisteltujen mallipohjien käyttö toteutuseritelmissä tuo tehokkuutta työskentelyyn ja pienentää väärinymmärrysten riskiä osien suunnittelijan ja valmistajan välillä.

Kokonaisuudessaan sain opinnäytetyöprosessin myötä valmiudet teräksisten perusrakenteiden standardien mukaiseen suunnitteluun. Pystyn jatkossa laatimaan kokoonpano- ja toteutuseritelmiä ja työskentelemään teräsrakenteita sisältävien kohteiden suunnittelussa. Jatkossa pystyn kehittämään teräsrakenneosaamistani varsinaisen suunnittelun suuntaan opiskelemalla tarkemmin eurokoodien mukaisen teräsosien mitoituksen, jolloin pystyn suunnittelemaan ja laatimaan tuotantopiirustukset esimerkiksi ristikkorakenteista.

## LÄHTEET

- (1) Etusivu. Insinööritoimisto Savolainen. Available at: <http://www.inststo-savolainen.fi/>. Accessed 12/01, 2015.
- (2) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN 1090-2+A1, Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. 2012:18-19.
- (3) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN 1990+A1+AC, Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. 2006
- (4) Teräsrakenneyhdistys. SFS-EN 1909-1 ja -2 pintakäsittelyn kannalta ja CE merkintä. Available at: [http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/164/6eb0897/standardit\\_SFS\\_EN\\_1090\\_1\\_ja\\_SFS\\_EN\\_1090\\_2\\_pintakäsittelyn.pdf](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/164/6eb0897/standardit_SFS_EN_1090_1_ja_SFS_EN_1090_2_pintakäsittelyn.pdf). Accessed 02/10, 2016
- (5) Tikkurilan verkkosivut. Korroosiorasitustaulukot. Available at [http://www.tikkurila.fi/teollinen\\_maalaus/metalliteollisuus/korroosiorasitustaulukot](http://www.tikkurila.fi/teollinen_maalaus/metalliteollisuus/korroosiorasitustaulukot). Accessed 02/10, 2016
- (6) Teräsrakenneyhdistys. Teräsrakenteiden toteuttaminen. Ohje toteutuseritelemän laatimiseksi SFS-EN 1090-2 Liite A. 2010

## LIITTEET

LIITE 1 Mallirakenteen rakennepiirustukset (Lähtötiedot)

LIITE 2 Mallirakenteen teräsosien tuotantopiirustukset

LIITE 3 Tuotantopiirustusten laadintaohjeet Revit-ohjelmistolla.

Rakennuskohde

PARVEKE

KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU

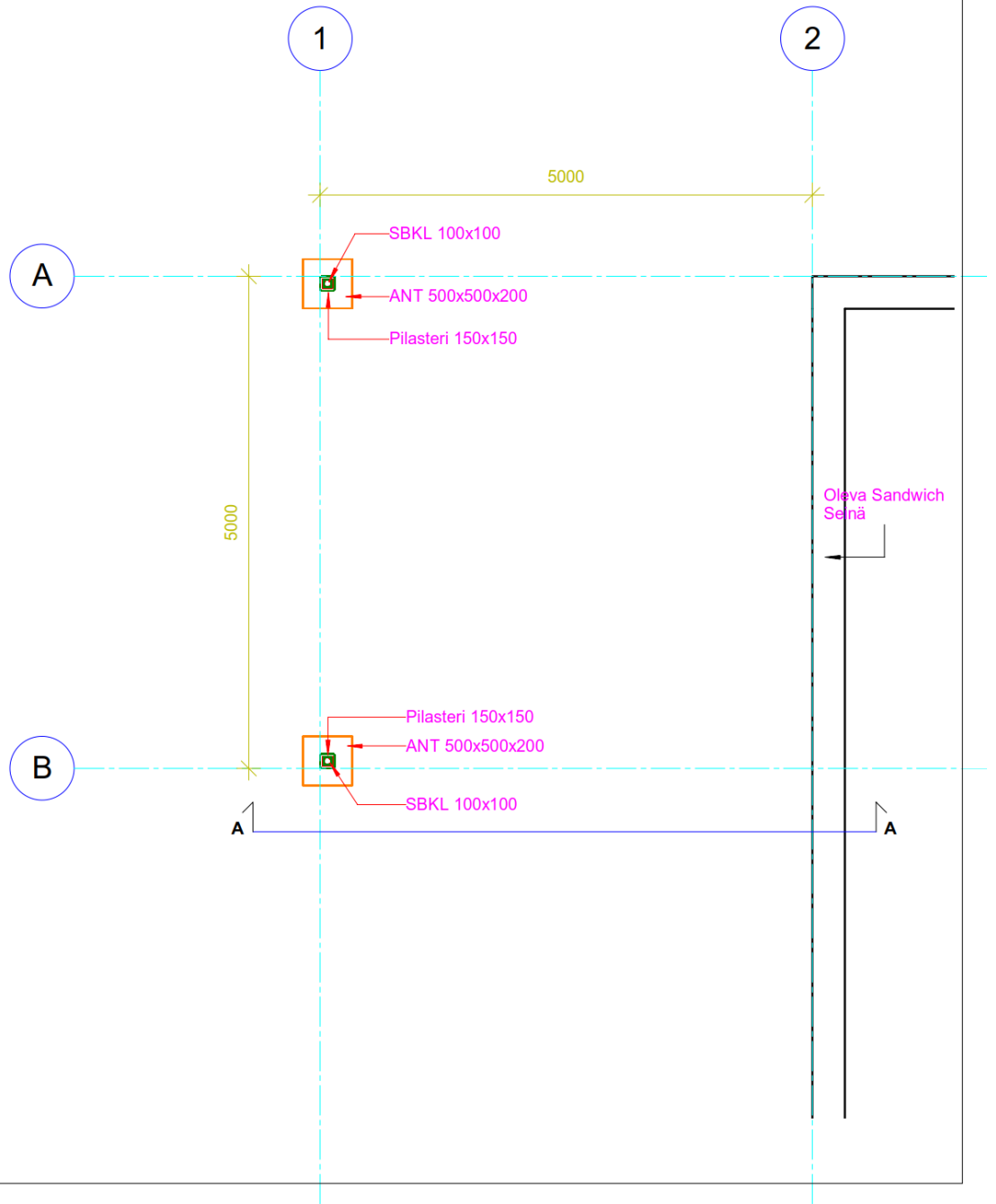
27.1.2016 13:55:44

Työnumero

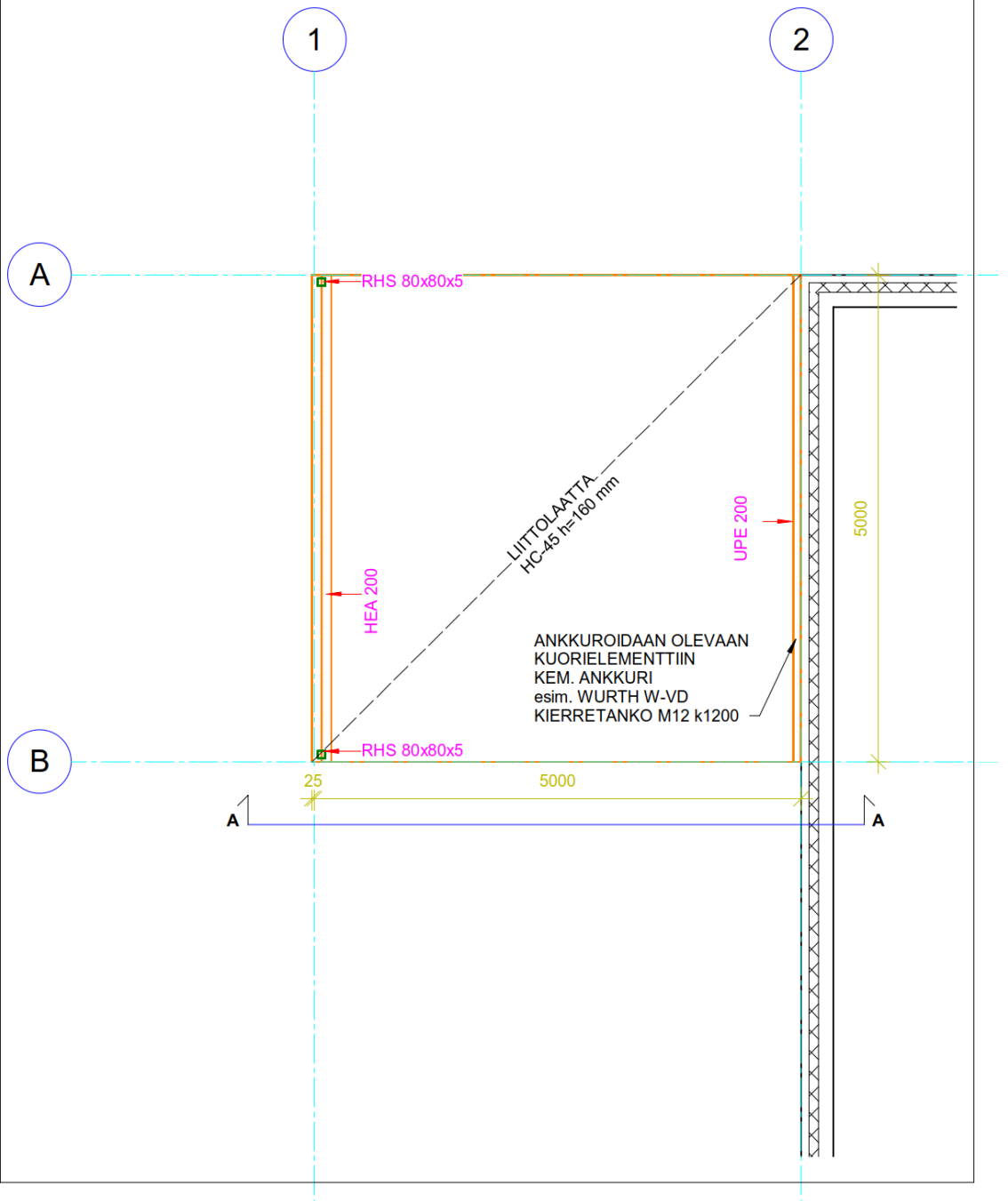
## Piiustusluettelo

Piir. nro	Piirustuksen nimi	Suunnitteluala	Pvm	Muutos	Muutos pvm
201	Tasopiiustus perustukset	Rakenne	06/26/15		
202	Tasopiiustus parvekkeen lattia	Rakenne	12/28/15		
203	Tasopiiustus parvekkeen katto	Rakenne	12/28/15		
204	Leikkaus	Rakenne	12/28/15		

# TASOPIIRUSTUS PERUSTUKSET 1:50

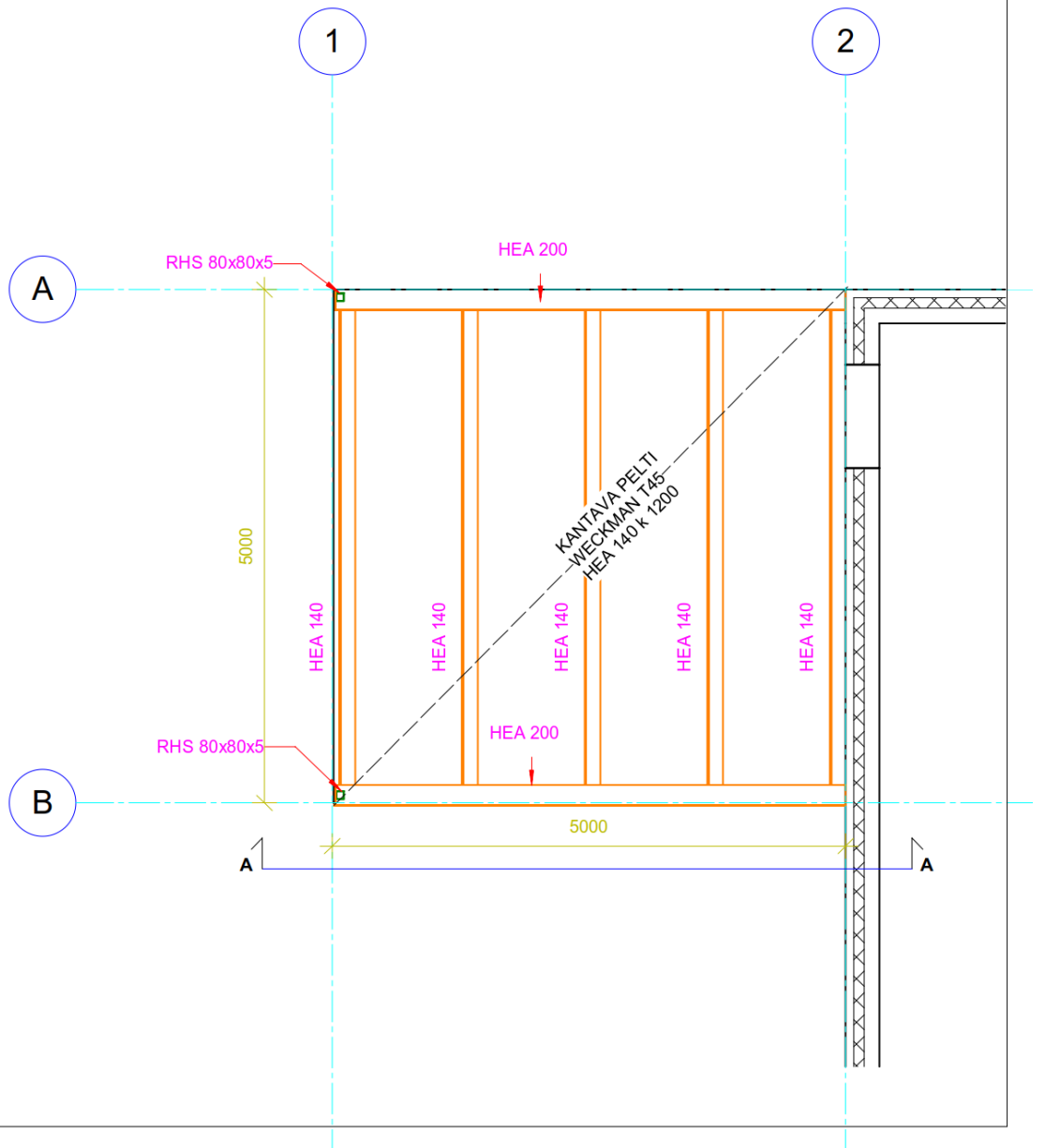


TASOPIIRUSTUS  
PARVEKKEEN LATTIA  
1:50

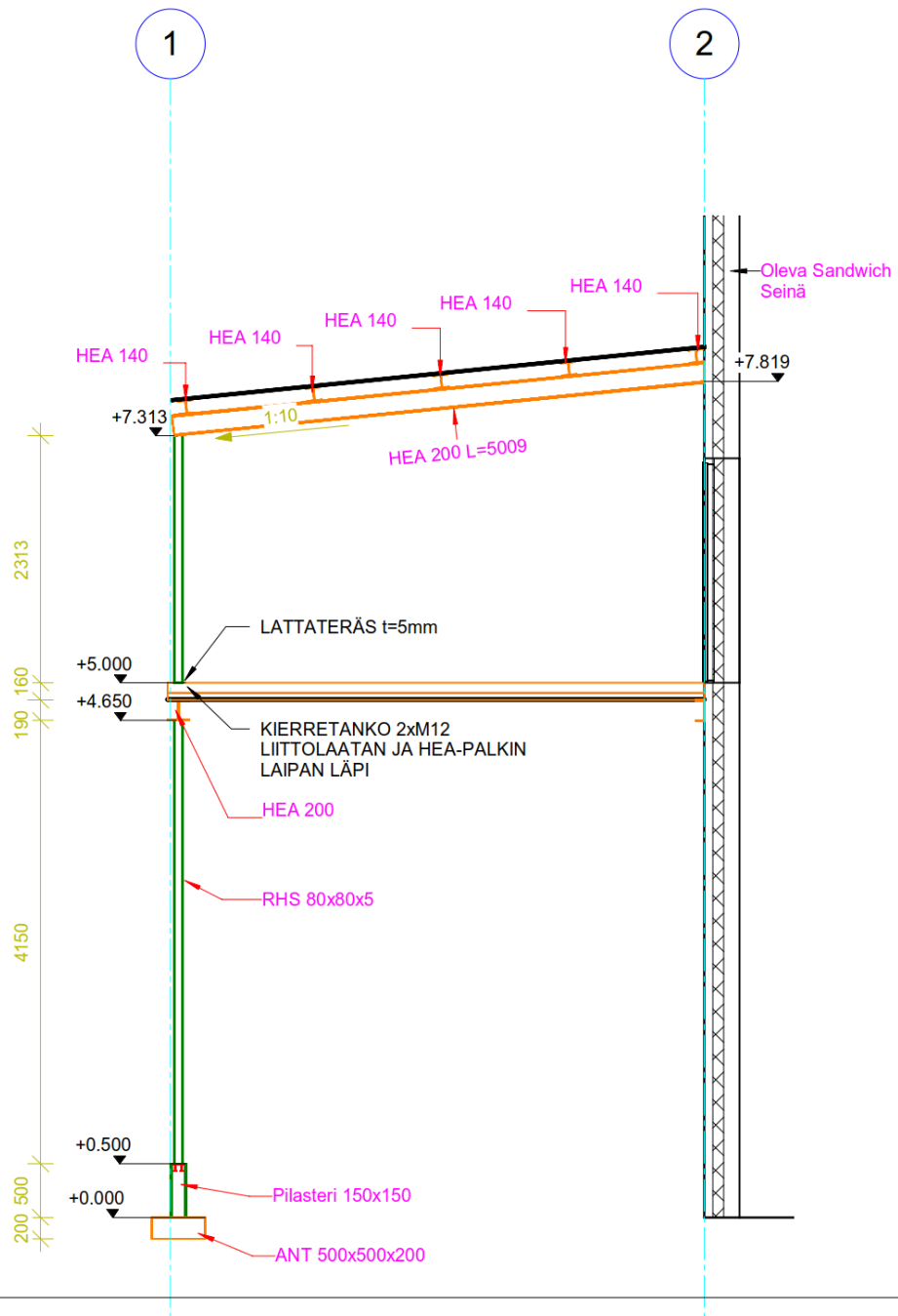




# TASOPIIRUSTUS PARVEKKEEN KATTO 1:50



LEIKKAUS  
A-A  
1:50



Rakennuskohde

Parveke

POHJOLANKATU 30  
87100 KAJAANI  
SUOMI FINLAND

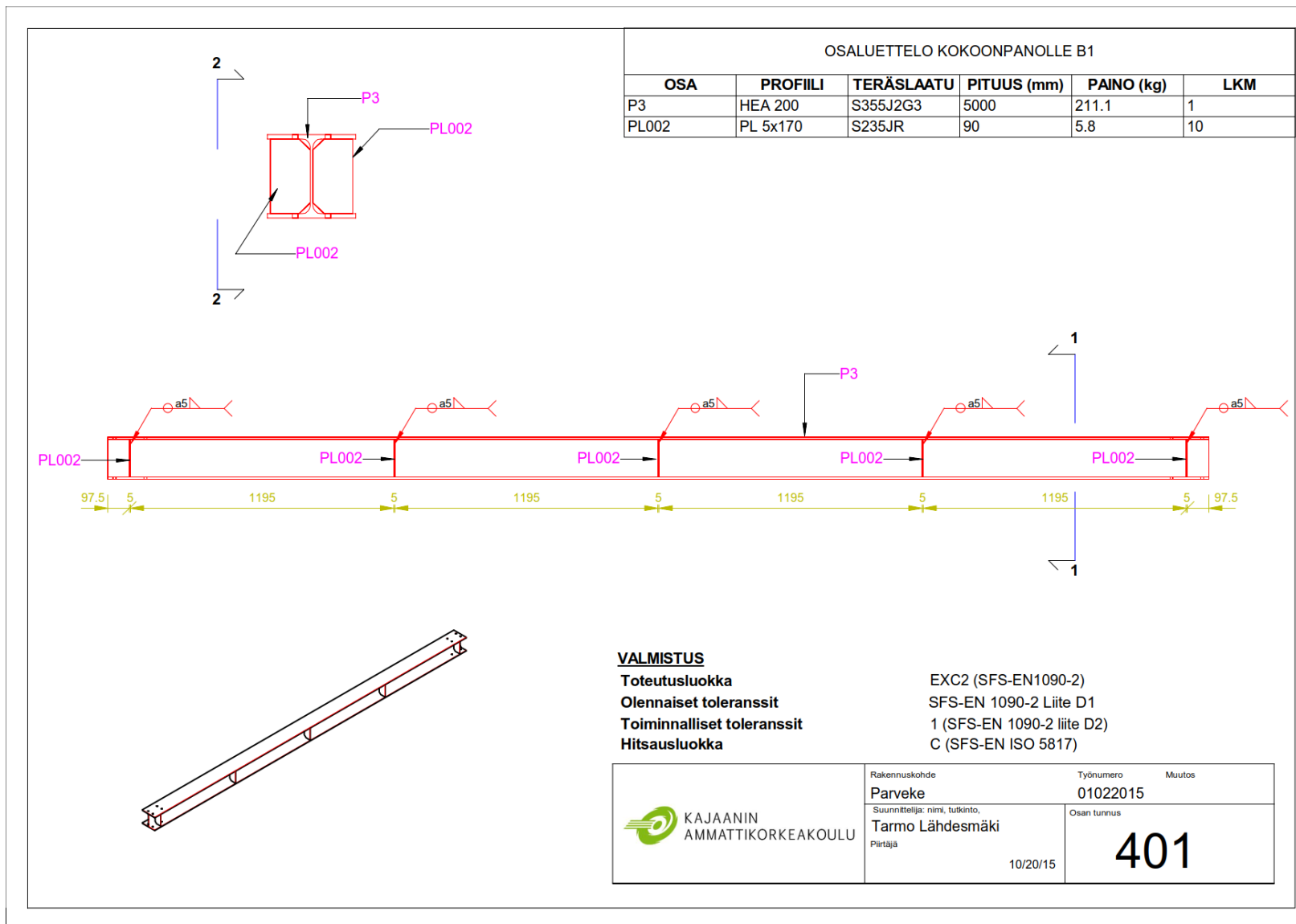
Työnumero

01022015




## Kokoonpanopiirustusluettelo

Piir. nro	Piirustuksen nimi	Suunnitteluala	Pvm	Muutos	Muutos pvm
401	Kokoonpanopiirustus B1	Rakenne	10/20/15		
402	Kokoonpanopiirustus B2	Rakenne	01/05/16		
403	Kokoonpanopiirustus B3	Rakenne	01/05/16		
404	Kokoonpanopiirustus B4	Rakenne	01/05/16		
405	Kokoonpanopiirustus C1	Rakenne	01/05/16		
406	Kokoonpanopiirustus C2	Rakenne	01/05/16		



OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B2					
OSA	PROFIILI	TERÄSLAATU	PITUUS (mm)	PAINO (kg)	LKM
P4	UPE 200	S355J2G4	5000	111.0	1


**VALMISTUS**

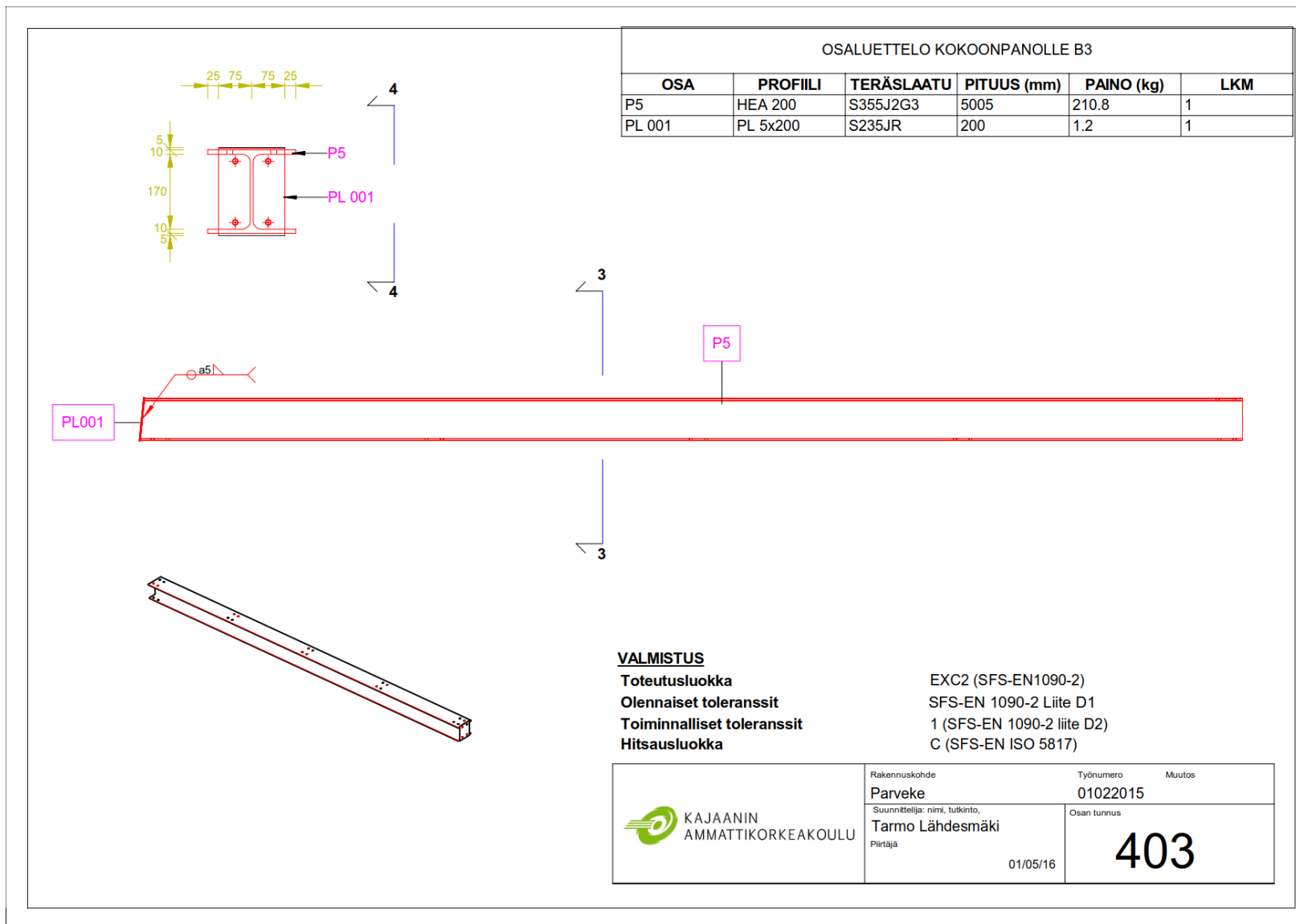
**Toteutusluokka** EXC2 (SFS-EN1090-2)

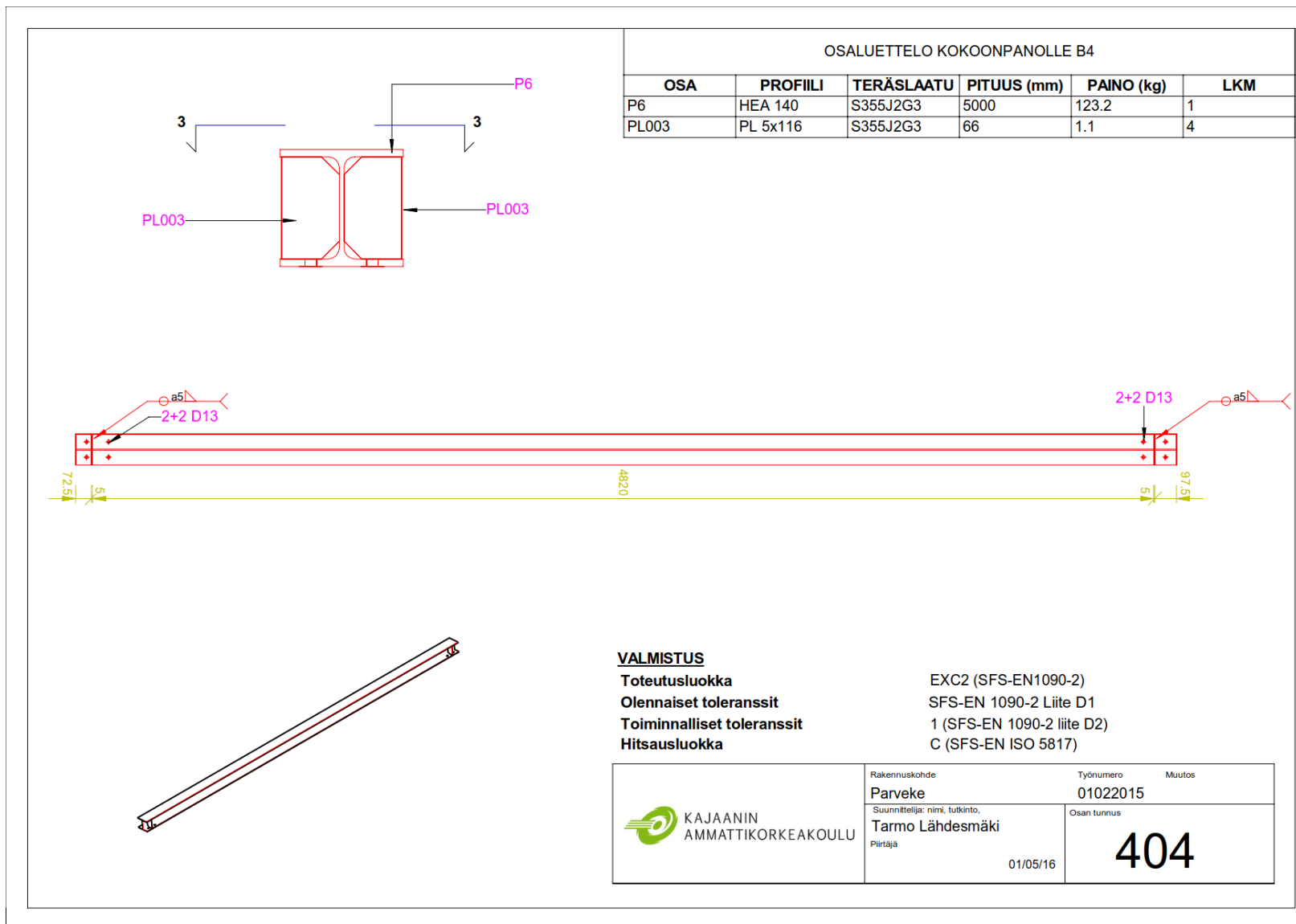
**Olelliset toleranssit** SFS-EN 1090-2 Liite D1

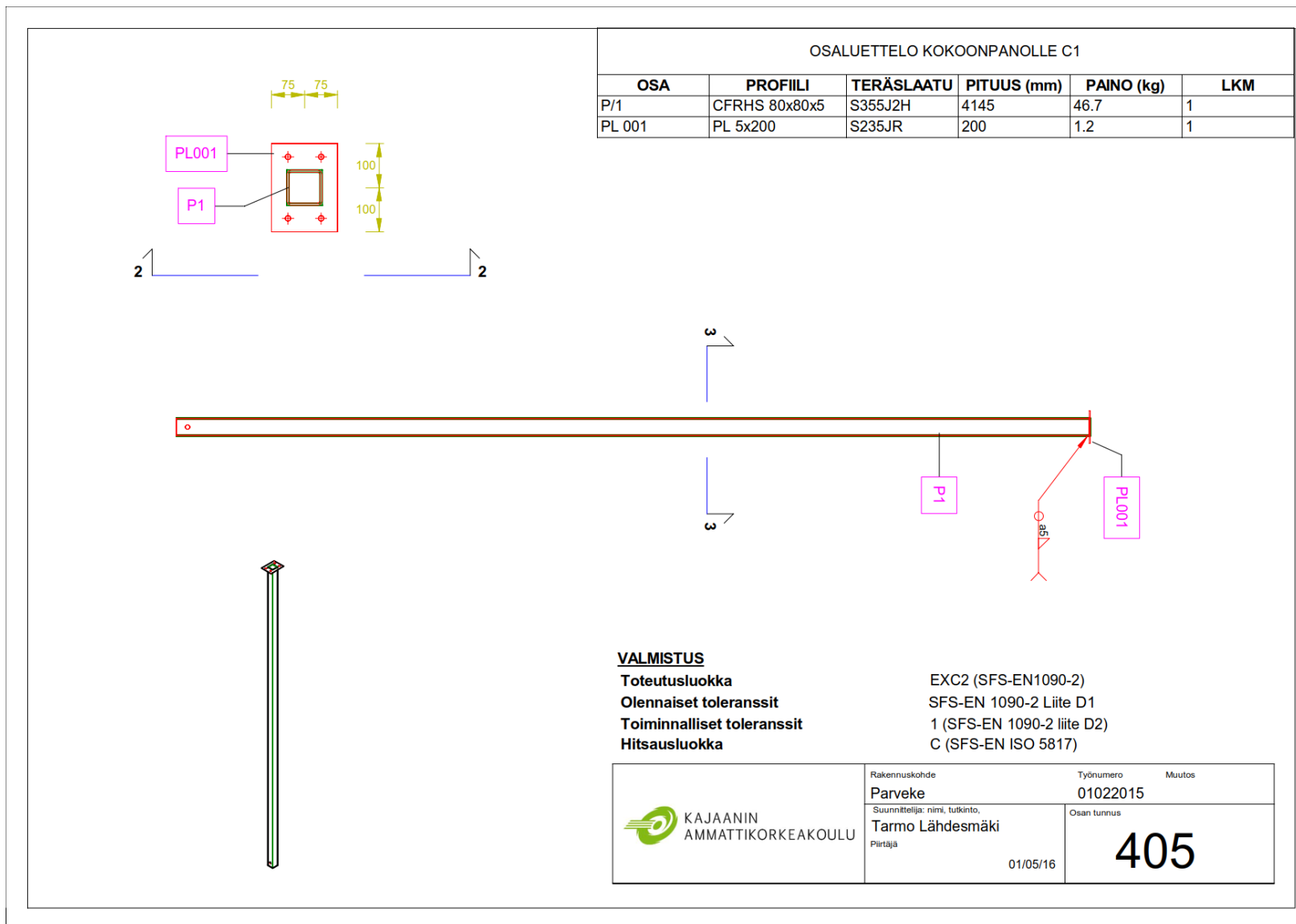
**Toiminnalliset toleranssit** 1 (SFS-EN 1090-2 liite D2)

**Hitsausluokka** C (SFS-EN ISO 5817)

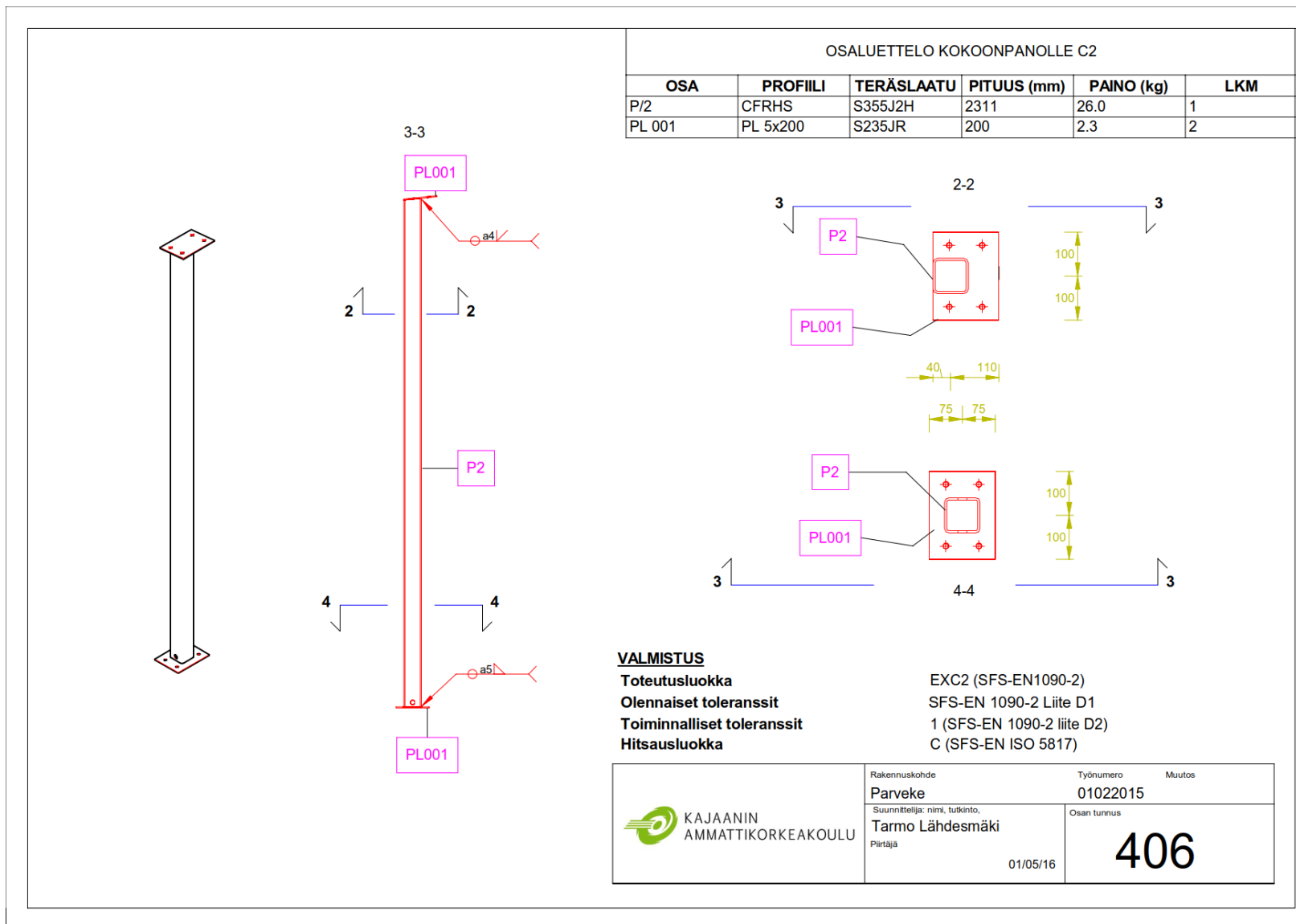
 <b>KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU</b>	Rakennuskohde	Työnumero	Muutos
	Parveke	01022015	
	Suunnittelija: nimi, tutkinto, Tarmo Lähdesmäki Piirtäjä	Osan tunnus	
	01/05/16	<b>402</b>	











Rakennuskohde

## Parveke

POHJOLANKATU 30  
87100 KAJAANI  
SUOMI FINLAND

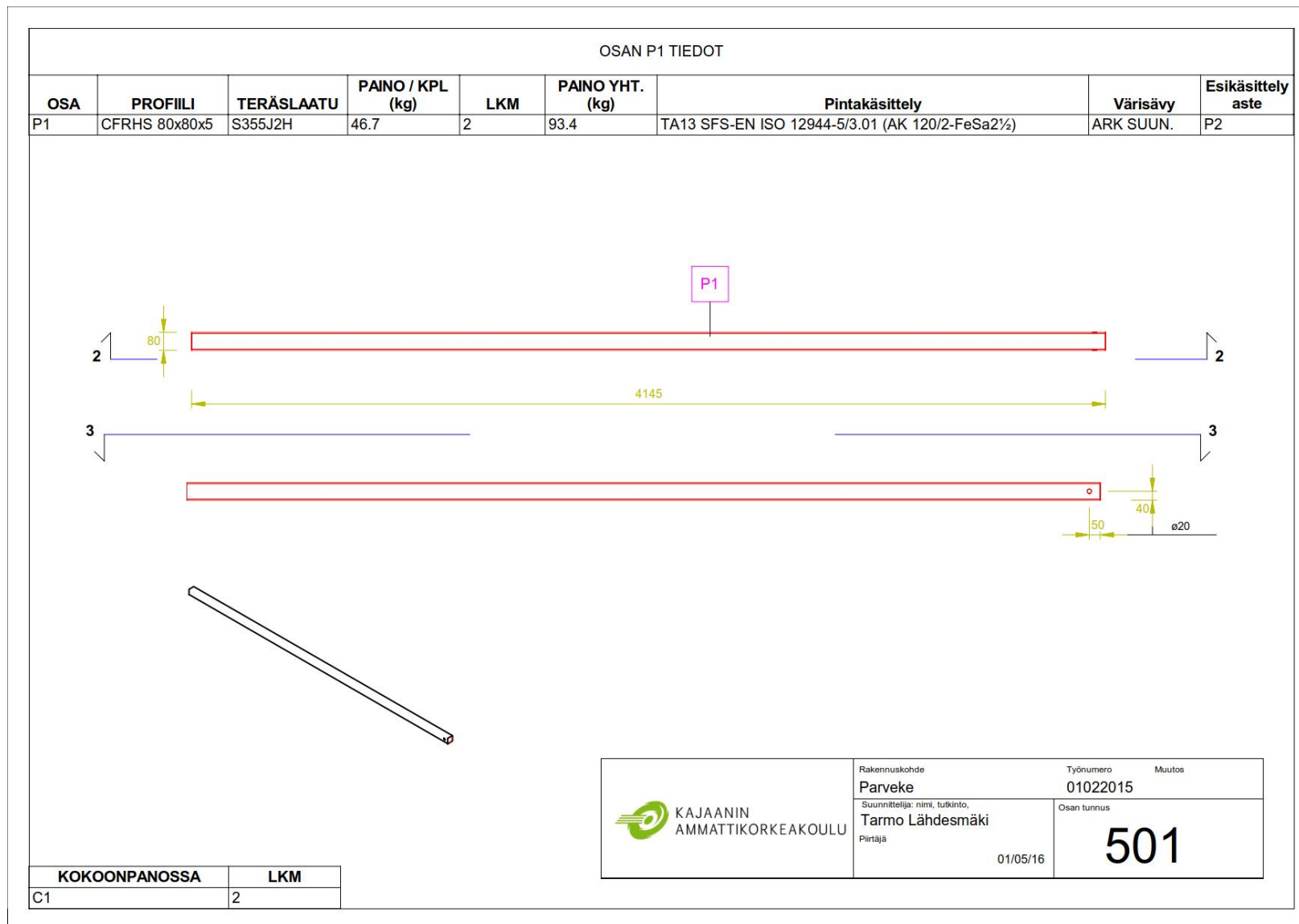
Työnumero

01022015



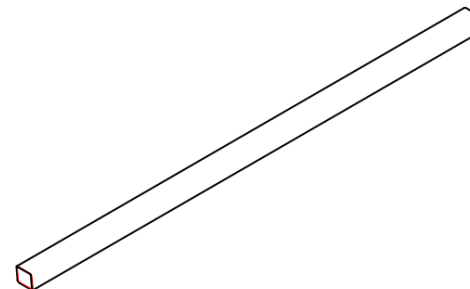
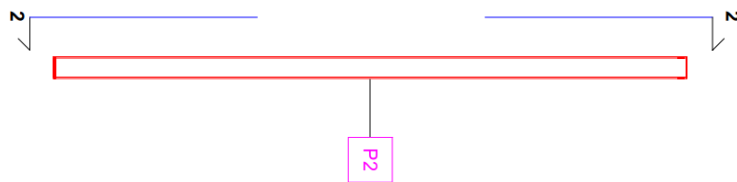
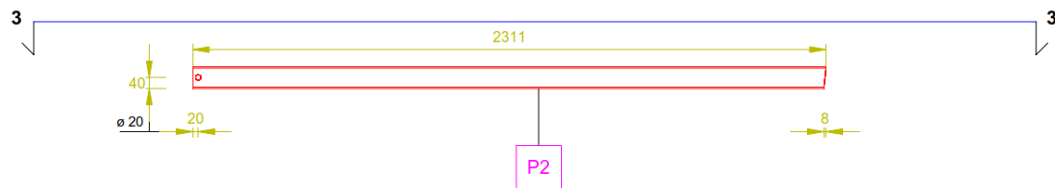
## Osapiirustusluettelo


Piir. nro	Piirustuksen nimi	Suunnitteluala	Pvm	Muutos	Muutos pvm
501	Osapiirustus P1	Rakenne	01/05/16		
502	Osapiirustus P2	Rakenne	01/05/16		
503	Osapiirustus P3	Rakenne	01/05/16		
504	Osapiirustus P4	Rakenne	01/05/16		
505	Osapiirustus P5	Rakenne	01/05/16		
506	Osapiirustus P6	Rakenne	01/05/16		
507	Osapiirustus PL001	Rakenne	01/05/16		
508	Osapiirustus PL002	Rakenne	01/05/16		
509	Osapiirustus PL003	Rakenne	01/05/16		



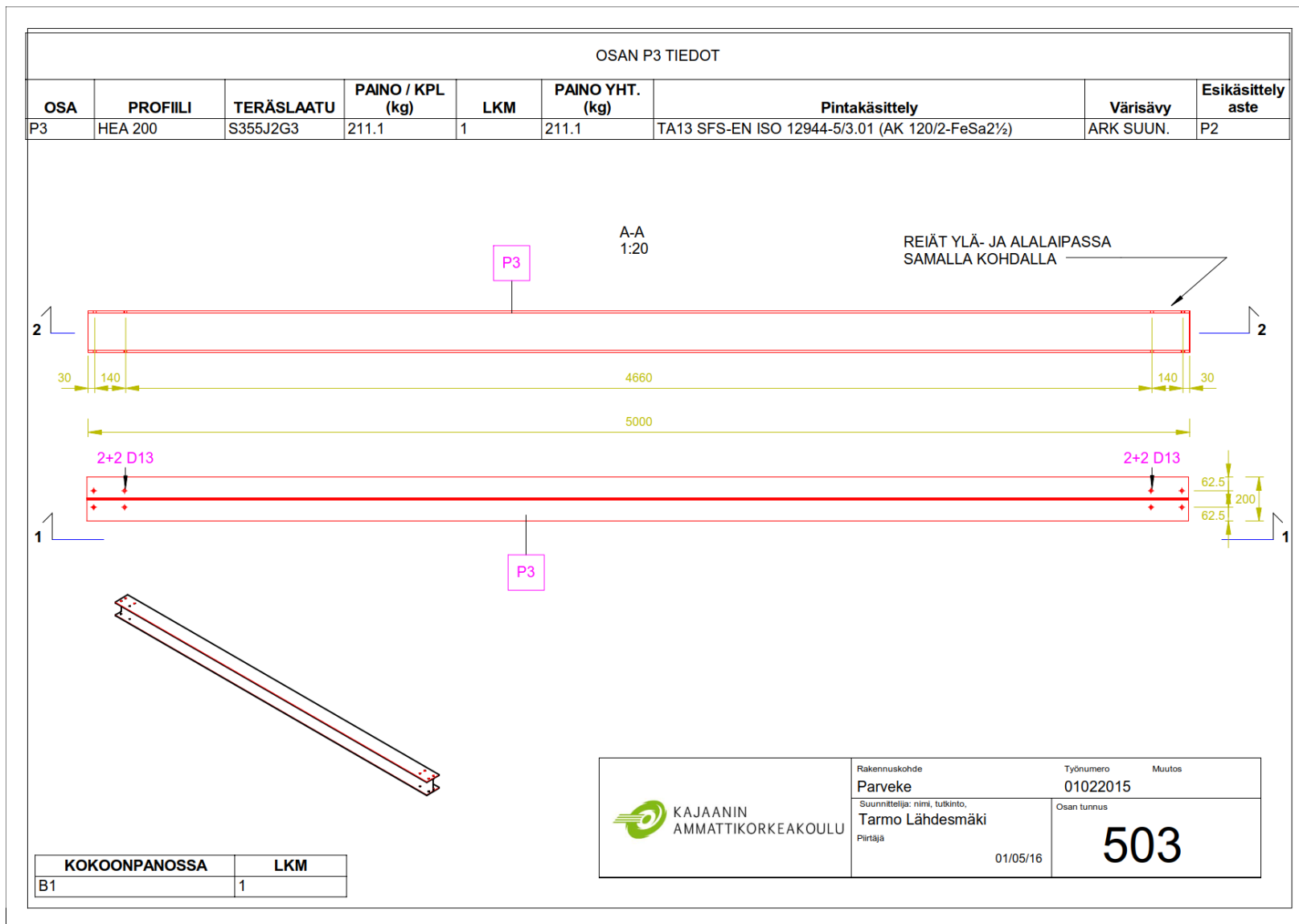
OSAN P2 TIEDOT

OSA	PROFIILI	TERÄSLAATU	PAINO / KPL (kg)	LKM	PAINO YHT. (kg)	Pintakäsittely	Värisävy	Esikäsittelyaste
P2	CFRHS	S355J2H	26.0	2	51.9	TA13 SFS-EN ISO 12944-5/3.01 (AK 120/2-FeSa2½)	ARK SUUN.	P2



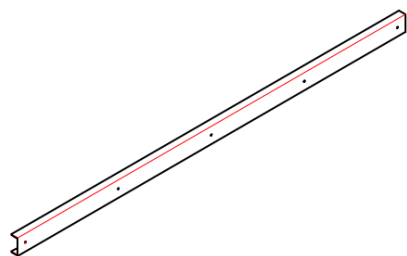
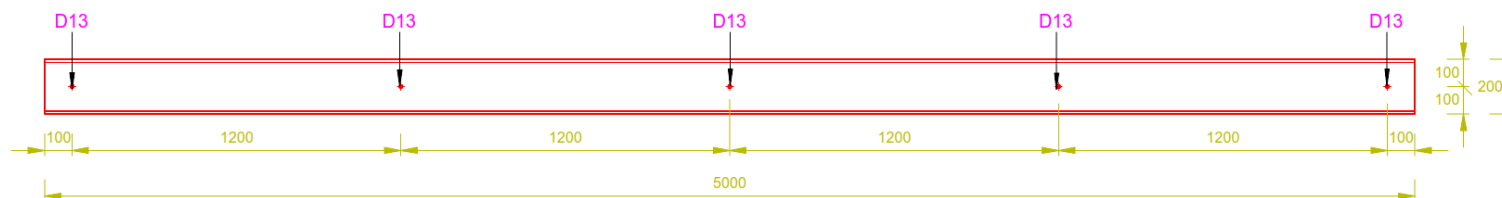
 KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU	Rakennuskohde <b>Parveke</b>	Työnumero 01022015	Muutos
	Suunnittelija: nimi, tulkinto, <b>Tarmo Lähdesmäki</b> Piirtäjä	Osan tunnus <b>502</b>	01/05/16

KOKOONPANOSSA	LKM
C2	2



OSAN P4 TIEDOT

OSA	PROFIILI	TERÄSLAATU	PAINO / KPL (kg)	LKM	PAINO YHT. (kg)	Pintakäsittely	Värisävy	Esikäsittely aste
P4	UPE 200	S355J2G4	111.0	1	111.0	TA13 SFS-EN ISO 12944-5/3.01 (AK 120/2-FeSa2½)	ARK SUUN.	P2



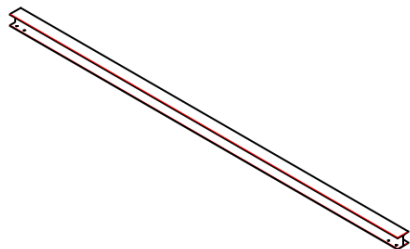
KOKOONPANOSSA	LKM
B2	1


 KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU	Rakennuskohde <b>Parveke</b>	Työnumero 01022015	Muutos
	Suunnittelija: nimi, tulkinto, <b>Tarmo Lähdesmäki</b> Piirtäjä	Osan tunnus <b>504</b>	01/05/16



OSAN P6 TIEDOT

OSA	PROFIILI	TERÄSLAATU	PAINO / KPL (kg)	LKM	PAINO YHT. (kg)	Pintakäsittely	Värisävy	Esikäsittely aste
P6	HEA 140	S355J2G3	123.2	5	616.2	TA13 SFS-EN ISO 12944-5/3.01 (AK 120/2-FeSa2¼)	ARK SUUN.	P2



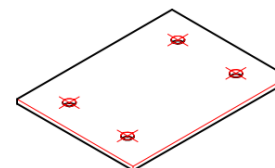
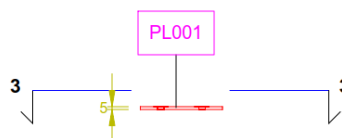
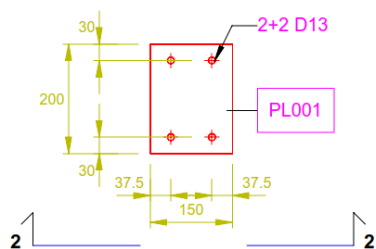
 KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU	Rakennuskohde <b>Parveke</b>	Työnumero 01022015	Muutos
	Suunnittelija: nimi, tulkinto, <b>Tarmo Lähdesmäki</b> Piirtäjä	Osan tunnus <b>506</b>	01/05/16

KOKOONPANOSSA	LKM
B4	5



OSAN PL001 TIEDOT

OSA	PROFIILI	TERÄSLAATU	PAINO / KPL (kg)	LKM	PAINO YHT. (kg)	Pintakäsittely	Värisävy	Esikäsittelyaste
PL001	PL 5x200	S235JR	1.2	8	9.3	TA13 SFS-EN ISO 12944-5/3.01 (AK 120/2-FeSa2½)	ARK SUUN.	P2



KOKOONPANOSSA	LKM
B3	2
C1	2
C2	4



Rakennuskohde	Työnumero	Muutos
Parveke	01022015	
Suunnittelija: nimi, tulkinto,	Osan tunnus	
Tarmo Lähdesmäki	507	
Piirtäjä	01/05/16	

OSAN PL002 TIEDOT								
OSA	PROFIILI	TERÄSLAATU	PAINO / KPL (kg)	LKM	PAINO YHT. (kg)	Pintakäsittely	Värisävy	Esikäsittely aste
PL002	PL 5x170	S235JR	0,6	10	5,8	TA13 SFS-EN ISO 12944-5/3.01 (AK 120/2-FeSa2¼)	ARK SUUN.	P2

Technical drawing of the PL002 profile showing dimensions: height 170, top width 25, and bottom width 65. Section lines 2-2 are indicated.

Technical drawing of the PL002 profile showing a width of 5. Section lines 3-3 are indicated.

3D perspective view of the PL002 profile.

 KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU	Rakennuskohde	Työnumero	Muutos
	Parveke	01022015	
	Suunnittelija: nimi, tulkinto,	Osan tunnus	
	Tarmo Lähdesmäki	508	
	Piirtäjä	01/05/16	

KOKOONPANOSSA	LKM
B1	10

OSAN PL003 TIEDOT								
OSA	PROFIILI	TERÄSLAATU	PAINO / KPL (kg)	LKM	PAINO YHT. (kg)	Pintakäsittely	Värisävy	Esikäsittelyaste
PL002	PL 5x170	S235JR	0.6	10	5.8	TA13 SFS-EN ISO 12944-5/3.01 (AK 120/2-FeSa2½)	ARK SUUN.	P2

<b>KOKOONPANOSSA</b>	<b>LKM</b>
B1	10

**KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Rakennuskohde  
**Parveke**

Suunnittelija: nimi, tulkinto,  
**Tarmo Lähdesmäki**

Piirtäjä  
01/05/16

Työnumero Muutos  
**01022015**

Osan tunnus  
**509**

## LIITE 3

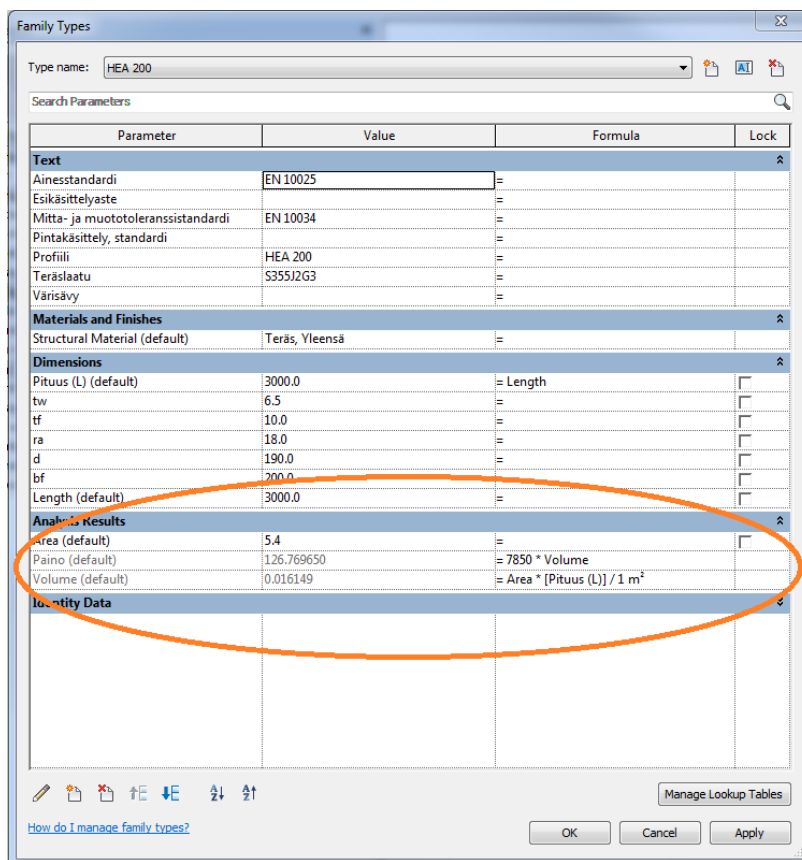
Liitteessä 3 esitellään yksityiskohtaisemmin teräsosien laatimista Revitillä. Liitteessä kuvataan vaadittavat valmistelut ja käytännön mallinnus, joilla liitteen 2 mukaiset piirustukset on laadittu. Esitys on laadittu oletuksella, että Revitin peruskäyttö on lukijalle tuttua.

### 1. VALMISTELUT

#### FAMILYT

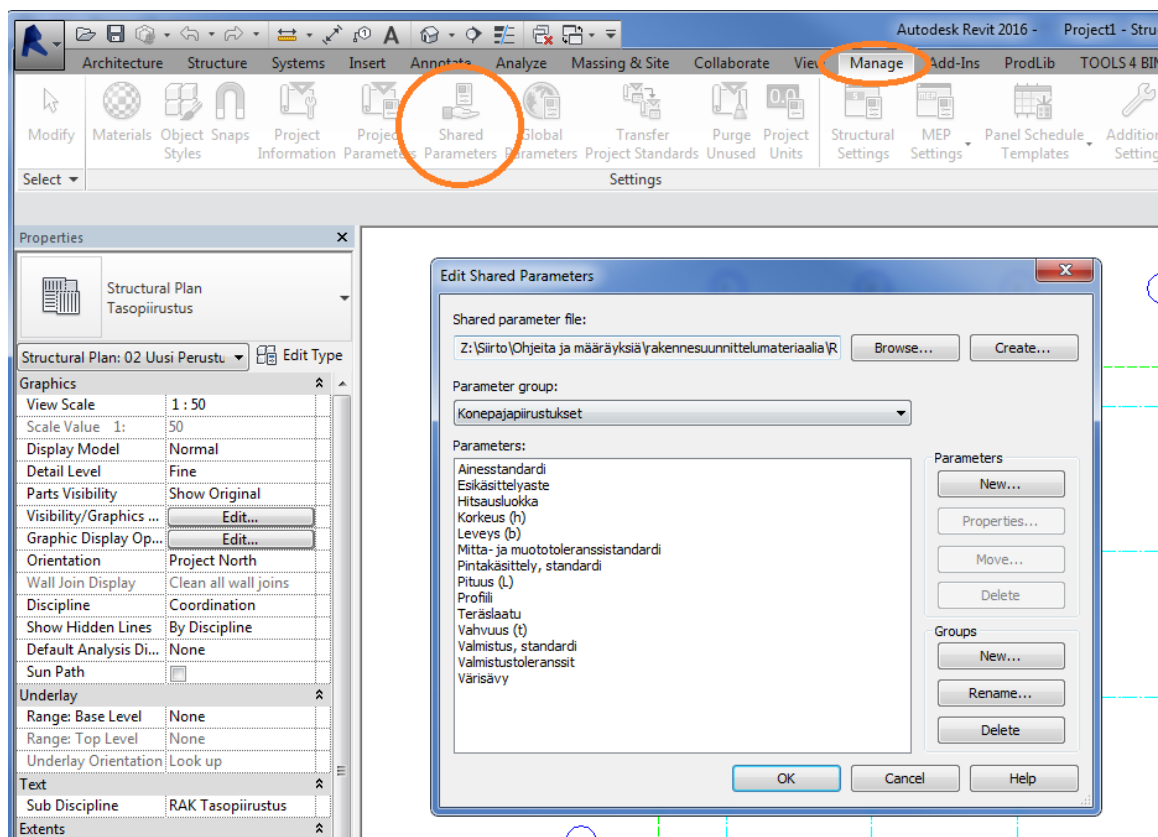
Valmistelut on aloitettava luomalla tavallisimmista teräsosista familyt. Käytettävien familyjen kategoriat määritetään palkeille Structural Framing Familyiksi, pilareilla Structural Column Familyiksi ja muilla Structural Connection Familyiksi. Palkki- ja pilarifamilyt tehdään valmistettävien tuotteiden profiilien ja mittojen mukaisiksi. Eri kokoisten profiilien tiedot voidaan syöttää excel pohjaseen katalogitiedostoon, jolloin ohjelma kysyy esimerkiksi HEA-palkkifamilyä valittaessa, mikä tai mitkä koot projektiin ladataan. Toisaalta esimerkiksi RHS-profiilille katalogin käyttö ei ole järkevää, sillä kokoja on suuri määrä ja kokoa säätäviä parametreja on vain muutamia.

Jos teräsosan paino halutaan taulukoida, sille on luotava laskentakaava familyyn. Laskentakaavaan on saatava profiilin ala, joka kerrotaan pituudella ja teräksen tiheydellä  $7850\text{kg/m}^3$ . Erilaisten I-profiilien pinta-alan laskentakaavat ovat vaikeita luoda, joten niissä helpon on katalogitiedostoon lisätä kullekin profiilille pinta-ala, joka voidaan kertoa palkin pituudella. Automaattiset laskukaavat eivät osaa ottaa huomioon esimerkiksi pilarien viistettyjä päitä. Esimerkki HEA profiilin tilavuuden laskentakaavasta kuvassa 5.



Kuva 5 Tilavuuden ja painon laskentakaavat on luotava familyjen sisälle. I-profiileille profiilin pinta-ala on helppoin syöttää katalogiedostoon manuaalisesti.

Teräsosien familyihin on geometriaa hallitsevien parametritietojen lisäksi syötettävä myös muuta tietoa. Jotta suunniteltaviin teräsosiin voidaan syöttää taulukoitavia parametrisoituja arvoja, on parametrit ensin luotava ja ne on lisättävä käytettäviin familyihin. Familyiden ja projektien kesken jaetut parametrit tallentuvat tekstitiedostoksi, joka on syytä tallentaa verkkoasemalle, jotta samat parametrit ovat koko toimiston käytettävissä. Jaettuja parametreja pääsee muokkaamaan kuvan 6 mukaisesti.



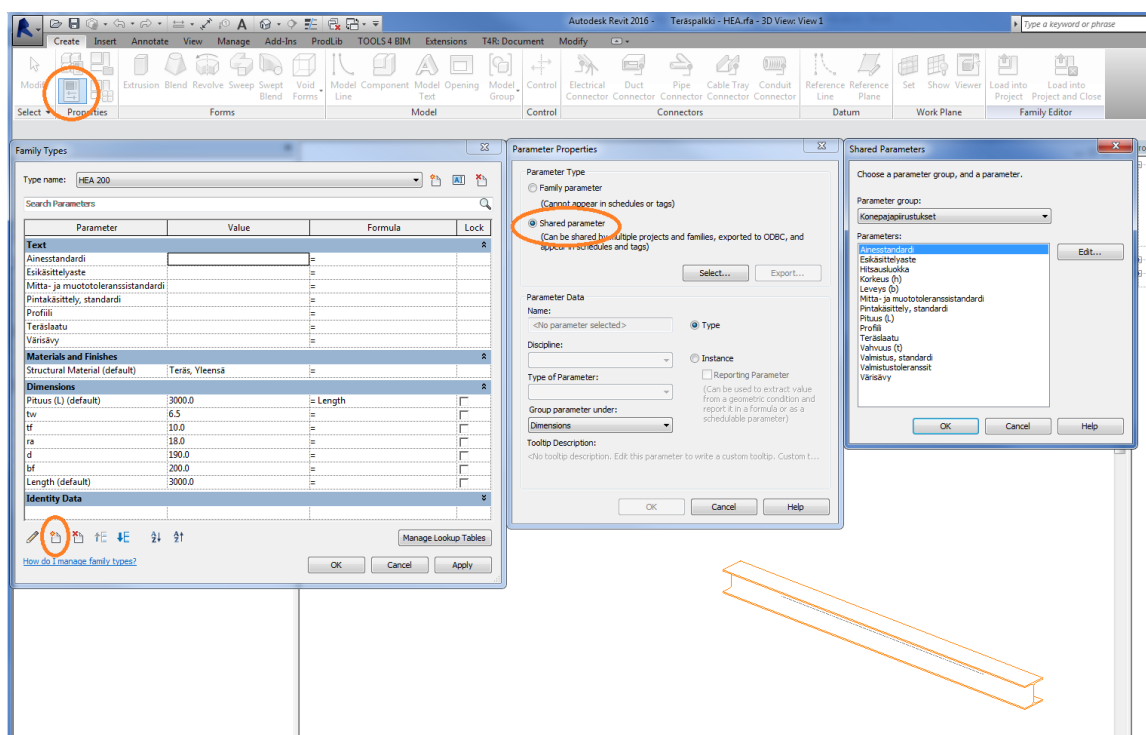
Kuva 6 Jaettu parametreja hallinnoidaan kuvan ikkunasta.

Liitteen 2 piirustusten mukaiset tiedot saadaan taulukoitua piirustuksiin, kun teräsosafamilyyn on ladattu seuraavat parametrit:

- Ainesstandardi = Tekniset toimitusvaatimukset. Vaatimukset ovat profiili-kohtaiset ja ne on määritelty standardin SFS-EN 1090-2+A1 sivun 22 taulukossa.
- Mitta- ja muototoleranssistandardi = Vaatimukset ovat profiili-kohtaiset ja ne on määritelty standardin SFS-EN 1090-2+A1 sivun 22 taulukossa.
- Esikäsittelyaste = Syötetään teräsosalle luvun 2.3. mukaisesti valittu esikäsittelyaste.
- Pintakäsittely, standardi = Syötetään teräsosalle luvun 2.4. mukaisesti valittu pintakäsittely

- Profiili = Syötetään profiilin tunnus.
- Teräslaatu = Syötetään valittu teräslaatu
- Värisävy = Syötetään värisävy, jolla teräsosa käsitellään

Jaetut parametrit ladataan familyyn kuvan 7 mukaisesti.



Kuva 7 Familyyn ladataan jaettu parametreja kuvan mukaisesti.

Planssit eli sheetit ovat ns. system familyitä, joten niitä ei pystytä edellä kuvatulla tavalla lisäämään parametreja. Sen sijaan on ladattava jaetut parametrit projektiin ja kerrottava projektille, missä kategorioissa kyseisiä parametreja käytetään.

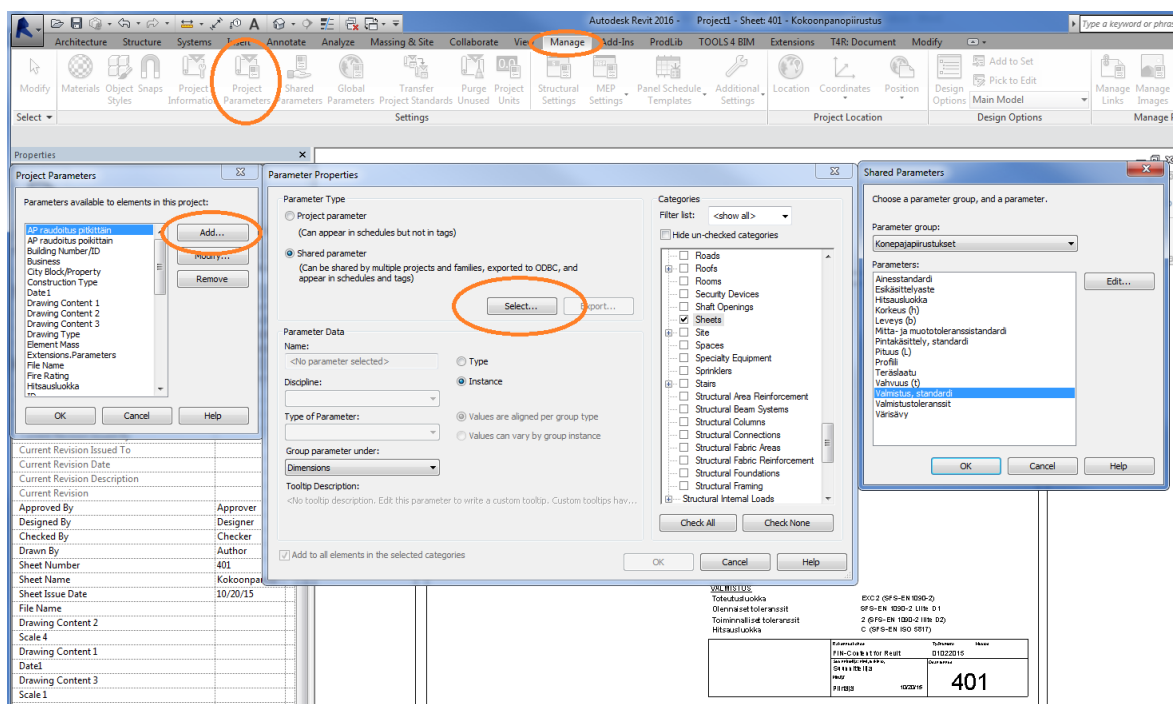
Ensin plansseille laaditaan seuraavat jaetut parametrit, jotka esittävät kokoonpanoille määrättyjä attribuutteja:

- Hitsausluokka = Syötetään kokoonpanolle vaadittu hitsausluokka luvun 2.7. mukaisesti

- Valmistus, standardi = Syötetään kokoonpanolle luvun 2.2. mukaisesti vaadittu toteutusluokka
- Valmistustoleranssit = Syötetään kokoonpanolle vaadittu toiminnallisten toleranssien vaatimusluokka luvun 2.5. mukaisesti.

Lisäksi lisätään Structural Framing, Structural Column ja Structural Connection kategorioihin ”Osan numero kokoonpanossa” parametri. Tätä parametria käytetään myöhemmin näkymien suodatuksessa.

Seuraavaksi ladataan luodut parametrit projektille kuva 8 mukaisesti. Huomaa, että kaikki näin luodut parametrit ovat instanssiparametreja, eli jokaiselle family instanssille määritetään parametritieto erikseen:

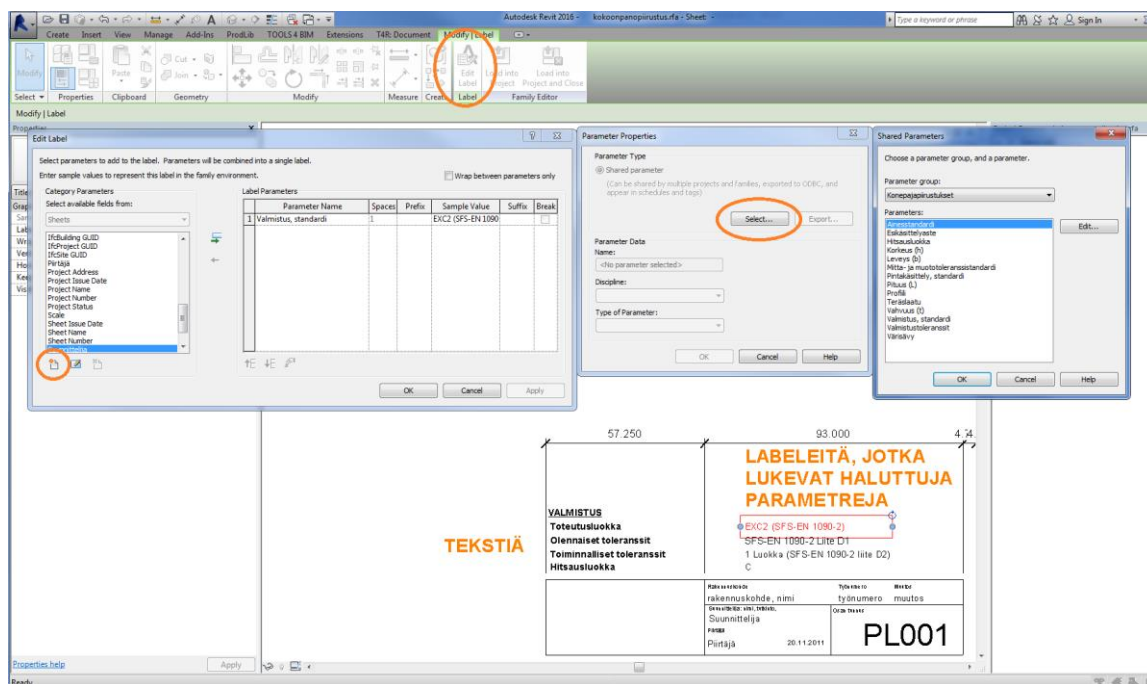


Kuva 8 Jaetut parametrit ladataan projektiin sheet parametreiksi kuvan mukaisesti. ”Osan numero kokoonpanossa” parametri ladataan Structural Framing, Structural Column ja Structural Connection parametrikiksi.

Plansseja varten luodaan seuraavaksi nimiö ja kehykset, eli title block. Title blockin ulkoasu on toimistokohtainen. Kokoonpanopiirustuksia ja osapiirustuksia varten laaditaan omat title blockit. Uutta sheettiä luodessa Revit kysyy, mitä title blockia halutaan käyttää. Kokoonpanopiirustuksien title block familyihin lisätään nimiön



yläpuolelle mukautuva label – tekstit esittämään edellä määritellyt projektiparametrit kuvan 9 mukaisesti. Tämän jälkeen kokoonpanopiirustukselle voidaan syöttää esimerkiksi toteutusluokka ja luotu label esittää syötetyn tiedon sheetillä.



Kuva 9 Title Block familyihin voidaan lisätä labeleita, jotka lukevat projektin parametreja.

## PROJEKTIN ALOITUSPOHJA

Projektiin on ladattava paljon eri familyitä, joita tarvitaan jatkuvasti. Toimiston onkin syytä luoda aloituspohja, eli template, johon kaikki usein käytetyt elementit ja asetukset on ladattu valmiiksi. Kehittämällä aloituspohjaa, voidaan myös teräsrakenteiden suunnittelua helpottaa.

Aloituspohjaan ladataan myös edellä luodut title blockit ja parametrit. Palkkeja, pilareita ja kiinnityslevyjä ei välttämättä kannata kaikkia ladata projektiin, vaan niitä voi ladata kirjastosta tarpeen mukaan. Lisäksi luodaan valmiiksi taulukkopohja osien tiedoista, osien käyttökohteista ja kokoonpanoista. Taulukon tyyppiä määritetään multi-category schedule, jolloin siihen kerääntyy tieto palkeista, pilareista ja muista osista.

Yksi haaste taulukoinnissa on suodatus. Revit ei tiedä automaattisesti, mitä tietoja sen halutaan taulukoivan. Tästä johtuen multi-category schedule kirjaa kaikki projektiin sijoitetut elementit. Taulukon asetuksissa on luonnollisesti filter toiminto, mutta suodatusta ei voida tehdä suoraan tyyppin mukaan. Näin ollen familylle ei riitä, että sen tyyppi on asetettu esim. PL001:ksi, vaan sen Type Mark parametri on myös muutettava PL001:ksi ja taulukkoon on suodattimeksi valittava "Type Mark equals PL001". Nyt taulukko esittää vain ne PL001 elementin tiedot.

Kun taulukkopohja on luotu, riittää seuraavaan PL002 osan taulukkoon, että taulukkopohjasta kopioidaan toinen instanssi ja suodattimeksi muutetaan: "Type Mark equals PL002".

## 2. TOTEUTUS

### GEOMETRIAN MALLINNUS

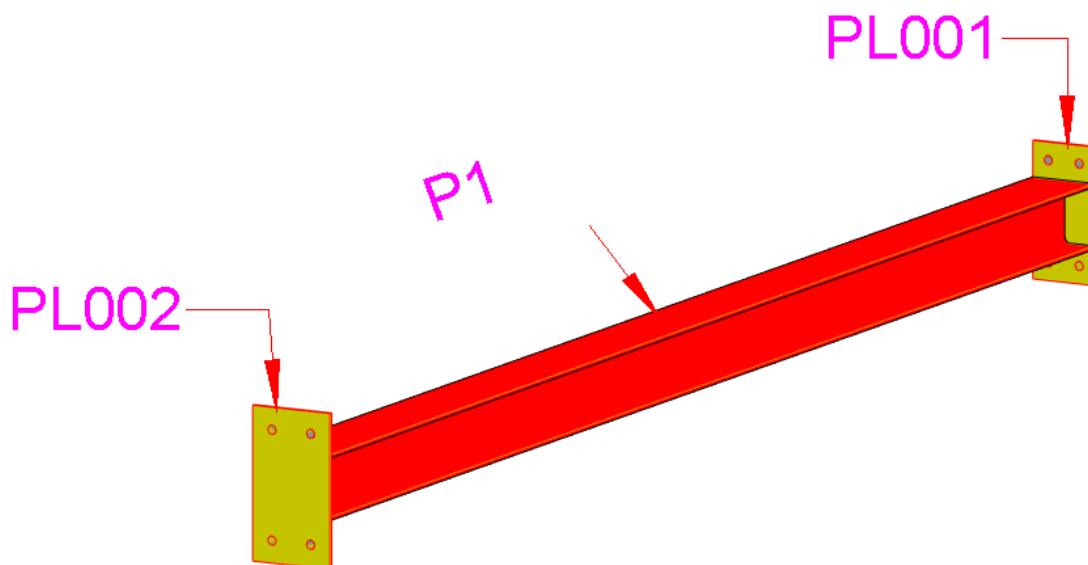
Kun valmistelut on tehty, teräsosista saadaan melko helposti tuotantopiirustukset laadittua. Liitteessä käydään seuraavaksi läpi yksinkertaisen teräsosan piirustusten laatiminen läpi.

Aloitetaan lataamalla projektiin HEA200 – Structural framing family. Luodaan palkista duplicate toiminnolla uusi tyyppi, nimetään se P1:ksi, sijoitetaan se projektille mielivaltaisesti ja annetaan sille haluttu pituus. Palkin Type Mark parametriksi syötetään P1 ja täytetään tekstikenttiin jaettujen parametrien tiedot. "Osan numero kokoonpanossa" – parametrille annetaan arvo 1.

Ladataan projektiin lattateräsfamily ja luodaan duplicate toiminnolla kaksi uutta tyyppiä, PL001 (400x200x10) ja PL002 (450x250x10), syötetään muut tiedot, kuten palkillekin ja sijoitetaan latat palkin molempiin päihin. PL001 olkoon osa numero 2 ja PL003 numero 3 kokoonpanossa.

Ladataan reikäfamily projektiin ja sijoitetaan molempiin lattateräksiin neljä reikää halkaisijaltaan 26 mm M24 pulteille. Reikäfamilyn on oltava face-based family, jo-

hon on sijoitettu parametrisesti säätyvä pyöreä reikä ja johon on model lineillä piirretty ristikko. Esimerkin kokoonpanon havainnekuva on esitetty kuvassa 10. Rei'ille annetaan "Osan numero kokoonpanossa" parametrille arvo sen osan mukaan, jossa reikä sijaitsee.

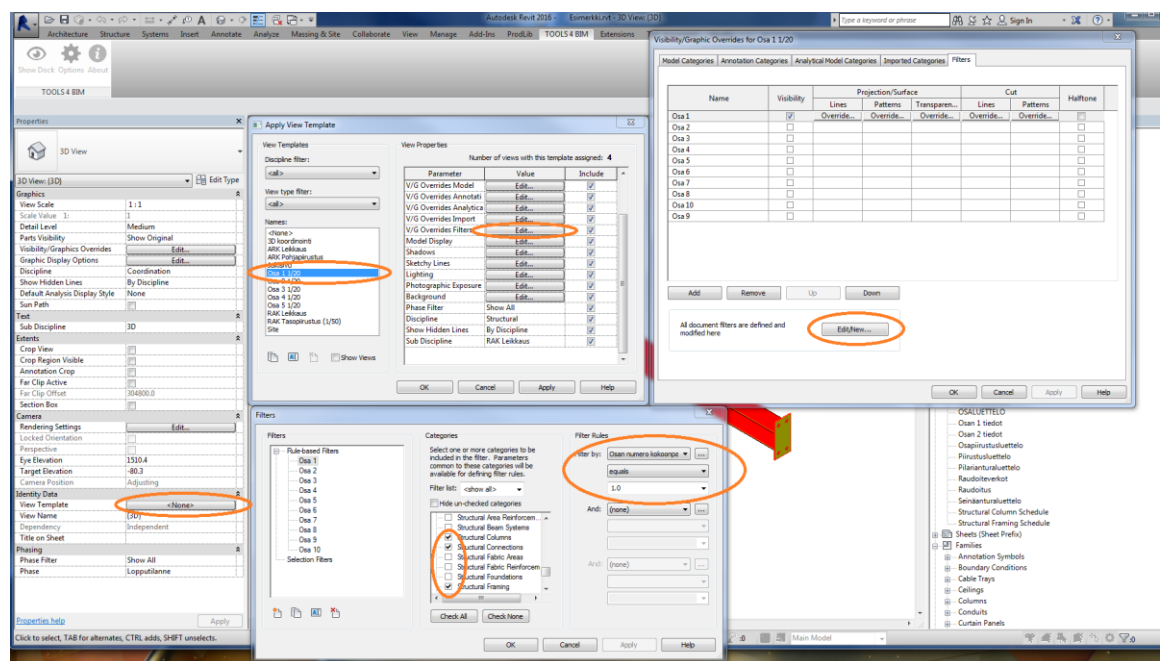


*Kuva 10 Esimerkin kokoonpanon havainnekuva*

## ASSEMBLY TOIMINTO

Käytännössä, jotta kokoonpanoista ja osista voidaan laatia kuvantoja, ne on pystyttävä erottamaan projektin muista elementeistä. Tämä voidaan toteuttaa luomalla kokoonpanosta assembly, jonka jälkeen kokoonpanosta voidaan laatia kuvantoja. Kokoonpanopiirustusten laadinnassa assembly toiminto toimii sellaisenaan hyvin, mutta osapiirustuksia laatiessa ongelmaksi muodostuu, että yksi elementti voi olla osa vain yhtä assemblyä, eli kun kokoonpano on eristetty projektista, osille ei voida enää tehdä samaa. Tämä ongelma voidaan kiertää muuttamalla tavalla. Yksinkertaisin, mutta virheille altis tapa on luoda osista kopiot omalle projektilleen ja laatia osapiirustukset erillään pääprojektista. Virheen mahdollisuus

kasvaa näin toimiessa, sillä muutokset eivät automaattisesti päivity projektien välillä. Toinen mahdollisuus on luoda kokoonpanon assemblyn kuvannoista kopioita ja suodattimilla peittää epätoivotut geometriat. Tämä helpottuu aiemmin luodulla ”osan numero kokoonpanossa” parametrilla jolla numeroidaan osat kokoonpanossa ja tämän jälkeen luodaan näkymäasetuksissa suodatin, joka suodattaa näkymää siten, että vain yksi numero kerrallaan on näkyvässä. Suodatinasetuksen säätö parametrin mukaan on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11 Luomalla näkymäasetuksia eri kokoonpanon osille, voidaan kokoonpanopiirustuksista erottaa osat helposti.

Kun kuvannot on luotu assemblyistä, on niihin lisättävä halutut notaatiot, eli mittaviivat, hitsausmerkinnät ja osatunnukset. Jokaisesta luodusta kuvannosta jää myös leikkausmerkintä, joten niistä ylimääräiset on syytä piilottaa näkymästä.

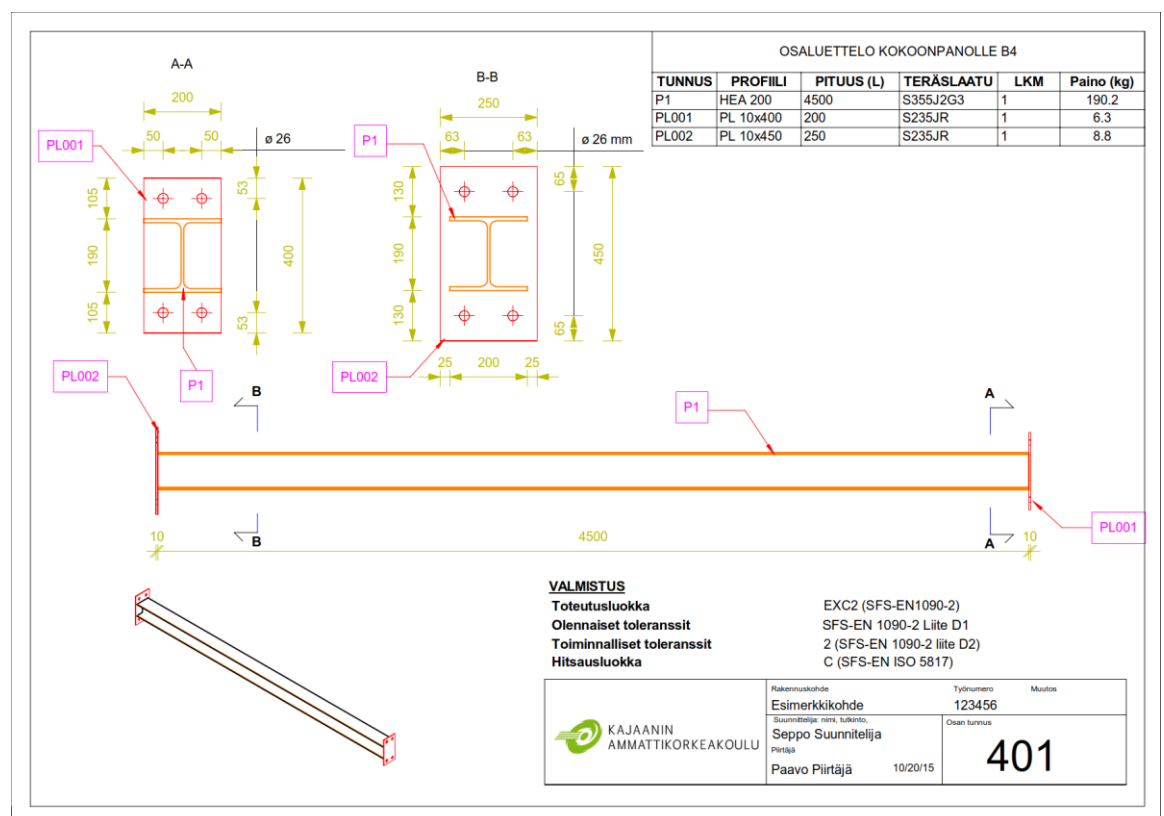
## TAULUKOT

Taulukot luodaan joka osalle erikseen kopioimalla taulukkopohjaa. Ne nimetään ja niihin muutetaan halutun osan suodatusasetus type mark parametrin mukaan. Kokoonpanoa varten laadittava osaluettelo (part list) luodaan assemblyn sisälle, joten siihen suodattuu automaattisesti vain assembly sisältämät osat. Kokoonpa-

non taulukko joudutaan aina luomaan tyhjästä, sillä projektiin sisältämää taulukko-pohjaa ei voida kopioida assemblyyn. Ainoa suodatusasetus, joka joudutaan tekemään, on reikien pois suodattaminen taulukosta. Tämä onnistuu helposti lisäämällä suodattimen Parameter ”Pituus (L)” exists, koska kyseistä parametria ei käytetä reikäfamilyssä.

## PIIRUSTUSTEN KOKOAMINEN

Kun halutut kuvannot on luotu, mitoitukset ja muut notaatiot on lisätty ja taulukot laadittu, voidaan jokaiselle osalle ja kokoonpanolle luoda planssit ja sijoittaa edellä mainitut elementit niihin. Kokoonpanon planssiin vielä lisätään aiemmin luotujen parametrien tiedot tuotantoluokasta, hitsausluokasta ja valmistustoleransseista. Kuva 12:n on koottu liitteen esimerkin kokoonpanopiirustus.



Kuva 12 Esimerkkipalkin kokoonpanopiirustukseen on koottuna notatoidut kuvannot, osaluettelo ja kokoonpanon tiedot.