

Riku Katajisto

PUKKINOSTURIN MITOITUS JA LUJUUSTARKASTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2014

PUKKINOSTURIN MITOITUS JA LUJUUSTARKASTELU

Katajisto, Riku
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2014
Ohjaaja: Kivi, Karri
Sivumäärä: 32
Liitteitä: 12

Asiasanat: nosturit, mitoitus, FEM

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Reposaaressa Venesäilytys Oy:lle nosturi, jolla veneet voitaisiin nostaa vedestä suoraan siirtotrailerin päälle. Työn lähtökohdaksi oli, että sen on sovellettava ulkokäyttöön ja sen on kyettävä nostamaan 15 tonnia painavia veneitä. Nosturin materiaalikulut haluttiin jättää mahdollisimman alhaisiksi, joten työssä keskityttiin erityisesti palkkien mitoitukseen ja mahdollisimman yksinkertaiseen rakenteeseen.

Työ aloitettiin tutustumalla lähiseudun pukkinostureihin, joista sai hyvät lähtökohdat oman nosturin suunnitteluun. Suunnittelussa käytettiin SolidWorks 2013 -ohjelmaa, jonka avulla mallinnettiin erilaisia runkovaihtoehtoja ja laskettiin runkoon kohdistuvat rasitukset.

Työn tuloksena saatiin pukkinosturista 3D-malli ja piirustukset, joiden pohjalta Reposaaressa Venesäilytys Oy voi lähteä valmistamaan nosturia.

GANTRY CRANE DESIGN AND STRENGTH CALCULATIONS

Katajisto, Riku

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2014

Supervisor: Kivi, Karri

Number of pages: 32

Appendices: 12

Keywords: cranes, design, FEM

The subject of this thesis was to design a crane for Reposaari Venesäilytys Ltd. The crane should be capable of lifting boats directly from water onto a trailer for transportation. Other requirements were that the crane must be suitable for outdoor use and it must be able to lift 15-tonne boats. The crane's material costs were to remain low, so this thesis work focuses mainly on the beams and keeping the dimensions and structure as simple as possible.

The work was started by exploring the nearby gantry cranes, which gave an initial idea for the design. Solid Works 2013 was used as the software for modelling a variety of frame options and calculating the structural stress cases.

As a result a 3D-model and drawings of the gantry were produced for the use of Reposaaaren Venesäilytys Ltd to manufacture their own crane.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TOIMEKSIANTAJA	6
2.1	Reposaaren Venesäilytys Oy	6
3	PUKKINOSTURIN KÄYTTÖTARKOITUS JA SILLE ASETETUT VAATIMUKSET	7
3.1	Käyttötarkoitus.....	7
3.2	Vaatimukset	7
4	SUUNNITELUVAIHE	8
4.1	Lähtökohdat	8
4.2	Nosturin luokitus.....	9
4.2.1	Työjaksot	10
4.2.2	Lineaarisiiirtymät.....	10
4.2.3	Kuormaspektrikerroin.....	10
4.3	Nosturiin vaikuttavat voimat.....	11
4.3.1	Tuulikuormat	11
4.3.2	Lumikuorma	12
4.3.3	Nosturin runkoon vaikuttavat päävoimat	12
4.3.4	Pyöräkuormat	13
4.3.5	Pyöräkuormista aiheutuvat leikkausvoimat palkkiin.....	13
4.3.6	Puskimeen ajo	13
4.3.7	Saatujen arvojen käyttäminen laskelmissa	14
4.3.8	Kuormitustapaukset.....	14
4.3.9	Päätytukien rasitukset.....	15
5	FEM-TULOKSET	16
5.1.1	Tapaus 1: Hirmumyrsky sivusta (ilman venettä).....	16
5.1.2	Tapaus 2: Hirmumyrsky päästä (ilman venettä).....	17
5.1.3	Tapaus 3: Kuorma keskellä + tuuli sivusta	18
5.1.4	Tapaus 4: Kuorma keskellä + tuuli päästä.....	19
5.1.5	Tapaus 5: Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli sivusta	20
5.1.6	Tapaus 6: Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli päädyssä	21
5.1.7	Tapaus 7: Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli päädyssä + puskinuorma	22
5.1.8	A-tukien kiinnityslevyt.....	23
5.2	FEM-tulosten analysointi.....	23
6	HITSIEN MITOITUS	24

6.1	400x200x10 suorakaideputkeen tulevat hitsaukset.....	24
6.2	Muut hitsit.....	24
7	RUUVILIITOSTEN KARKEA MITOITUS	24
7.1	Yhdelle ruuville aiheutuva kuorma.....	25
8	TARVITTAVAT MATERIAALIT	26
9	TARKOITUKSEENSOPIVUUDEN TESTAUS.....	26
9.1	Yleistä	26
9.2	Kokeet.....	27
9.2.1	Toiminnallinen koe.....	27
9.2.2	Staattinen koe	27
9.2.3	Dynaaminen koe.....	28
10	NOSTOKYVYN MERKITSEMINEN	29
11	KORROOSION ESTO JA HUOLTO	30
11.1	Korroosion esto.....	30
11.2	Nosturin huolto	30
12	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on pukkinosturin suunnittelu. Pukkinosturi suunnitellaan Reposaaaren Venesäilytys Oy:lle, joka tulee suunnitelmien pohjalta valmistamaan nosturin omaan käyttöön. Nosturin suunnitelma tilattiin opiskelijatyönä, koska valmistuskustannusten haluttiin jäävän alhaisemmiksi kuin jos nosturi olisi toteutettu tilaustyönä joltakin nostureita valmistavalta yritykseltä.

Työ aloitettiin tutustumalla nostureihin ja nostolaitteisiin, joiden pohjalta hahmotelma omasta mallista alkoi syntyä. Hahmotelma alkoi muodostua SolidWorks-ohjelman avulla 3D-malliksi. Ohjelmalla tarkasteltiin erilaisia kuormitustapauksia ja tarkkailtiin erilaisten tukipalkkien vaikutusta syntyviin jännityksiin.

Standardeihin tutustuttaessa alkoi käydä selväksi, että taipumat tulisivat olemaan määräävänä tekijänä palkkien mitoituksessa. Jännitykset jäivät n. 100 MPa luokkaan, kun taipumat olivat ylärajoilla.

Valmisosina nosturiin hankittaisiin köysinostimet ja niihin liittyvät tarvikkeet. Lisäksi myöhemmin saatettaisiin rakentaa sadekatos nostimille, mikä otettiin laskelmissa huomioon.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Reposaaaren Venesäilytys Oy

Reposaaaren Venesäilytys Oy on vuonna 2007 perustettu yritys, joka sijaitsee Porin Reposaaressa. Firman palveluksiin kuuluvat mm. veneiden talvisäilytykset, nostot ja laskut, pesu ja vahaus, pohjan maalaus, veneiden koneiden huollot sekä erilaiset asennukset.

3 PUKKINOSTURIN KÄYTTÖTARKOITUS JA SILLE ASETETUT VAATIMUKSET

3.1 Käyttötarkoitus

Nosturia tullaan käyttämään veneiden nostoon ja laskuun. Pääasiallisesti nosturia tullaan käyttämään keväästä syksyyn aikavälillä, mutta mahdollisesti myös talvella saattaa tulla tarvetta suorittaa satunnaisia nostoja. Pukkinosturi asennetaan kiinteästi ulkotiloihin veden välittömään läheisyyteen.

Nosturin käyttöikäksi on kaavailtu noin 20 vuotta. Nostoja on etukäteen mietitty tulevan vuodessa noin 200. Yhteensä nostoja kertyy siis noin 4000 kappaletta. Tämän johdosta ei laskelmiin tarvitse lisätä väsyttävästä kuormasta aiheutuvaa lisäkerrointa.

(SFS-EN 1993-6 + AC, 36)

3.2 Vaatimukset

Työn tilaaja asetti nosturille seuraavanlaisia alkuehtoja, joita on prosessin edetessä hieman muokkailtu:

- Sovelluttava 15 000 kg veneiden nostoon
- Jänneväli 15 m
- Nostokorkeus min. 8 m
- Pääkannattaja ruuviliitoksilla päätytukiin
- Korroosion esto otettava huomioon

4 SUUNNITELUVAIHE

4.1 Lähtökohdat

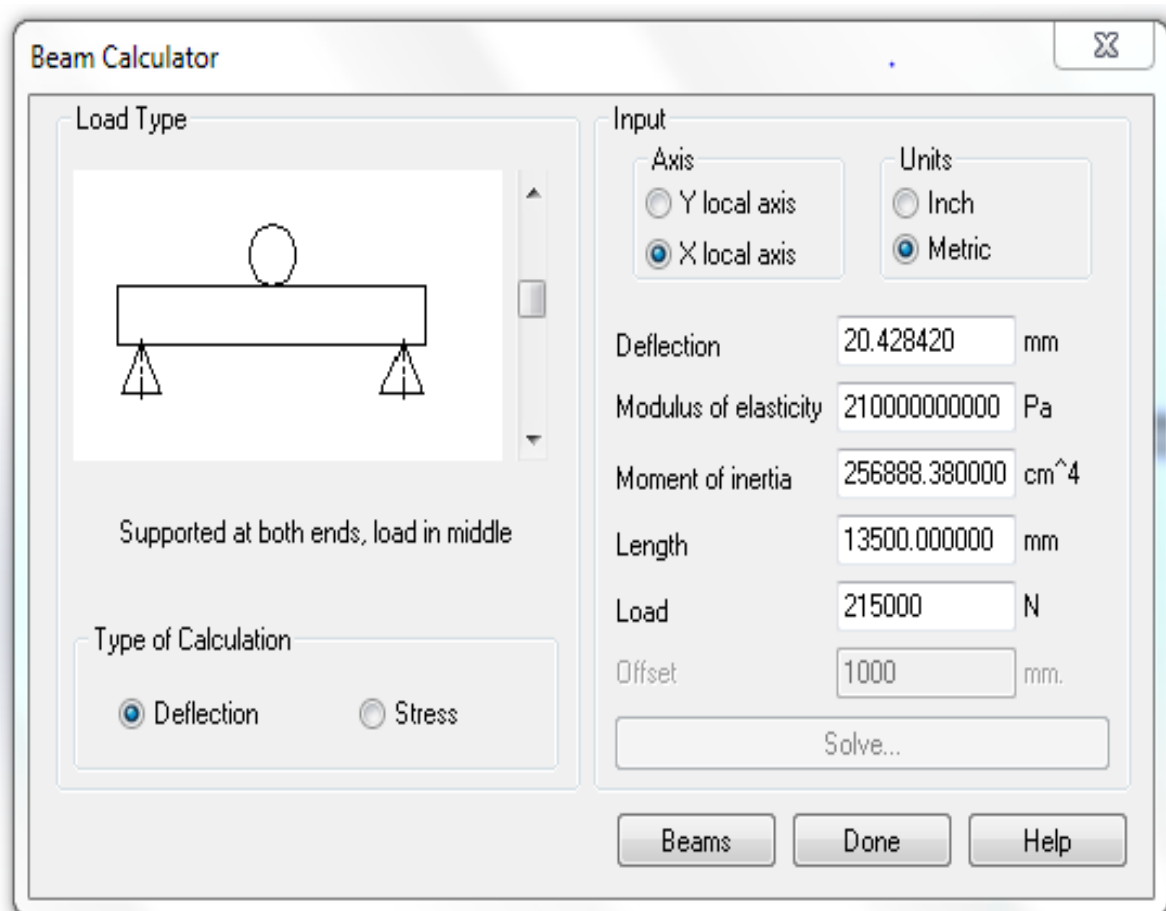
Laskelmissa on nostimiksi valittu kaksi ND04L 8000 kg nostinta. Kahteen nostimeen päädyttiin, koska niiden avulla esimerkiksi erilevyisten veneiden nostaminen käy helpommin verrattuna, jos nostimia olisi vain yksi. 8000 kg kantaviin nostimiin päädyttiin, koska veneen maksimipainoksi oli määritetty 15 000 kg. Näin ollen kaksi 7,5 t nostinta ei riittäisi, koska veneen massan lisäksi nostimien tulee nostaa myös nostoapuvälineet.

Nostimesta on saatavissa erilaisia versioita mm. moottorin ja nostokorkeuden osalta.

Tässä on listattuna laskelmissa käytetyn nostimen tiedot:

- Kuorma 8000 kg
- Nostokorkeus 9 m
- Nostonopeus kaksi nopeutta: 5 tai 0,8 m/min
- Siirtonopeus kaksi nopeutta: 20 tai 5 m/min
- Paino 610 kg
- Nosturiluokka 3m/M6 Fem/ISO

Nostimiin perehdyttäessä selvisi, että kyseiset nostimet sallivat maksimissaan 1/500 taipuman palkille, jota pitkin nostimet kulkevat. Suositusarvo taipumalle on alle 1/750. Eli 15 m pituinen pääkannattaja saisi taipua maksimissaan 30 mm, suosituksen ollessa alle 20 mm. Taipuman aiheuttamasta rajoituksesta seurasi, ettei pääkannattajaksi olisi riittänyt yksi I-profiilinen palkki, vaan olisi tarvittu kaksipalkkinen pääkannattaja. Vaihtoehtona olisi pääkannattajan tekeminen kotelopalkista. Standardin SFS EN 1993-6 mukaan sallittu taipuma rataakiskolle sekä pysty- että vaakasuunnassa on 1/600 (13,5 m matkalla 22,5 mm), jota on käytetty raja-arvona mitoituksessa. (SFS EN 1993-6 + AC, 30)



KUVA 1 Yllä olevasta kuvasta nähdään palkin maksimi taipuma n. 20,5 mm.
(SolidWorks Beam Calculator)

Työn tilaajan kanssa päädyttiin kustannussyistä lyhentämään jänneväliä 13,5 metriin, jolloin yksi He 700 B palkki riittää. Näin säästytään kotelopalkin tilaamiselta, jonka valmistuskustannukset arvioimme kehkeytyvän suuremmiksi kuin profiilipalkin. Kaksipalkkisen pääkannattajan hylkäsimme, koska kahden palkin varassa kulkevat nostimet olisivat olleet saatujen hintatietojen mukaan n. 20 % kalliimmat verrattuna yhden palkin varassa kulkeviin.

4.2 Nosturin luokitus

Nosturin luokitus tapahtuu Standardin SFS EN 13001-1 + A1 pohjalta.

4.2.1 Työjaksot

Luokitusta varten täytyy tietää, montako nostoa nosturilla on suunniteltu suoritettavan koko käyttöiän aikana. Työjakso C alkaa, kun nosturi on valmis nostamaan hyötykuorman, ja loppuu kun nosturi on valmis nostamaan seuraavan kuorman.

Tilaajan kanssa on sovittu, että suunniteltu käyttöikä on 20 vuotta ja vuodessa tehdään alle 200 nostoa. Eli näin ollen kokonaistyöjaksosten lukumääräksi tulee 4000.

$$C \leq 4000$$

Työjaksosten lukumäärä asettuu Luokkaan U₀. ($C \leq 1,60 \cdot 10^4$)
(SFS-EN 13001-1 + A1, 24)

4.2.2 Lineaarisiirtymät

Keskimääräinen siirtymä on 10 m - 20 m, joten luokka on D_{in5}
(SFS-EN 13001-1 + A1, 28)

4.2.3 Kuormaspektrikerroin

Koska nettokuormien massoja ei tunneta yksityiskohtaisesti, voidaan valita Standardin SFS 15011 liitteen A mukaan kuormaspektrikerroimeksi telakkanostureille soveltuva Q₃.
(SFS-EN 15011, 90)

4.3 Nosturiin vaikuttavat voimat

4.3.1 Tuulikuormat

Tuulikuormia määrittäessä tarvitaan tuulenpaineen ominaisarvoa. Tämä arvo lasketaan kaavalla:

$$q_b = 0,5 * \rho * v_b^2$$

q_b = nopeuspaineen perusarvo

ρ = ilman tiheys

v_b = tuulennopeuden perusarvo

(SFS EN 1991-1-4, 38)

Tällä kaavalla saadaan tuulen ollessa 15 m/s tuulen aiheuttamaksi voimaksi n. 145 N/m². Tuulikuormien tarkkaan määrittämiseen tarvittaisiin nettopainokerrointa, jonka määrittäminen on melko hankalaa, kun ei tiedetä nostettavien veneiden muotoa, joten nettopainokertoimena käytettiin lukua 1,5, jonka avulla laskettaessa pysytään turvallisella alueella.

Tuuli sivusta 15 m/s (Nosturin käyttö on kiellettyä yli 15 m/s tuulessa)

$$\text{Nosturin pinta-ala sivusta} = 17 \text{ m}^2$$

$$\text{Veneen pinta-ala } 4 \text{ m} * 4 \text{ m} = 16 \text{ m}^2$$

$$\text{Mahdollinen myöhemmin rakennettava sääsuoja nostimille } 3 \text{ m} * 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Yhteensä} = 39 \text{ m}^2$$

$$F_x = 145 \text{ N/m}^2 * 39 \text{ m}^2 * 1,5 = 8,5 \text{ kN}$$

Tuuli sivusta 36 m/s (hirmumyrsky)

$$\text{Nosturin pinta-ala sivusta} = 17 \text{ m}^2$$

$$\text{Mahdollinen myöhemmin rakennettava sääsuoja } 3 \text{ m} * 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Yhteensä} = 23 \text{ m}^2$$

$$F_x = 810 \text{ N/m}^2 * 23 \text{ m}^2 * 1,5 = 28 \text{ kN}$$

Tuuli päästä 15 m/s

$$\text{Nosturin pinta-ala pädystä} = 8,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Veneen pinta-ala } 15 \text{ m} * 4 \text{ m} = 60 \text{ m}^2$$

$$\text{Mahdollinen myöhemmin rakennettava sääsuoja } 2 \text{ m} * 3 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Yhteensä} = 75 \text{ m}^2$$

$$F_z = 145 \text{ N/m}^2 * 75 \text{ m}^2 * 1,5 = 16,5 \text{ kN}$$

Tuuli päästä 36 m/s (hirmumyrsky)

$$\text{Nosturin pinta-ala pädystä} = 8,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Mahdollinen myöhemmin rakennettava sääsuoja} = 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Yhteensä} = 14,5 \text{ m}^2$$

$$F_z = 810 \text{ N/m}^2 * 14,5 \text{ m}^2 * 1,5 = 18 \text{ kN}$$

4.3.2 Lumikuorma

Porissa rakennuksiin kertyvä lumikuorma on 2 kN/m^2

(Pohri Oy WWW-sivut)

$$\text{Nosturiin kohdistuva lumikuorma } F_y = 5 \text{ m}^2 * 2 \text{ kN/m}^2 = 10 \text{ kN}$$

4.3.3 Nosturin runkoon vaikuttavat päävoimat

Päänostovoiman laskemisessa on käytetty koekuormaa, joka on vähintään 125 % suurimmasta nostokuormasta (SFS-EN 13001-2, 50).

Kiihtyvyysoima aiheutuu nostimen hallitusta pysäyttämisestä.

- Päänostovoima ja kiihtyvyysoima

$$F_y = -1,25 * 2 * (8000 + 610) \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = -212 \text{ kN}$$

$$F_z = 16\,000 \text{ kg} * 0,098 \text{ m/s} = 1568 \text{ N} \Rightarrow \text{valitaan } F_z = 5500 \text{ N}$$

- Omasta painosta aiheutuva voima

$$F_y = -7200 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = -71 \text{ kN}$$

4.3.4 Pyöräkuormat

Nostimen aiheuttama kuorma jakaantuu neljälle pyörälle, jolloin yksittäisen pyörän kuorma lasketaan seuraavasti:

$$\begin{aligned} & ((m_{\text{nostin}} + m_{\text{hyötykuorma}}) * 1,25 * 9,81) / 4 \\ & ((610 \text{ kg} + 8000 \text{ kg}) * 1,25 * 9,81 \text{ m/s}^2) / 4 = 27 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.3.5 Pyöräkuormista aiheutuvat leikkausvoimat palkkiin

Suurin leikkausvoima saadaan, kun uuman vastakkaisten pyörien kuormat lasketaan yhteen ja kerrotaan staattisenkuorman varmuuskertoimella.

$$Q_{\text{max}} = 27 \text{ kN} * 4 * 1,25 = 135 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \tau &= (QS) / (Ib) = (135000 \text{ N} * 4160000 \text{ mm}^3) / (2569 * 10^6 \text{ mm}^4 * 17 \text{ mm}) \\ &= 13 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$S355 \tau_{\text{sallittu}} = 132 \text{ N/mm}^2$$

Voidaan todeta, että pyöräkuormien aiheuttamat leikkausjännitykset eivät ole ongelma.

4.3.6 Puskimeen ajo

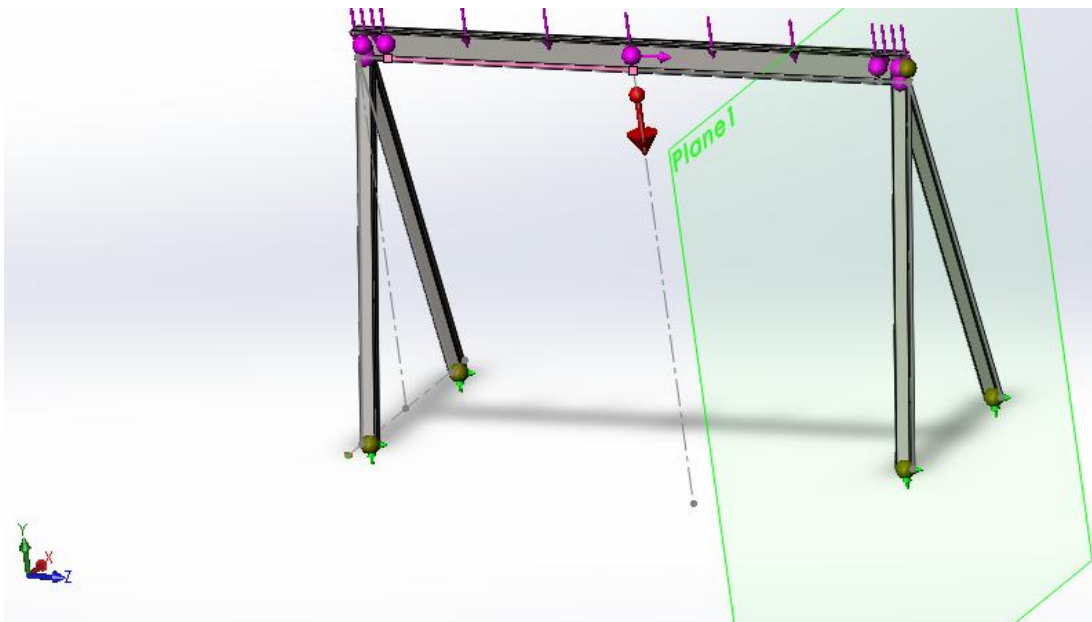
Puskimeen ajolla tarkoitetaan tilannetta, jossa nostin ajetaan päin pääkannattimessa olevaa ”stoppari-levyä”. Levyn tehtävänä on pysäyttää nostin.

Mikäli taakka pääsee heilumaan vapaasti, nostovaunun tai nostimen puskinkuorman edustavana arvona voidaan käyttää 10 % kokonaiskuorman ja nostovaunun tai nostimen painosta. (SFS EN 1991-3, 50)

$$F_{\text{puskin}} = 0,1 * 212 \text{ kN} = 21,2 \text{ kN}$$

4.3.7 Saatujen arvojen käyttäminen laskelmissa

Lasketut arvot ovat likiarvoja ja tulokset on aina pyöristetty ylöspäin. SolidWorks ohjelmaan saadaan rakennelmien painot syötettyä sisäisesti, jolloin paino jakaantuu kuten oikeastikin. Lisäksi voimia saadaan asetettua pinnoille jakaantumaan tasaisesti, jolloin esim. tuulivoimat saadaan jakaantumaan tasaisesti koko rakennelman alalle.



KUVA 2 Yllä olevasta kuvasta selviää koordinaattiakselien suunnat.

4.3.8 Kuormitustapaukset

Kuormituslaskelmat on laskettu yksinkertaistaen nostimien aiheuttamat painopisteet yhdeksi painopisteeksi, joka on hieman todellista tilannetta raskaampi. Kuormitustapauksiksi on valittu tapaukset, jotka aiheuttavat suurimmat rasitukset runkoon.

Kuormitustapaukset:

1. Hirmumyrsky sivusta (ilman venettä)
2. Hirmumyrsky päästä (ilman venettä)
3. Kuorma keskellä + tuuli sivusta
4. Kuorma keskellä + tuuli päästä
5. Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli sivusta
6. Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli päädystä

7. Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli päädyistä + puskin kuorma

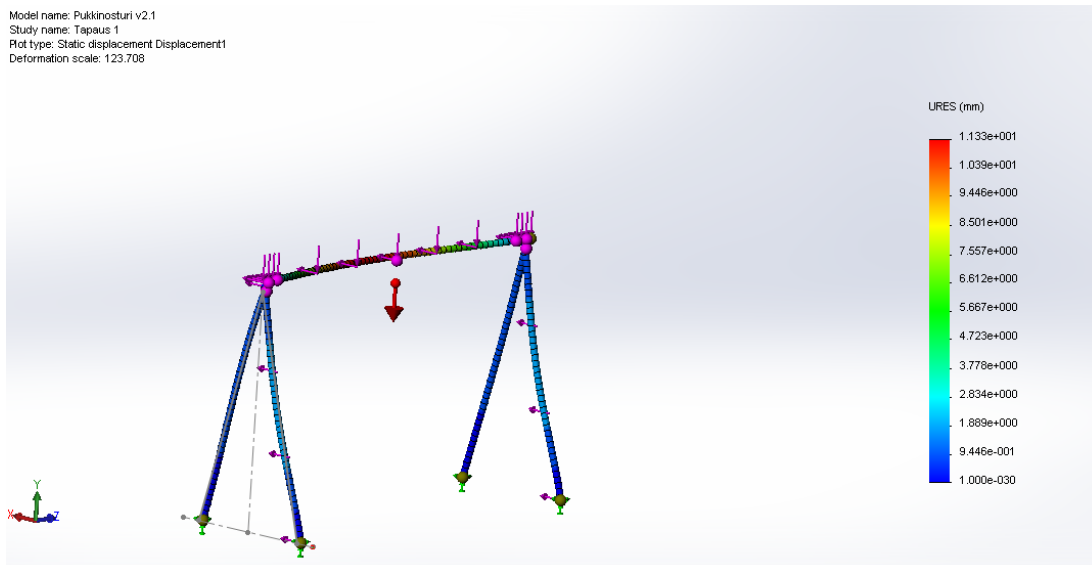
4.3.9 Päätytukien rasitukset

Taulukko 1 Taulukosta selviää päätytukien ylä- ja alapäässä vaikuttavat suurimmat voimat kuormitetuimmassa tukipisteessä

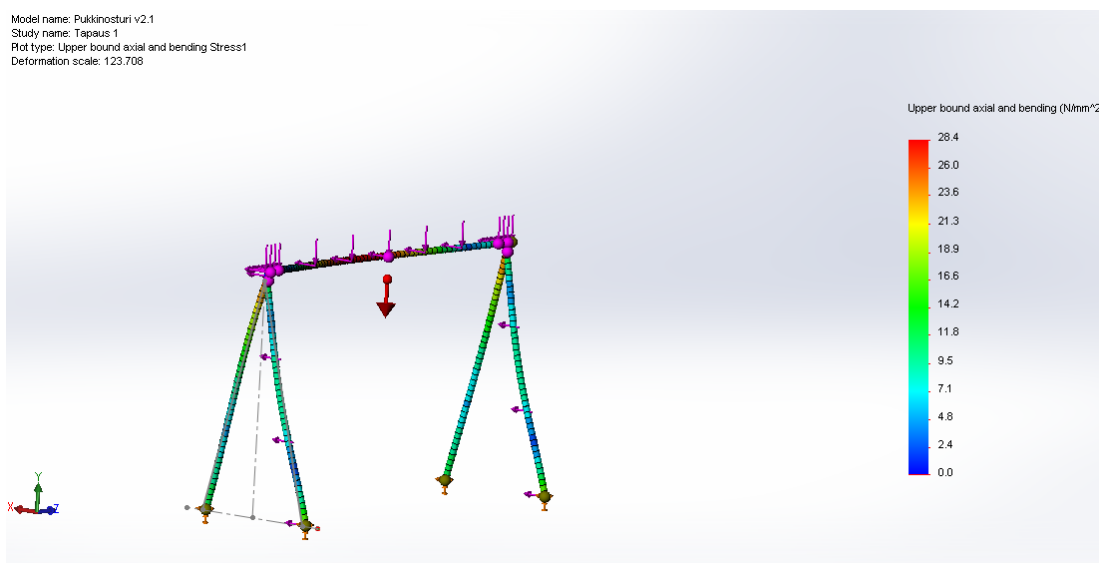
	Isoimmat voimat tukien yläpäässä			Isoimmat momentit tukien yläpäässä			
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
Tapaus 1	48000	81622	0	203	52	25500	
Tapaus 2	0	81620	24000	76100	10	70	
Tapaus 3	13000	300000	5500	24000	106	6500	
Tapaus 4	0	300000	24000	93000	100	360	
Tapaus 5	13000	300000	5500	21000	40	6500	
Tapaus 6	0	300000	24000	90000	40	360	
Tapaus 7	0	300000	45000	190000	55	400	
Max F(N)	48000	300000	45000	Max M(Nm)	190000	106	25500
	Isoimmat voimat tukien alapäässä			Isoimmat momentit tukien alapäässä			
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
Tapaus 1	13000	50000	3200	11000	5000	12500	
Tapaus 2	4500	21000	7500	23500	6500	1500	
Tapaus 3	21000	82000	14000	43000	15000	4400	
Tapaus 4	20000	76000	19000	59000	18000	1700	
Tapaus 5	34500	132000	5000	16000	5500	4500	
Tapaus 6	33000	125000	9100	32000	9100	1700	
Tapaus 7	34000	130000	15000	56000	16000	1800	
Max F(N)	34500	132000	19000	Max M(Nm)	59000	18000	12500

5 FEM-TULOKSET

5.1.1 Tapaus 1: Hirmumyrsky sivusta (ilman venettä)

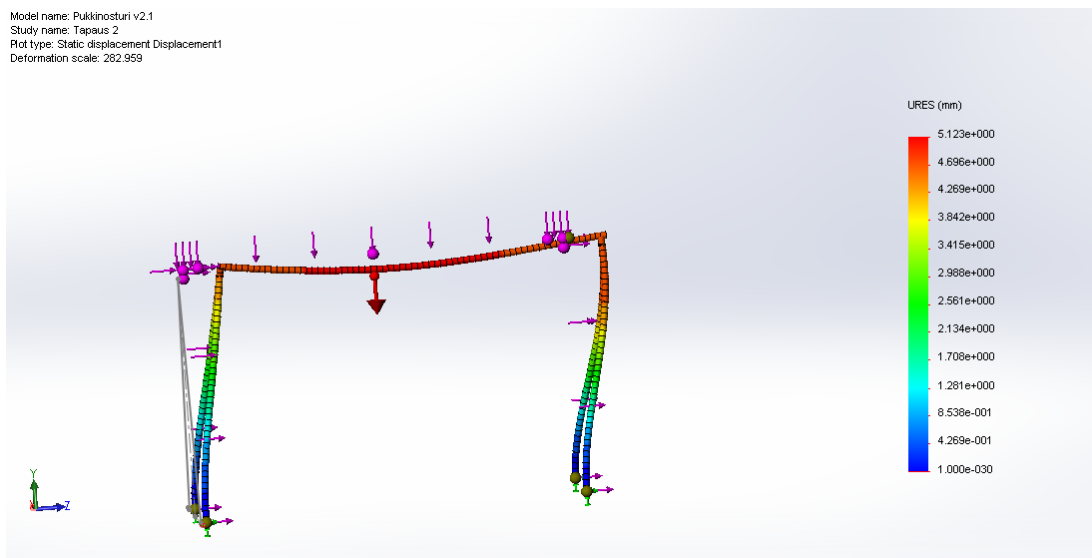


KUVA 3 Siirtymät

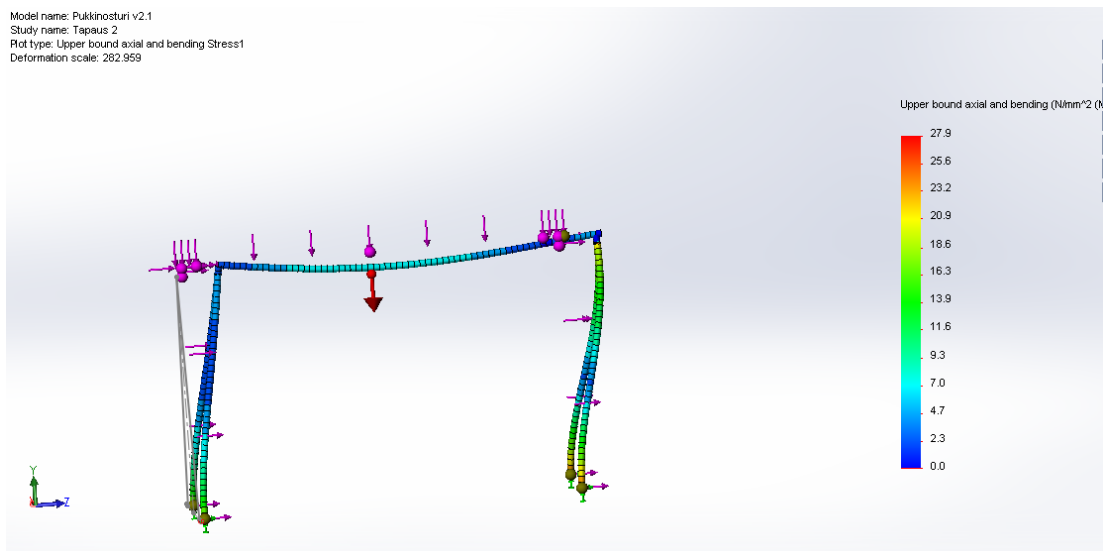


KUVA 4 Jännitykset

5.1.2 Tapaus 2: Hirmumyrsky päästä (ilman venettä)

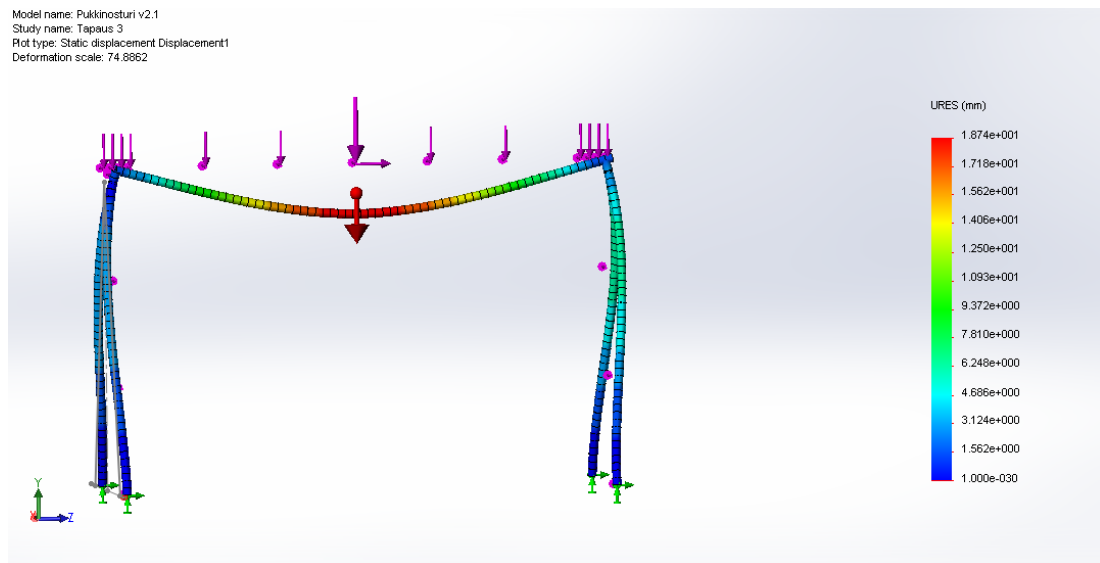


KUVA 5 Siirtymät

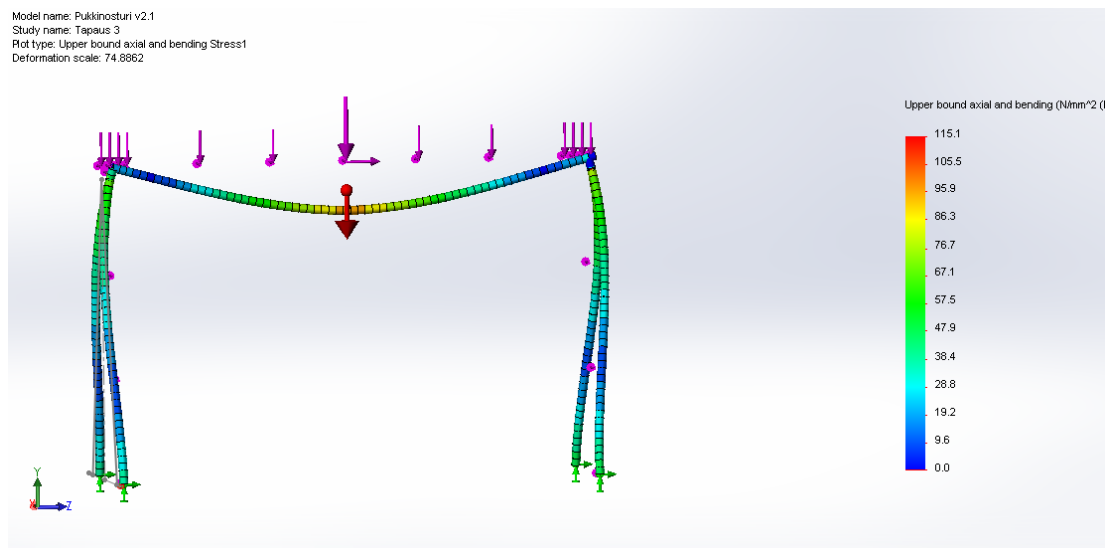


KUVA 6 Jännitykset

5.1.3 Tapaus 3: Kuorma keskellä + tuuli sivusta

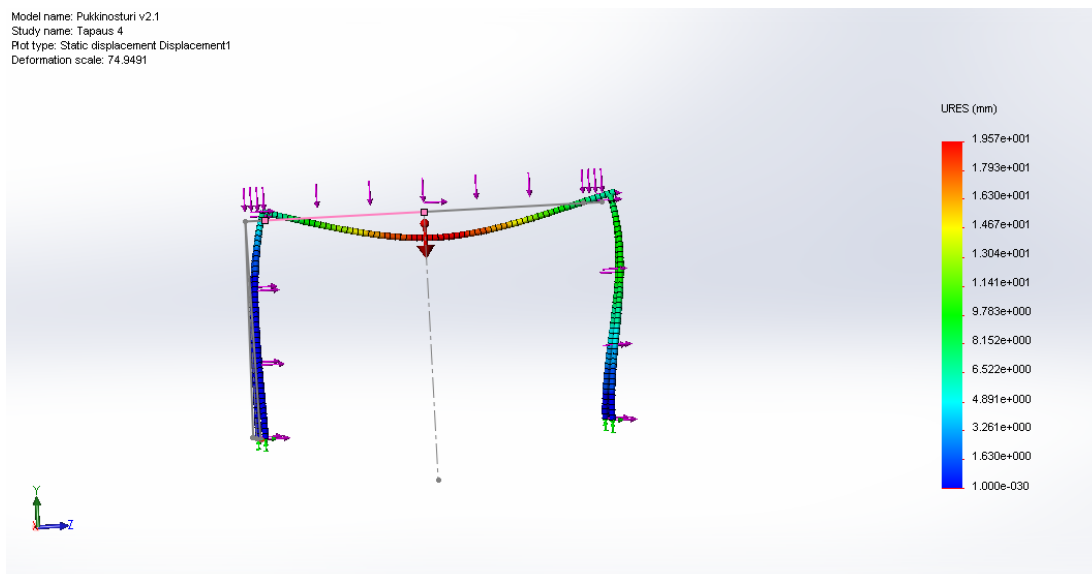


KUVA 7 Siirtymät

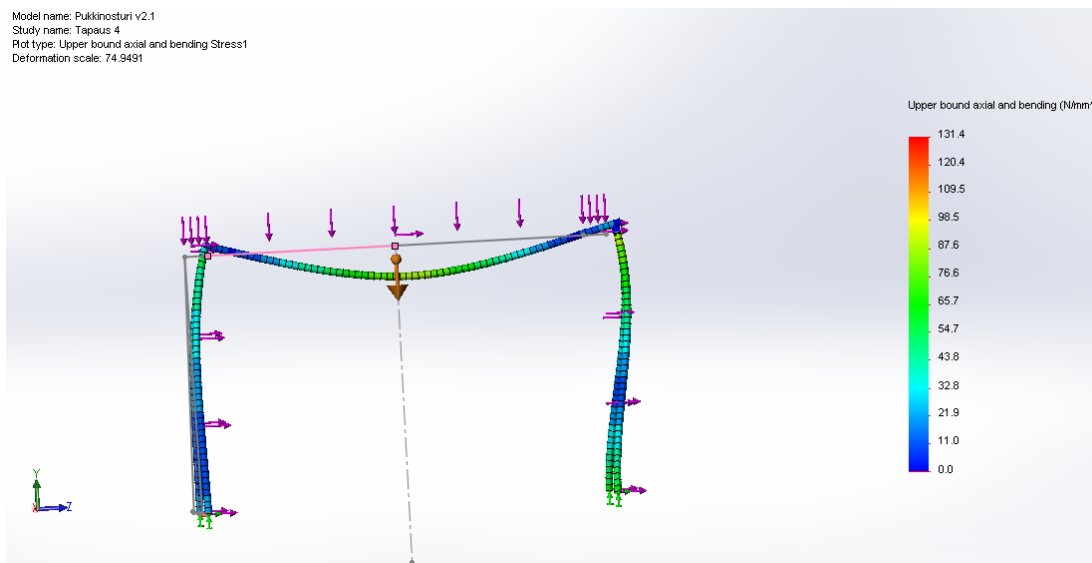


KUVA 8 Jännitykset

5.1.4 Tapaus 4: Kuorma keskellä + tuuli päästä

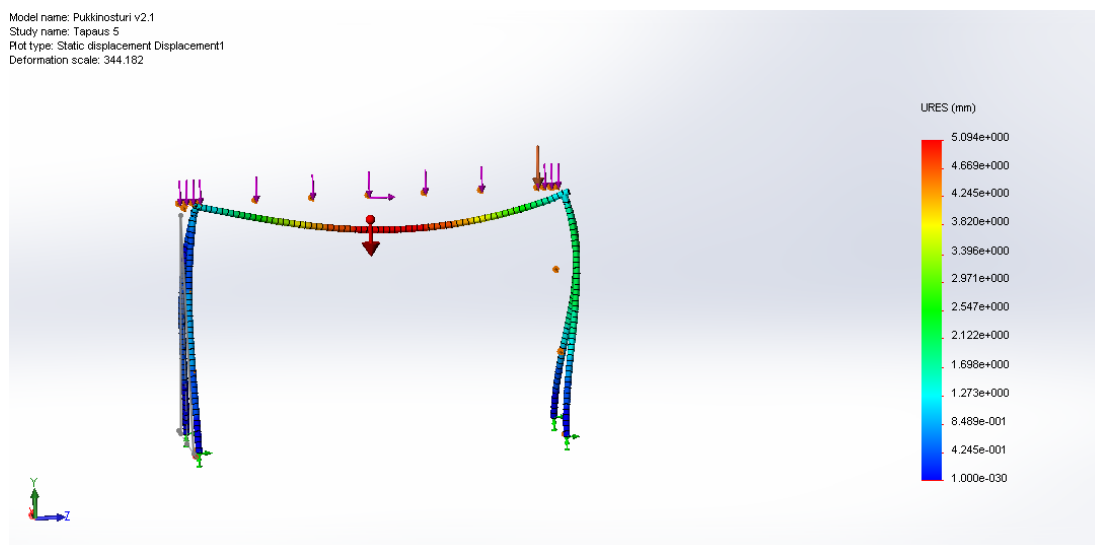


KUVA 9 Siirtymät

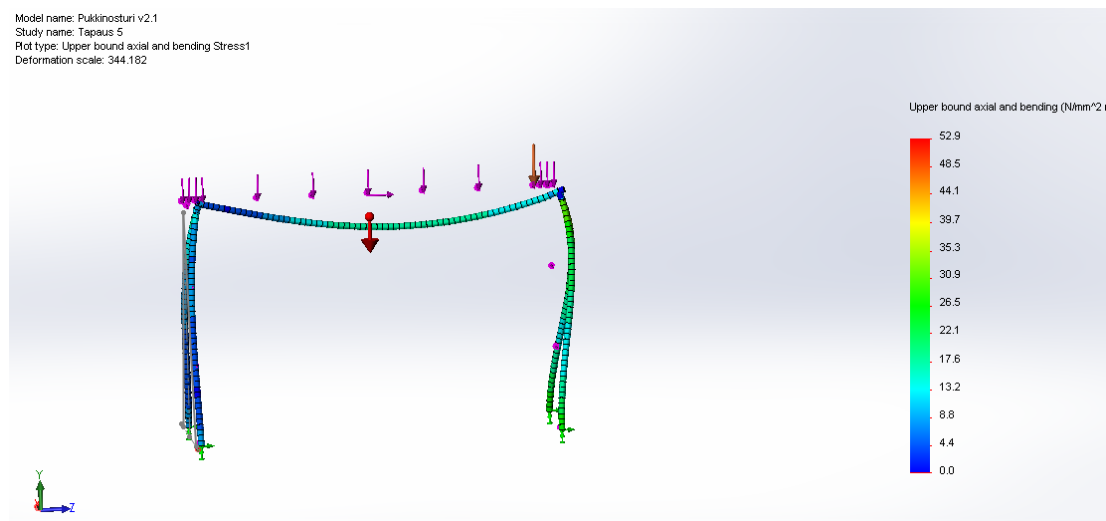


KUVA 10 Jännitykset

5.1.5 Tapaus 5: Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli sivusta

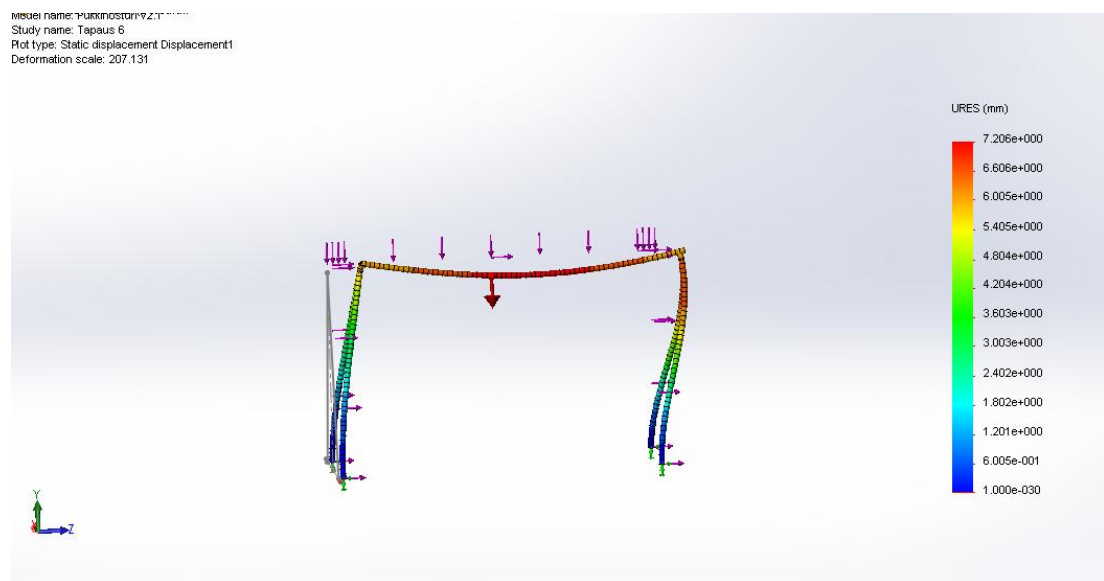


KUVA 11 Siirtymät

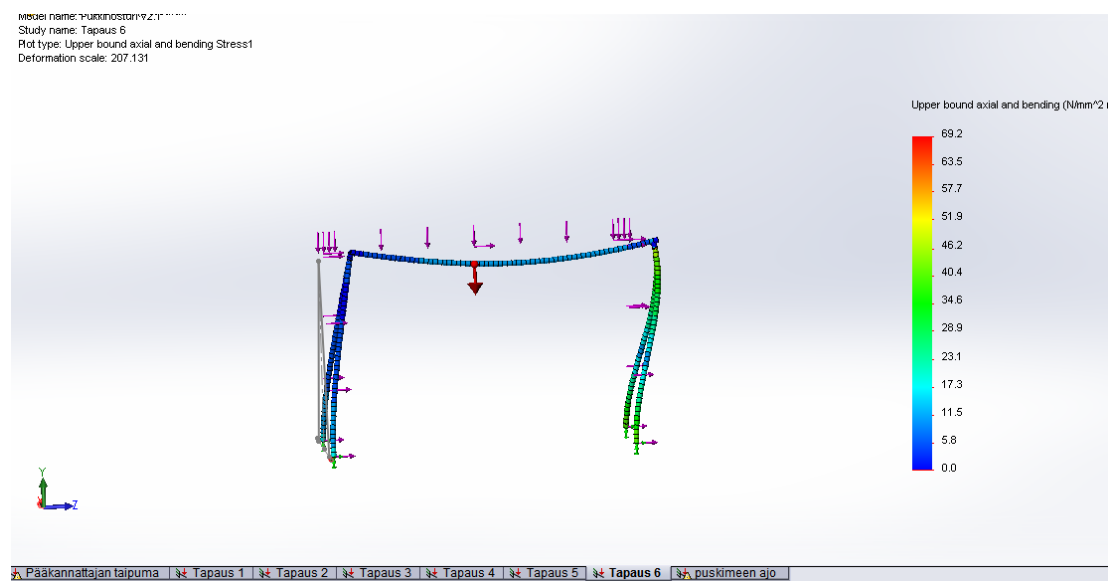


KUVA 12 Jännitykset

5.1.6 Tapaus 6: Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli päädyistä

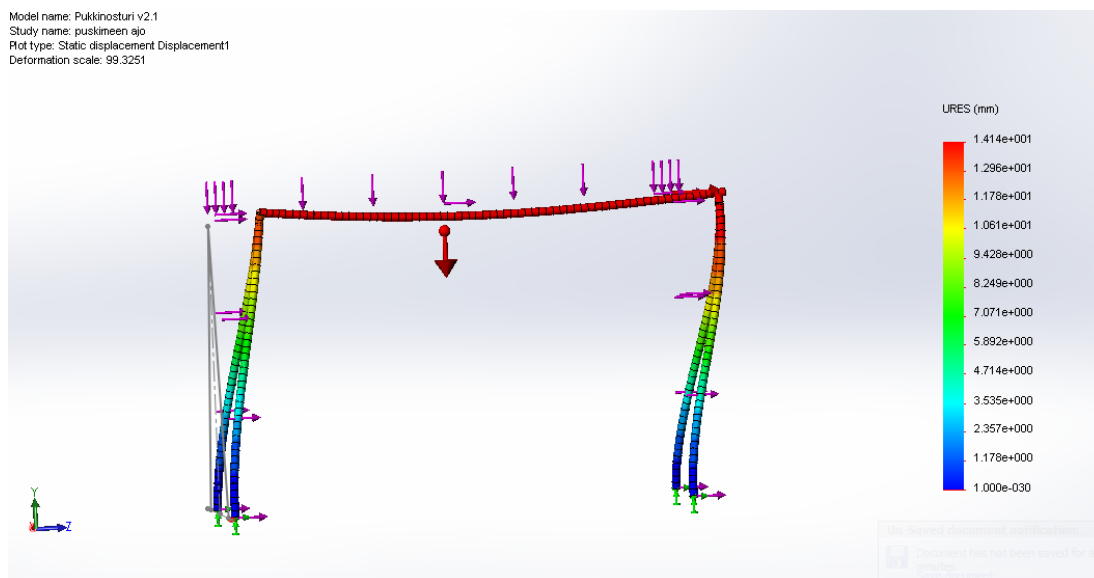


KUVA 13 Siirtymät

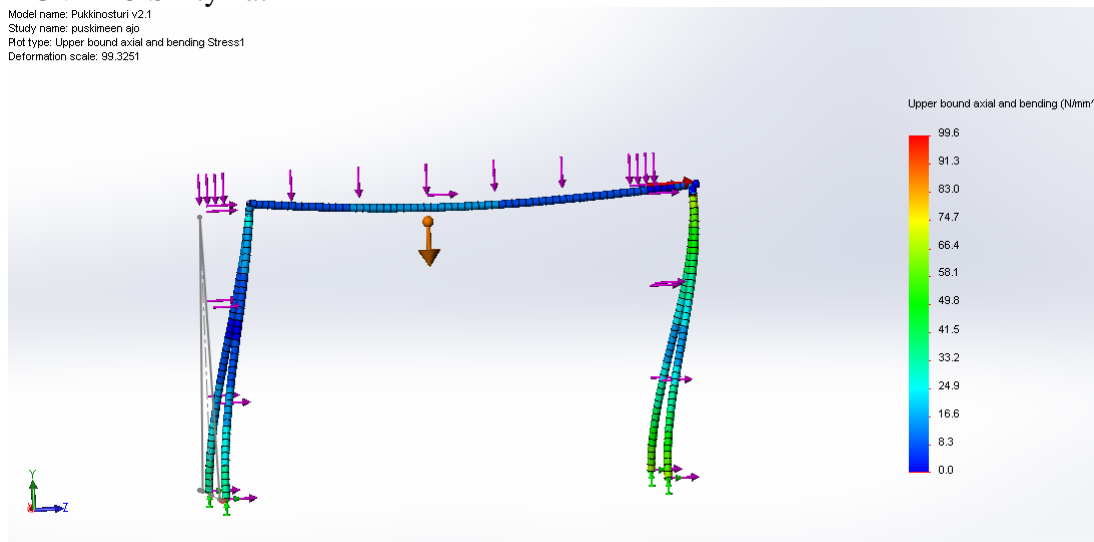


KUVA 14 Jännitykset

5.1.7 Tapaus 7: Kuorma päädyssä (0,35 m tuesta) + tuuli päädyistä + puskinuorma

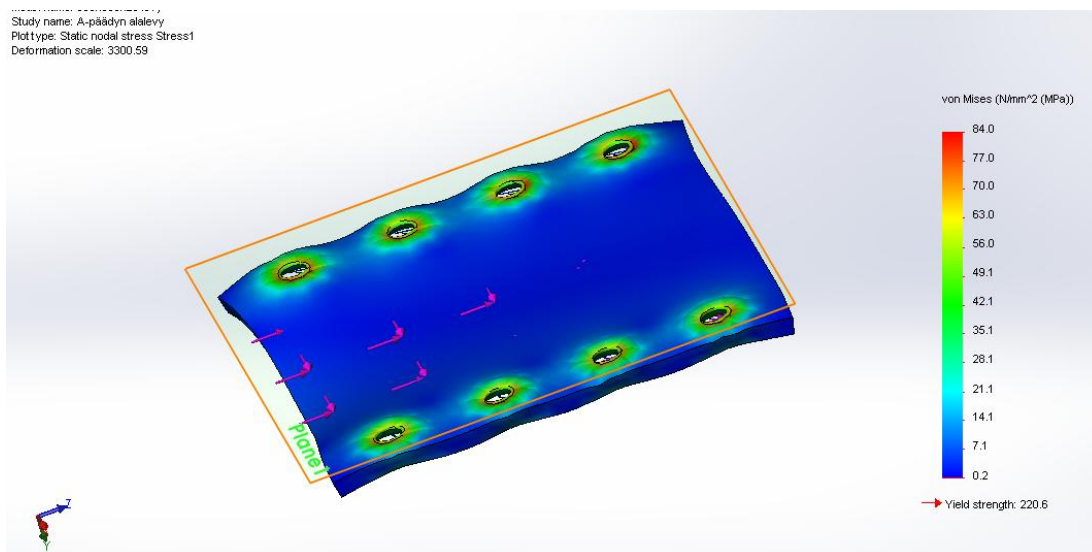


KUVA 15 Siirtymät



KUVA 16 Jännitykset

5.1.8 A-tukien kiinnityslevyt



KUVA 17 Jännitykset

5.2 FEM-tulosten analysointi

FEM-tuloksista voimme havaita jännityksen ja siirtymien olevan suurimmillaan, kun kuorma on keskellä ja tuuli puhaltaa päästä (kuormitustapaus 4). Tällöin kokonaissiirtymät ovat likimain 20 mm, näin ollen standardeissa annetut rajat taipumille eivät ylity. (SFS EN 1993-6 + AC, 30)

Jännityksen suurin arvo on likimain 132 MPa. S355 teräksen myötöraja on 355 MPa, joten varmuuskerroin myötöön nähden on pyöristettynä 2,5.

Varmuuskerroin = myötöraja / jännitys

Varmuuskerroin = 355 MPa / 132 MPa

Varmuuskerroin \approx 2,5

6 HITSIEN MITOITUS

Hitsin a-mitta on usein edullista valita perusaineen paksuuden avulla. Rakenne tehdään tällöin tasalujaksi niin, että jännitystila hitsissä ja perusaineessa on yhtä suuri.

S355 Teräkselle $a = s * 0,64$.

(Blom ym. 2006, 26)

6.1 400x200x10 suorakaideputkeen tulevat hitsaukset

Käyttäen edellä mainittua tasalujan hitsin periaatetta saadaan hitsien, joilla suorakaideputki liitetään levyihin kiinni, a-mitaksi 8 mm.

$$a = 10 \text{ mm} * 0,64 \approx 7 \text{ mm}$$

6.2 Muut hitsit

Nosturin kaikissa muissa hitseissä s:n arvoksi tulee 20 mm, joten muiden hitsien a-mitoiksi tulee 13 mm.

$$a = 20 \text{ mm} * 0,64 = 12,8 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}$$

7 RUUVILIITOSTEN KARKEA MITOITUS

Kun moniruuviliitoksen kuormitukset on ositettu yksiruuviliitosten kuormituksiksi, päästään mitoittamaan yksittäistä ruuvia.

Jos ruuvin tai ruuviryhmän kiristys kenttäolosuhteissa suoritetaan arviokiristykseenä, ei laskentavaiheeseen kannata satsata liikaa työpanosta. Voidaan tyytyä Eurocode 3:n mukaan (SFS-ENV 1993-1) tehtyyn tarkasteluun, jolla saadaan karkeasti määriteltyä tarvittava ruuvikoko.

(Blom ym. 2006, 64)

Taulukko 2. Yksiruuviliitoksen karkea mitoitus (Blom ym. 2006, 91)

F [N]	12.9	10.9	8.8	F [N]	12.9	10.9	8.8
250				16000	6	8	8
400				25000	8	10	10
630				40000	10	12	14
1000				63000	12	14	16
1600	3	3	3	100000	16	16	20
2500	3	3	4	160000	20	20	24
4000	4	4	5	250000	24	27	30
6300	4	5	5	400000	30	36	
10000	5	6	8	630000	36		

7.1 Yhdelle ruuville aiheutuva kuorma

Kaikki ruuvit on mitoitettu kuormitetuimman ruuvin mukaan, joten riittää kun mitoitus suoritetaan kuormitetuimmalle ruuville.

Taulukosta 1 nähdään suurimmat tukivoimat, jotka muodostuvat tuen yläpään. Suurin yksittäinen voima on pystysuuntainen voima arvoltaan 300 kN. Tämä voima jakaantuu 10 ruuville, jolloin yhdelle ruuville tulee kannettavaa 30 kN. Tätä arvoa käytetään mitoituksessa.

Taulukosta 2 valitaan voima sarakkeesta voima, joka on lähin suurempi kuormitusvoima. Koska voima on 30 kN, valitaan taulukosta 40 kN voima. Tämän jälkeen siirrytään 2 riviä alaspäin, koska kuormitus on väsyttävä tai epäkeskeinen normaalivoima. Tämän jälkeen siirrytään 1 rivi alaspäin, jos kiristys tapahtuu tarkalla momenttiavaimella. Ruuvikoko valitaan riviltä, jolle päädyttiin, eli tässä tapauksessa 160 kN voiman riviltä. Koska lujuusluokaksi valitaan 8.8, niin ruuvin kooksi tulee M24.

(Blom ym. 2006, 91)

Kiristysmomentti M24 8.8 lujuusluokan ruuville on 590 Nm.

(Blom ym. 2006, 42)

8 TARVITTAVAT MATERIAALIT

- 1 kpl HEB 700 palkki, S355 pituus 15 m
- 4 kpl Putkipalkki suorakaide 400x200x10, S355, pituus 12 m
- Tarve n. 4.5 m² 20 mm paksuista S355 teräslevyä
- 20 kpl M24x080 DIN 931 8.8 Kuusioruuvi kuumasinkitty
- 52 kpl M24 Kuusiomutteri DIN 934 8.8 kuumasinkitty
- 72 kpl M24 Aluslaatta DIN 125 A 200HV kuumasinkitty
- Kierretankoa M24 perustusten laskijan ohjeiden mukaan

9 TARKOITUKSEENSOPIVUUDEN TESTAUS

Tämä luku perustuu suoriin lainauksiin standardista SFS-EN 15011. sivut 76–80

9.1 Yleistä

Nosturi on testattava ennen käyttöönottoa sen varmistamiseksi, että se pystyy toteuttamaan sille määritellyt toiminnot turvallisesti. Koetuloksista on tehtävä pöytäkirja.

Testaukseen on sisällyttävä:

- a) toimintojen testaaminen kohdan 6.2. mukaan ja
- b) kuormakokeet seuraavien kohtien mukaisesti

Testausten päätteeksi kaikki rajoittimet, jotka saattoivat olla poiskytkettyinä tai säädettyinä testausta varten, on aktivoitava uudelleen ja palauttaa säädettyihin käyttöasetuksiin.

9.2 Kokeet

9.2.1 Toiminnallinen koe

Nosturin kaikki liikkeet on suoritettava koko niiden liikematkoilla, ilman kuormaa, suurimmillakin käyttönopeuksilla. Liikkeiden rajoittimia ja puskurivasteita on aluksi lähestyttävä ja kosketettava hitaalla nopeudella, ennen kuin kosketus tehdään suurimmalla käyttönopeudella. Kun puskureita käytetään ilman muita liikkeen rajoittimia, niitä kosketetaan vain kerran 100 %:n nopeudella.

Näiden kokeiden aikana nosturia tarkkaillaan sen tarkistamiseksi, että se toimii tasaisesti, jarrujärjestelmät toimivat tehokkaasti ja liikkeen rajoittimien ja osoittimien asetukset ovat tarkkoja.

Nosturin laitteiden kaikki toiminnot on testattava oikein toimimisen suhteen, erityisesti turvallisuuteen liittyvät toiminnot, mukaan lukien varmistusjarrun toiminta sarjassa.

Kun nostomatkan ylärajan toinen (varmistus-) rajoitin on asennettu, se on testattava kytkemällä ensimmäinen rajoitin pois ja sitten ajamalla nostoliike läpi sekä hitaalla että suurella nopeudella.

9.2.2 Staattinen koe

Konekäyttöisillä nostokoneistoilla varustetut nosturit on testattava kuormalla, joka on 100...200 mm maanpinnan yläpuolella ja on suurempi seuraavista:

- kaikki ripustetut kuormat mukaan lukien 125 % nostokyvyn mukaisesta massasta
- nostokuorma kerrottuna kertoimella $\phi 2$, jota on käytetty suunnittelulaskelmien kuormitusyhdistelmässä A.

Nosturit, jotka on varustettu vain suoratoimisella kuorman rajoittimella, on testattavalla mainituilla kuorma-arvoilla tai kuormalla, joka vastaa suoratoimisen rajoittimen asetusta vähennettynä 5 %:lla nostokyvystä.

Koe täytyy suorittaa kriittisissä vaunun asemissa, kuten keskellä jänneväliä, vaunun ajomatkan ääripäissä mukaan lukien ulokkeiden ulottumat, niin että ylikuormitus- ja vakavuusvaatimukset täytetään. Sikäli kun kokeen aikana tehdään liikkeitä, ne on tehtävä erikseen; uusi liike ei saa alkaa ennen kuin edeltävän liikkeen aiheuttamat värähtelyt ovat vaimentuneet.

Kun nosturi on varustettu useammalla kuin yhdellä nostokoneistolla, joita voidaan käyttää erikseen, ne on testattava yksilöllisesti ennen nosturin testiä, ellei valmistaja ole testannut niitä aikaisemmin. Nosturi on testattava kaikkein epäedullisimmalla nostokoneistojen kuormitusyhdistelmällä, johon käyttöön ne on määritelty.

Koekuormaa on pidettävä aika, joka on välttämätön nosturin kelpoisuuden arviointiin tarvittavien havaintojen ja mittausten tekemiseen.

Kokeita pidetään onnistuneina, jos ei ole näkyvissä mitään murtumia, pysyviä muodonmuutoksia tai vaurioita, jotka vaikuttavat nosturin toimintaan tai turvallisuuteen ja jos mitkään liitokset eivät ole löystyneet tai osoita vaurion merkkejä.

HUOM. Pienet pysyvät muodonmuutokset, kuten asettumiset, ovat hyväksyttäviä edellyttäen, etteivät ne vaikuta nosturin toimintaan.

9.2.3 Dynaaminen koe

Dynaamiset kokeet suoritetaan koekuormalla, joka on vähintään 110 % nostokyvystä.

Dynaamisiin kokeisiin on kuuluttava kaikkien liikkeiden toistuva aloitus ja lopetus mukaan lukien aiotun käytön edellyttämät kaikki yhdistetyt liikkeet koko liikesarjan läpi, liikematkojen koko laajuudella.

Näiden kokeiden aikana nosturia on tarkkailtava jatkuvasti, jotta tarkistetaan:

- nosturin tasainen toiminta
- jarrujärjestelmien tehokas toiminta
- rajoittimien ja osoittimien vaikuttavuus ja tarkkuus
- että nostomoottorin sähkövirta on verrattavissa nimikilven arvoihin tai valmistajan julkaisemiin arvoihin.

Nostokyvyn rajoittimen suojauskyky on testattava nostamalla kuorma, jonka massa on välillä 110 %...125 % nostokyvystä, seuraavasti:

- nosto aloitetaan esijännittämättä nostovälinettä
- käytetään suurinta nopeutta, jonka ohjausjärjestelmä sallii tässä tilanteessa
- ajetaan nostokoneistoa ylös nostokyvyn rajoittimen laukaisupisteeseen asti.

Dynaamisia kokeita pidetään onnistuneina, jos kyseiset komponentit ovat täyttäneet tehtävänsä, välittömästi seuraava tarkastus ei paljasta mitään vaurioita koneistoille eikä kantaville rakenteille ja jos mikään liitos ei ole löystynyt tai vaurioitunut.

10 NOSTOKYVYN MERKITSEMINEN

Nosturin nostokyky on merkittävä selvästi pääkannattimeen. Tässä tapauksessa merkinnäksi tulee $8 t+8 t$. (SFS-EN 15011, 84-86)

11 KORROOSION ESTO JA HUOLTO

11.1 Korroosion esto

Kaikki osat tulisi hiekkapuhaltaa puhtaaksi ruosteesta ja muusta liasta. Puhalluksen jälkeen osat voidaan hitsata yhteen, jonka jälkeen suoritetaan pohjamaalaus jollakin ruosteenestomaalilla (esim. Ferrrex Metallipohja). Pohjamaalin päälle laitetaan esim. Tikkurilan Panssarimaali.

Maaleista ja niiden oikeasta käytöstä saa hyvin tietoa maalia myyvistä liikkeistä.

11.2 Nosturin huolto

Nosturi tulee tarkistaa joka kevät ja syksy ruostevaurioiden varalta. Mikäli ruostetta löytyy, hiotaan ruosteet pois ja suoritetaan paikkamaalaus. Tarkastuksen yhteydessä tulee myös tarkistaa pulttiliitosten kireys, ja kiristää pultit tarvittaessa. Myös hitsiliitokset ja palkkien yleinen kunto tulee tarkistaa silmämääräisesti.

Aina ennen käyttöä tulee suorittaa silmämääräinen tarkastelu nosturille, ja havaittuihin ongelmiin tulee puuttua.

Nostimen toimittajalta saadaan ohjeet nostimien huoltoon ja tarkistuksiin.

12 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman edullinen pukkinosturi. Työn laajuus yllätti itseni ja täydellisten suunnitelmien sijasta lopullisessa opinnäytetyössä keskitytään rungon edulliseen mitoitukseen sekä lujuuslaskentaan. Perustusten laskenta sekä rakennustapaseloste jätettiin työstä pois.

Työn teki haastavaksi asiaan liittyvien standardien suuri määrä. Pukkinostureita käsittelevän standardin alkusivuilta löytyy muutaman sivun mittainen lista eri

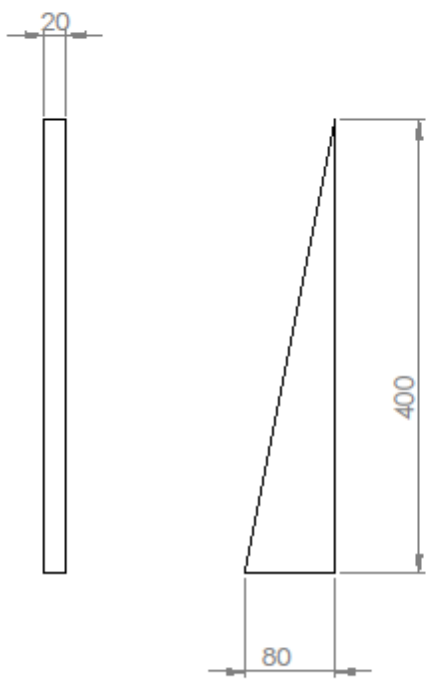
standardeja, joihin kyseisessä standardissa viitataan. Standardien lukeminen osoittautui myös melko hankalaksi sillä jatkuvasti viitattiin eri standardeihin.

Työn lopputuloksena syntyi standardeissa annettaviin ohjeisiin perustuva pukkinosturin rungon 3D-malli, sekä lujuuslaskelmat kriittisimmistä osista. Onnistuin mielestäni hyvin tavoitteessa mitoittaa mahdollisimman halvalla rakennettava pukkinosturi. Edulliseksi runkoratkaisuni tekee todella yksinkertainen rakenne, sekä se, että käyttämäni palkit ovat ainevahvuuksiltaan pienimpiä, jotka kestävät rungossa esiintyvät rasitukset pysyen standardien antamien taipumarajojen sisäpuolella.

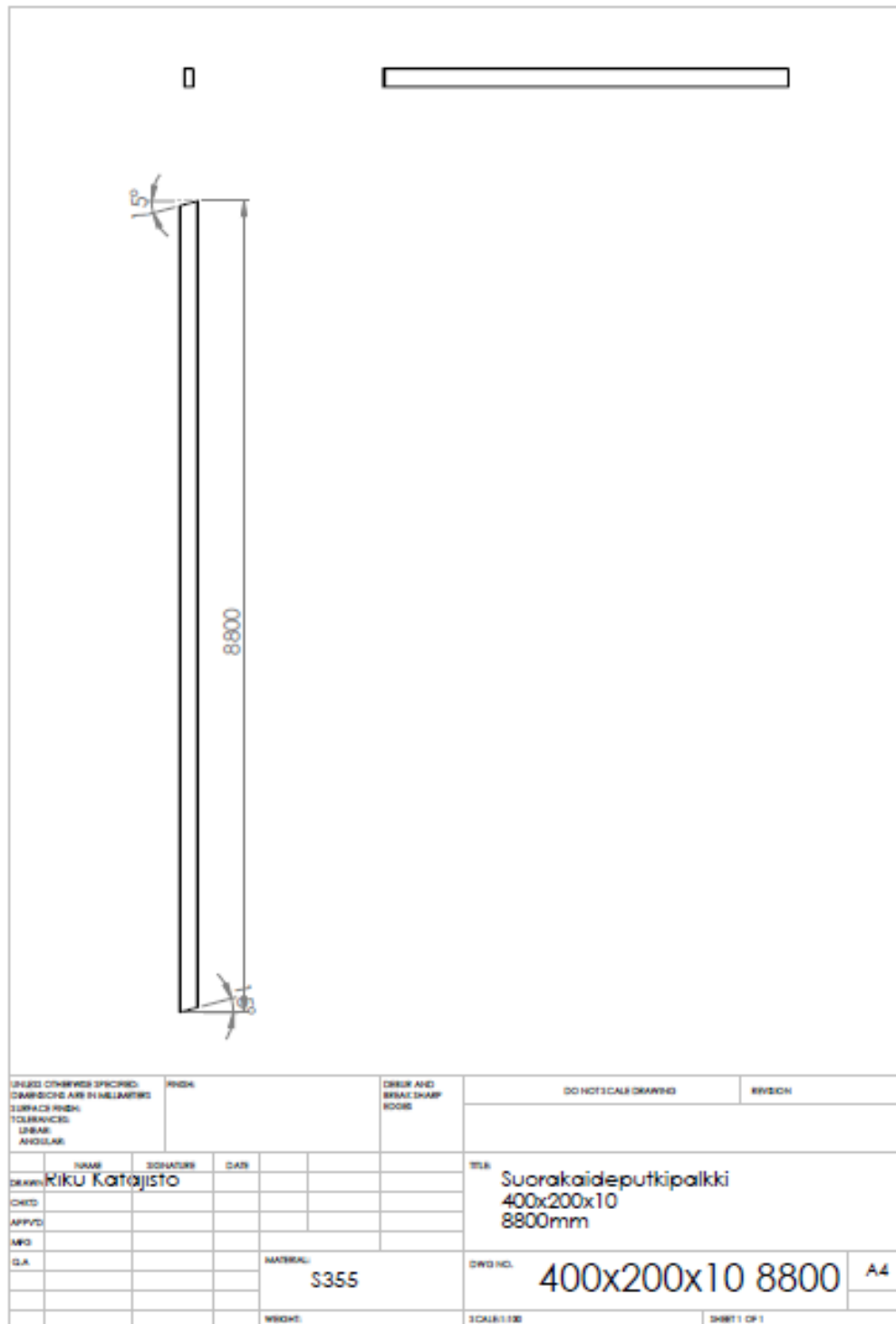
LÄHTEET

1. SFS-EN 15011:2011 NOSTURIT. SILTA- JA PUKKINOSTURIT. Cranes. Bridge and gantry cranes Finnish Standards Association SFS.Helsinki: SFS
2. SFS-EN 1993-1-1 EUROCODE 3. TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU. OSA 1-1: YLEISET SÄÄNNÖT JA RAKENNUKSIA KOSKEVAT SÄÄNNÖT. Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings Finnish Standards Association SFS.Helsinki: SFS
3. SFS-EN 13001-1 + A1 NOSTURIT. YLEISSUUNNITTELU. OSA 1: YLEISET PERIAATTEET JA VAATIMUKSET. Cranes. General design. Part 1: General principles and requirements. Finnish Standards Association SFS.Helsinki: SFS
4. SFS-EN 1993-6 + AC EUROKOODI 3. TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU. OSA 6: NOSTURIA KANNATTAVAT RAKENTEET. Eurocode 3. Design of steel structures. Part 6: Crane supporting structures. Finnish Standards Association SFS.Helsinki: SFS
5. SFS-EN 13001-2 NOSTURIEN TURVALLISUUS. YLEISSUUNNITTELU. OSA 2: KUORMITUKSET. Crane safety. General design. Part 2: Load actions. Finnish Standards Association SFS.Helsinki: SFS
6. SFS-EN 13001-3-1 + A1 CRANES. GENERAL DESIGN. PART 3-1: LIMIT STATES AND PROOF COMPETENCE OF STEEL STRUCTURE
7. SFS-EN 1991-1-4, EUROCODE 1. RAKENTEIDEN KUORMAT. YLEISET KUORMAT. OSA 1-4: TUULIKUORMAT. Eurocode 1. Actions on structures. Part 1-4: General actions. Wind actions.
8. SFS-EN 1991-3 EUROKOODI 1. RAKENTEIDEN KUORMAT. OSA 3: NOSTUREISTA JA MUISTA KONEISTA AIHEUTUVAT KUORMAT. Eurocode 1. Actions on structures. Part 3: Actions induced by cranes and machinery
9. Blom, Lahtinen, Nuutio, Pekkola, Pyy, Rautiainen, Sampo, Seppänen, Suosara, P.2006, Koneenelimet ja mekanismit 5.-6. painos. Helsinki: Edita Prima Oy
10. Pohri Oy WWW-sivut. Viitattu 13.5.2014. <http://www.pohri.fi/5>

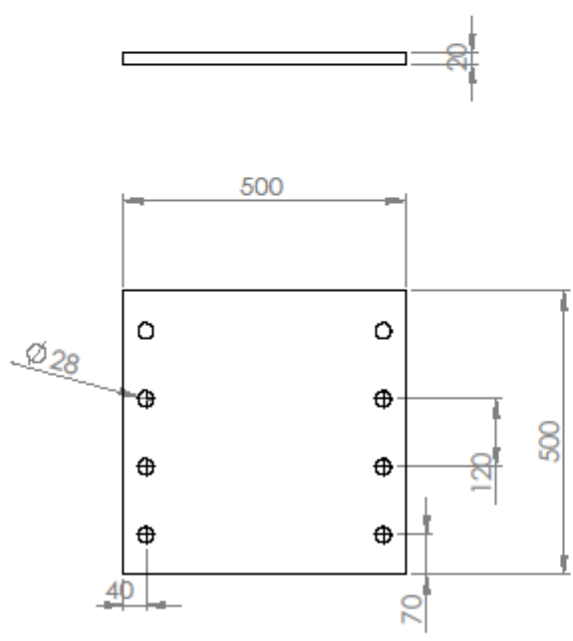
LIITE 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
DRAWN					
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A			MATERIAL: S355	DWG NO. 400x80 tuki	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1

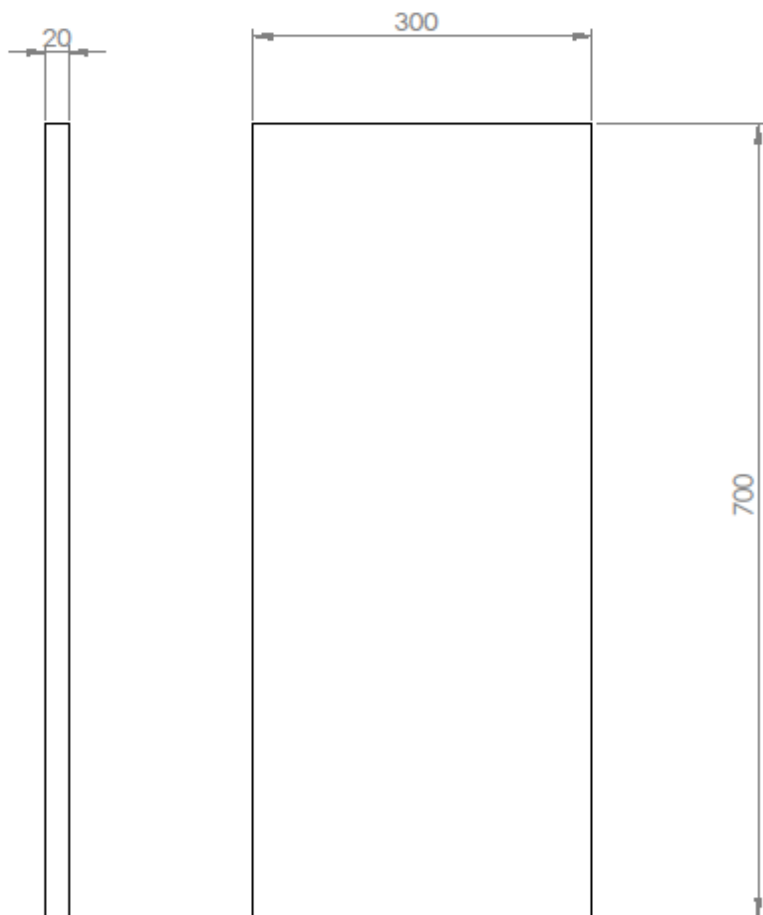


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR ANGULAR		FINISH		DRAIN AND BRACE CHAMP SCORR		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE			
	Riku Katajisto					Suorakaideputkipalkki 400x200x10 8800mm			
CHKD						DWG NO.		A4	
APPVD						400x200x10 8800			
MFG						MATERIAL:			
QA						S355			
						WEIGHT:			
						3 CAUS 130		SHEET 1 OF 1	

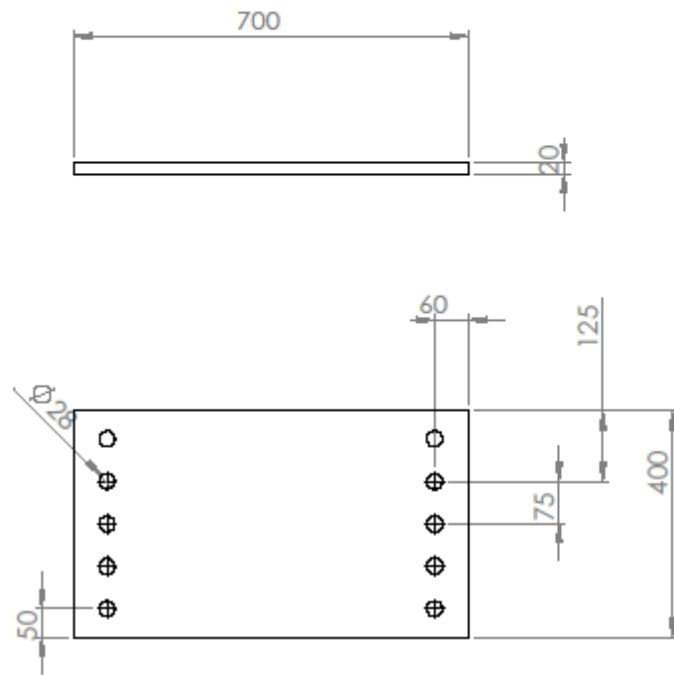


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
CHK'D	Riku Katajisto					
APP'VD						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG. NO.	A4
				S355	500x500x20 levy	
				WEIGHT:	SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1

LIITE 4

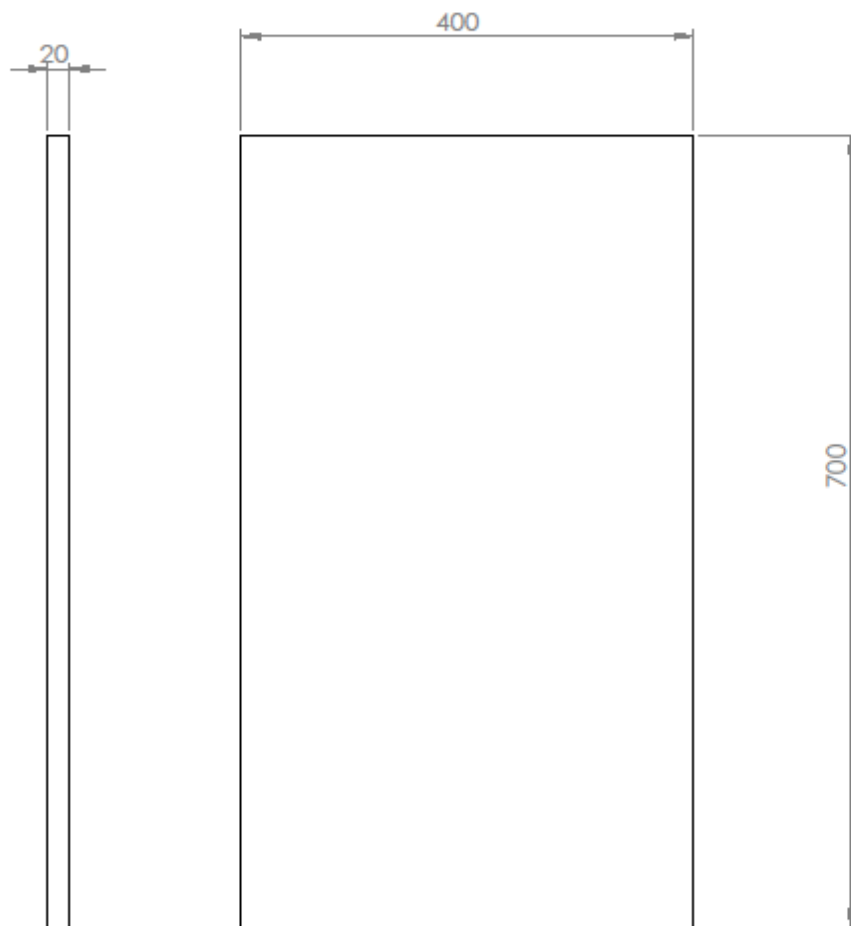


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		
CHK'D			Riku Katajisto								
APP'VD											
MFG											
Q.A											
					MATERIAL:		DWG NO.		A4		
					S355		700x300x20				
					WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1		



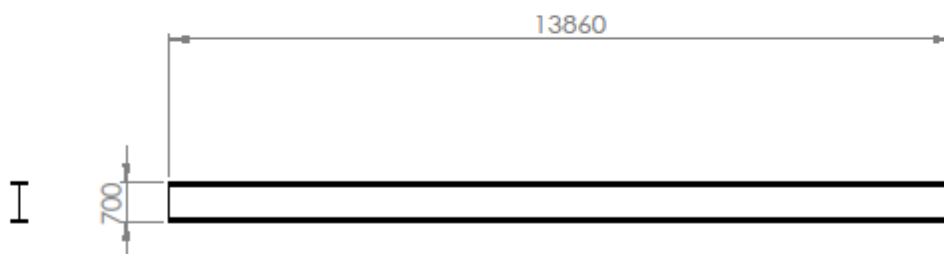
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:			
DRAWN R.K									
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL: S355	DWG. NO.	700x400x20 levy		A4
					WEIGHT:	SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1		

LIITE 6

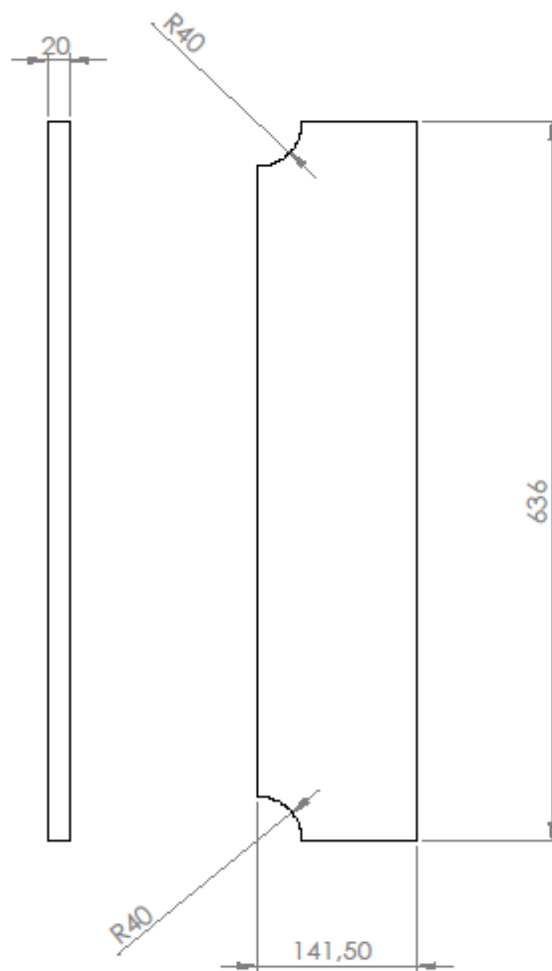


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D		Riku Katajisto							
APP'VD									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
						S355		700x400x20	
						WEIGHT:		SCALE:1:5	
								SHEET 1 OF 1	
								A4	

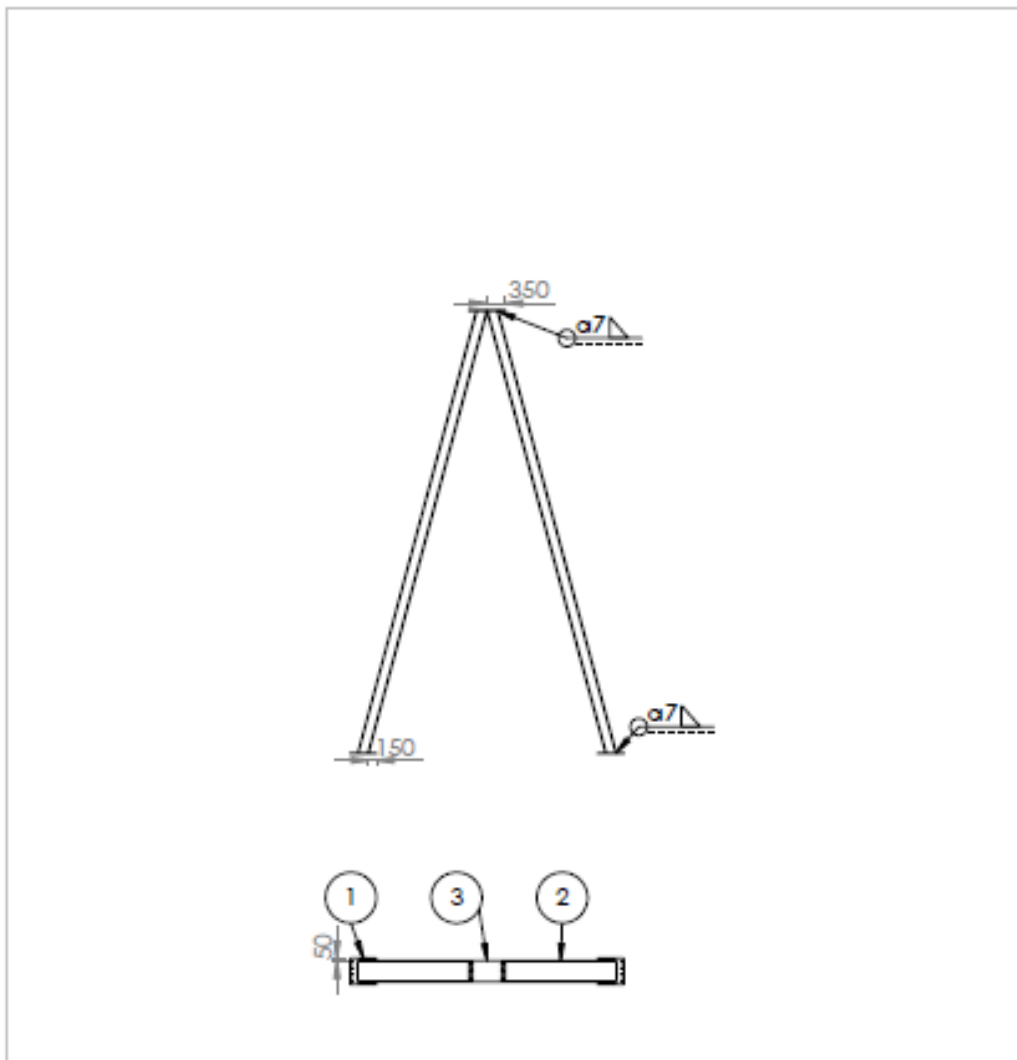
LIITE 7



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE						TITLE:	
DRAWN											
CHK'D											
APP'VD											
MFG											
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.		heb 700 13860mm A4	
						S355					
						WEIGHT:		SCALE:1:100		SHEET 1 OF 1	

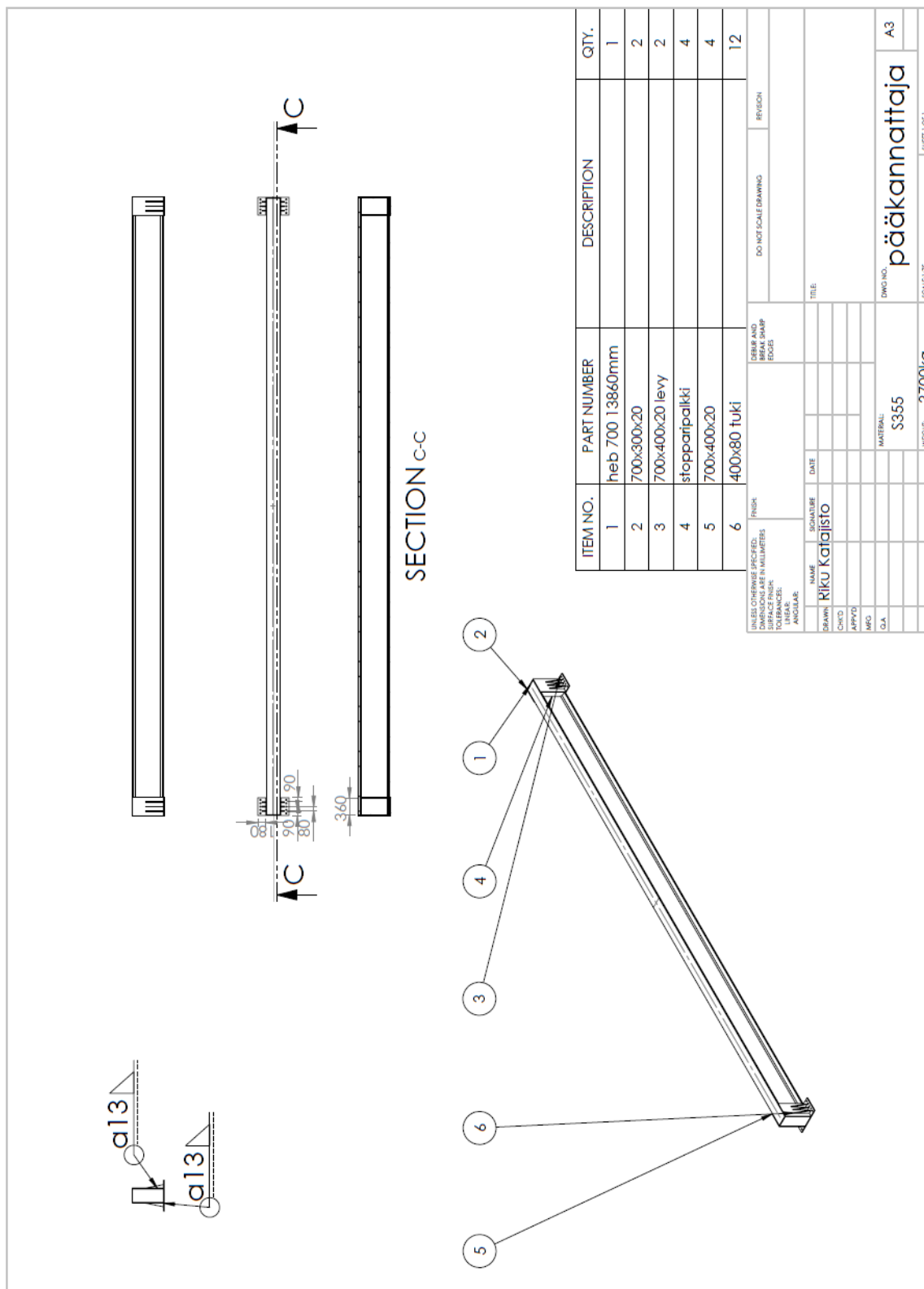


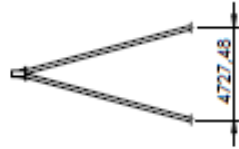
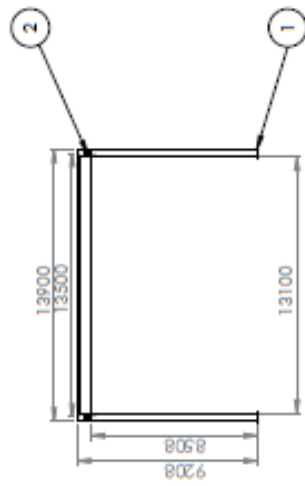
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
DRAWN	Riku Katajisto					
CHK'D						
APP'VD						
MFG						
Q.A						
			MATERIAL:	DWG NO.	stopparipalkki	
			S355		A4	
			WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	500x500x20 levy		2
2	400x200x10 8800		2
3	700x400x20 levy		1

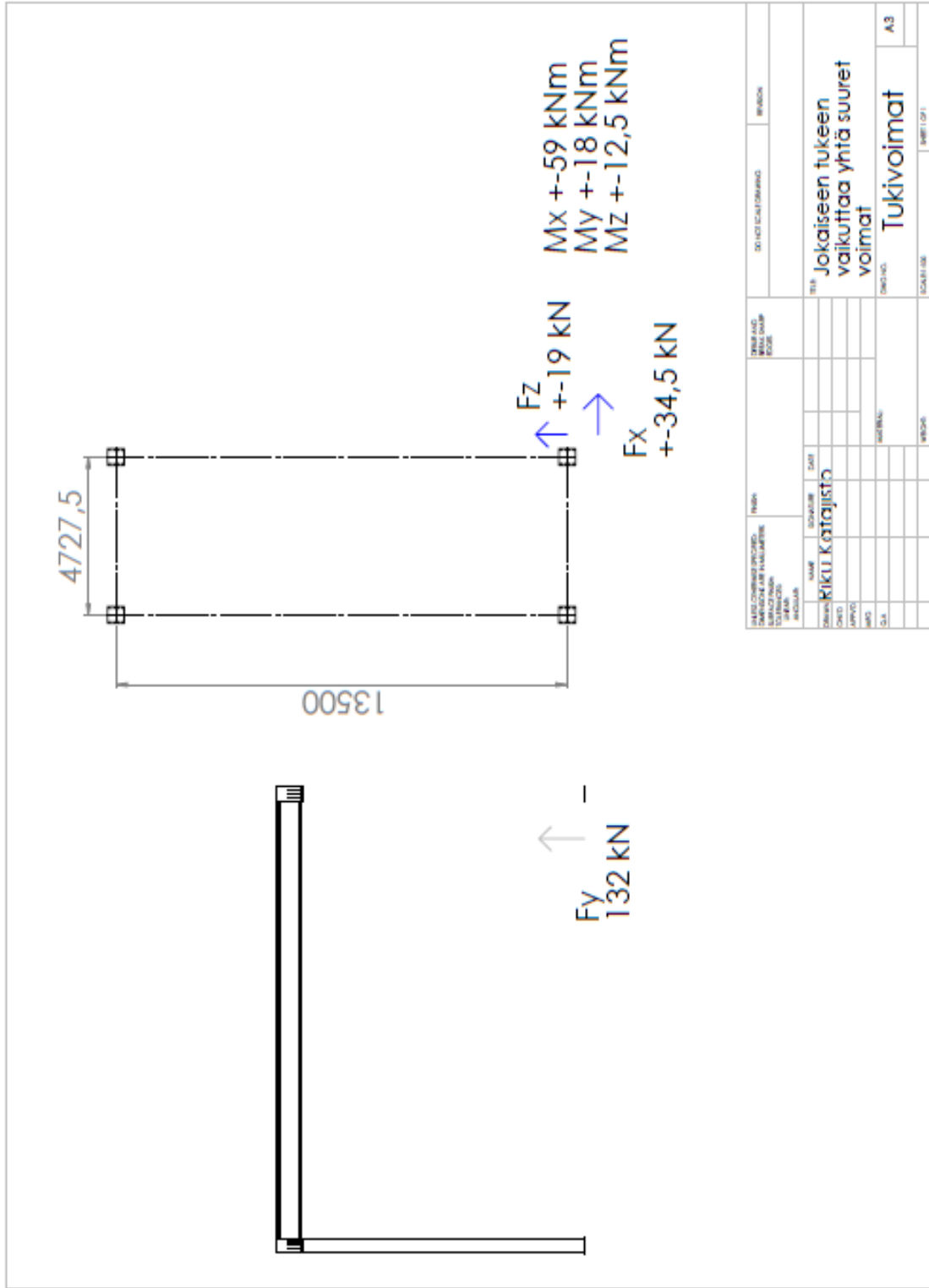
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR ANGULAR		FINISH	DRILL AND BREAT SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE			
DRAWN	Riku Katajisto					
CHECKED						
APPROVED						
MFG						
D.A.			MATERIAL: S355	DWG NO.	A-pääty	A4
			WEIGHT: 1/10 kg	SCALE: 1:100	SHEET 1 OF 1	





ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	A-pöly		2
2	paljennattaja		1

NAME Kisko Käyttö	DATE	TITLE
DWG NO	PART NO	DRAWING
DATE	SCALE	SHEET NO
Dwg No: 3355	Weight: 7150 kg	Drawing: Kokoonpano
Scale:	Sheet:	A3



KANSI KOKOONTEKSTI KANSI KOKOONTEKSTI KANSI KOKOONTEKSTI KANSI KOKOONTEKSTI KANSI KOKOONTEKSTI		PAINO		KOKOONTEKSTI		KOKOONTEKSTI	
NUMERO	LAUDET	LAUDET	LAUDET	LAUDET	LAUDET	LAUDET	LAUDET
01	02	03	04	05	06	07	08
09	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	938	939	940	941	942	943	944
945	946	947	948	949	950	951	952
953	954	955	956	957	958	959	960
961	962	963	964	965	966	967	968
969	970	971	972	973	974	975	976
977	978	979	980	981	982	983	984
985	986	987	988	989	990	991	992
993	994	995	996	997	998	999	1000