

PAAVO JYRKKÄ
METSÄKUORMAIMEN PUOMISTON SUUNNITTELU

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Toukokuu 2011

Tiivistelmä opinnäytetyöstä

Yksikkö Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu Ylivieskan yksikkö	Aika Toukokuu 2011	Tekijä Paavo Jyrkkä
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn nimi METSÄKUORMAIMEN PUOMISTON SUUNNITTELU		
Työn ohjaaja Seppo Jokelainen	Sivumäärä 24 + 9	
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin metsäkuormaimen puomiston rakennetta. Tämä opinnäytetyö tehtiin tekijän omaan tarpeeseen. Työn tarkoituksena oli tehdä lujuuslaskelmat ja valmistuspiirustukset metsäkuormaimen puomistosta. Puomisto oli tarkoitus valmistaa saatujen tulosten perusteella. Tästä johtuen puomiston tuli olla mahdollinen valmistaa.</p> <p>Valmistuskustannukset pyrittiin pitämään pieninä, jotta puomisto on kannattava valmistaa. Puomistoa ei ole vielä valmistettu. Laskelmien perusteella puomistosta tulee hieman edullisempi. Varusteet nostavat kuormaimen hintaa huomattavasti. Kuormaimen kokonaishinnaksi tulee noin 10 000 euroa. Kustannuksiin ei laskettu koneita, joita käytetään valmistuksessa..</p> <p>Lujuuslaskelmat tehtiin käsin laskennalla, sekä puomiin että niveliin. 3D-malli piirrettiin lujuuslaskelmien avulla. Mallista tehtiin valmistuksessa tarvittavat piirustukset. Lujuuslaskelmia tarkasteltiin myös 3D-mallista. 3D-mallit tehtiin SolidWorks-suunnitteluohjelmalla.</p>		

Asiasanat

3D-mallinnus, lujuuslaskenta, metsäkuormain

Abstract

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date May 2011	Author Paavo Jyrkkä
Degree programme Mechanical and Production Engineering		
Name of thesis Designing a Timber Loader		
Instructor Seppo Jokelainen	Pages 24 + 9	
<p>In this thesis the boom structure of a timber loader was examined. The thesis was written for the author's personal use. The purpose was to make calculations and fabrication drawings of a timber loader boom. The boom was supposed to be made on the basis of the results obtained. Due to this it had to be possible to manufacture the boom.</p> <p>The aim was to keep the cost of manufacturing to a minimum, so that it would be profitable to produce the boom. The boom has not yet been made. On the basis of the calculations, the boom will be a little cheaper. The equipment will increase the price of the loader significantly. The total price of the loader will be around 10 000 Euros. Costs do not include the machines that are used in manufacturing.</p> <p>Strength calculations of both the boom and the joints were made by hand calculations. A 3d model was drawn with the help of the strength calculations. Drawings needed in the manufacturing were made of the model. Strength calculations were reviewed in a 3D model. 3D models were made with SolidWorks design software.</p>		

Key words

3D-modelling, strenght calculation, timber loader

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	METSÄKUORMAINTEN HISTORIAA	2
2.1	Mekaaniset vinssit	2
2.2	Hydrauliset kuormaimet	4
3	PUOMISTON SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	6
3.1	Käyttötarkoitus ja kestävyys	7
3.2	Materiaalin valinta	7
3.2.1	Puomisto	7
3.2.2	Nivelöinnit	8
3.2.3	Sylinterit ja laakeroinnit	8
4	LUJUUSLASKELMAT	9
4.1	Pääpuomi	9
4.2	Taittopuomi	11
4.3	Jatkopuomi	13
4.4	Sylintereiden mitoitus	14
4.5	Nivelöinnit	15
4.5.1	Pääpuomin ja nostosylinterin laakerointi	16
4.5.2	Pääpuomin ja taittopuomin laakerointi	17
4.5.3	Laajakulmanivelen laakeroinnit	18
4.5.4	Vetojännitys laajakulmanivelen välikappaleessa	19
5	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	20

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheeksi valitsin metsäkuormaimen puomiston rakenteiden lujustarkastelun ja saatuja arvoja apuna käyttäen piirustusten laatimisen. Osat, jotka tarkastelunkohteeksi otetaan, ovat pääpuomi, taittopuomi ja jatkopuomi. Lisäksi mitoitetaan pääpuomin nostosylinteri, taittopuominsylinteri sekä jatkopuominsylinteri. Myös kaikki tarvittavat tapitukset mitoitetaan. Hitsausaumat jätetään mitoituksen ulkopuolelle. Tämä kompensoidaan sillä, että hitsausliitokset tehdään kokemusperusteisesti ylimitoitetuiksi. Taittopuomin ja taittopuominsylinterin väliin tulee laajakulmanivel, jotta liikerata saadaan kasvatettua tarpeeksi suureksi.

Ajatus opinnäytetyön tekemisestä maataloustraktoriin sopivasta metsäkuormaimesta lähti omasta tarpeesta. Olemme kaverini kanssa suunnitelleet sellaista jo pitemmän aikaa. Tarkoituksena olisi siis valmistaa kuormaajan puomisto saatujen mitoitusten ja piirustusten pohjalta. Kuormaimen puomiston kokonaispituus tulisi olla noin 6,5 metriä ja nostomomentin noin 35 kNm. Rakenteeltaan kuormaajan tulisi olla kohtalaisen siro ja turhaa painoa tulisi välttää, koska kiinnitysalustana toimii joko traktori tai metsäperävaunu.

Työssä käytetään SolidWorks-ohjelmistoa 3D-mallien luomisessa ja lujuuksien tarkasteluissa. Lisäksi mitoitukselliset lujuuslaskelmat tehdään käsin laskemalla. Näihin kuuluvat puomiston kotelopalkkien sekä tappien mitoitukset. Piirustukset kaikista osista tehdään myös SolidWorks-ohjelmistolla. Ohjelmistolla tehdään myös puomistojen rasiustarkastelut pääpuomin ja taittopuomin osalta. Näillä saadaan todettua, että suunniteltu rakenne kestää vaaditulla tavalla. Samalla saadaan tietoon kohdat, joissa on suurin jännitys ja näin kohteita voidaan vahvistaa.

Työn tarkoituksena ei ole kehittää metsäkuormaajan puomiston rakennetta uudelleen, vaan tarkoituksena on mitoittaa perinteisenmuotoinen, kevyt, kestävä ja toimiva rakennekokonaisuus. Puomistosta saadaan näin edullinen valmistaa ja eikä siihen tarvita erikoisasia, joiden hinta on suuri. Tarvittavat osat on pystyttävä valmistamaan särmäämällä ja polttoleikkaamalla. Tietysti tapitukset ja laakeroinnit on koneistettava. Sylinterit ja puomiston kääntölaitteisto tullaan hankkimaan valmiina komponentteina.

2 METSÄKUORMAINTEN HISTORIAA

Suomessa metsätyöt alkoivat koneellistua 1940-luvulla. Tällöin maataloudessa käytettäviä traktoreita alettiin varustella metsätöihin soveltuviksi. Myös traktoreiden rakenne oli muuttunut niin, että sitä voitiin käyttää metsätöissä. Lähinnä suurin tarvittava muutos oli maavara, joka kasvoi ja samalla mahdollisti traktorin kulkemisen, niin syvässä lumessa, kuin myös vaikeissa maastoissa kesäisin. Traktorit järeytyivät ja niiden tehot nousivat. Tämä mahdollisti erilaisten kuormainten ja vinssien asentamisen traktoreihin. 1950-luvulla traktoreiden kulkua maastossa parannettiin asentamalla niihin puolitelat. Puolitelat paransivat maastokykyä entisestään ja nyt traktorilla pystyttiin hakemaan puut aivan kannolta saakka. Tämä vaihe oli ennen tehty hevosilla ja traktorit olivat hakeneet puut vain varastosta palsttien varrelta. (Kotta 2007.)

2.1 Mekaaniset vinssit

Ensimmäiset kuormaimet, joita traktoreihin asennettiin, olivat vaijerivinssillä ja puomilla varustettuja. Kuormaimet olivat jokaisen metsätöissä sellaista tarvitsevan itse rakentamia. Tästä johtuen mallien kirjo on hyvin laaja. Rakenteissa käytettiin yleisesti puuta ja vain tärkeimmissä kohdissa teräsvahvikkeita. Vinssin kela rakenneltiin osista, joita sattui edullisesti saamaan. Ensimmäiset tehdasvalmisteiset vaijerikuormaimet ovat peräisin 1950-luvulta. Tällöin kuormaajista tuli kestävämpiä ja myös turvallisempia. Samalla niiden hankintahinta nousi, koska materiaalina käytettiin terästä. (Kotta 2007.)

Tehdasvalmisteiset vaijerivinssit kytkettiin yleisesti traktorin kolmipistenostolaitteeseen. Näin vinssi oli helppo tarvittaessa irrottaa traktorista. Tämä oli tarpeen, koska traktoreita käytettiin myös maatalouden töissä, joissa vinssiä ei tarvinnut. Vinssin tarvitsema pyörivä liike saatiin yleisesti traktorin voimanulosotosta. Myös sovelluksia, joissa vinssi sijaitsee traktorin keulassa, oli. (KUVIO 1.) Tällöin voimansiirto toteutettiin hihnävälityksellä traktorin sivulla sijainneesta hihnapyörästä tai suoraan traktorin moottorilta. Vaijeria vinsseissä oli yleisesti jopa 100 metriä. Tämä mahdollisti puiden juontamisen traktorin luokse kauempaakin. Vaijeri kulki puomin kautta, joka mahdollisti taakan nostamisen ylös maasta. (Kotta 2007.)



KUVIO 1. Vinssi ja puolitelat asennettuna Fordson-traktoriin (Vilkuna 2002, 34)

Vaijerikuormaimella varustettu traktori tarvitsi vähintäänkin kaksi käyttäjää. Toinen oli saksimies, joka vei vaijerin päässä olleet sakset kiinni puuhun, jota vinssattiin. Toinen käyttäjä käytti vinssiä. Saksimiehen (KUVIO 2.) osa ei ollut helppo. Hänen täytyi kulkea syvässä lumihangessa miltei koko ajan, jotta työ edistyi. Vinssinkäyttäjää saattoi myös tulkita saksimiehen merkkejä väärin, ja silloin sakset saattoivat livetä puusta irti tai tarrautua kiinni johonkin väärään paikkaan. Pahimpana esimerkkinä sakset ovat tarrautuneet jopa saksimiehen jalkaan. Vaijerikuormaimilla on sattunut paljon tapaturmia, koska käyttäjiä on ollut useampi ja eikä vinsseissä ole ollut juurikaan suojalaitteita. Myös traktoreita on saattanut kaatua, koska kuormaimen puomi on sijainnut kohtalaisen korkealla. (Kotta 2007.)



KUVIO 2. Saksimies työssään (Vilkuna 2002, 72)

2.2 Hydrauliset kuormaimet

Hydrauliset kuormaimet alkoivat kehittyä jo 1950-luvulla. Suomen kannalta merkittävin keksintö hydraulisten kuormainten saralla tapahtui Ruotsissa, jossa Hiab valmisti ensimmäisen kuormaimen 1950-luvun puolivälissä. Silloin niiden suosiota häittäsi niiden kova hinta. Ne olivat myös painavia ja niiden ulottuma ei ollut järin suuri. Alustakoneeksi tarvittiin järeämpiä koneita, kuin pelkkä keskikokoinen maataloustraktori. 1960-luvulla hydrauliset kuormaimet kehittyivät ja niitä ryhtyi valmistamaan Ruotsissa Hiabin lisäksi Jonserseds, Cranab (KUVIO 3.) ja Rottne muun muassa. Suomalaisia kilpailijoita olivat Ara, Fiskars, Joutsa, Nupe ja Wärtsilä. (Kotta 2008.)

Työmenetelmiin tuli muutoksia hydraulisten kuormainten tullessa käyttöön. Traktorilla oli päästävä lähelle nostettavaa puuta. Ennen vinsillä oli voitu vetää puut kauempaakin. Myös saksimies sai väistyä muihin tehtäviin, koska kuormaajissa oli tehokkaat kourat, joilla puihin tartuttiin. Työ tuli osaltaan turvallisemmaksi, koska kuorman tekoon ei tarvittu monta miestä häääämään. Kuorman tekemiseen kuluva aika lyheni huomattavasti ja lihastyön määrä väheni myös. Kuorman purkaminen oli ollut myös ongelma vinsien aikakaudella. Nyt kuormat voitiin purkaa helposti ja puut saatiin hyvään pinoon palstatien varteen. (Kotta 2008.)



KUVIO 3. MF-MiniRobur varustettuna Cranab-kuormaimella ja puoliteloilla (Kotta 2008, 88)

Hydrauliset kourakuormaimet asennettiin yleisesti traktorin ohjaamon päälle tehtyyn tukirakennelmaan, kuormainten rakenteen ensin hieman kevennyttyä. Tästä oli etuina hyvä näkyväisyys niin kuormattavaan perävaunuun, kuin myös koneen sivuilta nosteltaviin puihin. Kuormain antoi myös painoa vetävälle akselille, joka ennen oli vain traktorissa. Haittapuoliksi voidaan laskea työturvallisuuden olemattomuus, koska kuormaimen kiinni pitävät tukirakenteet väsyivät käytön myötä ja koko kuormain saattoi romahtaa alas katolta. Myös huolimaton kuormaimen käyttö saattoi aiheuttaa vaaratilanteita kaataen koko traktorin. Myöhemmin kuormaimia asennettiin traktorin perässä kulkevan perävaunun vetoaisalle. Tämä lienee ollut joitain etujakin. Esimerkiksi kuormain yletyi paremmin kuormatilan takaosaan. Tässä vaiheessa yleistyi veto myös perävaunuissa. Enää ei oltu pelkän traktorivedon varassa. (Kotta 2008.)

Tähän päivään tultaessa ovat kourakuormaimet kehittyneet huimasti. Niiden rakenteet ovat keventyneet ja ulottuvuudet kasvaneet. Nykyisin maataloustraktoreihin tarkoitettujen kuormainten ulottuvuudet ovat välillä 5-10 metriä. Metsäkoneissa ja muissa järeämissä koneissa lähennellään jo 15 metriä. Nykyisiin suuriin ja painaviin maataloustraktoreihin pystytään asentamaan jopa 10 metriin ulottuvia kuormaimia yhdistelmän vakavuuden kärsimättä. Yleisin kiinnityspaikka kuormaimelle nykyään on metsäperävaunun vetoaisa. (KUVIO 4.) Näin kuormain on helppo kytkeä traktoriin perävaunun välityksellä. (Niskanen 1982, 311.)



KUVIO 4. Nykyaikainen kourakuormain-metsäperävaunu- yhdistelmä (kuvan ottanut Paavo Jyrkkä)

3 PUOMISTON SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Työni tarkoituksena on tutkia sitä, miten metsäkuormaimen puomistosta saataisiin mahdollisimman optimaalinen rakenteiden lujuuksien sekä käyttötarkoituksen kannalta. Tutkimustehtävänä on siis selvittää se, miten kuormaimen puomisto saadaan optimoitua tiettyyn käyttötarkoitukseen. Tässä tapauksessa kuormaajan käyttö ei ole ammattimaista, mutta suotavaa on, että kuormaimesta tulisi mahdollisimman pitkäikäinen. Suoritettavien laskelmien avulla saadaan tietoon materiaalivahvuudet, joita puomissa käytetään. Kuormaimen rakenteesta on tultava myös edullinen ja helppo valmistaa. Helppo valmistettavuus on työn tärkein tavoite, koska puomisto on tarkoitus valmistaa saatujen mitoitus pohjalta.

Puomiston suunnittelu lähti liikkeelle määrittämällä kuormaimelle tiettyjä arvoja. Tärkein arvo on puomiston ulottuvuus. Sen ajattelin olevan traktorikäyttöön soveltuville kuormaajille tyypillinen noin 6,5 metriä. Toinen tärkeä arvo on puomiston nostomomentti. Momentiksi, jota laskennassa käytän, valitsin 35 kilonewtonmetriä. Tämä on kuormainten keskitasoa myös. Näitä arvoja miettiessäni tutustuin eri kuormainvalmistajien esitteisiin, joissa ilmoitetaan kyseisiä arvoja. Kuormaimesta ei ole tarkoitus tehdä ylisuurta suhteutettuna käyttöön, jossa sitä tarvitaan.

Seuraavana mietintävuoressa oli pääpuomin ja taittopuomin pituuden valinta, jotta kuormaimen liikeradoista saadaan tarkoituksenmukaiset. Kokemus on osittanut, että pääpuomin tulee olla noin kolme metriä pitkä. Lyhyellä pääpuomilla varustetulla kuormaimella perävaunuun kuormaa tehdessä puomi ei nouse tarpeeksi korkealle, siksi kuorman viimeiset puut jäävät huonosti kuorman päälle. Tietysti asiaan vaikuttaa se, kuinka jyrkkään kulmaan pääpuomi nousee. Taittopuomin kokonaismitaksi määrittelin noin kaksi metriä. Tämä mahdollistaa jatkopuomin pituudeksi noin 1,5 metriä. Näillä arvoilla saadaan puomiston kokonaispituudeksi suunnitellut 6,5 metriä. Tämä on riittävä pituus maataloustraktoriin tai metsäperävaunuun asennettavalle kuormaajalle.

3.1 Käyttötarkoitus ja kestävyys

Käyttötarkoituksena kuormaimelle on se, että sillä pystytään hoitamaan maatalan tarvitsemat pienet nostot ja siirtely ja näiden lisäksi tietysti metsätyöt. Metsätyöt ovat pääasiassa maatalan oman metsän hoitoon keskittyntä, lämmityksessä käytettävien puiden hankintaa. Puomiston kestävyydelle asetin tavoitteeksi, että sen tulee kestää pitkään. Sen tulee kestää erilaisissa äkkiliikkeissä tulevat rasitukset. Äkkiliikkeitä vaimentamaan kuormaimen nostosylinteriin tulee paineakkuvaimennus, jolla saadaan vaimennettua puomistoon kohdistuvia rasituksia tehokkaasti ja helposti. Tällä saadaan puomiston käyttöikää jatkettua huomattavasti. Tästä johtuen puomisto on mitoitettu staattisessa, eli paikallaan olevan kuormituksen tilanteessa.

3.2 Materiaalin valinta

Puomiston materiaaliksi hahmottelin käytettäväksi tavallista S355 teräslaatua, mutta tutustuttuani erilaisiin erikoisteräksiin, valinta kallistui niihin. Käyttämällä lujempaa erikoisterästä, saadaan puomistosta merkittävästi kevyempi ja myös vääntöjäykempi. Materiaalin muotoiltavuus asettaa myös omat rajansa. Nykyaikaisia erikoisteräksiä pystytään muokkaamaan ja taivuttamaan lähes tavallisen rakenneteräksen tapaan. Tietysti taivutukseen käytettävät voimat ovat suuremmat, mutta materiaalin vahvuudesta voidaan valita ohuempi teräs kuin normaaleilla teräksillä, joten voimissa ei suurta eroa ole.

3.2.1 Puomisto

Puomien materiaaliksi valitsin Ruukki Optim MC 650 -rakenneteräksen. Teräksen myötölujuus on 650 MPa ja murtolujuus 700–860 MPa. Teräs on kehitetty käytettäväksi erilaisissa puomistojen rakenteissa. Sen muokattavuus kylmänä on helppoa. Lisäksi teräksen hitsattavuus ilman esilämmitystä on mahdollista. (Rautaruukki 2011.)

Puomiston muotoilussa pitäydyin ihan perinteisellä linjalla. Puomiston muoto on neliöprofiilin mallinen. Pääpuomin juuressa puomi on pystysuunnassa korkeampi vääntöjäykkyyden lisäämiseksi. Erilaisilla puomistoprofiileilla olisi puomistosta voitu saada vieläkin kevyempi ja vääntöjäykempi, mutta valmistaminen olisi silloin vaikeampaa.

3.2.2 Nivelöinnit

Puomistojen liittäminen toisiinsa ja sylintereiden kiinnitys tapahtuu tappien avulla. Taittopuomin liikeradan täytyy olla mahdollisimman laaja. Alas taitettuna taittopuomi saa mennä hyvin lähelle pääpuomin alapintaa. Tästä on etuna se, että kuormaimen ollessa asennettuna perävaunuun, saadaan kuormaimen painoa hyödynnettyä traktorin vetäville pyörille perävaunun vetoaisan avulla. Taittopuomin tulee suoraksi ojennettuna olla lähes samansuuntainen pääpuomin kanssa. Tästä aiheutuu tarve laajakulmanivelelle pääpuomin ja taittopuomin välillä. Sylinterin tekemä suoraviivainen liike saadaan muutettua laajaksi pyörähdysliikkeeksi laajakulmanivelen avulla. Laajakulmaniveliä olen tutkinut valmiista tehdastekoisista kuormaimista ja niitä soveltaen tutkinut SolidWorks-ohjelmistolla erilaisia liikeratoja. Nivelöintien materiaaliksi valitsin tavallisen rakenneteräksen S355. Sitä on helppo työstää ja sillä on tarpeeksi suuri myötölujuus. Nivelöinnit ylimitoitetaan, näin laakeripinnat kasvavat ja käyttöikä pitenee. Valmistuskustannuksiin ylimitoituksella ei ole suurta vaikutusta.

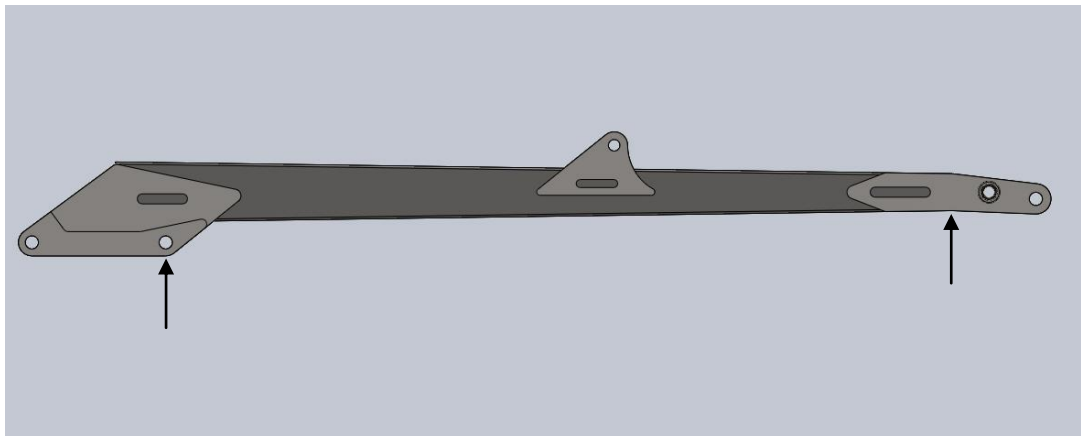
3.2.3 Sylinterit ja laakeroinnit

Puomistoon tulee kolme erikokoista sylinteriä. Sylinterien mitat pyritään pitämään tasalukuina esimerkiksi iskunpituuden osalta. Sylinterien männän- ja varrenhalkaisijat ovat standardikokoja. Sylinterien ja niveliä välissä käytetään liukulaakereita. Yleensä sylintereissä käytetään nivellaakereita, mutta niissä voimien aiheuttama paine kohdistuu vain hyvin pienelle alueelle. Tästä johtuen ne kuluvat nopeasti. Leveä liukulaakerointi yksinkertaistaa myös niveliä valmistusta. Erilaiset sivusuunnan keskittävät holkit tulevat tarpeettomiksi. Liukulaakerien materiaalina on laakeripronssi. Liukulaakereita saa valmiina standardimittaisina, joten erikoiskokoja ei tarvitse käyttää. Etuna on myös se, että laakeriholkkeja saa tulevaisuudessakin varaosiksi. Rasvan pysymistä liukulaakereissa on parannettu erilaisilla koloilla laakeripinnassa. Näin laakeroinneista saadaan pitkäikäiset, jos laakereihin laittaa edes joskus rasvaa. Kaikkiin niveliin tulee rasvanippa.

4 LUJUUSLASKELMAT

4.1 Pääpuomi

Pääpuomille tehdään lujuuslaskenta kahdesta kohtaa. Ensimmäinen kohta on puomin juuresta, siinä kohtaa, josta nostosylinteri on kiinnitetty pääpuomiin. Tähän kohtaan kohdistuu puomiston suurin rasitus ja momentti. Toinen kohta on pääpuomin taittopuominpuoleinen pää. Näin saadaan kaksi arvoa, jonka mukaan pääpuomin kotelopalkki tehdään. Palkki tehdään taivuttamalla teräslevystä kaksi C-profiilia, jotka liitetään hitsaamalla yhdeksi osaksi. Materiaalin myötöraja on 650 N/mm^2 . Varmuuskertoimena käytän arvoa 1,7. Tästä saadaan laskelmissa käytettävä jännitysarvo $R = \delta_{\text{sall}} = 650 \text{ N/mm}^2 : 1,7 = 380 \text{ N/mm}^2$. Materiaalin ainevahvuus on 4 millimetriä. (Rautaruukki 2011.)



KUVIO 5. Pääpuomin 3D-malli ja lujuustarkastelun kohdat

Lasketaan palkilta vaadittava taivutusvastus W nostosylinterin kohdalta (KUVIO 5). Alkuperäinen kaava on muotoa $\delta = \frac{M}{W}$ (Saikkonen 1992, 94.). Kaavassa M on momentti kyseisessä kohdassa. Kaava saadaan muokattua muotoon

$$W = \frac{M}{R} = \frac{35\,000\,000 \text{ Nmm}}{380 \text{ N/mm}^2} = 92\,105 \text{ mm}^3$$

Seuraavaksi lasketaan valitsemani palkin taivutusvastusarvo. Kaava on alkuperäisesti muotoa

$$W_Z = \frac{B \times H^2 - b \times h^2}{6} \text{ (Valtanen 2008, 382.)}$$

$$W_Z = \frac{120 \times 180^2 - 112 \times 172^2}{6} = 95\,765 \text{ mm}^3$$

Valitsemani palkin koko on riittävä.

Seuraavana lasketaan vaadittava lujuus puomin ohuempaan päähän.

Laskussa käytän momentin arvoa 17,5 kNm, joka aiheutuu taittopuomin rasiuksesta kyseiseen kohtaan. Maksimi kuorma taittopuomin päässä on 5000 N ja taittopuomin pituus on 3,5 metriä. Eli momentiksi saadaan $5000 \text{ N} \times 3,5 \text{ m} = 17500 \text{ Nm}$.

Vaadittava taivutusvastus on

$$W = \frac{17\,500\,000 \text{ Nmm}}{380 \text{ N mm}^2} = 46\,052 \text{ mm}^3$$

Lasketaan palkin taivutusvastusarvo

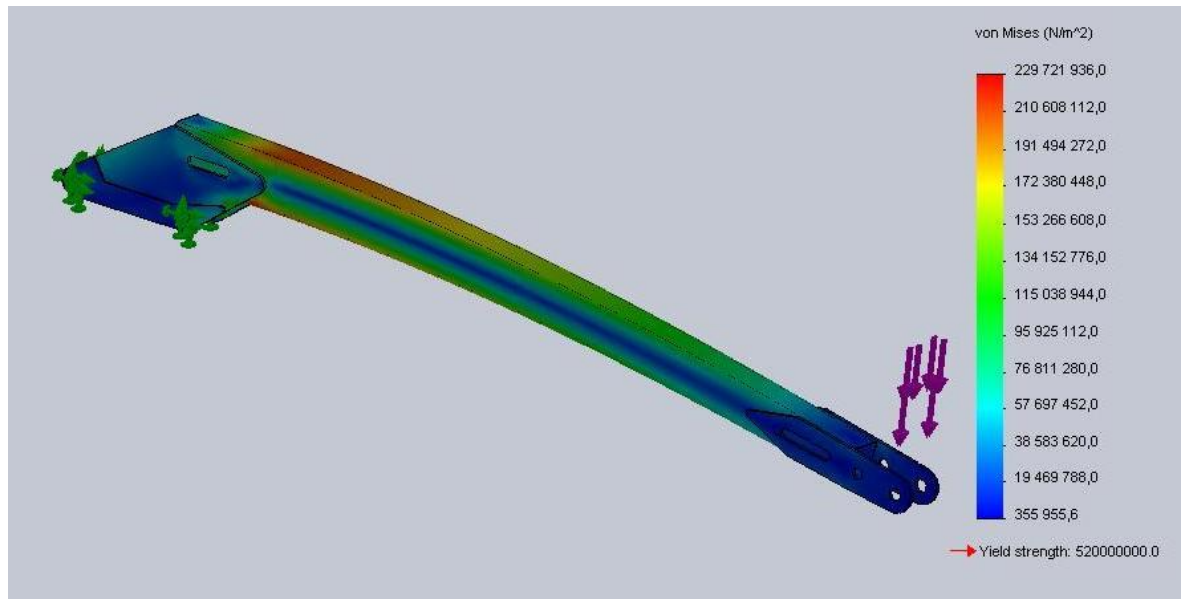
$$W_Z = \frac{120 \times 110^2 - 112 \times 102^2}{6} = 47\,792 \text{ mm}^3$$

Valitsemani koko on riittävä.

Pääpuomin profiilipalkki on siis nostosylinterin päästä kokoa 180 mm x 120 mm x 4 mm.

Ohuemmasta päästä palkin mitat ovat: 110 mm x 120 mm x 4 mm. Puomisto on siis 120 mm leveä. Pääpuomin pituus (kauimmaisten nivelpisteiden etäisyys) on 3000 mm. Nostosylinterin etäisyys ensimmäisestä nivelpisteestä on 400 mm.

Suoritin pääpuomille myös lujuustarkastelun SolidWorks-ohjelmistolla. Näin totesin, että laskelmani eivät ole aivan menneet harhaan. Rasiusten jakautuminen puomissa käy ilmi kuvioista 6. Suurin jännitys puomissa on 230 N/mm^2 .



KUVIO 6. Pääpuomin rasitukset

4.2 Taittopuomi

Taittopuomille ei tarvitse tehdä lujuustarkastelua kuin yhdestä kohdasta. Tämä kohta on sen pääpuominpuoleisessa päässä, jossa momentti on suurin. Taittopuomi tehdään myös kahdesta taivutetusta C-profiilista. Materiaalina on sama erikoisrakenneteräs, jota käytetään pääpuomissakin. Taittopuomin mittojen tulee mahdollistaa jatkopuomin sylinterin sijoitus puomiston sisään. Tästä johtuen taittopuomin kotelon on oltava riittävän tilava.



KUVIO 7. Taittopuomin 3D-malli ja lujuustarkastelun kohta

Taittopuomin laskennassa käytän samaa momentinarvoa, mitä käytin pääpuomin kapeampaa päätä laskiessa. $M = 17500 \text{ Nm}$. Tarkastelun kohta merkitty kuviossa 7.

Taittopuomin vaadittava taivutusvastusarvo on siis

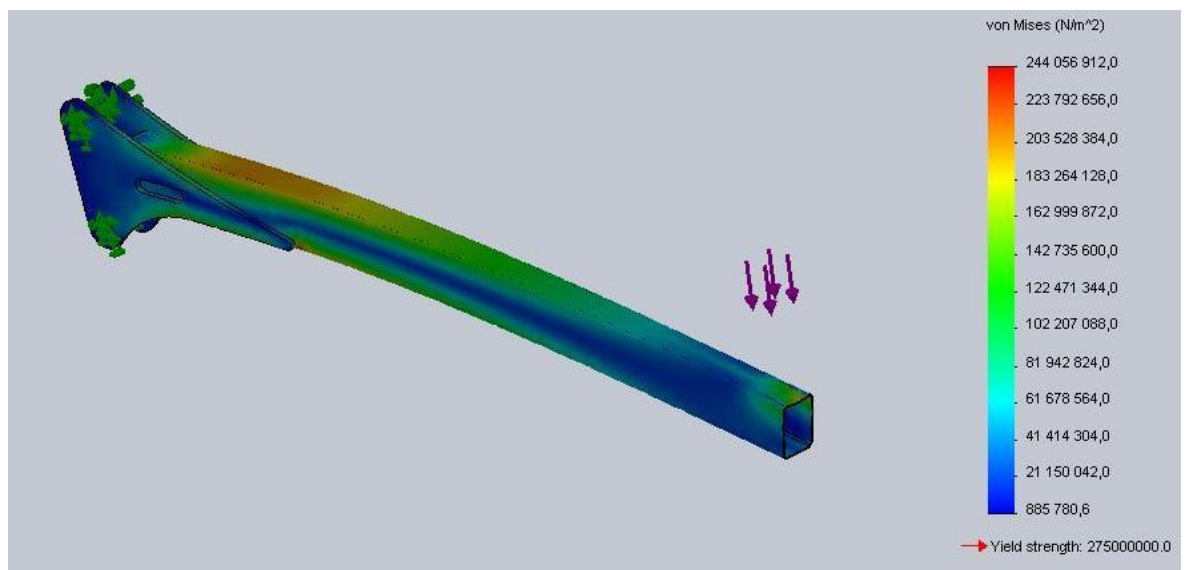
$$W = \frac{17\,500\,000 \text{ Nmm}}{380 \text{ N/mm}^2} = 46\,052 \text{ mm}^3$$

Palkin taivutusvastus, jonka valitsin käytettäväksi jatkopuomissa on

$$W_z = \frac{90 \times 130^2 - 82 \times 122^2}{6} = 50\,085 \text{ mm}^3$$

Palkin koko on riittävä.

Palkki on kooltaan 90 mm x 130 mm x 4 mm. Palkki on riittävän tilava myös sisältä, joten jatkopuomin sylinteri saadaan sijoitettua puomiston sisään.



KUVIO 8. Taittopuomin rasitukset

Suoritin myös taittopuomille SolidWorksin Simulation-toiminnolla rasituskokeen. Puomissa oleva suurin jännitys on 244 N/mm^2 . Puomiston rakenne kestää, koska suurin sallittu jännitys varmuuskertoimella on 380 N/mm^2 . Rasituksen aiheuttamat jännitykset käyvät ilmi kuvioista 8.

4.3 Jatkopuomi

Jatkopuomille tehdään myös lujuustarkastelu vain yhdestä kohdasta. Se on kohta, jossa taittopuomi tukee sitä sen ollessa työnnettynä ulos. Jatkopuomi on 500 mm taittopuomin sisässä ulostyönnettynä. Aiheutuva momentti kohtaan, on $5000 \text{ N} \times 1,5 \text{ m} = 7500 \text{ Nm}$. Jatkopuomi valmistetaan samalla menetelmällä, kuin pääpuomi ja taittopuomi. Materiaalina on sama erikoisrakenneteräs.



KUVIO 9. Jatkopuomin 3D-malli ja lujuustarkastelun kohta

Lasketaan jatkopuomin vaadittava taivutusvastus (KUVIO 9)

$$W = \frac{7\,500\,000 \text{ Nmm}}{380 \text{ N mm}^2} = 19\,736 \text{ mm}^3$$

Lasketaan palkin arvot

$$W_z = \frac{75 \times 115^2 - 67 \times 107^2}{6} = 37\,465 \text{ mm}^3$$

Palkki koko on riittävä.

Palkin koko on 75 mm x 115 mm x 4 mm. Palkki on reilusti ylimitoitettu, johtuen sylinterin vaatimasta tilasta. Ajatuksena on myös ollut, että kaikki valmistettavat osat tehdään samasta materiaalista, ettei tarvitse hankkia eripaksuisia levyjä. Jatkopuomiksi riittäisi ainevahvuudeltaan 2 mm oleva materiaali. Ohuempiseinämäisen palkin taivutusvastus on $19\,514 \text{ mm}^3$.

4.4 Sylintereiden mitoitus

Sylintereiden käyttöpaineena on 18 MPa, joka saadaan traktorin hydraulikkapumpusta. Venttiililohkon paineensäätöventtiili on säädetty tuohon arvoon. Lisäksi venttiililohkossa on sylinterikohtaisia paineenrajoitusventtiileitä. Näillä saadaan sylinterissä pidettyä ulkopuolisen voiman aiheuttama suurempi paine, jotta sylinterin vajoamista ei tapahtuisi. Taittopuomin sylinterissä käytetään painearvoa 21 MPa.

Nostosylinterin tulee kyetä antamaan työntövoima, joka on suuruudeltaan 90 kilonewtonia. Pinta-ala saadaan muokkaamalla kaava $p = \frac{F}{A}$ (Tekniikan kaavasto 2005, 99.) muotoon $A = \frac{F}{p}$. Tämä tarkoittaa sitä, että sylinterin pinta-ala on oltava

$$A = \frac{F}{p} = \frac{90\,000\text{ N}}{18\,000\,000\text{ Pa}} = 0,005\text{ m}^2 = 5000\text{ mm}^2$$

Pinta-ala avulla saadaan laskettua sylinterinmännän halkaisijan säde kaavasta $A = \pi r^2$ (Seppänen, Kervinen, Parkkila, Karkela & Meriläinen 2006, 31.) Kaava muokataan muotoon

$$r = \frac{A}{\pi} = \frac{5000\text{ mm}^2}{\pi} = 39,89\text{ mm}$$

Sylinterin männänhalkaisijaksi saadaan 80 mm. Varreksi valitaan yleisin tuon kokoisissa sylintereissä oleva varsi, eli 40 mm.

Taittopuomin sylinterin täytyy tuottaa 80 kN vetoa. Lasketaan ensin sylinterivarren aiheuttama pinta-alahäviö sylinterissä. Sylinterissä käytettäväksi varreksi valitsin 40 millimetriä halkaisijaltaan olevan varren. Varren pinta-ala on

$$A = \pi r^2 = \pi \times (20\text{ mm})^2 = 1256,64\text{ mm}^2$$

Kyseinen pinta-ala aiheuttaa seuraavanlaisen aleneman voimassa

$$F = pA = 21\,000\,000\text{ Pa} \times 0,001257\text{ m}^2 = 25\,140\text{ N}$$

Lasketaan sylinteri, jonka voimaan lisätään saatu varren aiheuttama tehohäviö.

$$A = \frac{F}{p} = \frac{80\,000\text{ N} + 25\,140\text{ N}}{21\,000\,000\text{ Pa}} = 0,005\text{ m}^2 = 5000\text{ mm}^2$$

Sylinterin halkaisija saadaan laskemalla pinta-alan perusteella sen säde.

$$r = \frac{A}{\pi} = \frac{5000}{\pi} = 39,89\text{ mm}$$

Sylinterin männähalkaisijaksi saadaan 80 mm.

Jatkopuomin sylinteriksi valitaan sylinteri, jonka männähalkaisija on 40 mm ja varren halkaisija 25 mm. Sylinterin tuottama vetovoima on 13 000 Newtonia. Se on riittävä jatkopuomin vetämiseksi taittopuomin sisään. Sylinterin voima riittää pitämään jatkeen sisässä, kun pääpuomilla nostetaan suurimmalla voimalla.

4.5 Nivelöinnit

Nivelissä käytetään laakerina punametallisia liukulaakereita. Tällaisen laakerin suurin sallittu pintapaine on 45 N/mm^2 . (Blom, Lahtinen, Nuutio, Pekkola, Pyy, Rautiainen, Sampo, Seppänen, Suosara 1999, 179.) Laakeroinnit lasketaan siten, että niistä tulee hieman ylimitoitettut. Laakeroinnit mitoitetaan yli siksi, koska olen omien kokemusten kautta havainnut, että maatalouskäyttöön tarkoitettujen kuormainten nivelet kuluvat aika nopeasti väljiksi. Jatkuvaan ammattikäyttöön tehtyjen kuormainten nivelistöt ovat mitoitettu reilummin. Näin saadaan kuormaimen käyttöikää jatkettua yksinkertaisesti. Tappien materiaalina käytetään Ovako MoC 410 nuorrutusterästä. Sen myötöraja 40 millimetriin saakka on 750 MPa ja murtolujuus 1000 MPa. Tappien taivutusjännityksiä en materiaalin lujuudesta johtuen lähde laskemaan. (Ovako 2011)

4.5.1 Pääpuomin ja nostosylinterin laakerointi

Pystypuomin ja pääpuomin väliselle nivelöinnille lasketaan vaadittava tapin halkaisija, kun tiedetään laakeroinnin leveys. Puomin leveys on 120 mm. Valitaan laakerien yhteisleveydeksi 100 mm. Laakeriholkkien leveys on 50 mm ja niiden väliin jää 20 mm:n tyhjä tila. Pääpuomi aiheuttaa pystypuomiin noin 80000 Newtonin säteensuuntaisen voiman. Kaavassa F = laakerin kuorma [N], p = pintapaine [N/mm^2] ja L = laakerin pituus [mm].

Tapin halkaisija saadaan muokkaamalla kaavaa $p = \frac{F}{d \times L}$ (Blom, Lahtinen, Nuutio, Pekkola, Pyy, Rautiainen, Sampo, Seppänen, Suosara 1999, 177.)

$$d = \frac{F}{pL} = \frac{80\,000\text{N}}{45\text{ N mm}^2 \times 100\text{mm}} = 17,8\text{ mm}$$

Lasketaan tapin aiheuttama pintapaine pääpuomin kiinnikkeisiin. (KUVIO 10) Kaava on muotoa $p = \frac{F}{ad}$ (Martikka 1985, 297.) Kaavassa a = pääpuomin kiinnityshaarukan leveys [mm] ja d = tapin halkaisija [mm]. Suurin sallittu paine on $210\text{ N}/\text{mm}^2$.

$$p = \frac{F}{ad} = \frac{80\,000\text{N}}{20\text{mm} \times 17,8\text{mm}} = 112,4\text{ N mm}^2$$

Laskenta osoittaa, että 18 mm halkaisijalla oleva tappi olisi riittävä. Mitoitan kohdan kuitenkin reilusti yli, joten valitsen käytännön kokemuksen perusteella 40 mm tapin.

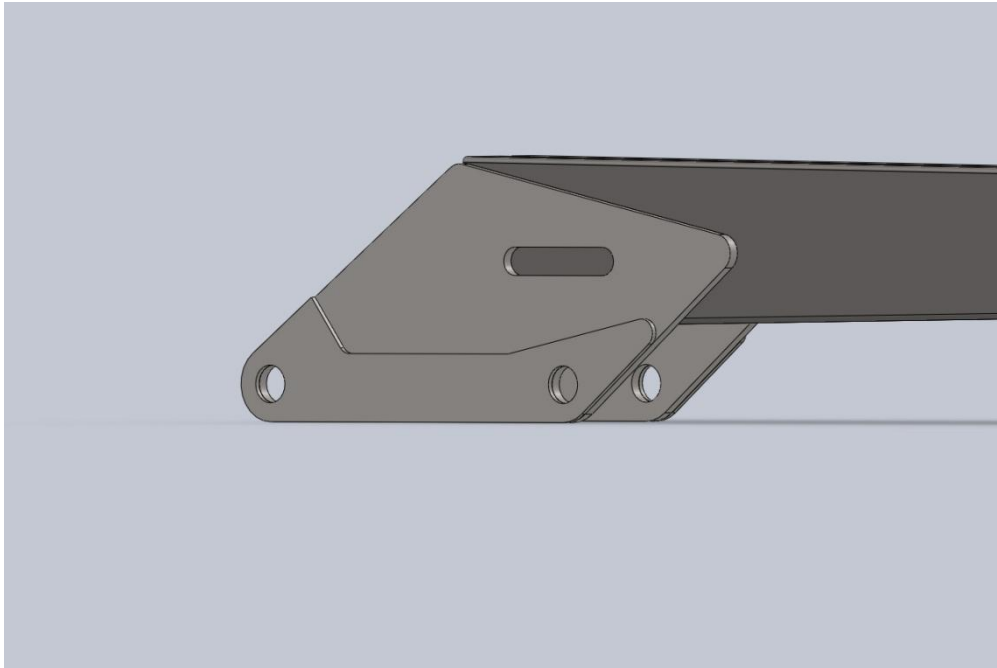
Nostosylinteri aiheuttaa voiman 90 000 Newtonia sen nivelpisteeseen pääpuomissa. Nostosylinterin laakerointi lasketaan samalla menetelmällä, kuin edellinenkin. Laakeroinnin leveys on 80 mm.

$$d = \frac{F}{pL} = \frac{90\,000\text{N}}{45\text{ N mm}^2 \times 80\text{mm}} = 25\text{ mm}$$

Suurin sallittu paine pääpuomin kiinnikkeisiin on 210 N/mm^2 .

$$p = \frac{F}{ad} = \frac{90\,000 \text{ N}}{20 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}} = 180 \text{ N/mm}^2$$

Laskenta antaa tulokseksi 25 mm tapin. Käytännön kokemusten pohjalta valitsen 35 mm halkaisijaltaan olevan tapin. Näin saadaan pintapainetta alennettua.



KUVIO 10. Pääpuomin ja nostosylinterin korvakkeet

4.5.2 Pääpuomin ja taittopuomin laakerointi

Pääpuomin ja taittopuomin väliseen laakerointiin kohdistuu maksimissaan 40 000 Newtonin voima. Laakeroinnin leveys on 80 millimetriä. Lasketaan tapin vaadittava halkaisija.

$$d = \frac{F}{pL} = \frac{40\,000 \text{ N}}{45 \text{ N/mm}^2 \times 80 \text{ mm}} = 11,1 \text{ mm}$$

Saatua tulosta ei voida soveltaa käytäntöön. On laskettava nivelen haarukalle aiheuttama paine ja sitä kautta tapin halkaisija. Asetetaan suurin sallittu pintapaine 120 megapascaliksi. Tapin halkaisija on

$$d = \frac{F}{pa} = \frac{40\,000\text{ N}}{120\text{ N/mm}^2 \times 12\text{ mm}} = 13,89\text{ mm}$$

Saatu arvo on mielestäni liian vähän. Määritän omien kokemusteni perusteella tapin halkaisijaksi 40 mm. Esteitä suuremman tapin käyttöön ei ole.

4.5.3 Laajakulmanivelen laakeroinnit

Laajakulmanivelen rakenne käy ilmi kuviosta 11. Laajakulmaniveleen kohdistuva sylinterin aiheuttama voima on 80 000 Newtonia. Käytän kaikissa nivelissä samaa arvoa, joka on suurin nivelessä, jolla sylinteri kiinnittyy laajakulmaniveleen ja toisesta päästä puomiin. Laajakulmanivel on leveimmältä kohtaa 150 millimetriä leveä. Tämä arvo puolitetaan, niin saadaan laakereiden leveydet. Sylinterin päähän tulevan laakeriholkin leveys on 75 millimetriä ja sylinteriltä taittopuomille jatkavan osan laakereiden leveys on 37,5 millimetriä. Laakeriholkkeja on kaksi joiden yhteisleveys on 75 millimetriä.

$$d = \frac{F}{pL} = \frac{80\,000\text{ N}}{45\text{ N/mm}^2 \times 60\text{ mm}} = 29,6\text{ mm}$$

Tulos on lähellä todellista arvoa. Lasketaan vielä pintapaine, joka vallitsee nivelen haarukoissa. Sallittu pintapaine on 210 N/mm².

$$p = \frac{F}{ad} = \frac{80\,000\text{ N}}{12\text{ mm} \times 30\text{ mm}} = 111,1\text{ N/mm}^2$$

Pintapaine on alle sallitun maksimi pintapaineen. Valitsen tapin halkaisijaksi kuitenkin 35 mm, jotta rakenne kestää varmasti ja se on kulutusta kestävä.

4.5.4 Vetojännitys laajakulmanivelen välikappaleessa

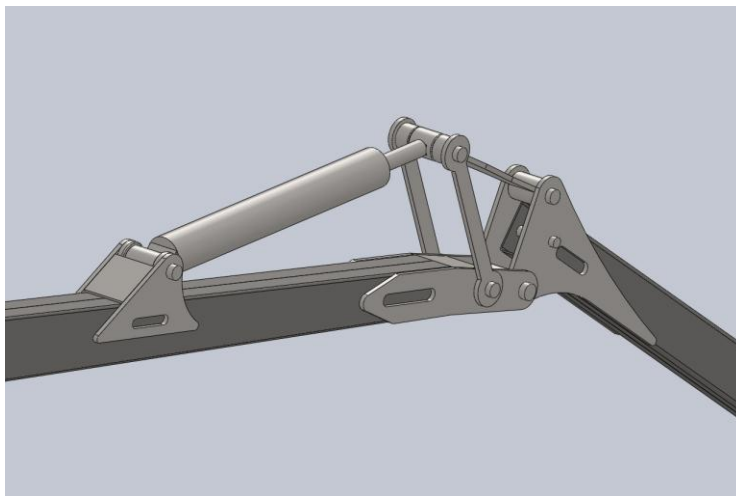
Lasketaan välitangon vaadittava poikkipinta-ala. (KUVIO 11) Pinta-ala saadaan laskettua kaavasta $\delta = \frac{N}{A}$ (Räsänen, 1992, 9) Kaavasta saadaan seuraavanlainen

$$A = \frac{N}{\delta} = \frac{80\,000\text{ N}}{210\text{ N mm}^2} = 380\text{ mm}^2$$

Taulukosta valitaan lattateräs, jonka poikkipinta-ala on yhtä suuri. Materiaaliksi olin ajatellut 12 mm vahvaa terästä, joten valitsen sen paksuisesta teräksestä lähimpänä olevan. Lähinnä on 12 mm x 50 mm lattateräs, jonka poikkipinta-ala on 600 mm^2 . Tarkastetaan vielä kyseinen osa kestää nurjahtamatta puolella voimalla, eli 40 000 Newtonilla. Tapaus lasketaan Eulerin II kaavalla, jossa sauva on tuettu molemmista päistään nivelellä. Kaava on muotoa $F_n = \mu \frac{\pi^2 EI}{L^2}$ (Karhunen ym. 1992, 421.) Tapaus II:ssa kaavassa oleva kerroin $\mu = 1$. L on nivelten välinen etäisyys. 12 mm x 50 mm olevan latan jäyhyysmomentti $I = 7200\text{ mm}^4$.

$$F_n = \mu \frac{\pi^2 EI}{L^2} = 1 \times \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^3\text{ N mm}^2 \times 7200\text{ mm}^4}{(410\text{ mm})^2} = 88\,774\text{ N}$$

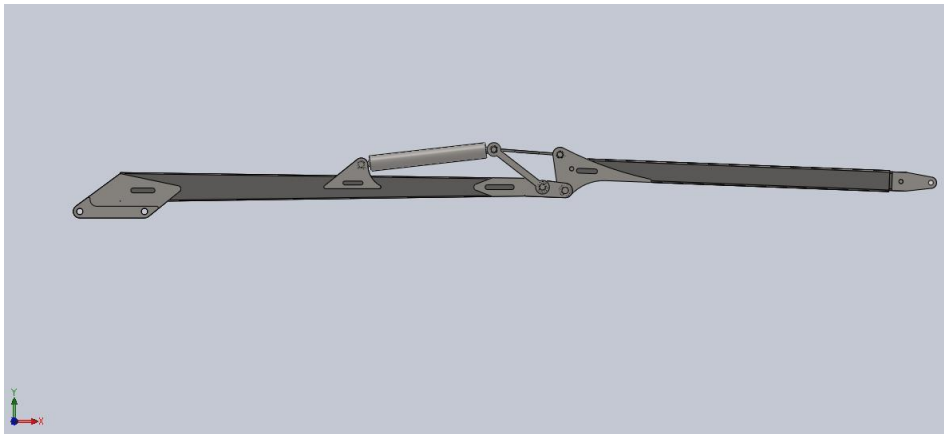
Saatu tulos on kaksinkertainen, joten laajakulmanivelten osien poikkipinta-ala on oltava kapeimmasta kohdasta vähintäänkin 600 mm^2 ja leveyden 50 mm.



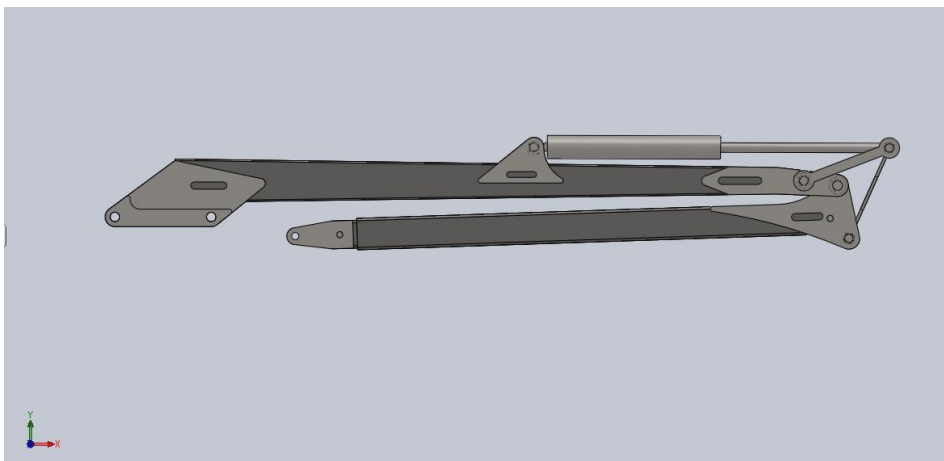
KUVIO 11. Laajakulmanivelen 3D-malli

5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli suunnitella metsäkuormaimen puomisto niin, että se pystytään valmistamaan saatujen tulosten perusteella. 3D-mallin luominen ja sitä kautta piirustusten teko olivat myös työn toinen tarkoitus. Työn tekemistä auttoi se, että puomisto olisi tulevaisuudessa tarkoitus valmistaa itselle omaan käyttöön. Tästä johtuen työ tuli tehdä huolella ja niin, että kuormain kestäisi käytössä hyvin. Työssä ei ollut tarkoitus kiinnittää huomiota kuormaimen pieniin yksityiskohtiin, vaan tarkoituksena oli saada kuormaimen tärkeimmät osat suunniteltua niin, että niiden liikeradat ovat hyvät ja toimivat. Tärkein kohta työssä olikin pääpuomin ja taittopuomin välisen laajakulmanivelen suunnittelu toimivaksi. Tässä onnistuin kohtuudella ja nivel toimii 3D-mallissa erinomaisesti. (KUVIO 12 ja KUVIO 13)



KUVIO 12. Puomisto ojennettuna suoraksi



KUVIO 13. Puomi taitettuna

Työssä tutustuin myös erilaisten kuormainten historiaan siitä syystä, että nähtäisiin kuormaimille tapahtunut kehitys hyvin. Vanhoissa vaijerikuormaimissa on ollut omat hyvätkin puolensa, mutta työturvallisuus ja käyttäjäystävällisyys ovat suosineet hydraulisten kuormainten kehitystä. Hydraulisia kuormaimia on ollut saatavilla hyvinkin pitkä aika, mutta niiden yleistyminen otti oman aikansa. Historian tuntemus ja tutkimus ovat aina eduksi kehiteltäessä uusia innovaatioita. Harvoin keksitään asiaa, jota ei olisi jossain muodossa jo kehitetty ja kokeiltu. Nykyiset materiaalit ja valmistustekniikat mahdollistavat tuotteiden jatkokehittelyn ja parantelun. Erikoislujien materiaalien avulla saadaan rakenteista lujia ja keveitä. Valmistustekniikat mahdollistavat joidenkin työvaiheiden jättämisen jopa kokonaan pois. Näiden avulla saadaan koneiden valmistuskustannuksia alennettua merkittävästi.

Puomiston materiaaliksi valitsin tarkoituksella erikoislujan rakenneteräksen, joka on varta vasten suunniteltu käytettäväksi erilaisissa puomisto rakenteissa. Puomistot vaativat hyvän jäykkyyden ja myös muuten lujan rakenteen. Myös puomimateriaalin hitsattavuus on oltava hyvä, koska kaikki nivelet tulevat puomiin hitsaamalla kiinni. Ruukin Optim MC 650-rakenneteräksessä yhdistyvät kaikki nämä ominaisuudet. Lujalla materiaalilla puomistosta saadaan myös kevytrakenteinen ja siro ulkonäöltään. Aluksi ajattelin puomissa käytettävän ihan tavallista S355-rakenneterästä, mutta lopulta päädyin tätä lujempaan teräkseen, koska sen hinta ei ollut kovinkaan kallis verrattuna materiaalin säästöön. Heikommasta aineesta tehdessä puomista olisi tullut paljon painavampi. Tällä lujemmalla materiaalilla SolidWorks-ohjelmisto antaa koko puomin massaksi noin 250 kilogrammaa.

Käsin laskennalla sain määriteltä tarvittavan profiilin koon, jota puomissa tulisi käyttää. Puomista oli tarkoitus tehdä mahdollisimman kevyt ja myös kestävä. Myös helppo valmistus asetti puomin suunnittelulle omat haasteensa. Tapitukset ja nivelöinnit oli tarkoitus mitoittaa käsin laskentaa apuna käyttäen. Laskelmat antoivat kuitenkin melko pieniä tuloksia, joihin suhtauduin aika kriittisesti. Omista käytännönkokemuksista johtuen suurensin tapitukset niin suuriksi, kuin ne muotoiluun sopivat. Suuret laakeripinnat jatkavat nivelten käyttöikää merkittävästi, joten niiden ylimitoitus on perusteltua. Kuormain ei tule kuitenkaan jatkuvaan ammattikäyttöön, joten näin ollen kuormaimesta tulee pitkäikäinen. Yleensä on niin, että omaan käyttöön ei huonoa kannata eikä uskalla tehdä.

Kuormaimen valmistamiseen tarvitaan vielä puominkääntölaitteisto ja pystyvuomi. Nämä oli tarkoitus hankkia valmiina komponentteina esimerkiksi joltain kuormainvalmistajalta. Kyselinkin sähköpostin välityksellä uusien komponenttien hintoja ja saatavuutta. Hintahaitari oli 2500–5000 euroon sisältäen arvonlisäveron. Käännön tulisi olla kahdella hammastangolla. Tällöin siinä on tarvittava määrä kääntövoimaa ja kääntöliikkeestä tulee rauhallinen, koska öljytilavuus on suurempi. Myös tarvittavat sylinterit hankitaan oikean mittaisina valmiina komponentteina. Uudet irtosylinterit eivät ole kovin kalliita. Näin ollen ei kannata etsiä huonokuntoisia käytettyjä sylintereitä. Tarkoituksena on valmistaa täysin uusi, pitkäikäinen kuormain.

Kuormaimen valmistuskustannukset oli tavoitteena pitää alhaisina. Valmistuksessa tarvittavat laitteet ovat polttoleikkauskone, hitsauskone, porakone, sorvi ja jyrsinkone. Puomien profiilien taivuttamiseen tarvitaan kanttikone. Kaikki koneet löytyvät omasta konepajasta kanttikonetta ja polttoleikkauskonetta lukuun ottamatta. Näin ollen puomin rakentamisessa ei tarvitse käyttää ulkopuolisen palveluita. Tällöin saadaan valmistuskustannukset pidettyä kohtuullisina. Eri työvaiheita ei tarvitse teettää ostopalveluna, vaan ne voidaan tehdä suunnitelman mukaan itse omilla koneilla kustannustehokkaasti.

Materiaalikustannukset ovat yllättävän pieni osa kuormaimen kokonaiskustannuksia. Puomiston paino on noin 250 kilogrammaa. Erikoisluja rakenneteräs maksaa noin 2 €/kg. Materiaalien hinta on siis noin 500 euroa. Hydraulikka muodostaa suurimman osan metsäkuormaimen hinnasta. Sylinterit ovat suhteessa edullisimmat hydrauliiikan komponentit. Niiden hinta on noin 200 euroa kappale. Puomistossa on kolme sylinteriä, joten hintaa kertyy noin 600 euroa. Kallein yksittäinen komponentti on käyttöventtiilistö, jonka hinta vaihtelee 1000 ja 3000 euron välillä. Mekaanisesti ohjattu lohko on halvin ja mentäessä hydraulisesti tai sähköisesti esiohjattuihin, hinta moninkertaistuu. Hydrauliletkut, -putket ja -nipat maksavat yhteensä arviolta noin 1000 euroa. Hankalimmin arvioitava kustannus on työ, joka valmistamiseen tullaan käyttämään. Arvioin työajaksi 25 tuntia. Tuntipalkka on tekijällä 15 euroa. Kustannus on silloin noin 400 euroa. Työaikaa voi kulua hiukan enemmänkin, mutta se ei lisää kokonaiskustannuksia oleellisesti.

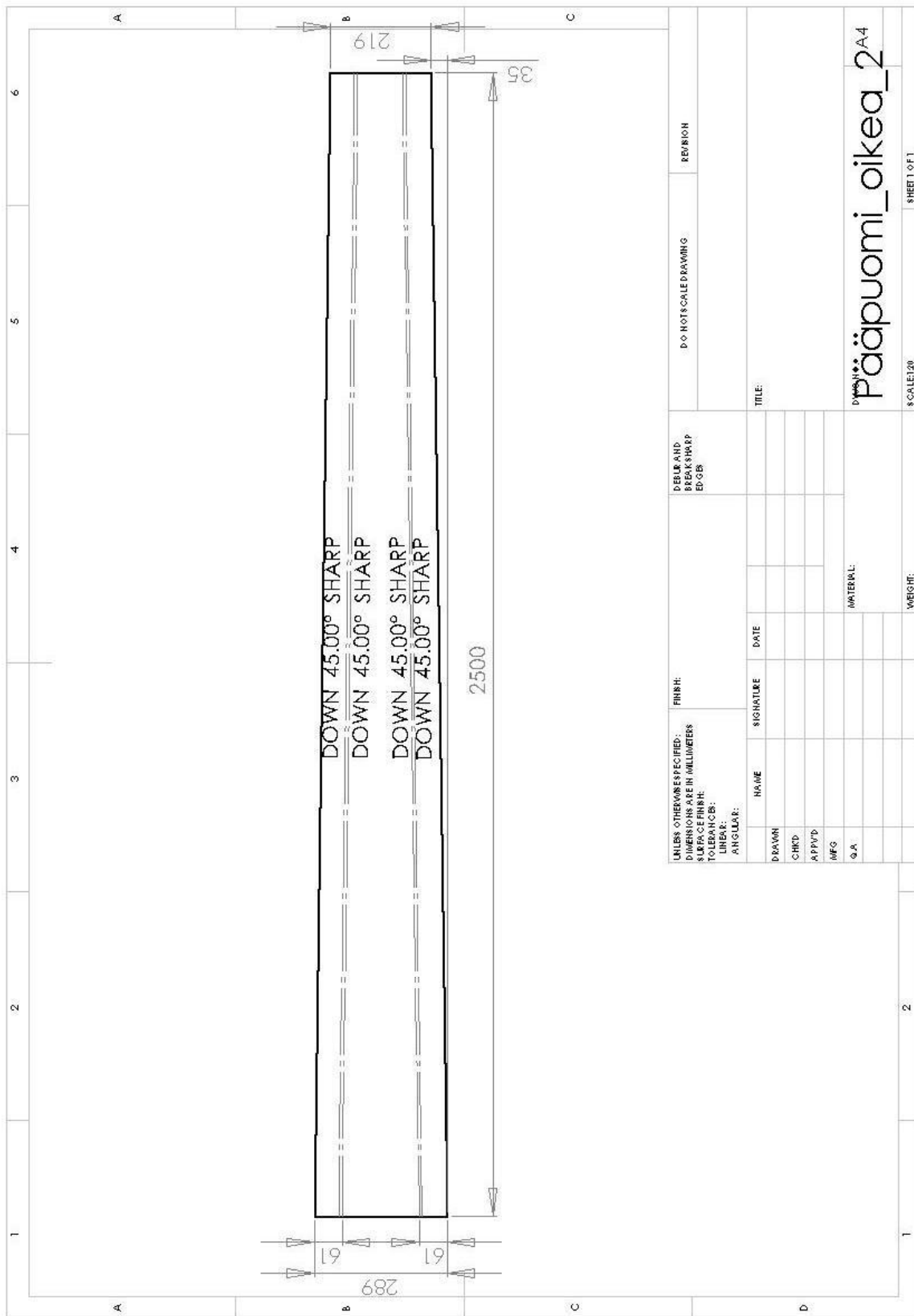
Kun edellä mainitut kustannukset lasketaan yhteen, saadaan kuormaimen puomin valmistuskustannukset. Arvoksi saadaan mekaanisella hydraulikkalohkolla 3500 euroa. Kalliimmalla lohkolla hinta on 5500 euroa. Koska kuormaimeen hankittiin kääntölaitteisto ja pystyvuomi valmiina komponentteina, tulee niiden hinta lisätä noihin hintoihin. Kääntölaitteisto, joka täyttää asetetut vaatimukset, maksaa noin 3000 euroa. Metsäkuormaimen valmistamisen arvioitu kokonaiskustannus asettuu siis 6500 eurosta 8500 euroon. Nämä summat ovat todennäköisesti aika lähellä käytäntöä. Koura ja kääntäjä tarvitaan myös ja näiden yhteishinta on noin 1500 euroa. Kalleimmillaan kuormaaja maksaa siis 10 000 euroa. Koura on tarkoitus valmistaa myös itse, mutta sitä ei oteta hinnassa nyt huomioon.

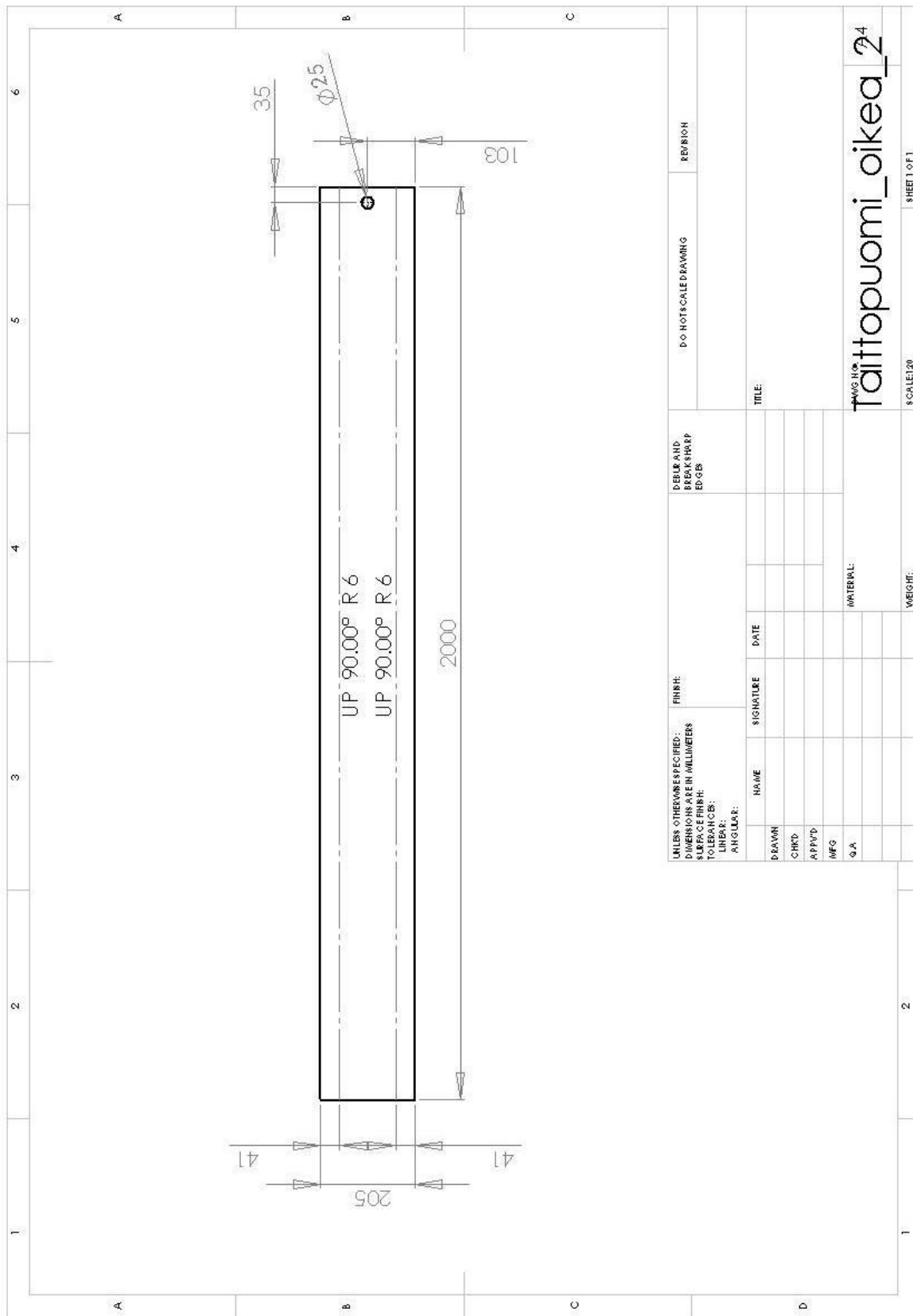
Kannattaako kuormainta valmistaa edellä mainituilla komponenteilla itse? Valmiiden, tehdasvalmisteisten metsäkuormainten hinnat alkavat 10 000 eurosta. Ammattikäyttöön tehdyt ja mitoitettut kuormaimet maksavat noin 20 000 euroa. Hinta riippuu pitkälti siitä, millä hallintavälineillä kuormain varustetaan. Hydraulisella esiohjauksella varustetut 6,5 metrin ulottumalla olevat maatilakuormaimet maksavat noin 15 000 euroa. (Koneviesti 2010.) Kuormaimesta saadaan itse valmistamalla huomattavasti halvempi, kuin ostamalla se suoraan jälleenmyyjältä. Hintaero kannustaa rakentamaan kuormaimen. Itse valmistamalla saadaan myös tehtyä kuormaimesta vahvempi ja kestävämpi, mutta silti keveärakenteinen. Kuormaimeen sijoitettu raha ja työ tulevat takaisin kuormaimen pitkänä käyttöikänä.

Työssä käytin monia ammattikorkeakoulussa jo esiin tulleita teoreettisia tietoja. Tiedot antoivat riittävän osaamisen, jotta työ valmistui. Työn perusteella pystymme valmistamaan kyseisen kuormaimen omassa konepajassamme. Työ tekijäänsä opettaa. Opinnäytetyö opetti pitkäjänteiseen ja järjestelmälliseen työskentelyyn, sekä projektin hallintaan suunnittelusta tuotteen valmistamiseen. Työ jää valmistuksen osalta kesken, mutta suunnitelmat ovat valmiina odottamassa. Tämän opinnäytetyön tekeminen vahvasta sanonnan: hyvin suunniteltu on puoliksi tehty.

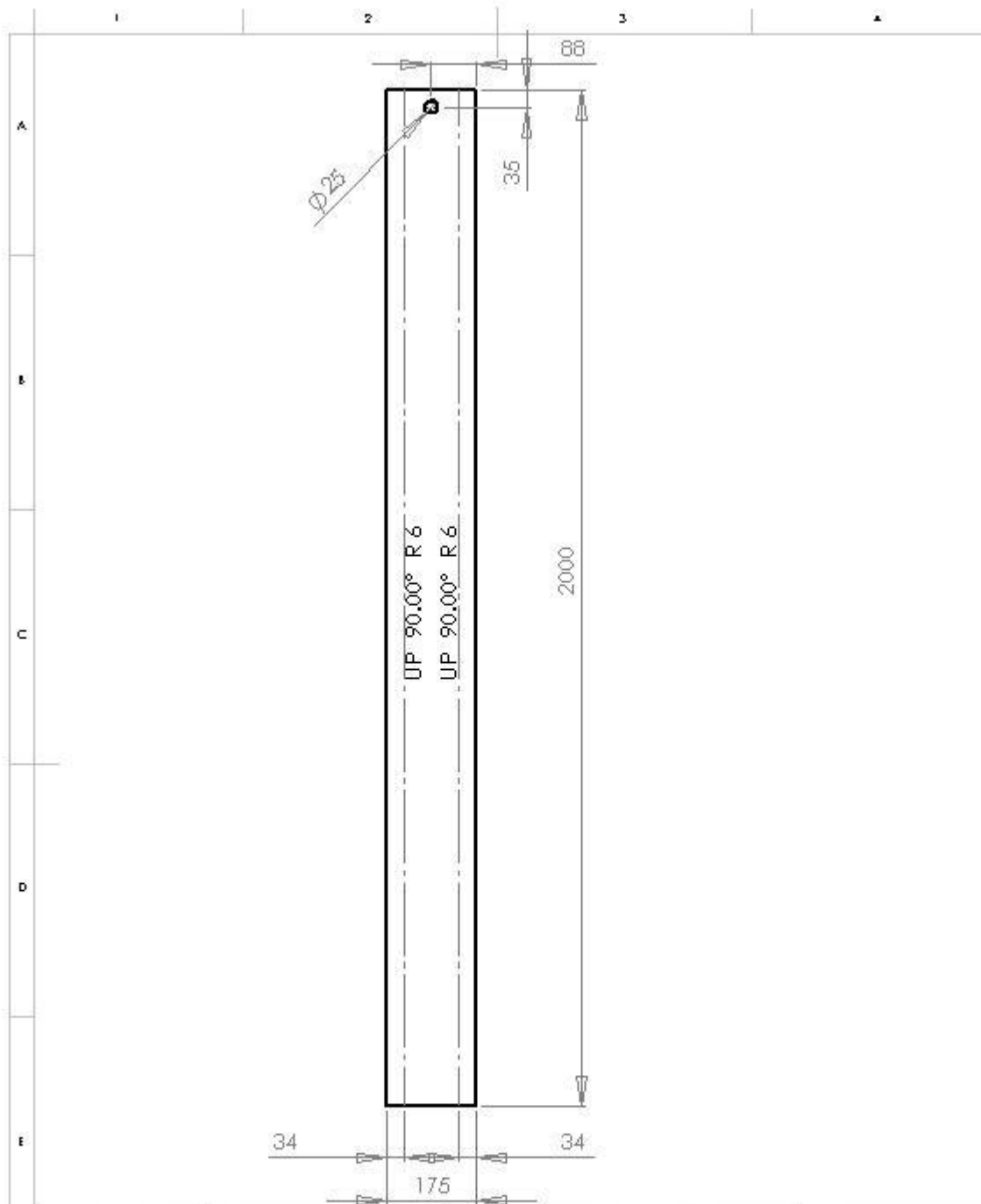
LÄHTEET

- Blom, S., Lahtinen, P., Nuutio, E., Pekkola, K., Pyy, S., Rautiainen, H., Sampo, A., Seppänen, P. & Suosara, E. 1999. Koneenelimet ja mekanismit. 5.-6. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Jokelainen, S. 2009. Lujusoppi. Luentomuistiinpanot. Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu. Ylivieskan yksikkö.
- Jyrkkä, P. 2011. Traktorin ja metsäperävaunun kuva. Nivala: Niittylän tila.
- Koneviesti. Ryhmäesittely: Hydrauliset kourakuormaimet maataloustraktoriin. 2010. Nro. 13. 83-85.
- Kotta, K. 2007. Kun traktorilla metsään mentiin. Koneviesti 8. 116-121.
- Kotta, K. 2008. Metsäkonehistoria osa 3. Koneviesti 8, 88-94.
- Malinen, T. 2009. Koneenosien mitoitus. Luentomuistiinpanot. Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu. Ylivieskan yksikkö.
- Martikka, H. 1985. Muotosulkeiset liitokset. Teoksessa Koneenosien suunnittelu 2 Liitokset. Porvoo: WSOY.
- Niskanen, H. 1982. Traktorit, työkoneet ja maatalouskoneet. Helsinki: Tammi.
- Räsänen, S. 1992. Veto, puristus ja leikkaus. Teoksessa Lujusoppi. 10. painos. Helsinki: Otatieto.
- Saikkonen, M. 1992. Taivutus. Teoksessa Lujusoppi. 10. painos. Helsinki: Otatieto.
- Seppänen, R., Kervinen, M., Parkkila, I., Karkela, L. & Meriläinen, P. 2006. MAOL-Taulukot. 2.-3. painos. Helsinki: Otava.
- Tekniikan Kaavasto 2005, 5. painos. Tampere: Tammertekniikka.
- Valtanen, E. 1986. Tekniikan Taulukkokirja. 16. painos. Jyväskylä: Genesis-Kirjat Oy.
- Vilkuna, T. 2002. Kylmäkyty Traktorilla. 2. painos. Helsinki: Metsälehti.
- Rautaruukki Oyj 2011. Terästuotteet. Saatavissa: www.ruukki.com. Luettu 26.4.2011.
- Ovako Oy 2011. Terästangot. Saatavissa: http://www.ovako.com/applications/Ovako_Search_New/Ovako_search/pdf/42CrMo4_suo_meksi.pdf. Luettu 26.4.2011.

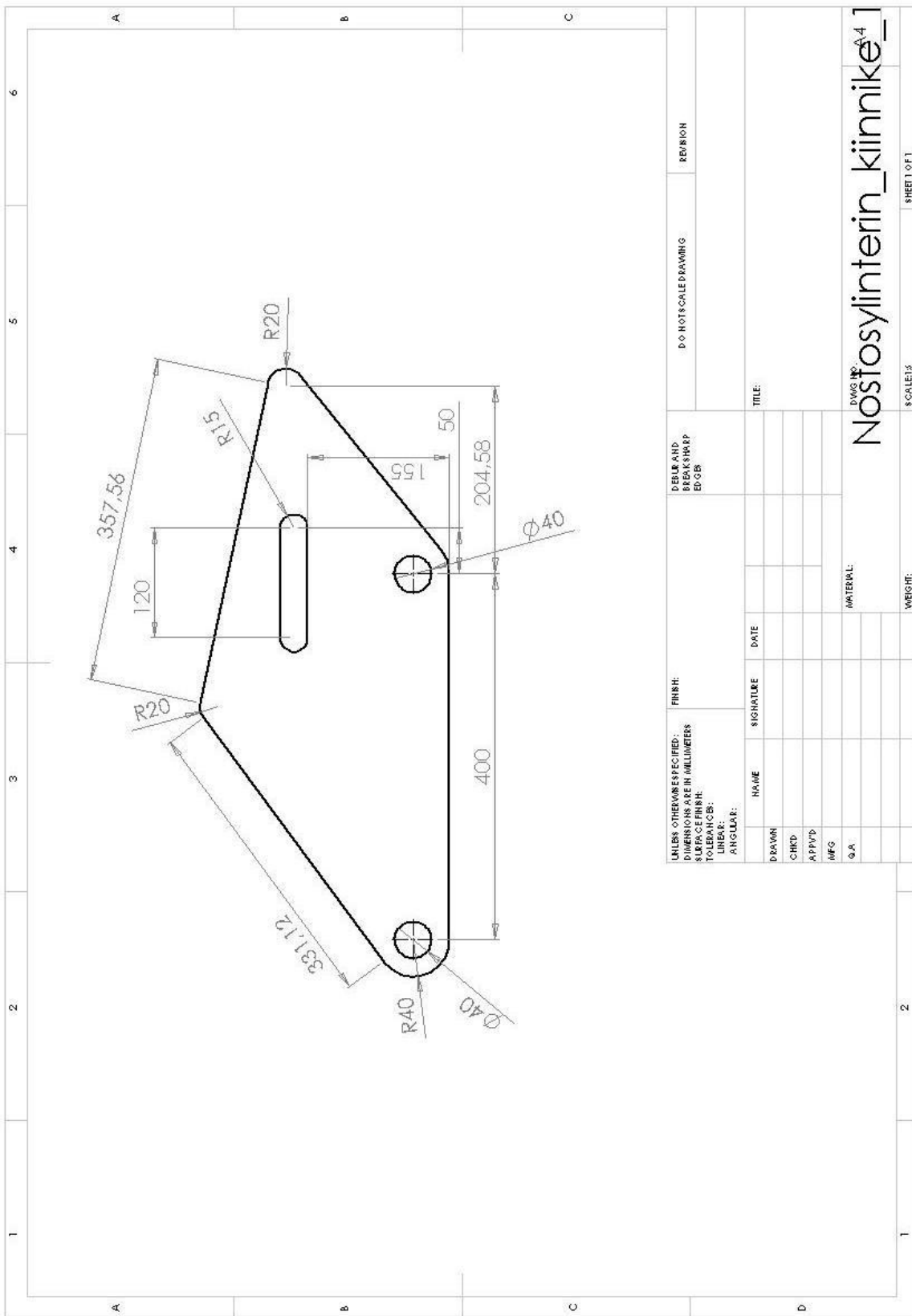




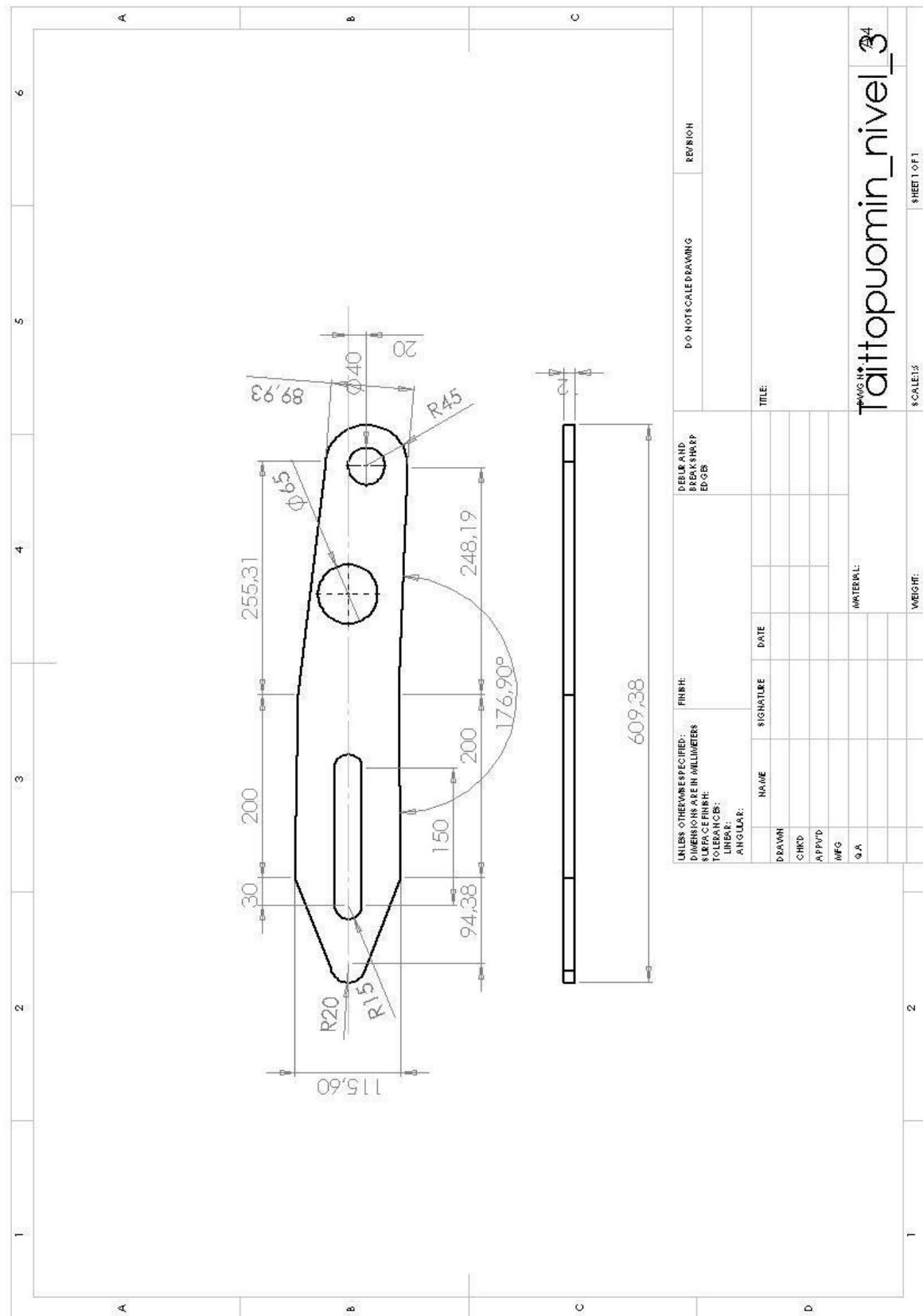
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
SURFACE FINISH:						
TOLERANCES:						
LINEAR:						
ANGULAR:						
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
CHKD				TRAITTOPUOMI_OIKEA_24 SCALE: 20 SHEET 1 OF 1		
APPVD						
MFG						
Q.A.						
		MATERIAL:		WEIGHT:		



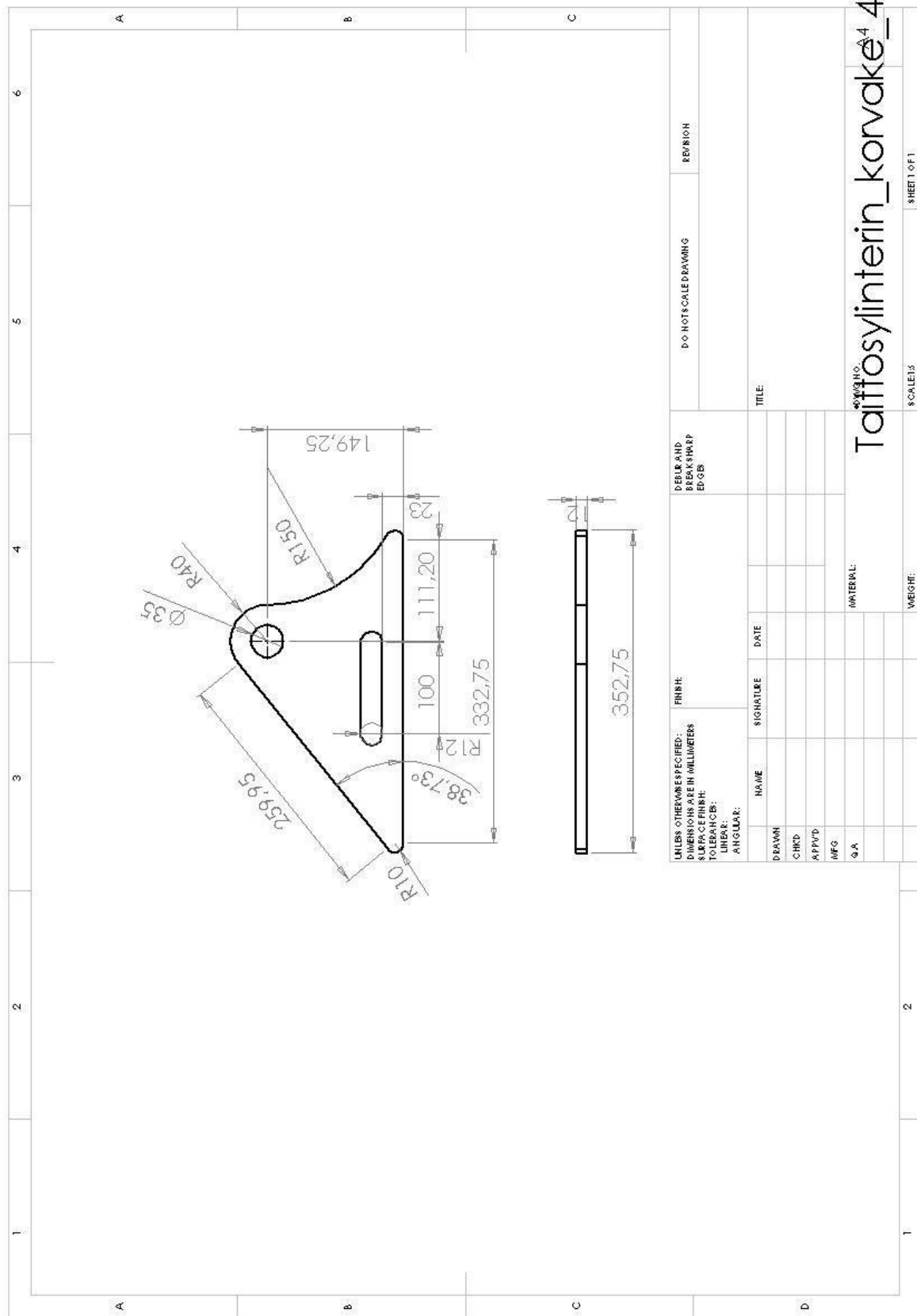
UNITS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH		DIPS AND BEFORE SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH									
REFERENCED TOLERANCES ANGULAR									
	NAME	SIGNATURE	DATE			MATERIAL			
DESIGN						DWG NO Jatkopuomi_oikea_1 ^{R4}			
CHECK									
APPROV									
MFG									
QA						MATERIAL			
						WEIGHT		SCALE 1:50	
								SHEET 1 OF 1	

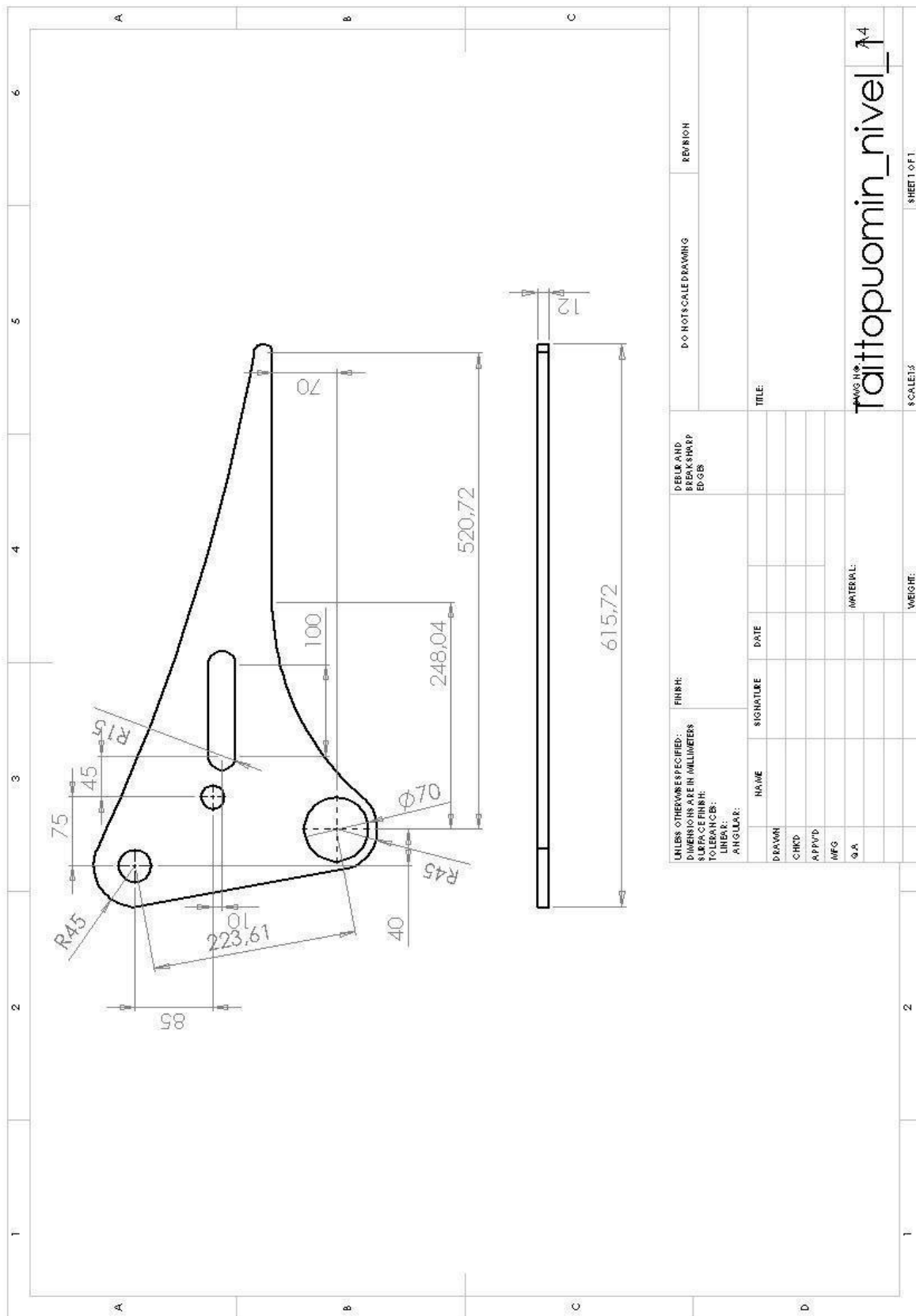


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		D & NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:				D & NOT SCALE DRAWING			
TOLERANCES:				D & NOT SCALE DRAWING			
LINEAR:				D & NOT SCALE DRAWING			
ANGULAR:				D & NOT SCALE DRAWING			
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
CHKD							
APPVD							
MFG							
Q.A.							
				MATERIAL:			
				DRAWING NO: Nostosylinterin_kiinnike_1			
				SCALE: 1:1			
				WEIGHT:			
				SHEET 1 OF 1			

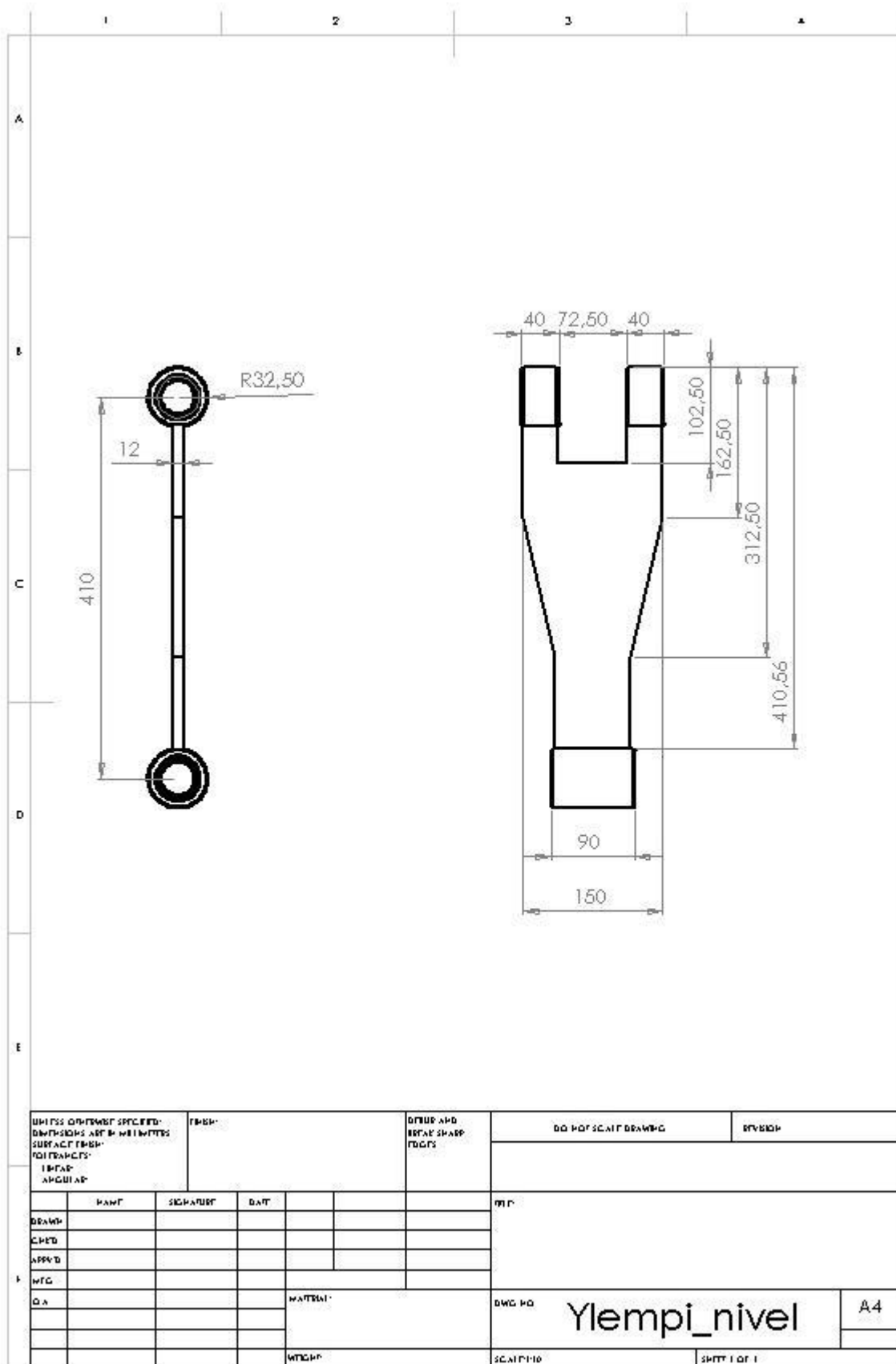


TAITTOPOMIN_NIVEL_34

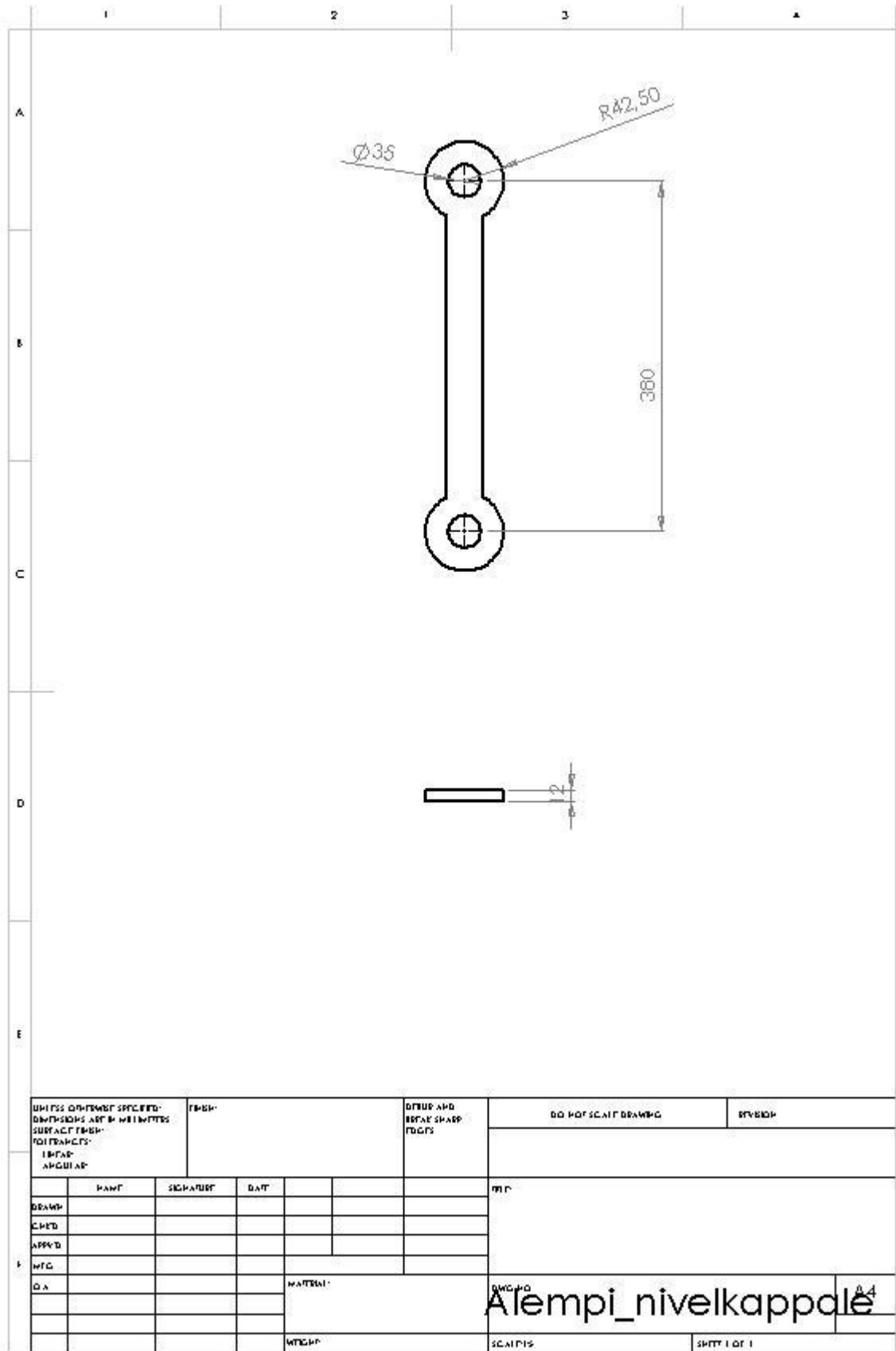




UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		D & NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:		TOLERANCES:		BREAK SHARP EDGES			
LINEAR:		ANGULAR:					
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
CHECKED				DRAWING NO. Taittopuomin_nivel_14			
APPROVED				SCALE: 1:3			
MFG				SHEET 1 OF 1			
Q.A.				WEIGHT:			
				MATERIAL:			



UNITS GIVEN: SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TO BE AS SPECIFIED UNLESS OTHERWISE NOTED				FINISH		DIMENSIONS AND BEVEL SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME				SIGNATURE		DATE		DWG NO		SHEET 1 OF 1	
DRAWN				CHECKED		APPROVED		Ylempi_nivel		A4	
MFG				MATERIAL		WEIGHT		SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1	



UNITS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH		DIMS AND DIMS SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH									
TOLERANCES									
ANGULAR									
	PART	SIGNATURE	DATE			MFG			
DESIGN									
CHECK									
APPROV									
MFG									
DRAWN					MATERIAL	DESCRIBED		BY	
						Atempi_nivelkappale		04	
					FINISH	SCALE		SHEET 1 OF 1	