

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Olli-Mikko Kortelainen

TERÄSLEVYN LASTAUS- JA KULJETUSKÄRRYN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö  
Kesäkuu 2014



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Kesäkuu 2014**  
**Kone- ja tuotantotekniikan**  
**koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)  
Olli-Mikko Kortelainen

Nimeke  
Teräslevyn lastaus- ja kuljetuskärryn suunnittelu

Toimeksiantaja  
KKR Steel Oy

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa teräslevyn lastaus- ja kuljetuskärryn mekaaninen suunnittelu. Työn toimeksiantajana toimi yritys nimeltään KKR Steel Oy. Yrityksen päätoimialana on tuottaa harvestereiden ja kuormatraktoreiden rungoissa käytettäviä osia. Tällä hetkellä toimeksiantajalla ei ole apuvälinettä levyjen pinoamista ja kuljettamista varten. Kärryn tarkoituksena on poistaa yksi työvaihe levynkäsittelyketjusta. Kärry tulee siis nopeuttamaan ja helpottamaan kauttaaltaan käsittelyprosessia.

Työ aloitettiin kartoittamalla tarve ja kärryltä vaadittavat ominaisuudet. Tämän jälkeen valittiin kärryssä käytettävät materiaalit ja valmistusmenetelmät. Kärryn suunnittelu ja mittapiirroksot tehtiin PTC Creo 1.0 3D-mallinnus ohjelmistolla. Lujuuslaskentaa suoritettiin käsinlaskemalla sekä mallinnusohjelmistoa apuna käyttäen. Kärryn suunnittelu onnistui hyvin eikä suunnitteluvaiheessa havaittu ongelmia kärryn toiminnan kannalta. Kärryn kasaamisen ja testaamisen suorittaa tämän työn toimeksiantaja.

Kieli  
suomi

Sivuja 29  
Liitteet 20  
Liitesivumäärä 20

Asiasanat  
hitsaus, koneenrakennus, kärryt



**THESIS**  
**June 2014**  
**Degree Programme in Mechanical**  
**Production Engineering**

Karjalankatu 3  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. 358-13-260 6800

Author(s)

Olli-Mikko Kortelainen

Title

Mechanical Design of Trolley for Steel Sheets

Commissioned by  
KKR Steel Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to carry out a mechanical design of a trolley for loading and transporting steel sheets. The work was commissioned by a company called KKR Steel Oy. The company is located in Joensuu and its field of operation includes production of harvester and forwarder frame parts.

During the time of the thesis work, the commissioner did not have any assistive device for the transportation of steel sheets. The purpose of the trolley to be designed was to remove one operation phase from the processing chain. The trolley would therefore advance and ease the entire production.

The work was initiated by defining the required properties for the trolley. After this the construction materials and manufacturing methods were decided. The design work and technical drawings were made by using PTC Creo 1.0 3D modeling software. The strength calculation of parts was accomplished with a calculator and also with the modeling software.

The design of the trolley was successful and problems did not occur in the operation of the trolley in the design process. The final testing and assembling of the trolley will be conducted by the commissioner.

Language  
Finnish

Pages 29  
Appendices 20  
Pages of Appendices 20

Keywords

welding, mechanical engineering, trolleys

# Sisältö

## Tiivistelmä

## Abstract

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>5</b>
1.1	Yritys .....	5
1.2	Työn aloitus .....	5
<b>2</b>	<b>Suunnittelua ohjaavat menetelmät .....</b>	<b>7</b>
2.1	Konedirektiivi.....	7
2.2	Eurocode 3.....	7
2.2.1	Hitsiliitokset .....	10
2.2.2	Ruuviliitokset .....	13
<b>3</b>	<b>Kärryn suunnittelu ja mallinnus .....</b>	<b>16</b>
3.1	Suunnittelun lähtökohdat.....	17
3.2	Kärrylle asetetut vaatimukset .....	17
3.3	Osto-osien valitseminen .....	18
3.4	3D-mallinnus .....	19
3.4.1	Runko .....	19
3.4.2	Säätömekanismi .....	20
3.5	Kärryn painojakauma .....	21
3.6	Taipuma.....	22
3.7	Hitsiliitokset .....	23
3.8	Ruuviliitokset .....	24
<b>4</b>	<b>Yhteenveto .....</b>	<b>27</b>
4.1	Kokoonpano ja valmistus .....	27
4.2	Ammatillinen kasvu .....	27
4.3	Tulokset .....	28
4.4	Kehittämiskohteet.....	28
	<b>Lähteet.....</b>	<b>29</b>

Liitteet

Liitteet 1-20 Valmistuspiirustukset

# 1 Johdanto

## 1.1 Yritys

KKR Steel Oy on osa Riikonen-konsernia. Konserniin kuuluu KKR Steel Oy:n lisäksi myös KKR Kiinteistö Oy, sekä Konekorjaamo Riikonen Oy. Alun pitäen kaikki edellä mainitut toimivat saman Konekorjaamo Riikonen Oy nimen alla. Aliyhtiöiksi jakaminen tapahtui 1.4.2014. Riikonen on neljän veljeksensä omistama perheyhtiö. Yritys on perustettu 1981 ja on koko ajan siitä lähtien kehittynyt kohti kaiken kattavaa palvelukonepajaa. Riikosella onnistuvat niin raskaankaluston korjaukset, kuin kaikki metallin leikkauksesta aina koneistukseen. Suurimpana asiakkaana Riikosella on John Deere Forestry Oy, jolle KKR Steel Oy toimittaa harvestereiden ja kuormakoneiden runkojen sekä puomien osat. [1.]



Kuva 1. Harvesteri, josta voi havaita rungon- ja puominosia [2.]

## 1.2 Työn aloitus

Sain työn toimeksiantona insinööriharjoitteluni päätteeksi. Nykyisellään tuotannossa kuluu suhteellisen iso aika levyjen pinoamiseen ja kuljettamiseen pois teräskuulapuhalluslinjalta eli niin sanotulta sinkolinjalta, laserleikkauslaitteen levymakasiiniin. Tehtäväkseni muodostui suunnitella tähän tarkoitukseen sopiva kärry, joka nopeuttaisi kyseistä toimenpidettä. Sain suunnittelun osalta suhteellisen vapaat kädet toimia. Opinnäyte-

työn aihe rajattiin, siten että minun osakseni työstä jäi kärryn suunnittelu, valmistuskuvien piirtäminen ja lujuuksien laskenta. Kärryn kokoonpano ja toimintaan saattaminen jäi puolestaan KKR Steel Oy:lle.



Kuva 3. Sinkolinja (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).



Kuva 4. Levymakasiini (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).

Työn tarkoituksena on suunnitella kärry helpottamaan ja nopeuttamaan laserleikkurille tulevan levyn ulos saantia sinkolinjalta. Levyt pitää saada tarkasti pinottua niin pituus kuin leveys suunnassakin samoille kohdille edelliseen levyyn nähden. Pinkassa olevien levyjen heitto keskenään saa olla vain noin 2 mm. Levyjen paikoitus on tärkeää levymakasiinin ja laserleikkurin toiminnan kannalta.

Kärryn ensisijainen käyttötarkoitus on levyjen kuljetus, mutta kärryä on tarkoitus käyttää myös pitkien tavaroiden siirtämiseen ympäri tehdashallia ja varastotiloja.

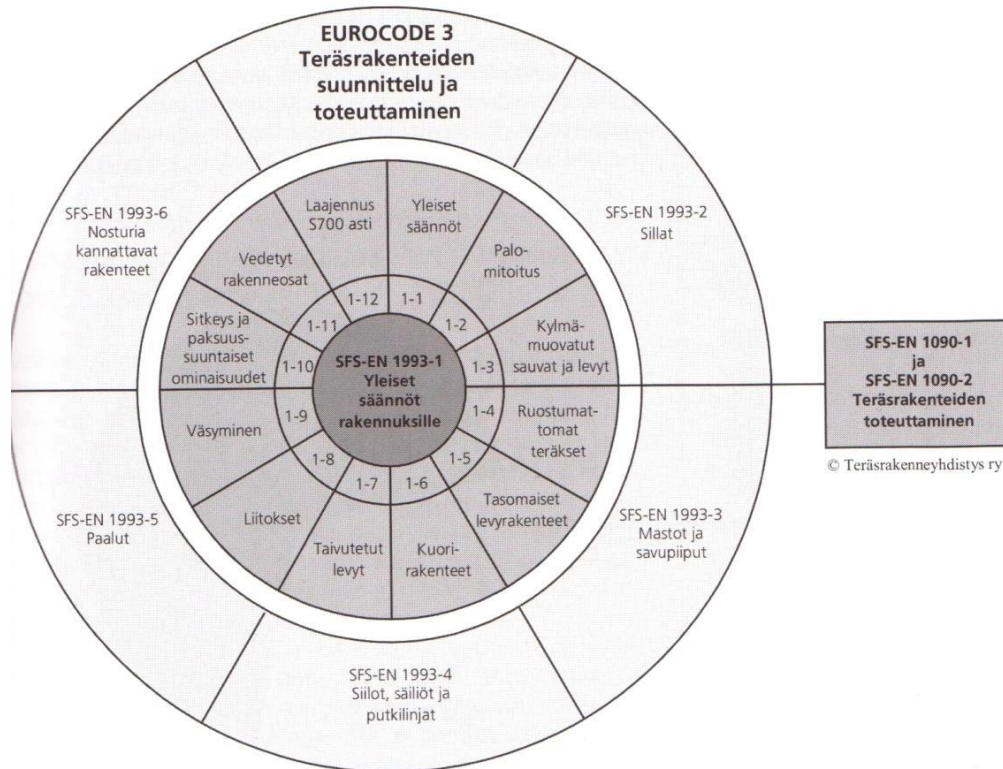
## **2 Suunnittelua ohjaavat menetelmät**

### **2.1 Konedirektiivi**

Työn lopputuotteeksi ei ole tarkoituksen mukaista syntyä viimeisintä konedirektiiviä noudattavaa kärryä [5, s. 21]. Kärry on yksittäinen ja vain kyseisen toimeksiantajan käyttöön suunniteltu päivittäisentuotannon apuväline. Kärryä tulee käyttämään vain tietyt koulutetut henkilöt eikä lopputuotetta tulla saattamaan markkinoille. Tuotetta ei siis aseteta saataville yhteisössä käytettäväksi ilmaiseksi tai maksua vastaan [5, s. 58].

### **2.2 Eurocode 3**

Eurokoodit ovat eurooppalaisia standardeja, jotka koskevat kantavien rakenteiden suunnittelua. Eurokoodit ovat jaettu osiin, joita tällä hetkellä on eritelty 58 eri laista. Eurokoodien ensimmäinen osa otettiin käyttöön loppuvuodesta 2007. [6.] Tässä työssä paneudutaan standardiin Eurocode 3, joka on Suomessa ehkä paremmin tunnettu nimellä SFS-EN 1993. Standardisarja koostuu kuudesta pääosasta ja niiden aliosioista. Rakenne on esitelty kuvassa 5. [7, s.9.]



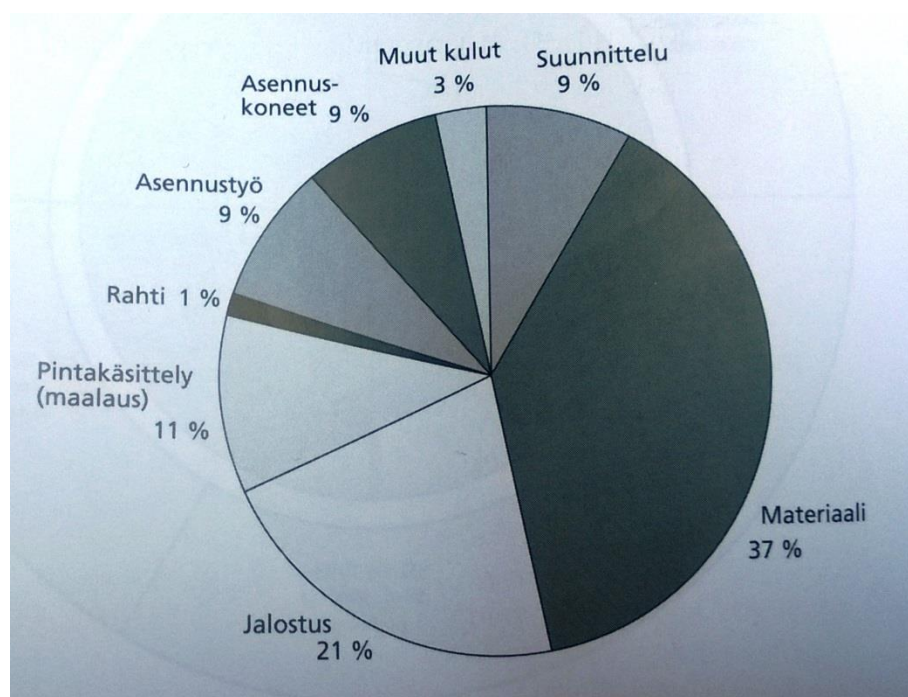
Kuva 5. Eurocode 3: standardijärjestelmän rakenne [7, s.9].

Tämän opinnäytetyön suunnittelussa ja toteutuksessa sovelletaan seuraavia teräsrakenteita koskevan SFS-EN-1993-1 osioita:

- SFS-EN-1993-1-1 Yleiset säännöt
- SFS-EN-1993-1-3 Kylmämuovattut sauvat ja levyt
- SFS-EN-1993-1-8 Liitokset.



Tyypillisesti teräsrakentamisessa suurimman yksittäisen kulueron muodostavat käytettävät materiaalit. Näin ollen suunnittelija voi vaikuttaa merkittävästi tuotteen valmistamisesta aiheutuviin kustannuksiin. Suunnittelija voi saada merkittävän säästön aikaiseksi valitsemalla harkiten käytettävät materiaalit ja valmistusmenetelmät. [7, s.10–11.] Tässäkin työssä on otettu huomioon käytettävät materiaalit ja valmistusmenetelmät. Kaikki työssä suunnitellut materiaalit löytyvät toimeksiantajaltani jo valmiiksi varastolaatuina tai ovat ikään kuin muun tuotannon sivutuotetta. Myös varsinainen kokoonpano, kuten hitsaus onnistuu toimeksiantajan tehdastiloissa heidän omilta hitsaajiltaan. Kuvassa 6 on esitetty yleisimmin syntyvät kustannukset teräsrakentamisessa.



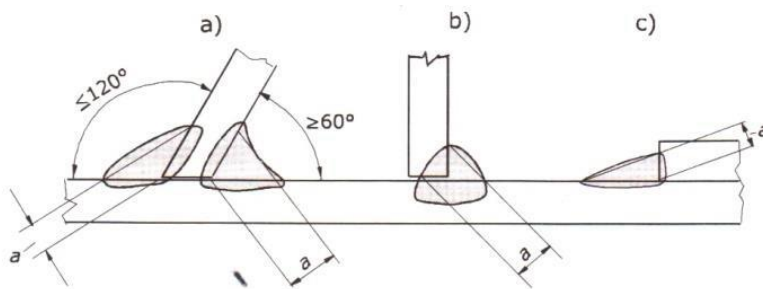
Kuva 6. Teräsrakenteen tyypillinen kustannusjakauma [7, s.10].

Suunnittelija on aina vastuussa suunnittelemiensa rakenteiden turvallisuudesta. On siis hyvä muistaa, että vaikka suunnittelun apuna ovat suunnitteluohjeet ja laskentaohjelmistot, eivät ne silti korvaa suunnittelijan omaa ammattitaitoa. Käyttäessään apuvälineitä kuten laskentaohjelmistoa, pitää suunnittelijan osata tulkita saatujen vastauksien oikeellisuutta ja huomata mikäli tulokset eivät vaikuta luotettavilta. Käytännössä siis suuruusluokat pitää olla tiedossa jo ennen laskentaohjelmiston käyttöä. Suuruusluokat voidaan saada selville käyttämällä käsinlaskentamenetelmiä. Laskentaohjelmia käytettäessä on tarpeellista muistaa, että laadukkaidenkin laskentaohjelmistojen tulokset ovat suoraa

seurausta lähtöarvoista, joita ohjelmankäyttäjä on ohjelmaan laittanut. Suunnittelijan ammattitaito ja tietämys rakenteiden mekaniikasta sekä valmistusmenetelmien tuntemus on ensiarvoisen tärkeää onnistuneessa suunnittelussa. [7, s.11.]

### 2.2.1 Hitsiliitokset

Työssä mitoitetaan hitsit osin soveltaen eurocode 3:n mukaista yksinkertaisempaa mitoitustapaa. Mitoituspaksuutena pienahitsille käytetään sen a-mittaa, joka ilmaisee hitsin sisään piirretyn kolmion korkeuden. Kolmion kyljet yhdistyvät rajapintojen kanssa, kuitenkin lukuun ottamatta syvätunkeumahitsiä, jossa tehollinen a-mitta on kuvan 8 b kohdan mukainen. Kuvassa 7 kerrotaan myös pienahitsin railonkulmalle asetetut rajoitukset. Kulmalle sallittu vaihteluväli on  $60^\circ \dots 120^\circ$ . Suunnittelijan täytyy merkitä kuviin laskelmien perusteella saatu a-mitta. [8, s.66.]



Kuva 7. Pienahitsissä käytettävän a-mitan määritelmiä [8. s66].

Standardissa kerrottu mitoitustapa ei kuitenkaan pienahitseille, joiden a-mitta on hyvin pieni. Liian pieneksi tehdyt hitsit viilenevät liian nopeasti joten niiden mikrorakenteesta saattaa tulla liian kova ja sitkeydeltään riittämätön, mistä seuraa a-mitalle asetettu ehto:

$$a \geq 3 \text{ mm} \quad (1)$$

[8, s.67.]

Pienahitsiä mitoittaessa on oleellista huomioida myös tarvittavasta lämmöntuonnista, jotta säästyttäisiin käyttämästä korotettua työlämpötilaa. Tätä tilannetta estämään on luotu seuraavanlainen ehto:

$$a \geq \sqrt{t \text{ (mm)}} - 0,5 \text{ mm} \quad (2)$$

[8, s.67.]

Pienahitsille on asetettu myös pituusrajoituksia ja näin ollen liian lyhyet pienahitsit eivät sovellu standardin mukaiselle mitoitusstavalle. Hitsin päätteitä eli aloitus- ja lopetuskohtia ei voida pitää laadullisesti täysiarvoisina, josta seuraa seuraavat rajoitukset:

$$l \geq 6a \quad (3)$$

$$l \geq 30 \text{ mm} \quad (4)$$

[8, s.68]

Eurocode 3:n mukaisesti mitoittaessa ei ole myöskään sallittua, että pienahitsi päättyisi osan kulmaan tai nurkkaan. Hitsin jatkuessa samassa tasossa tulee hitsiä jatkaa nurkan ympäri kaksi kertaa hitsin kylkimitan verran. [8, s.68.]

Käytettäessä yksinkertaista mitoitus tapaa kappaleeseen vaikuttavia jännityksiä ei jaeta komponentteihin, vaan oletetaan tilanne aina pahimmaksi mahdolliseksi eli nimellisjännitys käsitellään leikkausjännityksen luonteisena. Mikäli mitoittettava liitos sisältää vain kylkihitsejä, saadaan yksinkertaisella mitoitusstavalla sama tulos kuin tarkemminkin laskutavalla. Liitoksen sisältäessä poikittaisia otsahitsejä yksinkertainen mitoitus tapa johtaa lievään ylimitoitukseen. Ylimitoituksesta johtuva taloudellinen tappio ei ole kuitenkaan yleensä suuri verrattuna mitoituksen yksinkertaisuudella saavutettuihin etuihin nähden. Eurocode 3:n mukaan mitoitus ehtona on, että mitoitusvoima  $F_{w,Ed}$  on pienempi kuin mitoituskestävyyttä pituusyksikköä kohti kuvaava  $F_{w,rd}$ .

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,rd} \quad (5)$$

[8, s.69.]

Hitsin mitoituskestävyys saadaan puolestaan kaavasta 6.

$$F_{w,rd} = f_{vw,d} * a \quad (6)$$

Hitsin leikkuulujuuden  $f_{vw,d}$  arvo lasketaan kaavasta 7.

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} \quad (7)$$

kaavassa  $f_u$  on perusaineen murtolujuus,  $\beta_w$  kerroin edustaa perus- ja hitsiaineen lujuuksien suhdetta ja  $\gamma_{M2}$  on osavarmuusluku, joka on sovellettu murtolujuuden suhteen. Osavarmuuslukuina käytetään lukua 1,25. Kerroin  $\beta_w$  on taulukoitu arvo, joka saadaan taulukosta 1. [8, s.68–69.]

Taulukko 1. Rakenneterästen lujuusluokille käytettävät kertoimen  $\beta_w$  arvot [8, s.68].

Rakenneteräs	$\beta_w$
S 235	0,8
S 275	0,85
S 355	0,9
S 420	1,0
S 460	1,0

Suunnittelija voi oman harkintansa mukaan valita viidestä eri tavasta, kuinka hän mitoittaa pienahitsin. Mitoitustavan ratkaisee se minkä suunnittelija olettaa tunnetuksi ja minkä tuntemattomaksi arvoksi. Taulukossa 2 esiteltynä mitoitustavat, kuitenkin sovellettuna siten, että yksikköpituuden asemasta käytetään mitoituspituutta  $l = l_{eff}$ . [8, s.69.]

Taulukko 2. Viisi pienahitsin kestävyuden tarkastelutyylä [8, s.69].

Tyyli	Kaava	Huom!
a	$\tau_w = \frac{F_{Ed}}{al} \leq f_{vw,d}$	
b	$F_{Ed} \leq F_{Rd} = f_{vw,d} \cdot a \cdot l$	
c	$a \geq a_d = \frac{F_{Ed}}{f_{vw,d} \cdot l}$	$6 \leq \frac{l}{a} \leq 150$
d	$a \geq a_d = \sqrt{\frac{F_{Ed}}{\left(\frac{l}{a}\right) \cdot f_{vw,d}}}$	$\frac{l}{a} = \text{vakio}$
e	$l \geq l_d = \frac{F_{Ed}}{a \cdot f_{vw,d}}$	$6 \leq \frac{l}{a} \leq 150$ $l \geq 30 \text{ mm}$

Hitsattaessa hitsattavaan rakenteeseen syntyy plastisia muodonmuutoksia, jotka aiheuttavat jäähtyneeseen kappaleeseen hitsausjännityksiä. Plastiset muodonmuutokset syntyvät kun kuumennettavan aineen lämpötilaeteneminen estetään. Syntyvät jännitykset ja muodonmuutokset ovat luonteeltaan sekundäärisiä. Vaikka suunnittelijan ei normaalisti tarvitse ottaa huomioon laskuissaan hitsausjännityksiä, on kuitenkin oleellista, että suunnittelija käsittää niiden syntymistavan ja vaikutukset voidakseen välttää suurimmat haitat kappaleen muotoilun avulla. [8, s.77–78.] Pienahitsien kohdalla määräävänä tekijänä jännityksien pienentämiseen toimii määritelmä, ettei a-mittaa tulisi valita suuremmaksi kuin hitsattavuuden ja lujuuslaskelman vaatima minimilämmöntuotto velvoittaa [8, s.86].

### 2.2.2 Ruuviliitokset

Ruuvit jaotellaan lujuusluokkiin, jotka ovat: 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8, 9.8, 10.9 ja 12.9. Luvut kertovat ruuville määritetyt lujuusarvot. Esimerkiksi luokan 10.9 ruuvien ensimmäinen luku 10 tarkoittaa vetomurtolujuutta joka on 1000 MPa ja jälkimmäinen numero

9 tarkoittaa myötörajaa, joka on tässä tapauksessa  $1000 \text{ MPa} \cdot 0,9 = 900 \text{ MPa}$ . [3, s.189.]  
Kärryyn on valittu käytettäväksi 8.8 ruuveja.

Työssäni ruuveille ei synny normaaleissa tilanteissa juurikaan rasiutusta ja näin ollen mitoitetaan ruuvit vain yksinkertaisella tavalla. Ruuvien mitoitustavat on jaoteltu vaatimustasojen mukaan eri luokkiin taulukon 3 mukaan. Kärryssä käytettävät ruuviliitokset mitoitettiin luokkaan A.

Taulukko 3. Ruuvien kiinnitysluokat [9, s. 6].

Luokka	Ehto	Huomautuksia
<b>Leikkausvoiman rasittamat kiinnitykset</b>		
A Reunapuristustyyppinen kiinnitys	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Esijännitystä ei vaadita. Kaikki lujuusluokat 4.6...10.9.
B Käyttörajatilassa liukumisen kestävä kiinnitys	$F_{v,Ed,per} \leq F_{d,Rd,per}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. Liukumiskestävyys käyttörajatilassa, ks. 3.9.
C Murtorajatilassa liukumisen kestävä kiinnitys	$F_{v,Ed} \leq F_{d,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{t,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. Liukumiskestävyys murtorajatilassa, ks. 3.9. $N_{t,Rd}$ ks. 3.4.1(1)c).
<b>Vetovoiman rasittamat kiinnitykset</b>		
D Esijännittämätön ruuvi	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Esijännitystä ei vaadita. Kaikki lujuusluokat 4.6...10.9. $B_{p,Rd}$ ks. taulukko 3.4.
E Esijännitetty ruuvi	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. $B_{p,Rd}$ ks. taulukko 3.4.
Vetovoiman mitoitussarvoon $F_{t,Ed}$ lasketaan mukaan vipuvaikutus, ks. 3.11. Ruuvit, joihin kohdistuu sekä leikkaus- että vetovoima tarkistetaan lisäksi taulukon 3.4 mukaiselle yhteisvaikutukselle.		

Taulukosta havaitaan, että liitokselle on asetettu kaksi ehtoa. Ruuvin leikkausvoiman mitoitussarvo murtorajatilassa ruuvia kohti  $F_{v,Ed}$ , ei saa olla suurempi kuin leikkauskestävyyden  $F_{v,Rd}$  tai ruuvin reunapuristuskestävyyden  $F_{b,Rd}$  mitoitussarvo ruuvia kohti.

Ruuvin leikkauskestävyys saadaan kaavasta 8, missä  $A_s$  on ruuvin sydänpinta-alan suuruus,  $\gamma_{M2}$  tarkoittaa osavarmuuslukua ja sen arvona käytetään lukua 1,25. Lausekkeen laskemiseen tarvitaan vielä ruuvin vetomurtolujuuden arvo, jota kuvastaa merkintä  $f_u$ .  $A_s$  on taulukoitu arvo, joka on poimittu taulukosta 4.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}} \quad (8)$$

[7, s. 95]

Taulukko 4. Arvot metrisiä Iso-kierteellisiä ruuveja ja muttereita varten [3, s.163].

Kierre	$\frac{d}{\text{mm}}$	$\frac{P}{\text{mm}}$	$\frac{d_2}{\text{mm}}$	$\frac{d_3}{\text{mm}}$	$\frac{R}{\text{mm}}$	$\frac{d}{R}$	$\frac{A_3}{\text{mm}^2}$	$\frac{A_s}{\text{mm}^2}$
M 3	3	0,5	2,675	2,387	0,072	42	4,48	5,03
(M 3,5)	3,5	0,6	3,110	2,764	0,087	40	6,00	6,78
M 4	4	0,7	3,545	3,141	0,101	40	7,75	8,78
(M 4,5)	4,5	0,75	4,013	3,580	0,108	42	10,1	11,3
M 5	5	0,8	4,480	4,019	0,115	43	12,7	14,2
M 6	6	1,0	5,350	4,773	0,144	42	17,9	20,1
(M 7)	7	1,0	6,350	5,773	0,144	48	26,2	28,9
M 8	8	1,25	7,188	6,466	0,180	44	32,8	36,6
M 10	10	1,5	9,026	8,160	0,217	46	52,3	58,0
M 12	12	1,75	10,863	9,853	0,253	47	76,2	84,3
(M 14)	14	2,0	12,701	11,546	0,289	48	105	115
M 16	16	2,0	14,701	13,546	0,289	55	144	157
(M 18)	18	2,5	16,376	14,933	0,361	50	175	192
M 20	20	2,5	18,376	16,933	0,361	55	225	245
(M 22)	22	2,5	20,376	18,933	0,361	61	282	303
M 24	24	3,0	22,051	20,319	0,433	56	324	353
(M 27)	27	3,0	25,051	23,319	0,433	62	427	459
M 30	30	3,5	27,727	25,706	0,505	59	519	561
(M 33)	33	3,5	30,727	28,706	0,505	65	647	694
M 36	36	4,0	33,402	31,093	0,577	62	759	817
(M 39)	39	4,0	36,402	34,093	0,577	68	913	976

Reunapuristuskestävyyden mitoitusarvo  $F_{b,Rd}$  saadaan laskettua kaavalla 9:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{M2}} \quad (9)$$

missä  $d$  on ruuvin halkaisija,  $t$  on tarkasteltavan osan paksuus,  $f_u$  perusaineen murtolujuus ja  $\alpha_b$  on pienin seuraavista arvoista:

- $\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{\text{ruuvin vetomurtolujuus}}{\text{perusaineen murtolujuus}} \quad (10)$
- 1,0
- Siirrettävän voiman vaikutussuunnassa:

- Levynpäälle ruuveille:  $\alpha_b = \frac{e_1}{3 \cdot d_0}$  (11)

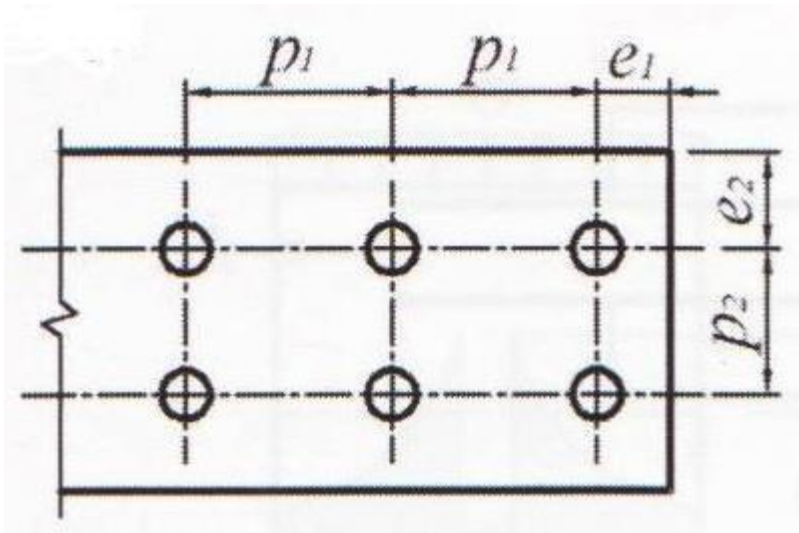
- Muille ruuveille:  $\alpha_b = \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}$  (12)

missä  $d_0$  on reiän halkaisija. Kertoimeksi  $k_1$  valitaan pienen arvo alla olevista kaavoista:

$$k_1 = 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ vai } 2,5 \quad (13)$$

$$k_1 = 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \text{ vai } 2,5 \quad (14)$$

missä  $p_2$  ja  $e_2$  tulevat kuvan 8 mukaan. [7, s. 95.]



Kuva 8. Ruuvien etäisyyksien merkinnät [7, s. 91].

### 3 Kärryn suunnittelu ja mallinnus

Seuraavassa luvussa keskityn kertomaan kärryn suunnittelusta ja mallinnuksesta. Kerron kuinka kärryn suunnittelu eteni ja miksi sekä mitä eri muutoksia kärryyn tehtiin. Kärry muuttui muutaman kerran työn edetessä, saatuaani uusia ideoita ja lisävaatimuksia toimeksiantajalta. Kuitenkin suurilta muutoksilta ja isoilta toimenpiteiltä vältyttiin, koska jo varhaisessa vaiheessa saatiin selville kärryyn tulevat lopulliset tekniset ratkaisut.



### **3.1 Suunnittelun lähtökohdat**

Työ alkoi kartoittamalla karrryn tarpeita ja tiloja missä karrryä käytettäisiin. Työn aluksi en saanut kovin paljon vaatimuksia tai ennakko odotuksia mitä karrryltä halutaan. Sain suhteellisen vapaat kädet toteuttaa karrryä oman visioni mukaan. Toimeksiantajalta sain oikeastaan työnkuvaukseksi vain, suunnitella jonkinlainen karrry helpottamaan heidän teräslevyn sinkousoperaatiota.

### **3.2 Kärrylle asetetut vaatimukset**

Työlle asetettuihin vaatimuksiin kuului oleellisena ohjaavana tekijänä kustannustehokkuus ja osto-osien mahdollisimman vähäinen käyttö. Ensisijaisesta karrry tuli suunnitella levyjen pinoamista ja kuljettamista varten. Karrryä tulee kuitenkin pystyä hyödyntämään myös tuotannosta tulevien pitkien osien siirtämiseen eri tuotanto- ja varastohallien välillä. Alkutilanteessa karrryä ajateltiin myös mahdollisesti vedettäväksi trukin perässä, mutta tämä suunnittelulinja kuivui kasaan nopeasti tuotantohallin tilanpuutteen vuoksi.

Varsinaiset tekniset ominaisuudet, jotka karrryn tulee täyttää, olivat asetettu kantokyvyille, keveydelle ja karrryn muokattavuudelle. Kärryllä tullaan kuljettamaan erikokoisia levyjä ja näin ollen karrryyn tuli suunnitella portaatonsäätö leveyden muokkaamiseen. Pääsääntöisesti kuljetettavat levyt tulevat olemaan mitoiltaan 3000mm\*1500mm tai 2400mm\*1050mm, mutta tulevaisuutta ajatellen karrrystä haluttiin portaattomasti säädettävä. Kärryn leveyttä pitää pystyä säätämään 1000 mm ja 1500 mm väliltä. Valmiin karrryn pitää leveyden säädön lisäksi pystyä myös kannattelemaan 3000 kg edestä levyistä syntyvää kuormaa.

Kärryn suunnittelussa tuli ottaa myös huomioon, sen siirtäminen paikasta toiseen.

Karrry ei saanut tulla liian painavaksi, että käsin siirtäminen onnistuisi vaivatta. Kärryn vaihtoehtoisena siirtämis- ja nostamistapana karrryyn tuli suunnitella myös nostokorvakot.

### 3.3 Osto-osien valitseminen


Työhön suunnitellut materiaalit ovat valikoitu osaksi sen perusteella, mitä toimeksiantajalta löytyy varastosta. Muita käytettyjä osia kuten RHS-putkipalkkia toimeksiantajalta löytyy varastolaatuna muun tuotannon johdosta.

Työssä käytetyt levyosat toimeksiantaja pystyy leikkaamaan heillä olevista hukkapa-loista tai muun tuotannon niin sanottuna täyttönä.

Kärryn osto-osien minimoiminen onnistui hyvin. Ainoat osat, jotka kärryyn joutuu val-miina ostamaan ovat pyörät sekä mutterit ja ruuvit. Osaltaan kärryyn tulevien pyörien valitsemisen jälkeen kärrylle asetui lisää suunnittelua ohjaavia tekijöitä mm. kärrylle asetettu maksimipaino sekä käytettävät kiinnityslaippojen mitat saatiin selville. Kärryyn valikoitui eturenkaiksi renkaat 600148 taulukon 5 mukaan ja takarenkaiksi renkaat 60115 taulukon 6 mukaan.

Taulukko 5. Valitun raskaanpyörän tekniset ominaisuudet [4].


SKLP-J KÄÄNTÖPYÖRÄ, NELIKULMALAATTA												
KAKSITOIMINEN JARRU LUKITSEE KÄÄNTYMISEN JA PYÖRIMISEN												
ALV/K alumiinikeskiö + valu-uretaanirengas.												
Tuotenumero	Nimike										Sh A	
600145	SKLP-J-100 ALV/K L	100	40	138	140	105 x 85	80/76x60/55	8	•	280	95	1,93
600146	SKLP-J-125 ALV/K L	125	30	164	140	135 x 110	105/96x80/56	10	•	250	95	2,14
600147	SKLP-J-150 ALV/K L	150	40	195	180	135 x 110	105/96x80/56	10	•	400	95	2,70
600148	SKLP-J-200 ALV/K L	200	50	250	180	135 x 110	105x80/75	12	•	850	95	4,92
600149	SKLP-J-250 ALV/K L	250	60	305	210	135 x 110	105x80/75	12	•	800	95	6,01



146

Taulukko 6. Valitun raskaanpyörän tekniset ominaisuudet [4].

SPLM, SPLP KIINTOPYÖRÄ, NELIKULMALAATTA												
ALV/K alumiinikeskiö + valu-uretaanirengas.												
Tuotenumero	Nimike										Sh A	
600111	SPLM-80 ALV/K L	80	40	127	105 x 85	80/76x60/55	8	•	250	95	0,92	
600150	SPLP-100 ALV/K L	100	40	138	105 x 85	80/76x60/55	8	•	280	95	1,13	
600151	SPLP-125 ALV/K L	125	30	164	135 x 110	105/96x80/56	10	•	250	95	1,33	
600152	SPLP-150 ALV/K L	150	40	195	135 x 110	105/96x80/56	10	•	400	95	1,85	
600115	SPLP-200 ALV/K L	200	50	250	135 x 110	105x80/75	12	•	850	95	3,28	
600116	SPLP-250 ALV/K L	250	60	305	135 x 110	105x80/75	12	•	800	95	4,84	



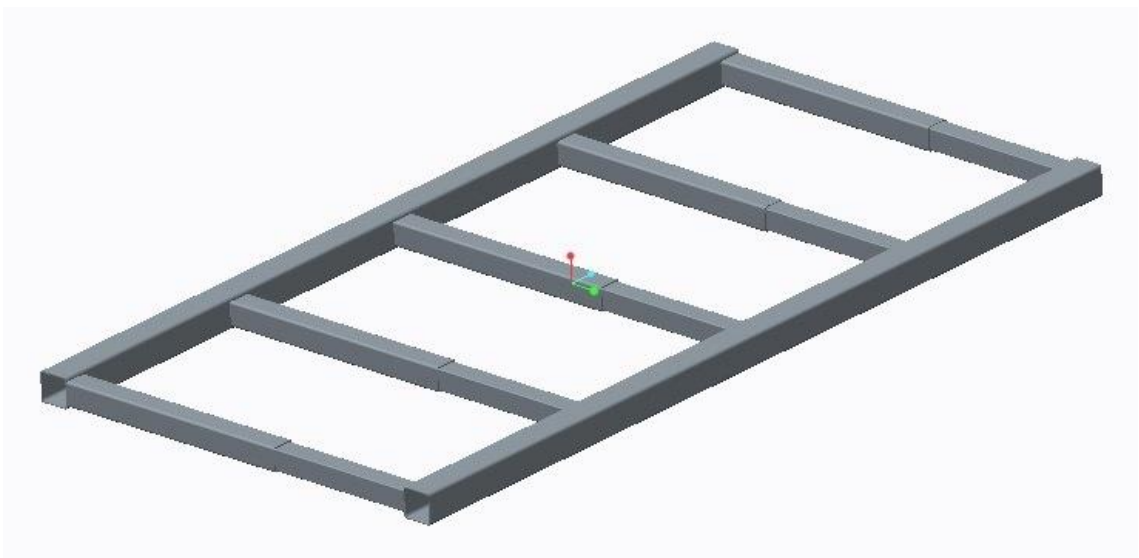
147

### 3.4 3D-mallinnus

Varsinaisen mallintamisen aloitin saatuani kaikki kärrylle asetetut vaatimukset selville. Ennen tietokoneavusteisen mallinnusohjelman käyttöä aloitin suunnittelun käsin tekemällä muutaman luonnoksen kärrystä paperille. Ensimmäisten 3D-mallien tekemisen jälkeen esittelin raakamallit toimeksiantajalle, jonka jälkeen pääsin hyväksynnän ja muutaman parannuksen jälkeen työstämään lopullista 3D-mallia.

#### 3.4.1 Runko

Kärryn runko muodostuu hyvin pitkälle erikokoisista RHS-putkipalkeista. Kantavina pitkinä palkkeina rungossa toimivat RHS-palkit, mitoiltaan 100 mm\*100 mm\*4 mm pituudeltaan 3000 mm. Rungon suunnittelussa haasteelliseksi osoittautui siihen halutun säädön toteuttaminen. Kärry tuli myös suunnitella mahdollisimman kevyeksi, että käsin kärryn siirtäminen oli mahdollista. Runkoa suunnitellessa tuli myös huomioida, ettei kärryn korkeus kasva liikaa. Kuvassa 9 on esitetty rungon 3D-malli.

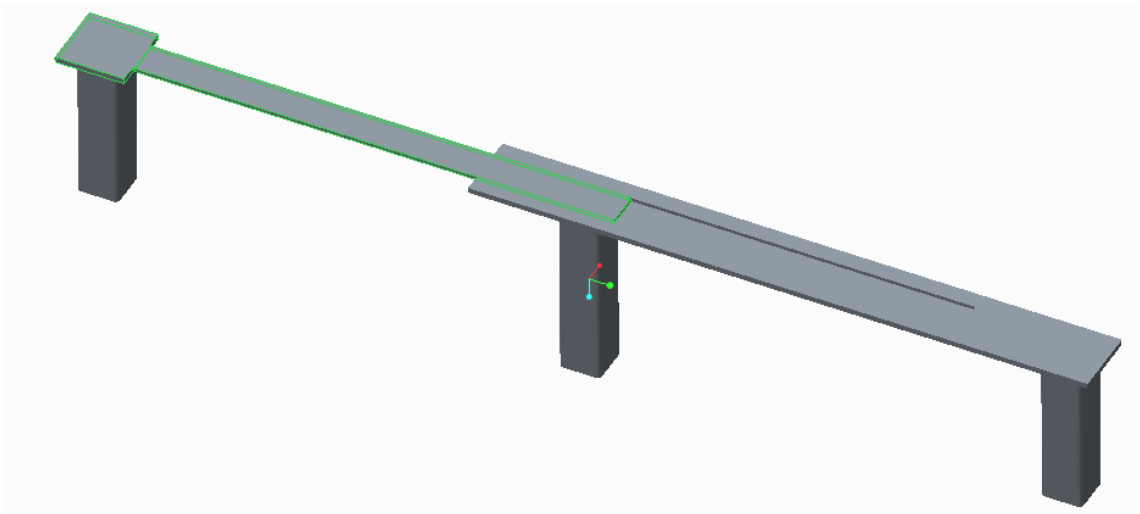


Kuva 9. Rungon 3D-malli (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).

### 3.4.2 Sääto mekanismi

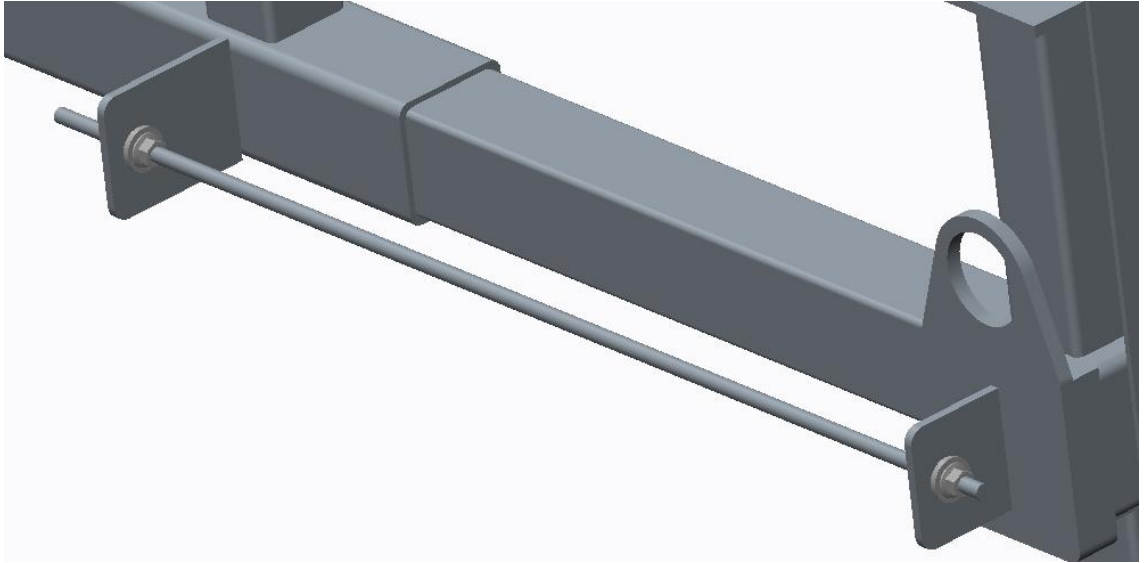
Kärryn leveys säädön toteutukseen oli suunnittelun alkuvaiheessa avoinna monta eri suuntautumislinjaua. Toteutuksia miettiessä esillä oli erilaiset ruuvissäädöt, mahdolliset hydrauliset/pneumattiset säätötyökalut ja jossain vaiheessa jopa servokäyttöinen säätömenetelmä. Osa kärrylle asetetuista vaatimuksista kuitenkin sulki edelle mainittuja menetelmiä pois melko varhaisessa vaiheessa. Toimeksiantajan vaatiessa kärryltä keveyttä, yksinkertaisuutta ja edullisuutta, päädyin eräänlaiseen variaatioon kuularuuvi- ja teleskooppityyppisestä säädöstä.

Kärrynrunko on ikään kuin kaksiosainen, jossa keskellä olevat erikokoiset RHS-putkipalkit pääsevät liukumaan sisäkkäin. Varsinaiset tasot, joita vasten levyt lastataan, ovat toteutettu kuvassa 10 esitetyllä tavalla.



Kuva 10. Levytukien 3D-malli (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).

Kärryn leveyden muuttaminen tapahtuu vaunun molempiin päihin toteutetulla kierretankosäädöllä. Kierretanko vapautetaan toisen puolen mutteri kiristyksestä ja näin ollen kärryn leveyttä päästään säätämään joko kapeammaksi tai leveämmäksi, tilanteesta riippuen.



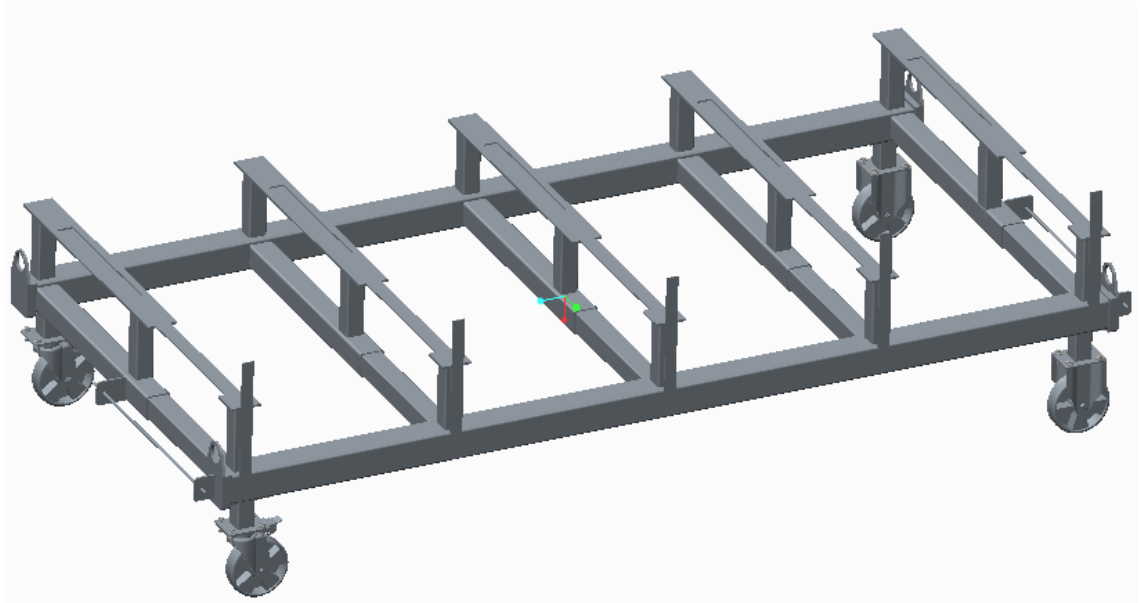
Kuva 11. Kierretankosäädön 3D-malli (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).

### 3.5 Kärryn painojakauma

Lähtötilanteessa kärrylle määrättiin kantokyvyksi 3000 kg, näin ollen kärryyn käytettävien materiaalin ja niiden painojen seuranta oli erittäin tärkeää. Sinällään kuorma ei ole suuri, vaan kärrylle asetettu maksimipaino aiheutti hankaluuksia kärryyn tulevien renkaiden valinnassa. Rengasvaihtoehtoja oli oikeastaan vain yksi, toimeksiantajan määrittäessä hankintapaikan.

Renkaiksi valikoituivat renkaat, joilla on kantokykyä 850 kg per rengas, eli näin ollen koko kärryn sallituksi maksimipainoksi muodostui 3200 kg. Tästä saatiin tietää, että kärry saisi painaa ilman kuormaa vain 200 kg. Tämä oli yksi suuri ohjaava tekijä kärryn suunnittelussa.

Kärryn painosta ylivoimaisesti suurin osa syntyi käytetyistä RHS-putkipalkeista, muut käytetyt materiaalit kuten teräslatat ja kierretangot synnyttivät vain vähäistä painon lisäystä. Kärryn lopulliseksi painoksi ilman kuormaa muodostui n. 170 kg.

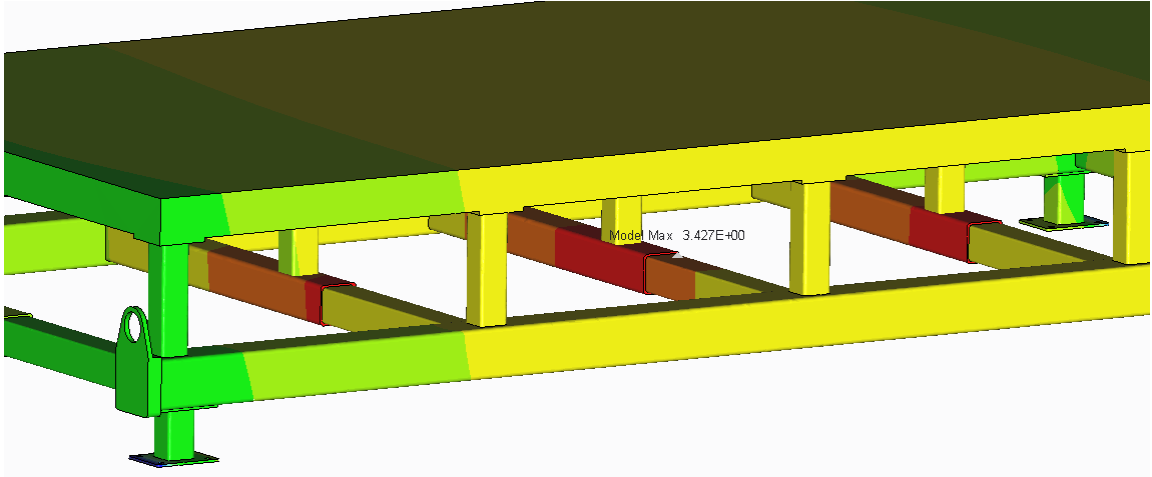


Kuva 12. Valmiin kärryn 3D-malli (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).

### 3.6 Taipuma

Suurittaessani tietokoneavusteista lujuustarkastelu eli fem-laskentaa yhtenä tarkastamisen kohtana pidin taipuman tulkintaa. Kärryyn jouduttiin jättämään pienet välykset säätömekanismin ongelmattoman toimivuuden varmistamiseksi. Tämä tietävästi aiheuttaa taipumaa hiivenen normaalia enemmän kärryn keskikohtaa ajatellen. Näin ollen oli oleellista tutkia kärryyn kohdistuvat voimat ja niiden aiheuttaman taipuman suuruus.

Laskennan todenmukaisuuden takia, simuloin, todellista tilannetta vastaavan tilanteen. Mallinsin kärryn päälle levyn, joka vastaa painoltaan samaa kuormaa, kuin maksimikuorma (3000 kg), joka levyistä syntyisi. Levykuormaan laitettiin vaikuttamaan painovoima ja näin saatiin toteutettua todellinen painosta aiheutuva tilanne. Kärryn eri komponenttien ja levykuorman välille piti luoda myös kontaktit, ettei laskentaohjelma luule levyn olevan yhtä kiinteää osaa kärryn kanssa. Kuvassa 13 on esitetty fem-analyysistä tuleva taipuma.



Kuva 13. Kuorman painosta johtuva taipuma (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).

Analyysistä saadaan maksimitaipumaksi 3,43 mm. Taipuma on siis melko olematon, ottaen huomioon putkipalkkien välissä olevat jo valmiin välyksen. Taipumasta ei aiheudu ongelmia kärryn käyttöä ajatellen.

### 3.7 Hitsiliitokset

Kärryssä toteutetaan renkaiden kiinnitystä lukuun ottamatta kaikki liitokset hitsiliitoksina. Laskelmat toteutettiin yksinkertaisen laskentatyylin mukaisesti, joka on esitetty kohdassa 2.2.1. Alla olevissa laskelmissa esitän nostokorvakkojen hitsausliitosten mitoituksen.

Nostokorvakkojen molemmille puolille hitsataan 100 mm:n pituinen pienahitsi. Hitseihin kohdistuvan voiman suuruus saadaan, kun kärryn kokonaispaino kuorman kanssa, 3200kg, kerrotaan maan putoamiskiihtyvyydellä  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Tuloksesta saadaan voiman kokonaismäärä, joka edelleen tulee jakaa korvakoiden lukumäärällä. Yhdelle nostokorvakolle kohdistuu siis voima  $F_{w,Ed}$ :

$$F_{w,Ed} = \frac{31392 \text{ N}}{4} = 7848 \text{ N}$$

Voiman selvittämisen jälkeen lasketaan leikkauslujuuden mitoitusarvo  $f_{vw,d}$ , jonka jälkeen a-mitan mitoitukseen käytetään taulukossa 2 esitettyä laskentatyyliä C.

$$f_{vw,d} = \frac{600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{\sqrt{3} * 1,25} = 277,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$a \geq \frac{7848 \text{ N}}{277,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 2 * 100 \text{ mm}} = 0,14 \text{ mm}$$

Laskussa hitsin pituus on kerrottu kahdella, koska palkki tullaan hitsaamaan molemmista reunoistaan. Laskentaan on lisätty myös ehto  $a \geq 3 \text{ mm}$ , joten sopiva a-mitta lämmöntuonnin perusteella tarkastetaan vielä kaavalla 2:

$$a \geq \sqrt{30 \text{ mm}} - 0,5 \text{ mm} = 1,5 \text{ mm} \rightarrow 3 \text{ mm}$$

Vielä tulee varmistaa, että ehdot hitsin pituuden ja a-mitan suhteesta täyttyvät. Varmistus tapahtuu käyttämällä kaavoja 3 ja 4. Lisäksi nykyistä laskentatapaa käyttäessä pitää huomioida laskentatavalla C asetettu lisäehto, joka löytyy taulukon 2 huomiosarakkeesta.

$$100 \text{ mm} \geq 6 * 3 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm}$$

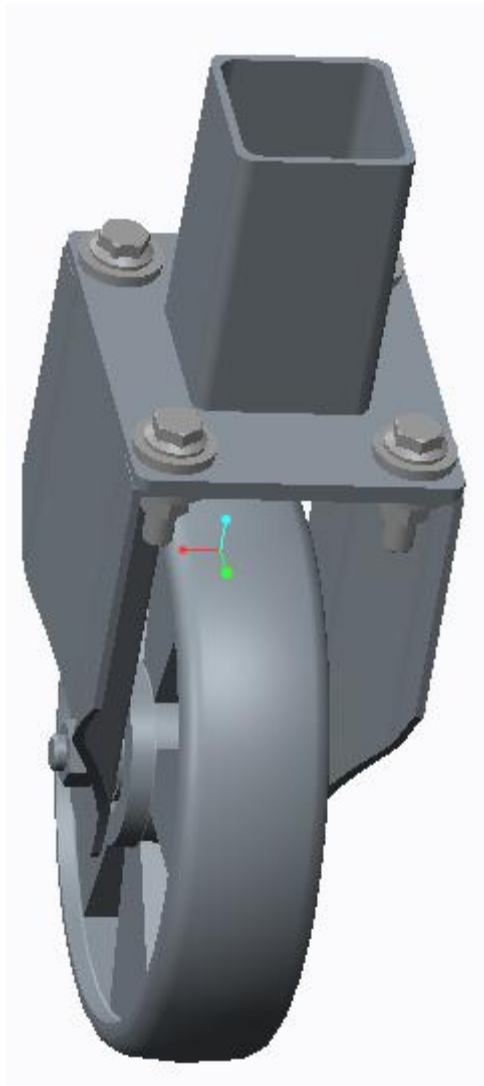
$$6 \text{ mm} \leq \frac{100 \text{ mm}}{3 \text{ mm}} = 33,33 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$$

hitsien a-mitaksi valitaan lämmöntuonnin perusteella määritetty arvo 3 mm.

### 3.8 Ruuviliitokset

Kärryn ainoat ruuviliitokset tulevat renkaiden ja kärrynjalkojen välille. Ruuviliitokset on mitoitettu ajatellen kaikista pahinta mahdollista tilannetta silmällä pitäen. Eli jos kärrystä lukittuisi yksi pyörä ja koko kärryn painosta tulevat voimat kohdistuisi yhdelle renkaalle ja sen ruuveille. Ruuveihin kohdistuisi yhteensä siis 31392 N suuruinen kokonaisleikkausvoima. Jakaessa leikkausvoiman neljän ruuvin kesken tasan saadaan yhteen ruuviin kohdistuva 7848 N suuruinen leikkausvoima  $F_{v,Ed}$ . Kuvassa 14 on esitetty renkaan ja kärrynjalan välinen liitos.

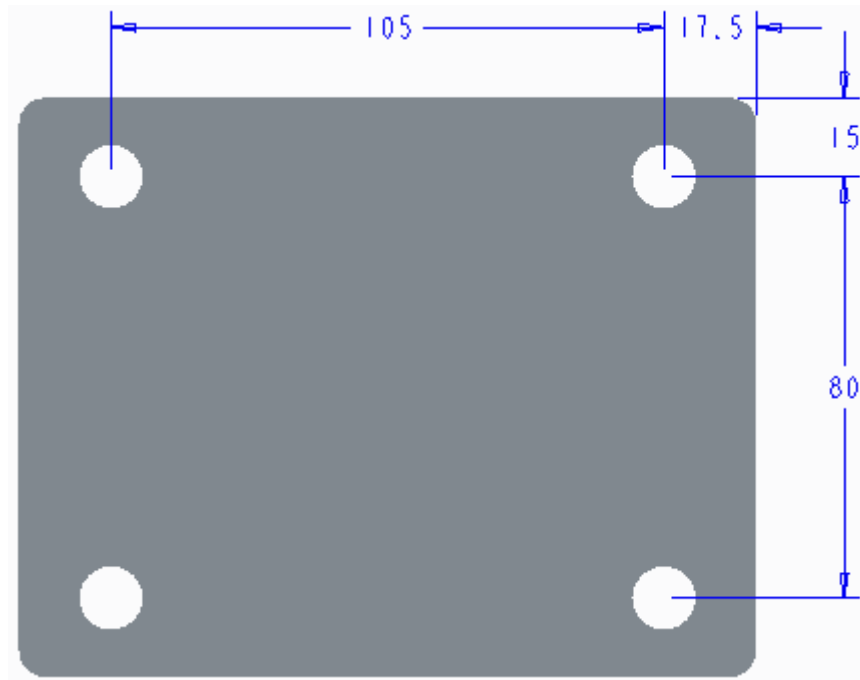




Kuva 14. Kärrynjalan ja renkaan välinen liitos (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).

Ruuveina käytän lujuusluokan 8.8 M12 ruuveja. Ruuvien laskentaan on taulukon 3, luokan A mukaan asetettu kaksi ehtoa. Toinen ehdoista  $F_{v,Rd}$  saadaan laskettua kaavalla 8.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot 800 \frac{N}{mm^2} \cdot 84,3 mm^2}{1,25} = 32371,2 N \geq 7848 N$$



Kuva 15. Reikien väliset etäisyydet kiinnityslevyssä (Kuva: Olli-Mikko Kortelainen).

Toinen ehdoista eli reunapuristuskestävyys  $F_{b,Rd}$  saadaan laskettua kaavalla 9. Sitä ennen pitää kuitenkin laskea kertoimien  $\alpha_b$  ja  $k_1$  arvot kaavoilla 10–14.

$$\alpha_b = \frac{800 \text{ Mpa}}{600 \text{ Mpa}} = 1,33$$

$$\alpha_b = \frac{105 \text{ mm}}{3 \cdot 13 \text{ mm}} - \frac{1}{4} = 2,44$$

$$\alpha_b = \frac{17,5 \text{ mm}}{3 \cdot 13 \text{ mm}} = 0,45$$

$$\alpha_b = 1$$

$$k_1 = 2,8 * \frac{15 \text{ mm}}{13 \text{ mm}} - 2,5 = 0,73$$

$$k_1 = 1,4 * \frac{80 \text{ mm}}{13 \text{ mm}} - 2,5 = 6,12$$

$\alpha_b$ :n arvoksi valitaan edellisistä pienin arvo 0,45. Kertoimeksi  $k_1$  valitaan myös pienempi arvo kahdesta edellä lasketuista eli 0,73. Kertoimet selvitettyä voidaan laskea reunapuristuskestävyys  $F_{b,Rd}$ .

$$F_{b,Rd} = \frac{0,73 \cdot 0,45 \cdot 600 \frac{N}{mm^2} \cdot 12 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm}}{1,25} = 9460,8 \text{ N} > 7848 \text{ N}$$

Tuloksien perusteella voidaan todeta, että renkaiden kiinnitykset kestävät hyvin niihin mahdollisesti syntyvät rasitukset.

## 4 Yhteenveto

### 4.1 Kokoonpano ja valmistus

Kärryn piirustukset tehtiin siten, että niistä näkyisivät kaikki tärkeimmät mitat, eikä kärryä valmistavan henkilön tarvitsisi erikseen miettiä ja laskea valmistusmittoja. Piirustusten mittakaavat valikoituivat standardin SFS 4394 mukaisesti [10, s.12]. Työssä saatiin vakioitua käytettävät materiaalit melko tehokkaasti. Kärryssä tullaan käyttämään ainoastaan yhtä levypaksumutta ja kolmea erilaista RHS-putkipalkkia. Levyosista tein varsinaisten mittakuvien lisäksi mittakaavalla 1:1 polttokuvat dxf.-tiedostomuodossa laserleikkausta varten. Kärryn osien valmistus ja lopullinen kokoonpano suoritetaan toimeksiantajan toimitiloissa.

### 4.2 Ammatillinen kasvu

Toteutin työn muiden työtehtävieni lomassa työskennellessäni toimeksiantajalle. Työhön käytin kokonaisuudessaan aikaa useamman kuukauden, jonka aikana sain valmiiksi 3D-mallin, raportin ja valmistuspiirroksat. Kärryn suunnittelu ja työ kaiken kaikkiaan onnistui mielestäni hyvin, otettaessa huomioon työlle asetetut alkutiedot. Työtä tehdessä karttui huomattavasti oma ammattitaitoni ja näkemys erilaisista valmistustekniikoista.

### 4.3 Tulokset

Kärriä ei ole päästy vielä sen kasaamattomuuden takia käytännössä testaamaan. Oletuksena on kuitenkin, että kärri tulee nopeuttamaan huomattavasti levynkäsittelyprosessia. Kärriin suunnitellut hitsiliitokset ovat monin paikoin ylimitoitettuja, mutta siitä syntyvät kustannukset ovat niin pieniä, ettei liitoksien tarkemmalle mitoitukselle koettu tarvetta.

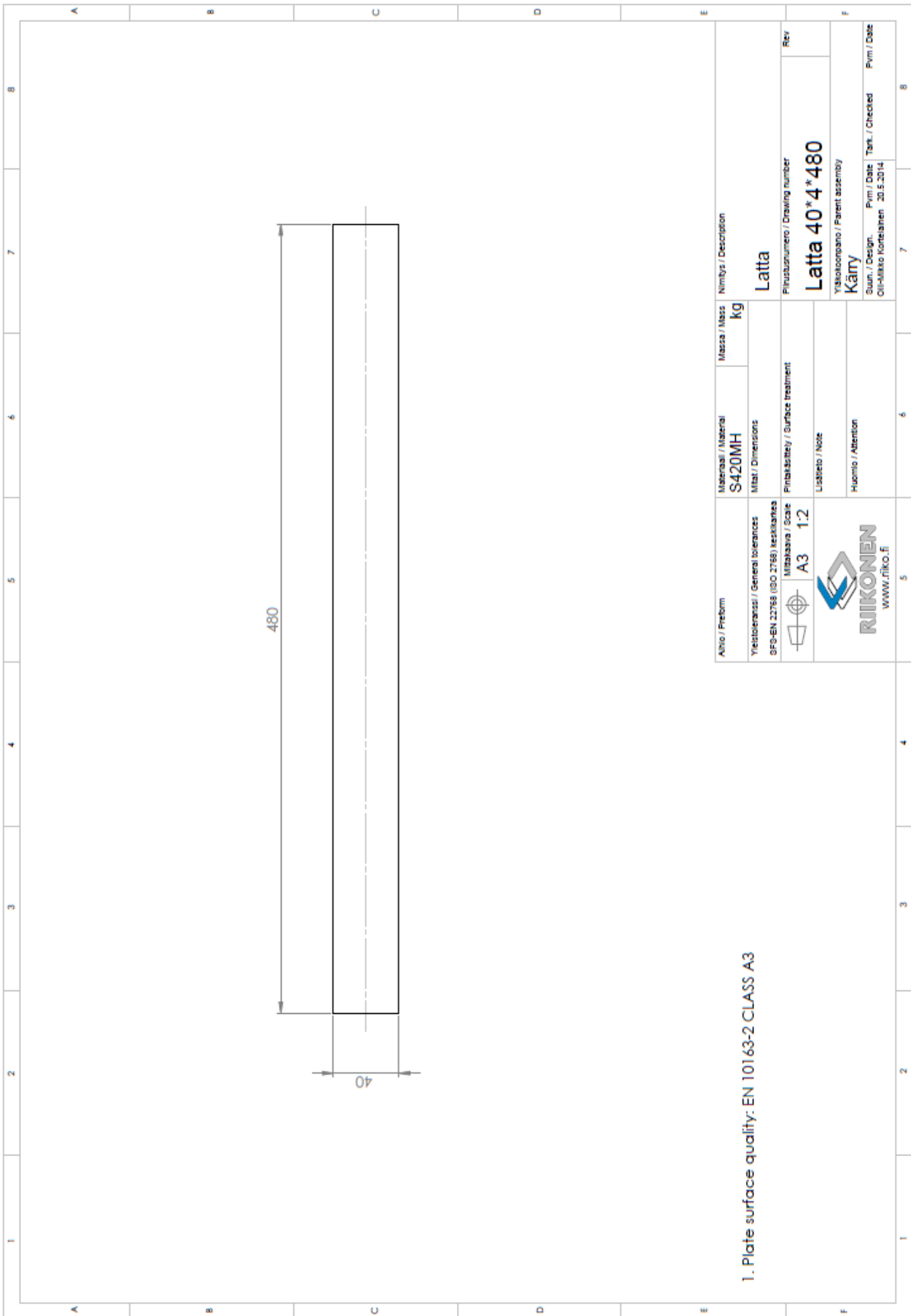
Lopullinen työ vastaa hyvin toimeksiantajan vaatimuksia, niin käytettävyyden, materiaalien, keveyden kuin kustannustenkin osalta. Yhtenä suurimpana ongelmana oli kärriä vaadittu keveys. Tämäkin asia onnistui hyvin kärriin lopullisen painon ollessa vain noin 170 kg. Näin ollen voin pitää suunnittelutyötäni hyvin onnistuneena.

### 4.4 Kehittämiskohteet

Varsinaisia ongelmia ei ainakaan vielä ole ilmaantunut eteen kärriin valmistusta ja käyttöä ajatellen. Tulevaisuudessa kärriin on tarkoitus suunnitella vielä mahdollisuus trukilla siirtämiseen. Lopulliset kehittämis- ja parannuskohteet selviävät vastan kärriin valmistuttua ja käytännön testauksen alettua. Käytännön testaamisessa saadaan myös selville, onko leveyden portaaton muuttaminen oleellinen ominaisuus. Mikäli kärriä tullaan kuljettamaan tulevaisuudessa vain kahta tai kolmea eri levyistä levyä, pystytään luopumaan portaattomasta säädöstä. Levymittojen varmistuessa säätö voidaan muuttaa portaattomaksi, joten kärriin käytettävyys ja ennen kaikkea säätöön kuluva aikaa nopeutuisi oleellisesti.

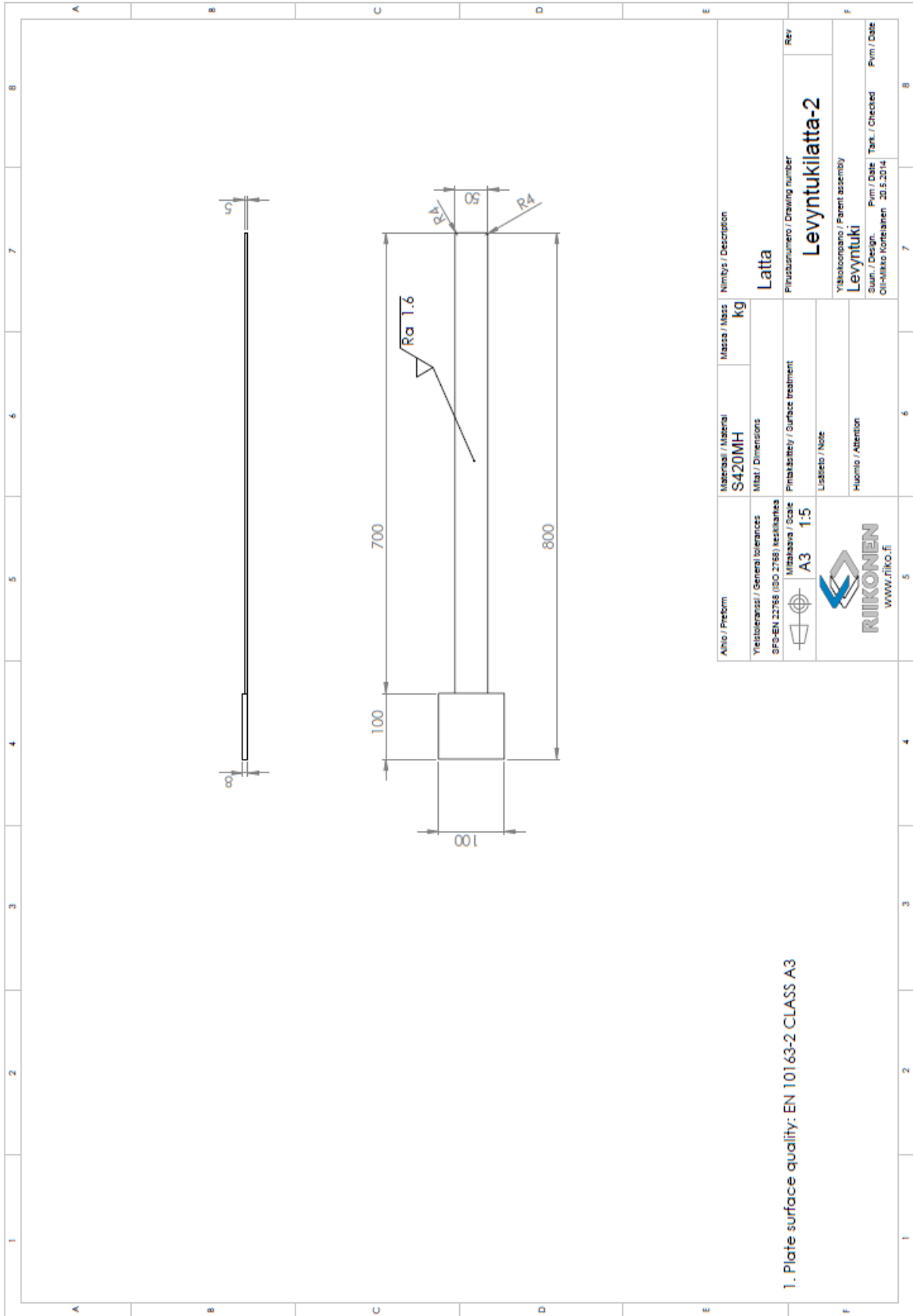
## Lähteet

1. Konekorjaamo Riikonen Oy. 2014 [Viitattu 17.4.2014]. Saatavissa:  
<http://konekorjaamoriikonen.fi/fi/yritys/>.
2. John Deere Forestry Oy. 2014 [Viitattu 17.4.2014]. Saatavissa:  
[http://www.deere.fi/common/media/images/industry/forestry/r2/products/wheeled\\_harvesters/1070eit4/1070e\\_it4\\_642x462.png](http://www.deere.fi/common/media/images/industry/forestry/r2/products/wheeled_harvesters/1070eit4/1070e_it4_642x462.png).
3. Toimituskunta 1985. Koneenosien suunnittelu 2: liitokset. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset. ISBN 951-0-13142-3.
4. ETRA your industrial partner. 2014 [Viitattu 4.5.2014] Saatavissa:  
<http://tuotteet.etra.fi/fi/g2421960/raskaat-pyorat>.
5. Euroopan komissio. 2014. Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas. [Viitattu 23.4.2014]. Saatavissa:  
[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006_fi.pdf).
6. Eurokoodi help desk. 2014. [Viitattu: 23.4.2014]. <http://www.eurocodes.fi/>.
7. Teräsrakenneyhdistys ry. 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry. ISBN 978-952-9683-50-5.
8. Teräsrakenneyhdistys ry. 2003. Levyrakenteiden suunnittelu. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy. ISBN 951-817-813-5.
9. Ruuviliitosten laskenta. 2014. Kurssimateriaali.
10. Aimo, P. Koneenpiirustus korkeakouluja varten. 2001. Espoo: Kirpe Oy. ISBN 951-9709-68-1.



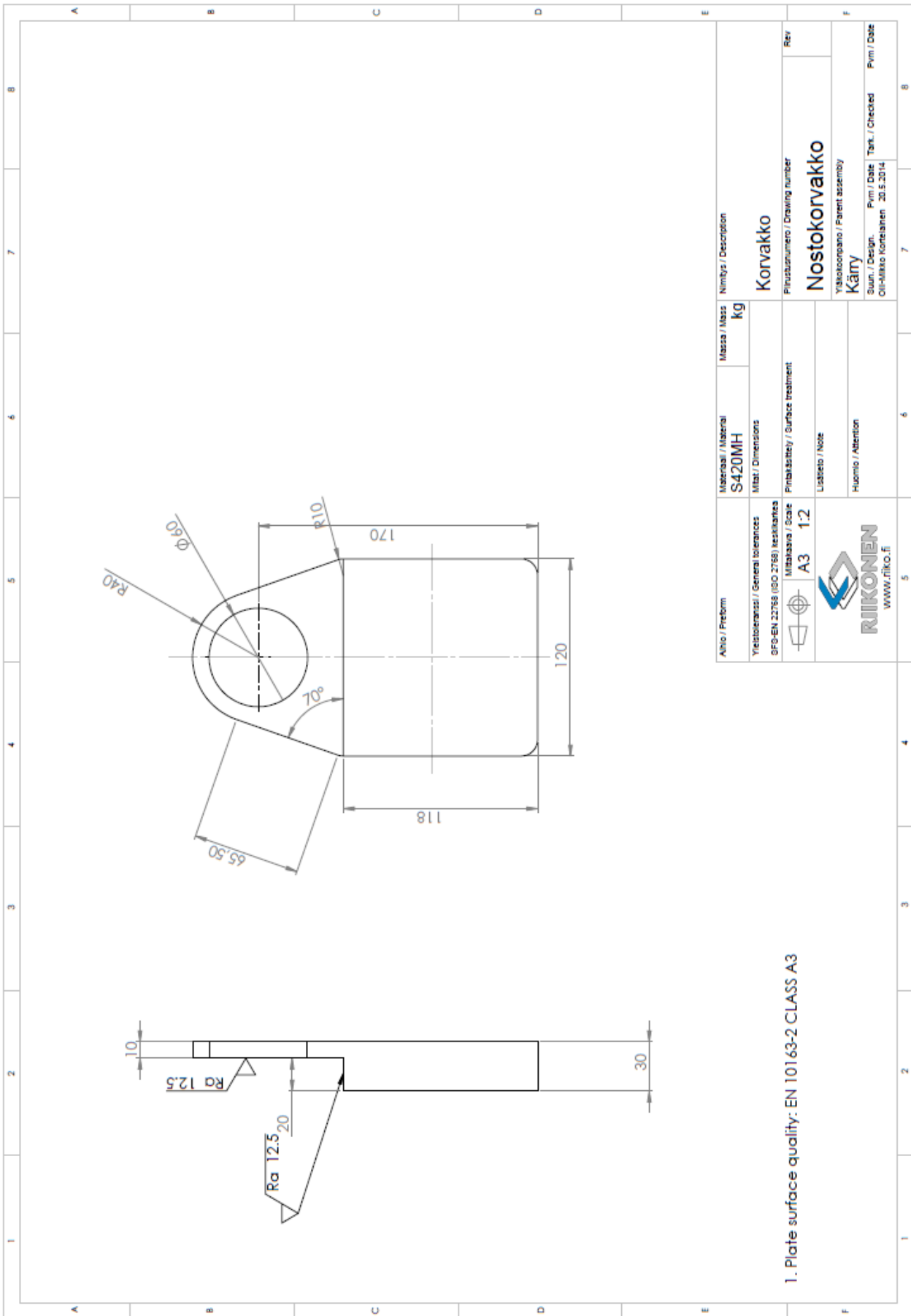
1. Plate surface quality: EN 10163-2 CLASS A3

Alkio / Preform	Materiaali / Material	Massa / Mass	Nimitys / Description
Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 22768 (ISO 2768) mekaaninen	S420MH Mitat / Dimensions	kg	Latta
Mittakaava / Scale A3 1:2	Pinnoitus / Surface treatment		Plussunumero / Drawing number
 <b>RIIKONEN</b> www.riiko.fi	Lisäinfo / Note		<b>Latta 40*4*480</b>
	Huomio / Attention		Yksikönopeus / Parent assembly <b>Kärry</b>
			Sum. / Design. Pvm / Date Olli-Mikko Korhonen 30.5.2014
			Tark. / Checked Pvm / Date



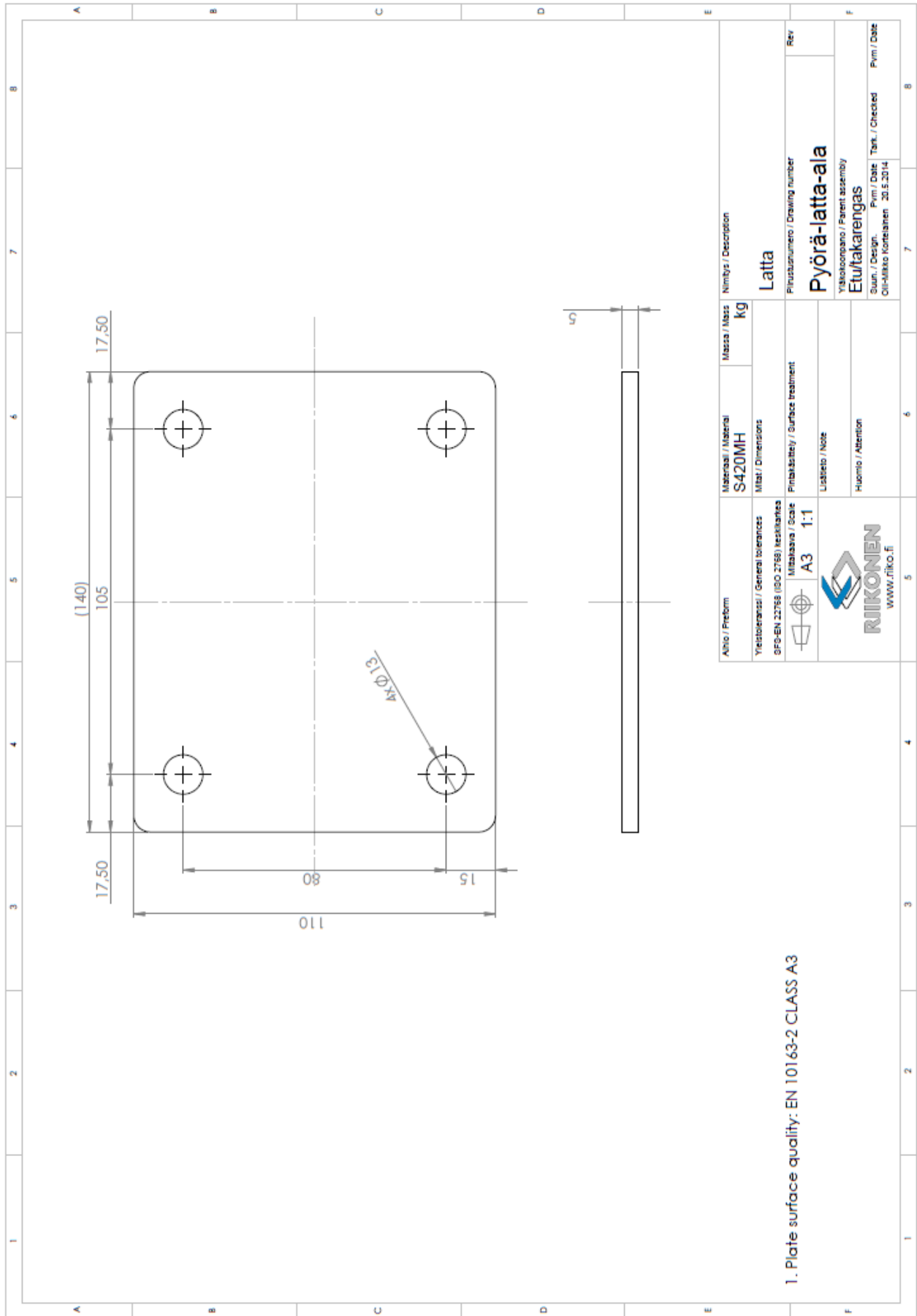
1. Plate surface quality: EN 10163-2 CLASS A3

Alku / Preform	Materiaali / Material S420MH	Massa / Mass kg	Nimitys / Description
Yleisluokitus / General tolerances BFS-EN 22768 (ISO 2768) Merkittävies	Mittat / Dimensions		<b>Latta</b>
Mittakaava / Scale A3 1:5	Pintakäsittely / Surface treatment		Pinnumero / Drawing number
	Lisäieto / Note		<b>Levyntukiliatta-2</b>
	Huomio / Attention		Yläkokoontamo / Parent assembly
<b>RIIKONEN</b> www.riiko.fi			<b>Levyntuki</b>
			Blun. / Design. Pym. / Date
			Ohjelmako Korpelainen 20.5.2014
			Tark. / Checked
			Pym. / Date



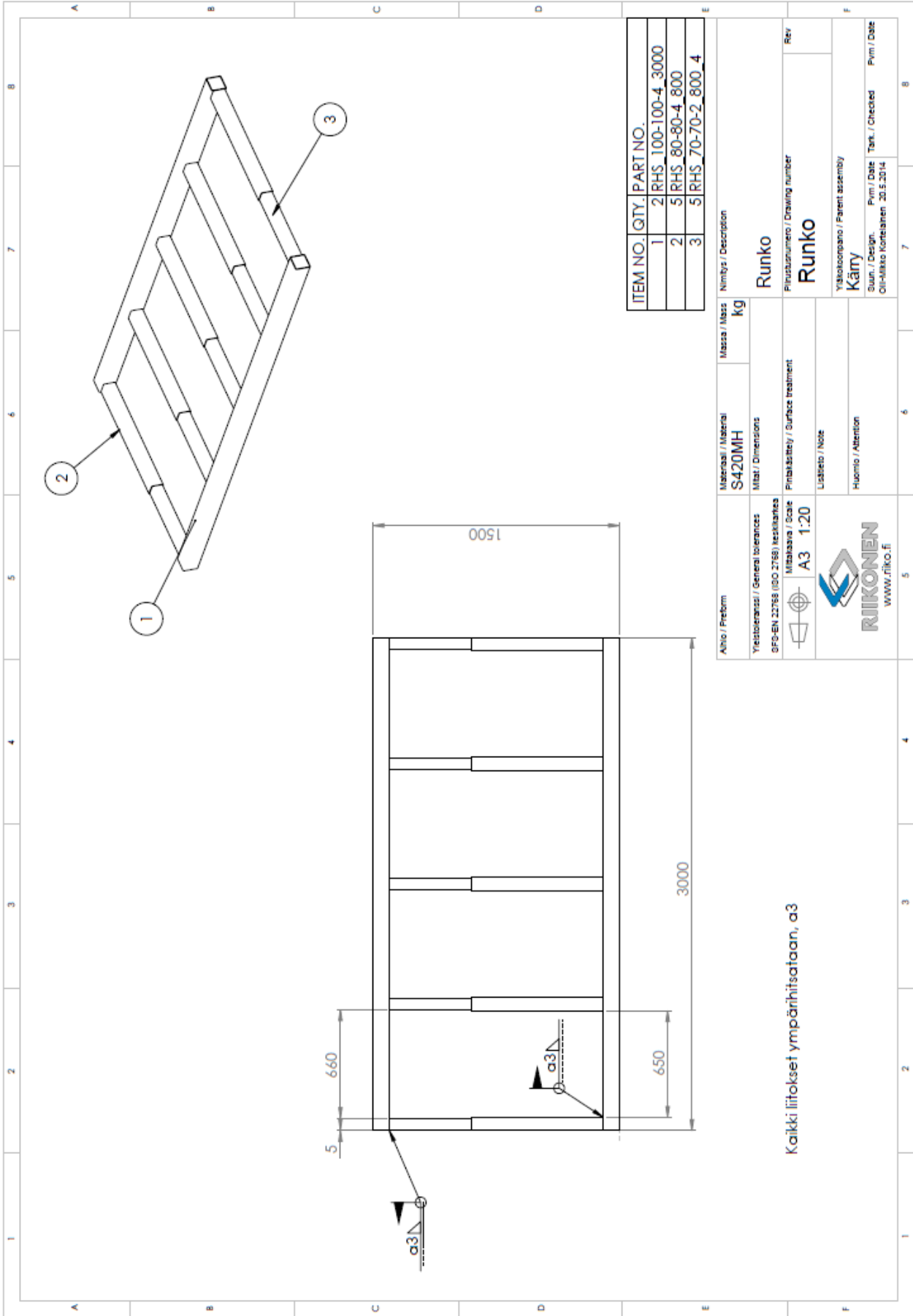
Ailio / Freform		Materiaali / Material	Massa / Mass	Nimitys / Description	Rev		
Yleistoleranssi / General tolerances		S420MH	kg	Korvako	Rev		
SFS-EN 22768 (ISO 2768)   Resistanssi		Mitat / Dimensions			Piirustunusnumero / Drawing number		
Mittakaava / Scale		Finityy / Surface treatment		Nostokorvako	Rev		
A3 1:2		Liite / Note			Yksikönnäkö / Parent assembly		
RIIKONEN www.riiko.fi		Huomio / Attention		Käirä	Suun. / Design. Pvm / Date		
					Oli-Mikko Korhonen 20.5.2014		
					Tark. / Checked Pvm / Date		





1. Plate surface quality: EN 10163-2 CLASS A3

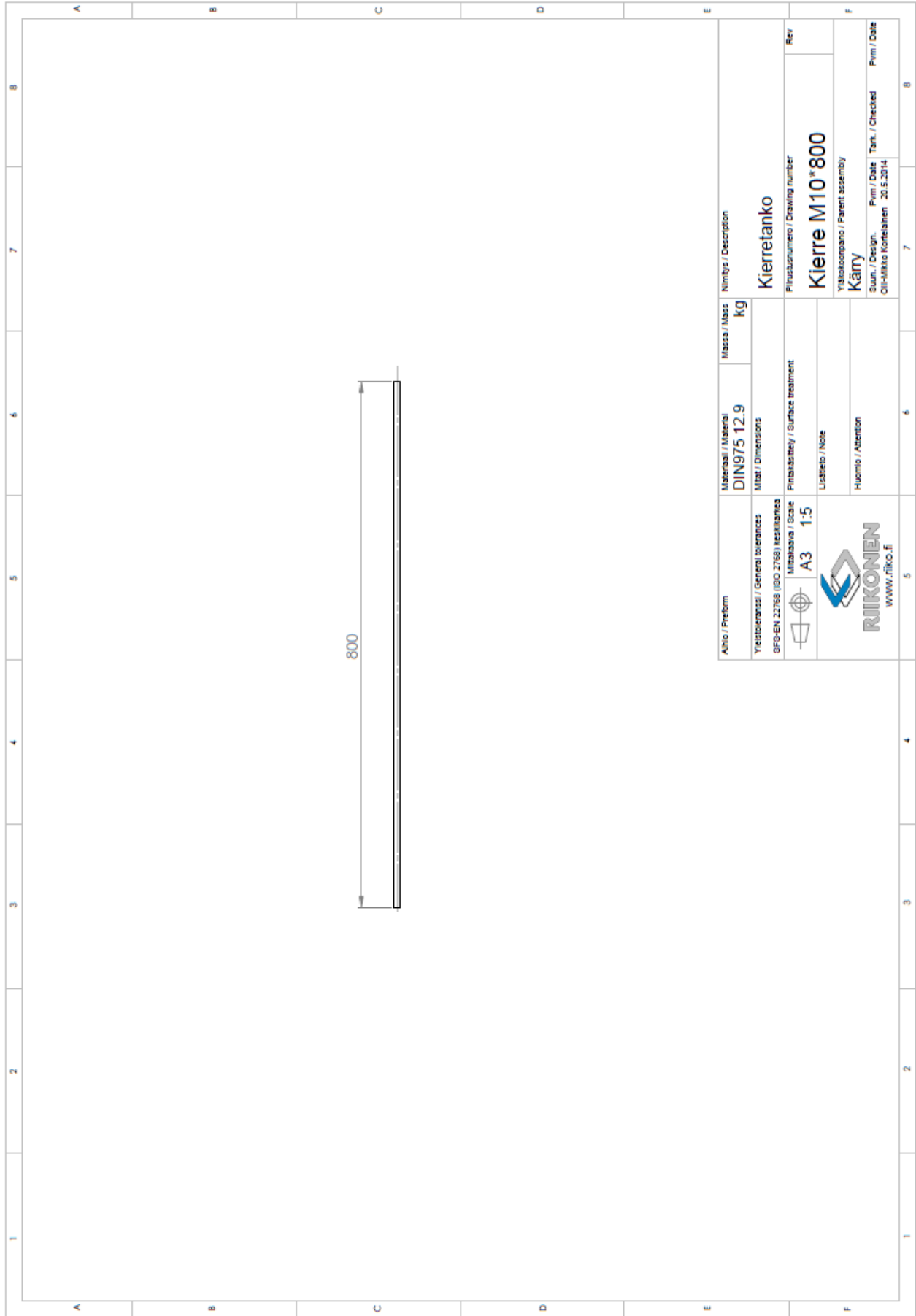
Ailio / Preform		Materiaali / Material	Massa / Mass	Nimitys / Description	
Yleistoleranssi / General tolerances		S420MH	kg	Latta	
SFS-EN 22758 (ISO 2768) keuhkantas		Mitat / Dimensions		Piirustumero / Drawing number	
Mittakaava / Scale		Finityskäily / Surface treatment		Pyörä-latta-ala	
A3 1:1		Lisähuomio / Note		Etufakarengas	
 RIIKONEN www.riiko.fi		Huomio / Attention		Yrityskokoontamo / Parent assembly	
				Suun. / Design. Pvm / Date	
				Olli-Mikko Korhonen 20.5.2014	
				Tark. / Checked Pvm / Date	



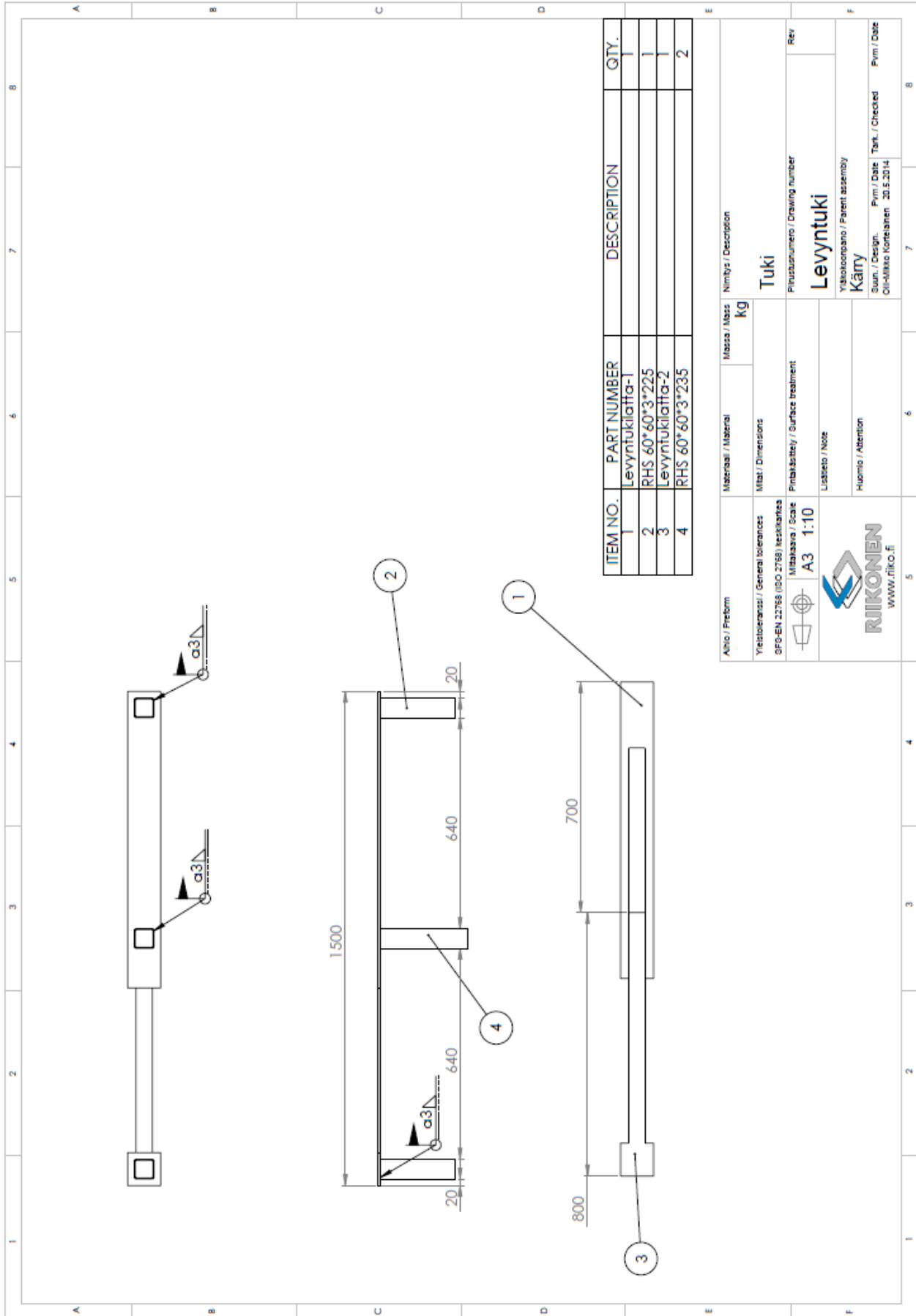
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	2	RHS 100-100-4 3000
2	5	RHS 80-80-4 800
3	5	RHS 70-70-2 800 4

Aikio / Preform Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 12768 (ISO 2768) keskiluokas Mittatoleranssi / Scale A3 1:20	Materiaali / Material S420MH Mitat / Dimensions Pintaolos / Surface treatment Lisätieto / Note Huomio / Attention	Massa / Mass kg Runko Runko Yrakoosasto / Parent assembly Kärry	Nimitys / Description Runko Runko Yrakoosasto / Parent assembly Kärry
RIIKONEN www.riiko.fi	Suun. / Design Olli-Mikko Kortelainen 20.5.2014	Pim. / Date Tark. / Checked Pim. / Date	Rev Piv. / Date

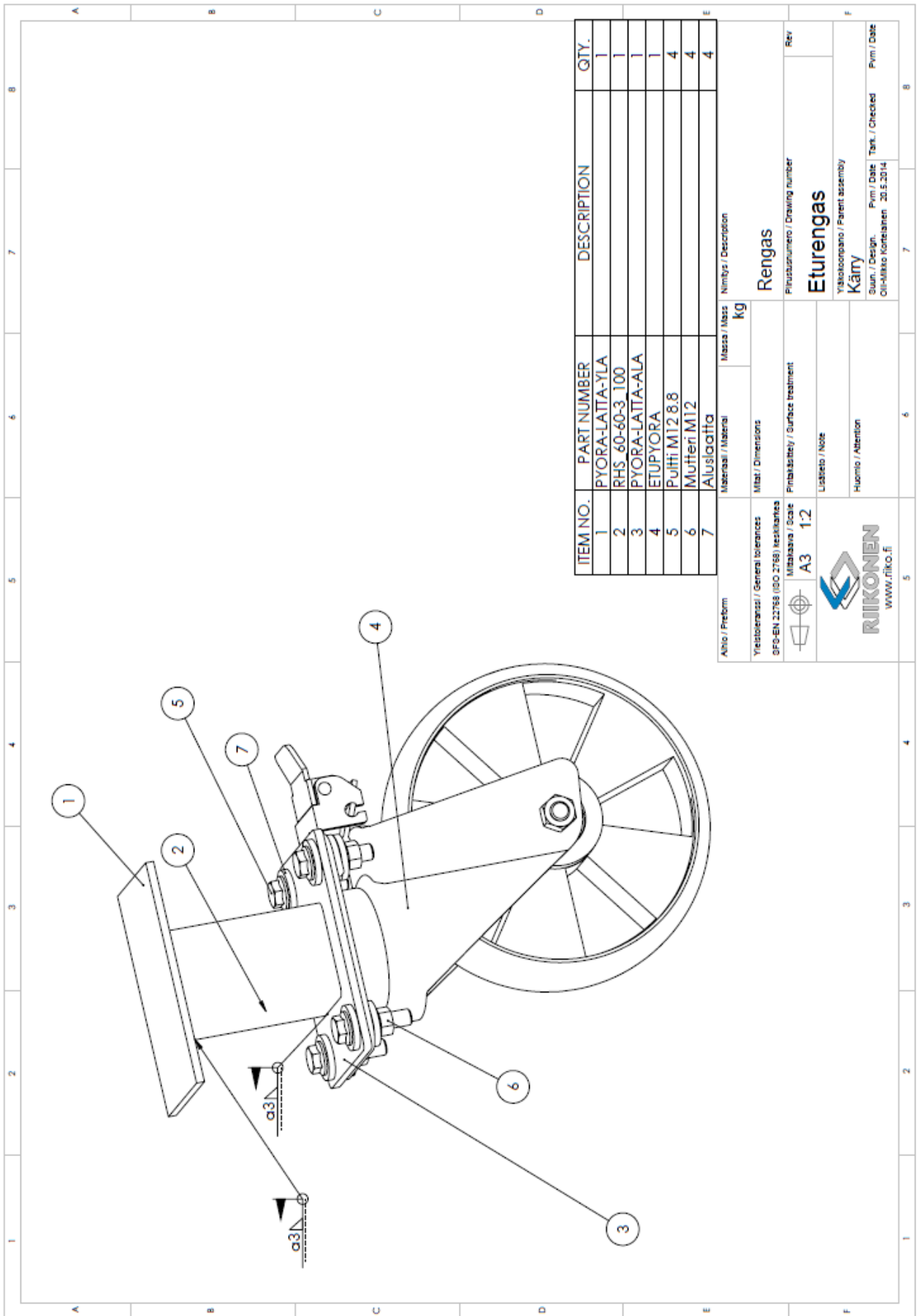
Kaikki liitokset ympärähitsataan, a3



Ailio / Form Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 22768 (ISO 2768) Kesäkaulus		Materiaali / Material DIN975 12.9 Mitta / Dimensions	Massa / Mass kg	Nimitys / Description Kierretanko
Mittakaava / Scale A3 1:5	Pintaläpitys / Surface treatment Lisähuomio / Note	Piirustusnumero / Drawing number Kierre M10*800	Rer	Yksikönohjaus / Parent assembly Kärry
 RIIKONEN www.riiko.fi		Huomio / Attention	Suunn. / Design. Olli-Mikko Korhonen 20.5.2014	Pvm / Date Pym / Date
		Tark. / Checked	Pym / Date	Pym / Date

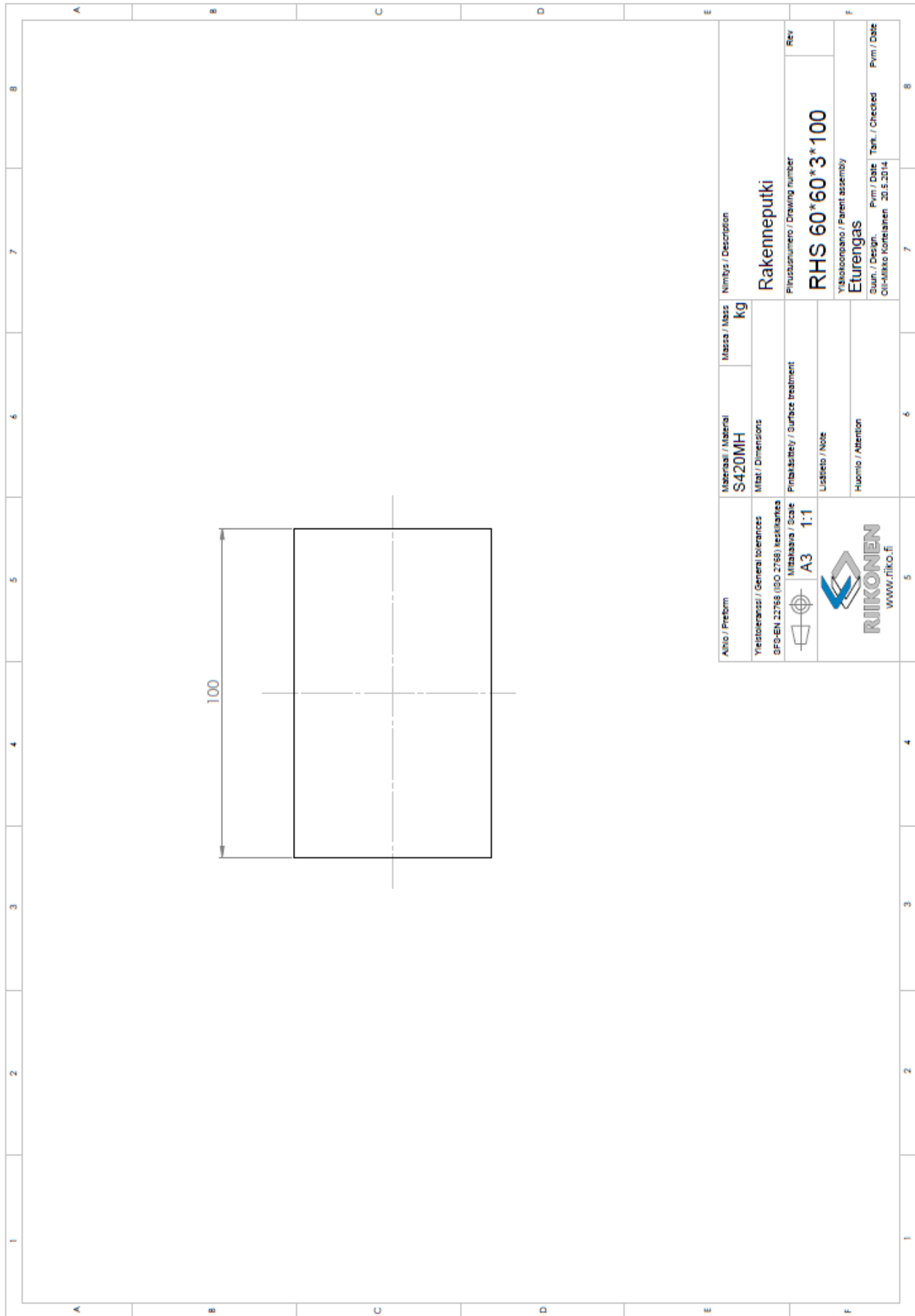


Alho / Preform		Materiaali / Material		Massa / Mass		Nimitys / Description	
Yleisluokitus / General tolerances		Mitat / Dimensions		kg		Tuki	
SFS-EN 12768 (ISO 2768) keskiluokka		Pintaoloset / Surface treatment				Pintausnumero / Drawing number	
Mittakaava / Scale		Huomio / Attention				Rev	
A3 1:10						Levyntuki	
 RIIKONEN www.riiko.fi						Yläkokoopinto / Parent assembly	
						Kärki	
						Suun. / Design. Pim / Date	
						Oli-Hukka Kotelainen 20.5.2014	
						Tark. / Checked	
						Pim / Date	
						7	
						8	

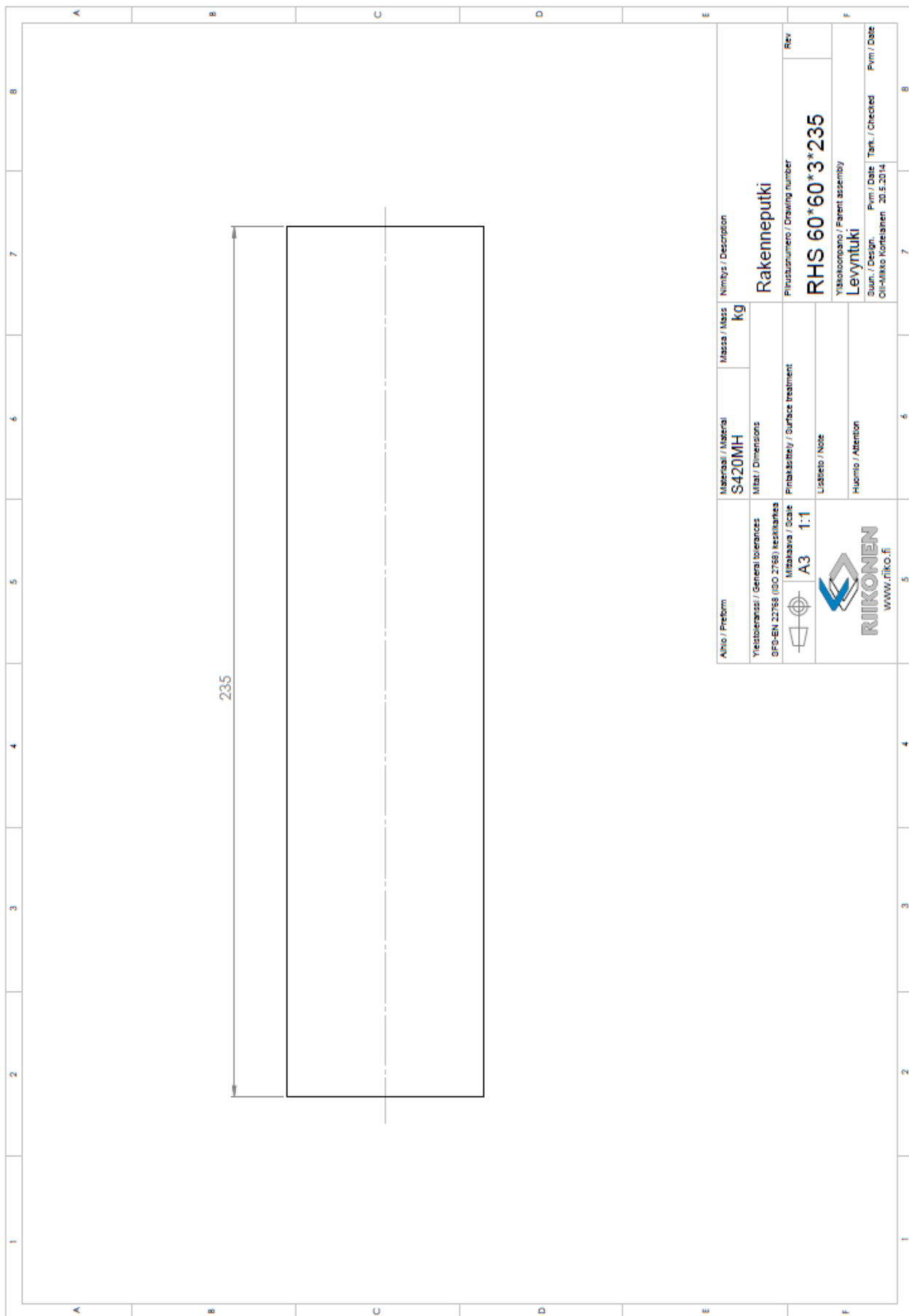


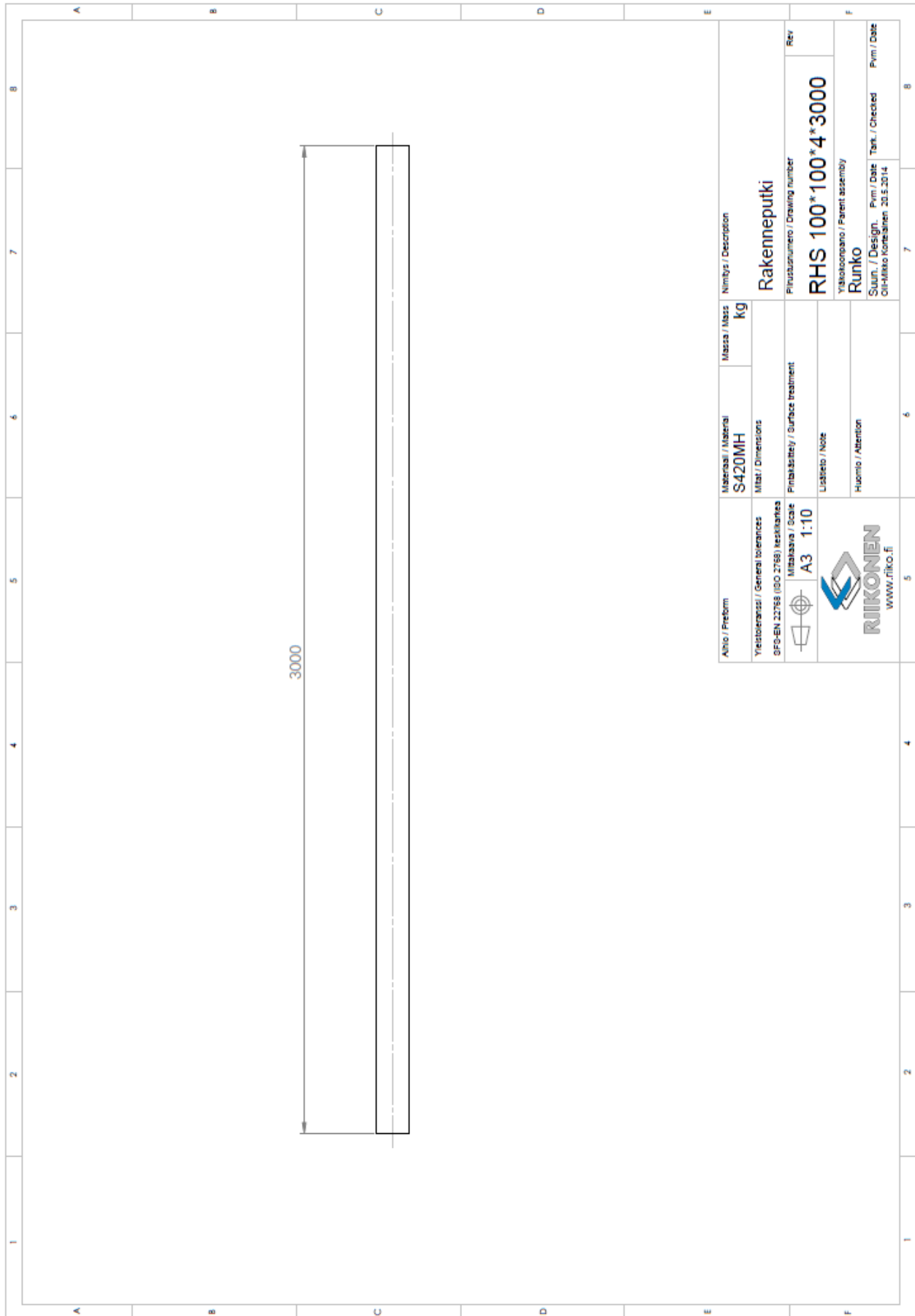
Alkio / Preform	Massa / Mass	Nimitys / Description
Yleistoleranssi / General tolerances	kg	Rengas
SFS-EN 12758 (ISO 2768) keskisarkea		Piirustumero / Drawing number
Mittaus / Scale		Eturengas
Finipäälly / Surface treatment		Yksiköryhtiö / Parent assembly
A3 1:2		Kärry
		Suun. / Design
		Pvm / Date
		Tark. / Checked
		Pvm / Date
		20.5.2014






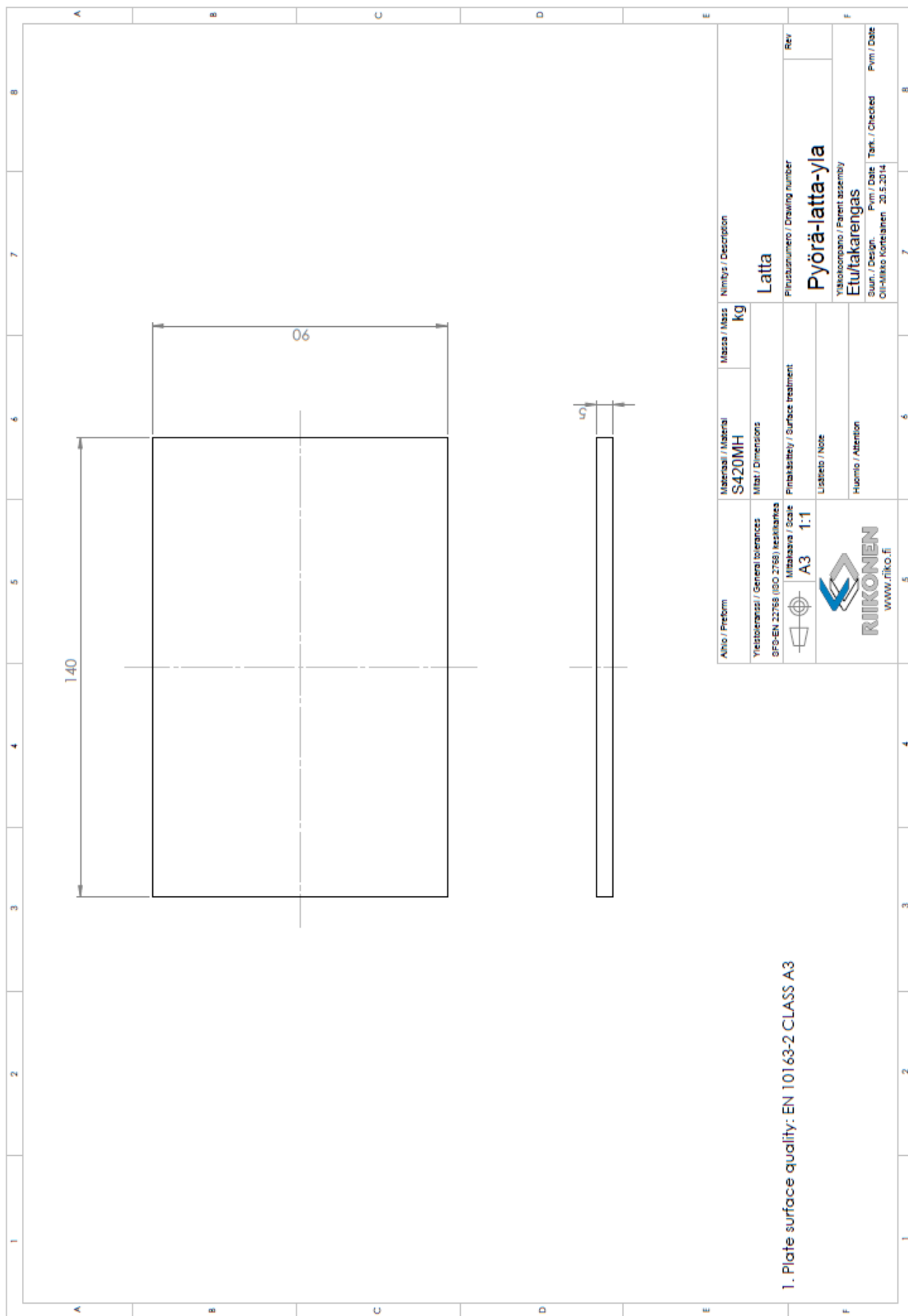
Aihio / Freibrm Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 22768 (ISO 2768) keskiluokassa Mittakaava / Scale A3 1:1		Materiaali / Material S420MH Mittat / Dimensions	Nimitys / Description Rakenneputki Piirustuksen numero / Drawing number RHS 60*60*3*100	Massa / Mass kg	Rev
Huomio / Attention  www.riiko.fi		Pintaoloset / Surface treatment Luotto / Note	Yhdysohjain / Parent assembly Eturengas	Suunn. / Design Olli-Mikko Korttunen 20.5.2014	Pvm / Date Tark. / Checked Pvm / Date

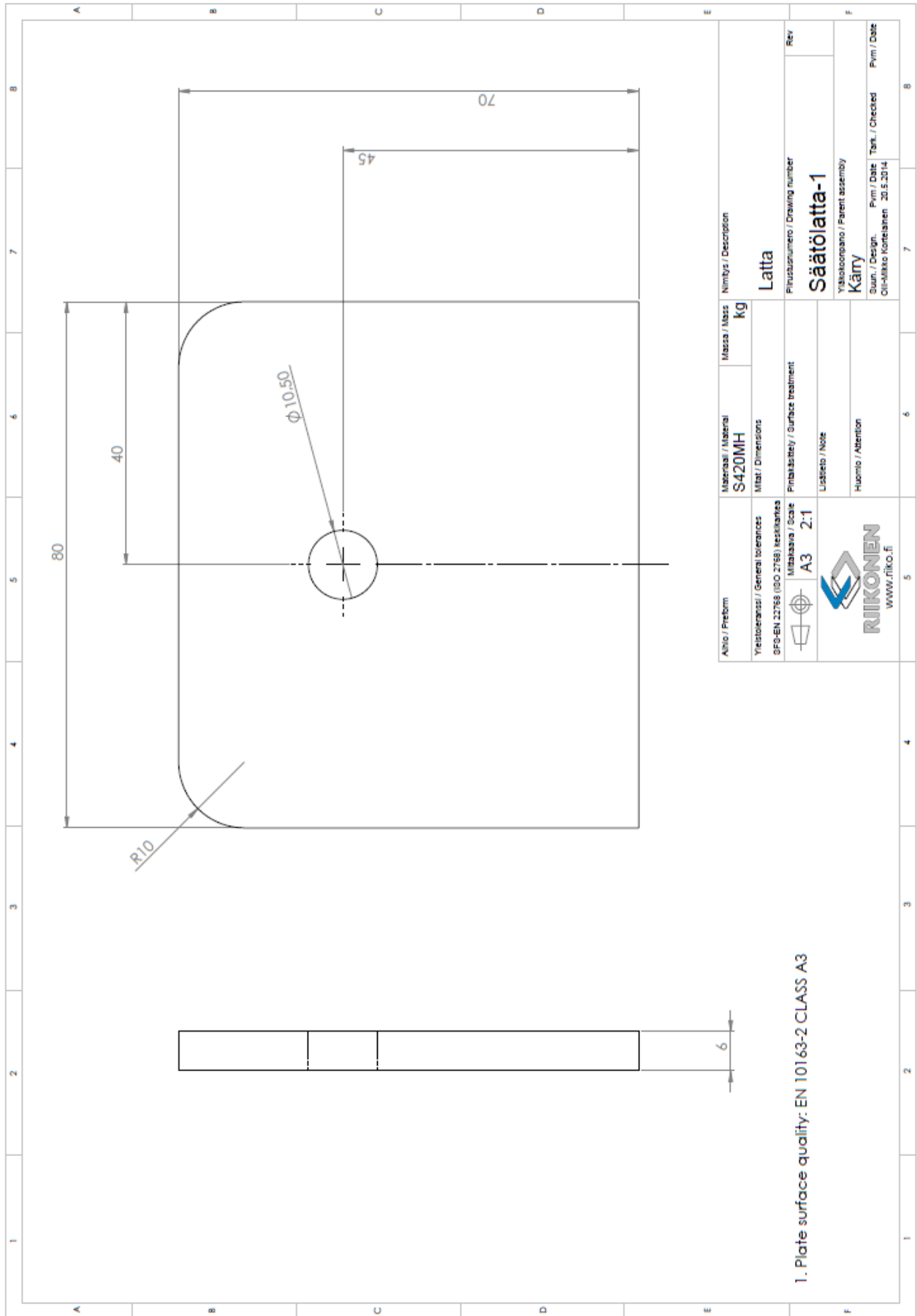




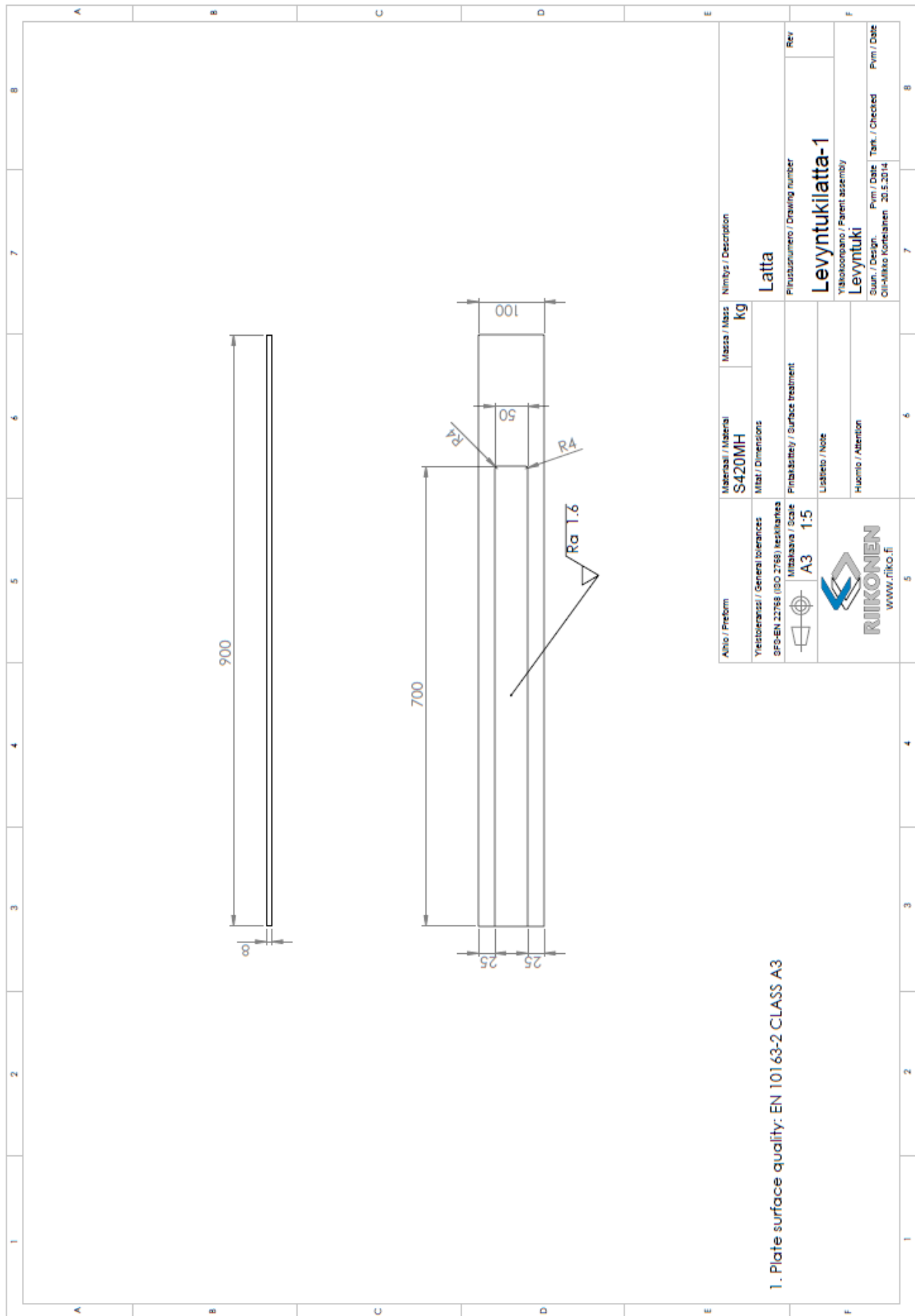
Ahjo / Preform Yleisluokitus / General tolerances SFS-EN 22768 (ISO 2768) / Keskipaksuus		Materiaali / Material S420MH Mitta / Dimensions		Massa / Mass kg		Nimitys / Description Rakenneputki	
A3 1:10 Mittakaava / Scale		Pinnoitus / Surface treatment		Piirustenumero / Drawing number RHS 100 * 100 * 4 * 3000		Rev	
 www.riiko.fi		Lisäieto / Note		Yksikönopeus / Parent assembly Runko		Suunn. / Design Ohjelm. / Checked Pvm / Date 20.5.2014	





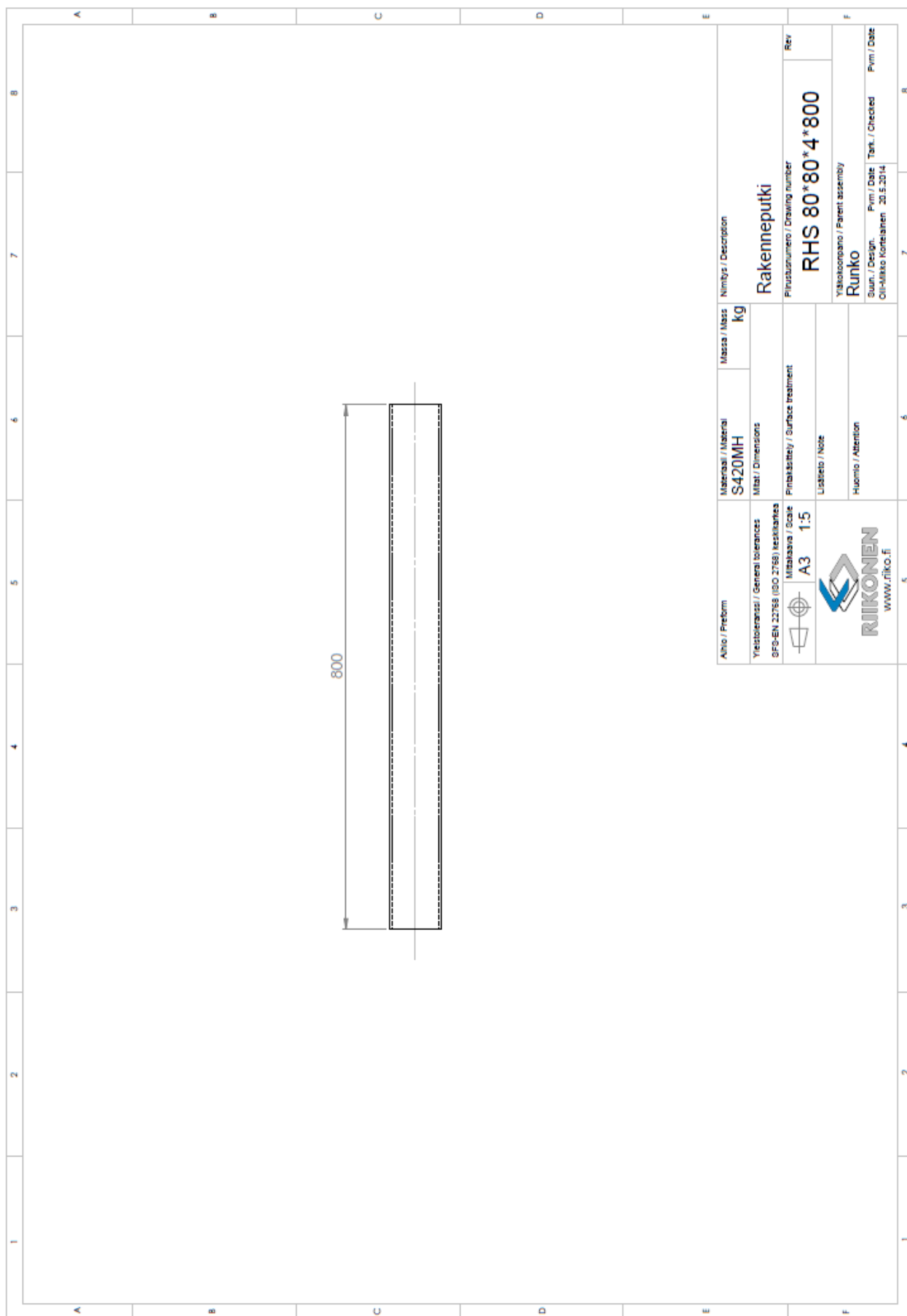


1. Plate surface quality: EN 10163-2 CLASS A3

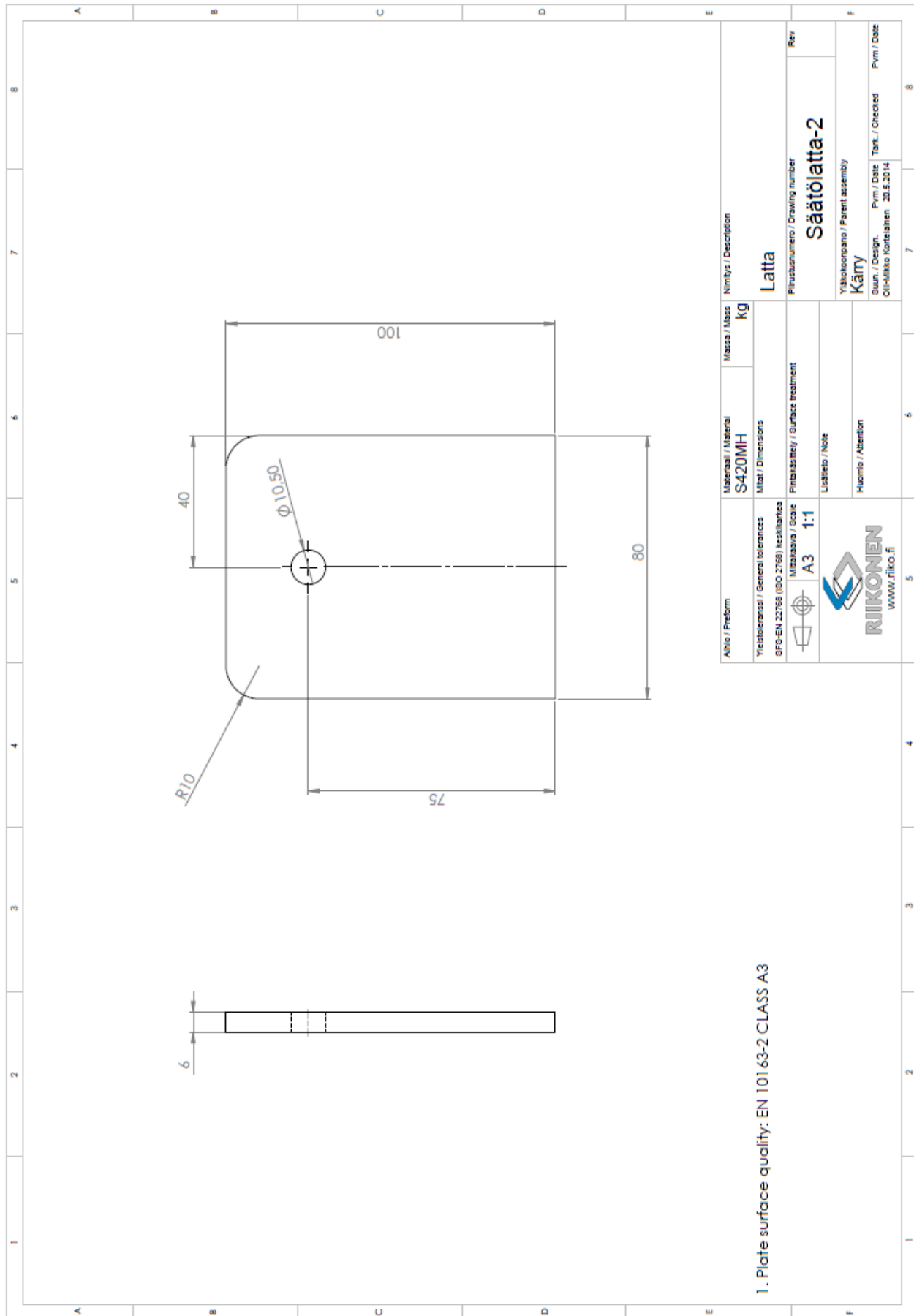


1. Plate surface quality: EN 10163-2 CLASS A3

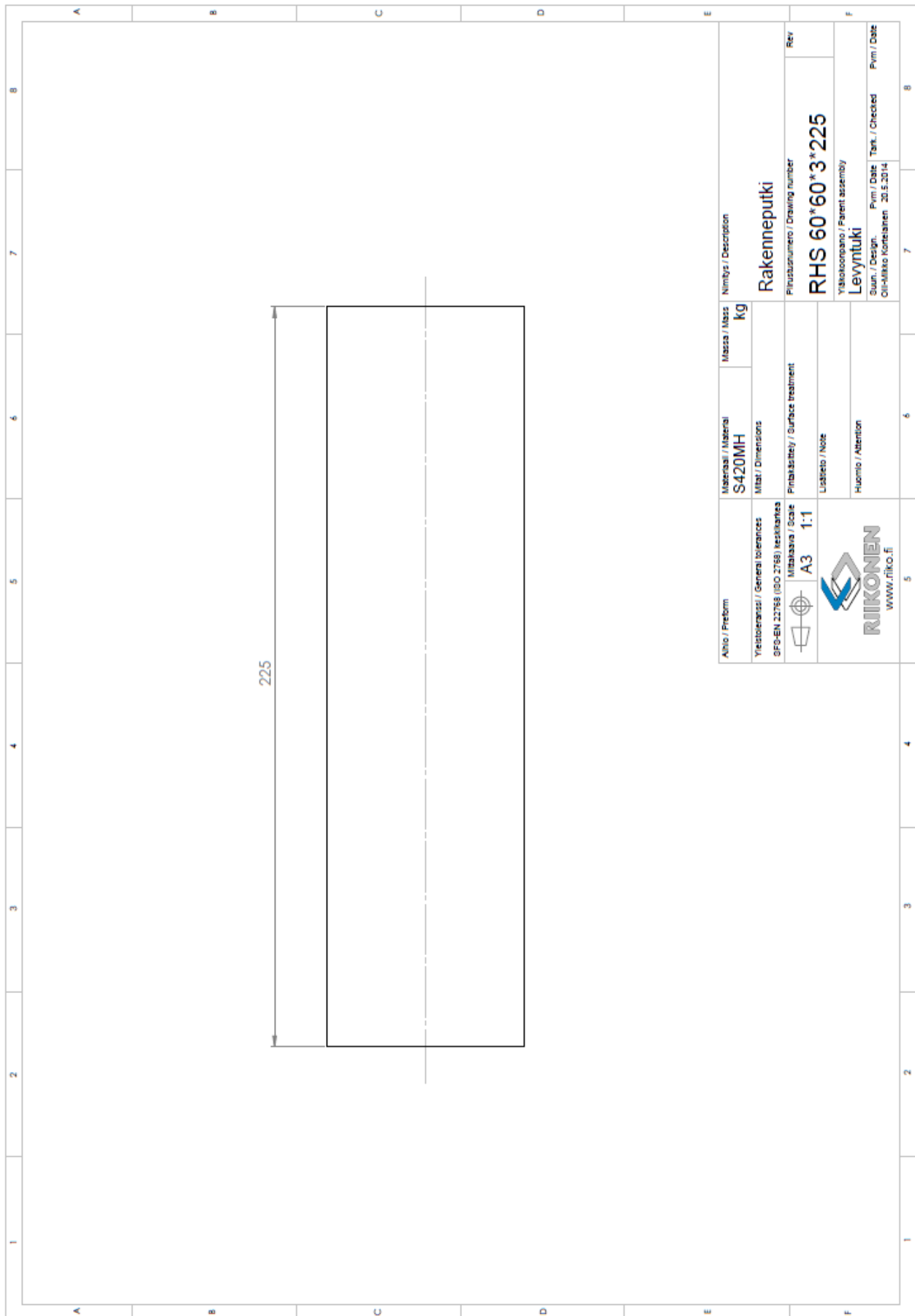
Alkio / Preform	Materiaali / Material	Massa / Mass	Nimitys / Description
Yleistoleranssi / General tolerances	S420MH	kg	Lattia
SFS-EN 12758 (ISO 2768) keskiarvo	Mitat / Dimensions		Piirustusnumero / Drawing number
Mittakaava / Scale	Pintakäsittely / Surface treatment		Rev
A3 1:5			Levyntukilatta-1
	Lisäieto / Note		Yhikönopeus / Parent assembly
	Huomio / Attention		Levyntuki
www.riiko.fi			Suun. / Design
			Ohjelm. / Checked
			20.5.2014
			Pvm / Date
			8



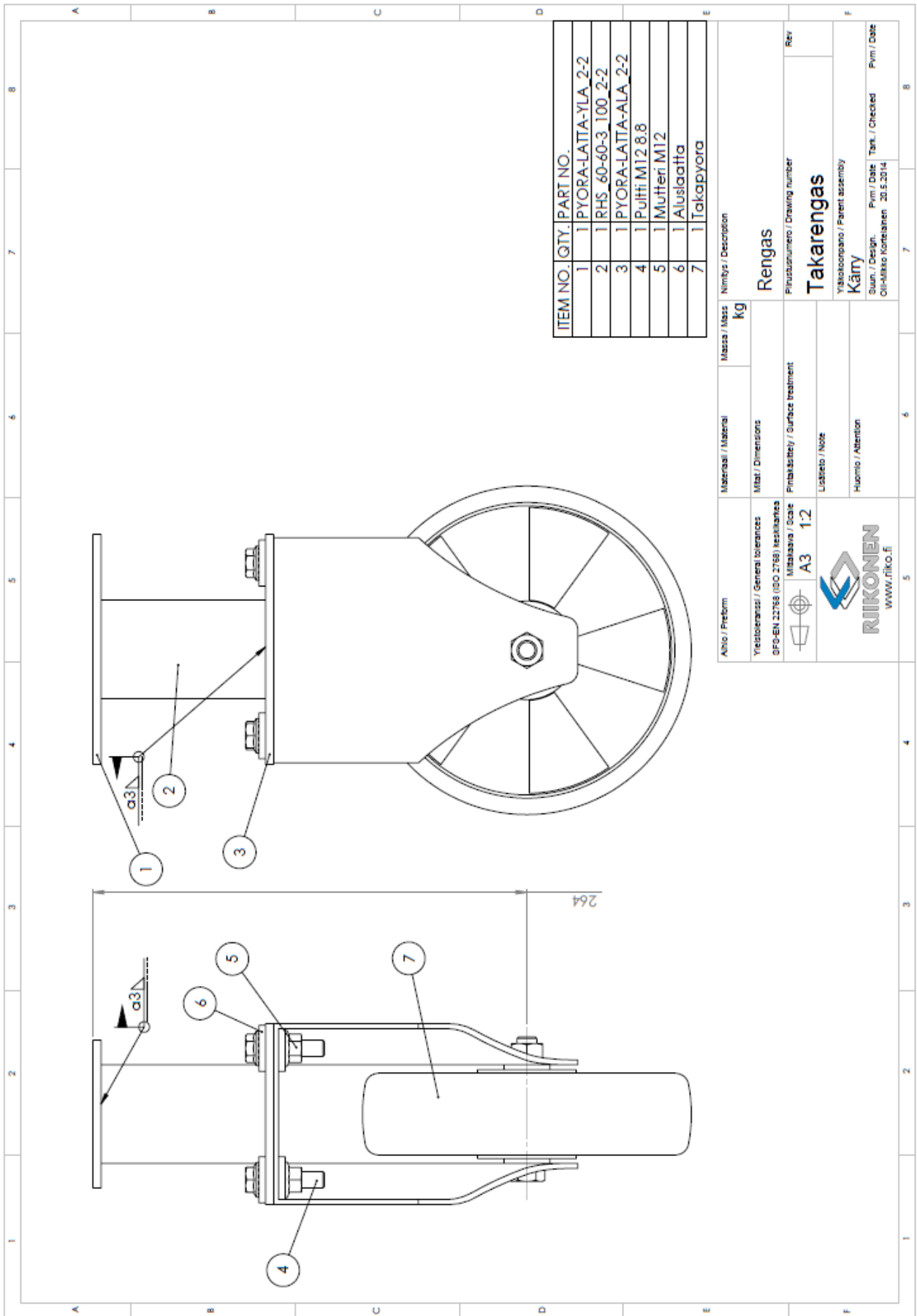
Alho / Prefix Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 22768 (ISO 2768) / Reizikaikha		Materiaali / Material S420MH Mitat / Dimensions	Massa / Mass kg	Nimitys / Description Rakenneputki
Mittakaava / Scale A3 1:5	Pintakäsittely / Surface treatment Liikiteho / Note	Rakennusnumero / Drawing number RHS 80*80*4*800	Rev	
Huomio / Attention  www.riiko.fi		Yksikönnäkö / Parent assembly Runko	Suun. / Design Olli-Matti Korhonen	Pvm / Date 20.5.2014



1. Plate surface quality: EN 101 63-2 CLASS A3

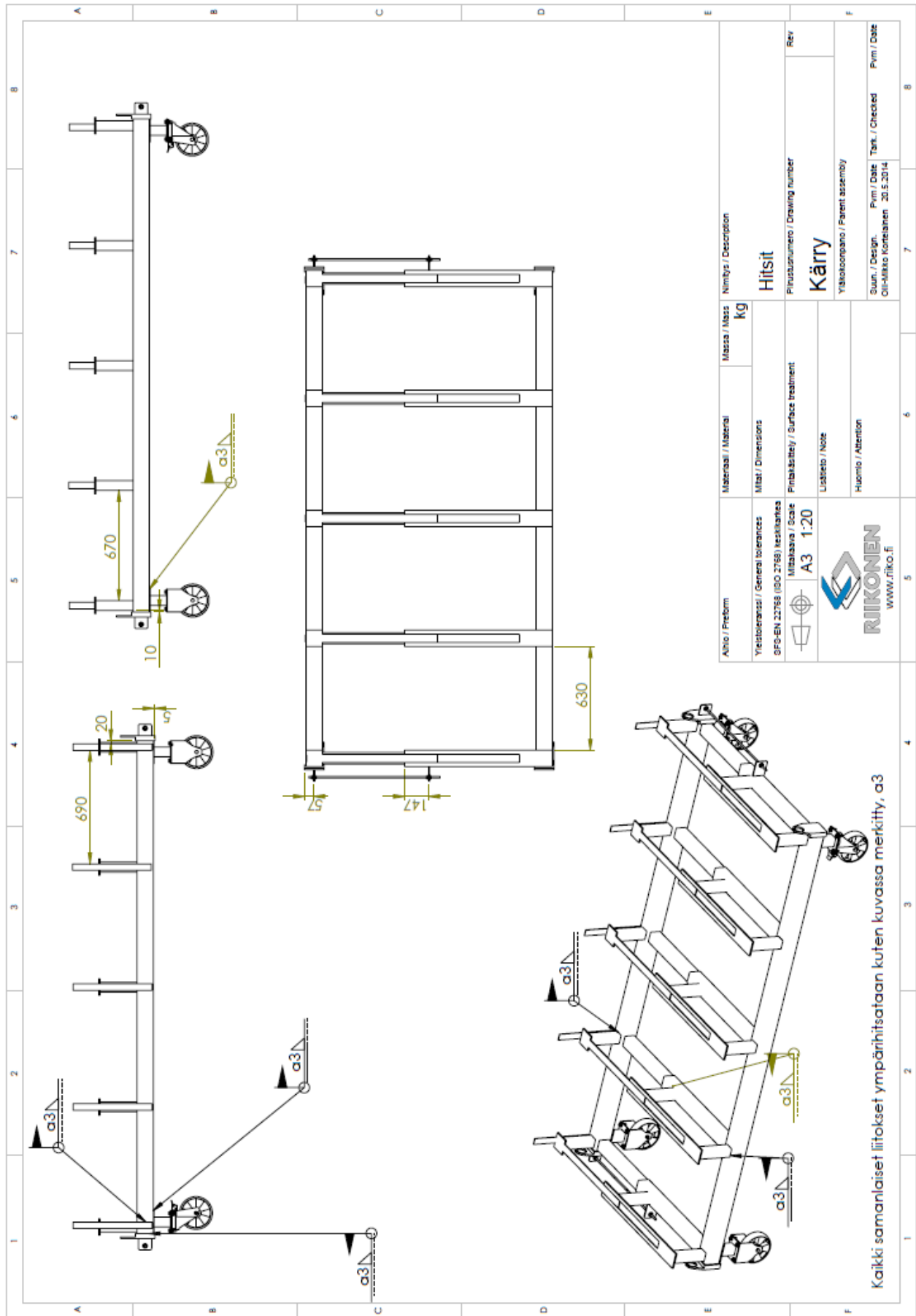


Ailio / Form Yhteisnimitykset / General tolerances SFS-EN 22768 (ISO 2768) Keskeisyksitys		Materiaali / Material S420MH Mitat / Dimensions		Massa / Mass kg		Nimitys / Description Rakenneputki	
Mittakaava / Scale A3 1:1		Pinta-alue / Surface treatment		Pituusnumero / Drawing number RHS 60 * 60 * 3 * 225		Rev	
 www.riko.fi		Lisäinfo / Note		Yhikönopeus / Parent assembly Levyntuki		Pvm / Date Olli-Mikko Honeinen 20.5.2014	
Huomio / Attention		Tark. / Checked		Pvm / Date		Pvm / Date	



ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	PYORA-LAITA-YLA_2-2
2	1	RHS_60-60-3_100_2-2
3	1	PYORA-LAITA-ALA_2-2
4	1	Puitti M12 8.8
5	1	Mutteri M12
6	1	Aluslaatta
7	1	Takapyora

Alkio / Preform	Materiaali / Material	Massa / Mass	Nimitys / Description
Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 22758 (ISO 2768) keskisaralla	Mitat / Dimensions	kg	<b>Rengas</b>
Mittakaava / Scale A3 1:2	Pintakäsittely / Surface treatment		Piirustusnumero / Drawing number
	Lisähuomio / Note		Rev
	Huomio / Attention		<b>Takarengas</b>
<b>RIIKONEN</b> www.riiko.fi			Yläkokoontajano / Parent assembly
			<b>Kärry</b>
			Suun. / Design. Pvm. / Date
			Ohj. / Issue Kontrollien. 20.5.2014
			Tark. / Checked
			Pvm. / Date



Ainio / Partform		Materiaali / Material		Massa / Mass		Nimitys / Description	
Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 22768 (ISO 2768) laatuaste		Mitat / Dimensions		kg		Hitsit	
Mitakaava / Scale A3 1:20		Pinta-aste / Surface treatment				Piirustusnumero / Drawing number	
RIIKONEN www.riiko.fi		Lisäieto / Note				Rev	
		Huomio / Attention				Kärry	
						Yritysorganiso / Parent assembly	
						Suun. / Design. Pim / Date: Tark. / Checked Pim / Date: Olli-Mikko Korhonen 20.5.2014	

Kaikki samanlaiset liitokset ympäröidään kuten kuvassa merkitty, Ra 3.1



A	B	C	D	E	F
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66
67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78
79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102
103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114
115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132
133	134	135	136	137	138
139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156
157	158	159	160	161	162
163	164	165	166	167	168
169	170	171	172	173	174
175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186
187	188	189	190	191	192
193	194	195	196	197	198
199	200	201	202	203	204
205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216
217	218	219	220	221	222
223	224	225	226	227	228
229	230	231	232	233	234
235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246
247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258
259	260	261	262	263	264
265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276
277	278	279	280	281	282
283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306
307	308	309	310	311	312
313	314	315	316	317	318
319	320	321	322	323	324
325	326	327	328	329	330
331	332	333	334	335	336
337	338	339	340	341	342
343	344	345	346	347	348
349	350	351	352	353	354
355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366
367	368	369	370	371	372
373	374	375	376	377	378
379	380	381	382	383	384
385	386	387	388	389	390
391	392	393	394	395	396
397	398	399	400	401	402
403	404	405	406	407	408
409	410	411	412	413	414
415	416	417	418	419	420
421	422	423	424	425	426
427	428	429	430	431	432
433	434	435	436	437	438
439	440	441	442	443	444
445	446	447	448	449	450
451	452	453	454	455	456
457	458	459	460	461	462
463	464	465	466	467	468
469	470	471	472	473	474
475	476	477	478	479	480
481	482	483	484	485	486
487	488	489	490	491	492
493	494	495	496	497	498
499	500	501	502	503	504
505	506	507	508	509	510
511	512	513	514	515	516
517	518	519	520	521	522
523	524	525	526	527	528
529	530	531	532	533	534
535	536	537	538	539	540
541	542	543	544	545	546
547	548	549	550	551	552
553	554	555	556	557	558
559	560	561	562	563	564
565	566	567	568	569	570
571	572	573	574	575	576
577	578	579	580	581	582
583	584	585	586	587	588
589	590	591	592	593	594
595	596	597	598	599	600
601	602	603	604	605	606
607	608	609	610	611	612
613	614	615	616	617	618
619	620	621	622	623	624
625	626	627	628	629	630
631	632	633	634	635	636
637	638	639	640	641	642
643	644	645	646	647	648
649	650	651	652	653	654
655	656	657	658	659	660
661	662	663	664	665	666
667	668	669	670	671	672
673	674	675	676	677	678
679	680	681	682	683	684
685	686	687	688	689	690
691	692	693	694	695	696
697	698	699	700	701	702
703	704	705	706	707	708
709	710	711	712	713	714
715	716	717	718	719	720
721	722	723	724	725	726
727	728	729	730	731	732
733	734	735	736	737	738
739	740	741	742	743	744
745	746	747	748	749	750
751	752	753	754	755	756
757	758	759	760	761	762
763	764	765	766	767	768
769	770	771	772	773	774
775	776	777	778	779	780
781	782	783	784	785	786
787	788	789	790	791	792
793	794	795	796	797	798
799	800	801	802	803	804
805	806	807	808	809	810
811	812	813	814	815	816
817	818	819	820	821	822
823	824	825	826	827	828
829	830	831	832	833	834
835	836	837	838	839	840
841	842	843	844	845	846
847	848	849	850	851	852
853	854	855	856	857	858
859	860	861	862	863	864
865	866	867	868	869	870
871	872	873	874	875	876
877	878	879	880	881	882
883	884	885	886	887	888
889	890	891	892	893	894
895	896	897	898	899	900
901	902	903	904	905	906
907	908	909	910	911	912
913	914	915	916	917	918
919	920	921	922	923	924
925	926	927	928	929	930
931	932	933	934	935	936
937	93				