



# **Hydraulisen puristimen suunnittelu konepajateollisuuden tarpeeseen**

Janne Peltokoski

Opinnäytetyö  
Lokakuu 2011  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Modernien tuotantojärjestelmien ja tuotantotalouden suuntautumisvaihtoehto  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Modernien tuotantojärjestelmien ja tuotantotalouden suuntautumisvaihtoehto

PELTOKOSKI, JANNE: Hydraulisen puristimen suunnittelu konepajateollisuuden tarpeeseen  
Opinnäytetyö s57, liitteet s.25  
Lokakuu 2011

---

Viime vuodet ovat olleet pienille ja keskisuurille konepajoille vaikeata aikaa. Tästä syystä työmenetelmiä täytyy kehittää kustannustehokkaiksi, jotta pystytään vastaamaan kilpailuun.

Järvensivun Konepajalla valmistetaan erikokoisia hammas- ja ketjupyöriä. Nykyinen valmistusmenetelmä synnyttää runsaasti hukkamateriaalia ja vaatii paljon työtunteja. Työstä saadaan kustannustehokkaampi, kun hammas- ja ketjupyöräihioita taivutetaan puristimella muotoonsa polttoleikkaamisen sijaan. Tarkoitukseen sopivia puristimia ei löytynyt ostettavaksi, joten puristimen suunnittelua tarjottiin opinnäytetyöaiheeksi.

Tämä opinnäytetyö koostuu kahdesta osasta. Työn teoreettisessa osassa selvitetään mitä taivuttaminen on, sekä käsitellään hydraulikkaa sylinterien osalta. Työn toisessa osassa on esitellään suunnittelutyön tulokset ja pohdintaa.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua puristimen ydinosa sekä sylinteri. Suunnittelu tehtiin Autodesk Inventor 2011 3D-solidinsuunnitteluohjelmaa ja Ansys 12.0-laskentaohjelmaa apuna käyttäen. Puristimella tullaan puristamaan muun muassa 100 mm vahvaa teräslevyä ympyräkehän muotoon, jolloin sylinterin tarvitsee tuottaa suuri voima. Tästä syystä myös rakenteen täytyy olla luja, mutta myös kustannuksiltaan järkevä. Puristimen osista tehtiin myös piirustukset valmistusta varten.

Järvensivun Konepaja hyödyntää opinnäytetyöstä saatuja suunnittelun tuloksia sekä jatkaa koneen kehittelyä. Puristin tullaan rakentamaan, kunhan kaikki osiot saadaan suunniteltua valmiiksi.

---

Asiasanat: Hydraulipuristin, hydraulikka, sylinteri, taivuttaminen

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Option of Modern Production Systems and Industrial Engineering and Management

PELTOKOSKI, JANNE: Hydraulic press designing for engineering industry

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 25 pages  
September 2011

---

Last few years have been difficult times for small and medium size companies. That's why companies have to develop their work methods more cost-effective.

Different size sprocket wheels were produced by Järvensivun Konepaja. Lots of waste material was born in present manufacturing method and have to be done lots of work hours to get final piece. Job comes more cost-effective when sprocket wheel billet be pressed its shape instead of flame cutting. There weren't hydraulic press to buy in domestic market. That's why designing of hydraulic press was offered as a subject of final thesis.

This thesis consists two parts. The theoretical part covers what bending is and also covers hydraulics as for cylinder. Second part of this thesis is shown the results of designing.

As a result of this thesis, were designed the nuclear parts of machine's body and cylinder. Designing was made by using Autodesk Inventor 2011 3D solid designing program and Ansys 12.0 FEM-calculating program. Hydraulic press will be used as pressing steel plate to circumference. Maximum thickness of steel plate will be 100 mm.

Järvensivun Konepaja will use the designing results of this thesis and they will continue the designing work. After the all designing work is done, they will build the Hydraulic press.

---

Key words: Hydraulic press, Hydraulics, cylinder, bending

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	JÄRVENSIVUN KONEPAJA OY .....	7
3	TUTKIMUSONGELMA .....	8
3.1	Nykyinen tilanne ja mihin pyritään .....	8
3.2	Miksi päädyttiin puristimeen? .....	9
3.3	Rajaukset .....	9
4	PURISTIN .....	11
5	TAIVUTTAMINEN.....	12
5.1	Yleisestä taivuttamisesta .....	12
5.2	Särmättävyys .....	12
5.3	Taivutuksen teoria .....	13
5.4	Pohjataivutus ja vapaataivutus .....	14
5.5	Taivutusvoima.....	14
5.6	Takaisinjousto .....	16
5.7	Oikaistu pituus.....	17
6	SYLINTERIT .....	18
6.1	Sylinteriryhmät.....	18
6.2	Sylinterin rakenteet .....	19
6.2.1	Hitsatut sylinterit .....	20
6.2.2	Sidepulttikiinnitteiset sylinterit .....	20
6.2.3	Kierre- ja ruuvikiinnitteiset sylinterit.....	20
6.3	Sylinterin kiinnikkeet .....	21
6.3.1	Pallonivelkiinnitys.....	21
6.3.2	Tappinivelkiinnitys .....	21
6.3.3	Laippakiinnitys.....	21
6.4	Päätävaimennus.....	22
6.5	Sylintereiden tiivisteet.....	22
6.5.1	Nitriilikumi.....	23
6.5.2	Polyuretaani.....	23
6.5.3	Fluorikumi .....	23
6.5.4	Polyamidi ja Asetaalimuovi .....	23
6.6	Sylintereiden mitoitus .....	24
6.7	Sylinterin nurjahdus .....	25
7	PAINEISKU .....	27
8	HYDRAULINESTEET .....	30
9	TYÖN ESITTELY .....	31
9.1	Koneen rungon lujuuslasku kuvat .....	33
9.2	Rakenneteräs .....	33
9.3	Vetotanko .....	34
9.4	Vastinpääty .....	36
9.5	Sylinteripääty .....	38
9.6	Kokoonpanon liitokset .....	40
9.7	Sylinterin esittely.....	41
9.8	Sylinterin lujuuslaskut.....	41
9.8.1	Sylinteriputki .....	41
9.8.2	Sylinterin pääty .....	43

9.8.3 Sylinterin nurjahdus .....	44
9.8.4 Sylinterin pohjan hitsaus .....	45
9.8.5 Sylinterin tiivisteet .....	45
9.8.6 Sylinterin ohjaimet .....	48
9.8.7 Laakeri.....	50
9.8.8 Mineraaliöljy .....	50
9.8.9 Letkukoko .....	51
9.8.10 Hydraulinen teho .....	52
9.9 Nostosylinteri .....	53
10 YHTEENVETO JA POHDINTA .....	55
LÄHTEET .....	56

## 1 JOHDANTO

Viime vuodet ovat olleet monille metalliteollisuuden pienten ja keskisuurten yritysten eloonjäämistaloutta. Keväällä 2011 toivuttiin taantumasta ja päästiin lähelle huippuvuosien tilauskantaa. Nyt ennusteiden mukaan on tulossa uusi taantuma. Samanaikaisesti valmistavaa toimintaa on siirretty Suomesta päähankkijoiden toimesta halvan työ- kustannusten maihin. Perässä ovat siirtyneet myös monet alihankkijat. Täten maailman talouden heikentynyt tilanne pakottaa yritykset kehittämään toimintaansa kilpailukyvykkäämmäksi. Lisäksi vaaditaan kykyä tunnistaa asiakkaiden todelliset tarpeet.

Olen ollut Järvensivun Konepajalla suorittamassa harjoittelua koneasentajan töitä tehden. Täten etsiessäni opinnäytetyöaihetta soitin jo aiemmin tuttuun yritykseen ja tiedustelin olisiko heillä tarjota aihetta. Konepajalla oli kehitelty ideaa koneesta, joka parantaisi ketju- ja hammaspyörien tuotantoa. Kone oli ideana hyvä, joten sain sen suunnittelusta opinnäytetyöaiheen.

## 2 JÄRVENSIVUN KONEPAJA OY

Järvensivun konepaja on alun perin Eero Järvensivun 1960-luvun alkupuolella perustama yritys. Eero Järvensivun jälkeen yrityksen johtoon on siirtynyt Mikko Järvensivu. (Järvensivun Konepaja OY. 2011)

Järvensivun Konepaja tekee konepajateollisuuden alihankintatöitä laajasti, mutta myös yhden osan tarvitsijalle kappaleita valmistetaan. Tilausten perusrunko tulee kuitenkin isoista yrityksistä, jotka toimivat metallialan eri sektoreilla. Järvensivun Konepaja Oy ei varsinaisesti ole erikoistunut mihinkään tuotteeseen eli asiakkailleen konepaja toimittaa yhtä hyvin paperikoneen osia kuin puunjalostusteollisuuden tai metallinkäsittelyssä tarvittavia voimansiirron ketju- ja hammaspyöriä. (Järvensivun Konepaja OY.2011)

Yhtiö on kasvanut autotallipajasta noin 40 työntekijän yritykseksi. Konepajan laitekanta on suuri. Uusien koneiden lisäksi joukossa on käytettyjä, itse kunnostettuja koneita, jotka ovat täysin käyttökelpoisia. Koneita pajassa on useita kymmeniä. (Järvensivun Konepaja OY.2011)

Yrityksellä on myös oma tuote. Se on Eero Järvensivun kehittämä Torni-varastointilaite, joka on ollut yrityksen oma tuote vuodesta 1975. Tornia on käytetty Kanadassa, Ranskassa ja Venäjällä. (Järvensivun Konepaja OY.2011)

### 3 TUTKIMUSONGELMA

Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella vaakatasossa toimivan puristimen ydinosat ja sen periaatteellinen toiminta. Puristimen avulla saadaan alennettua suurimpien ketju- ja hammaspyörien valmistuskustannuksia huomattavasti, sillä muutama työvaihe poistuu ja hukkan määrä vähenee. Työvaiheiden poistuessa myös ketjupyörien valmistus vo-lyymi kasvaa.

#### 3.1 Nykyinen tilanne ja mihin pyritään

Järvensivun Konepaja Oy:llä valmistetaan erikokoisia ketju- ja hammaspyöriä. Ketjupyörien aihiot valmistetaan hitsaamalla polttoleikattuja puoliympyröitä tai neljännesosaympyröitä yhteen, jolloin saadaan kokonainen kehä (kuvio 1). Polttoleikattaessa esimerkiksi 100 mm teräslevystä ympyränkehän osia tulee runsaasti hukkamateriaalia, sillä kehä ei voida asettaa suorakaiteen muotoiselle levyille niin, ettei hukkaa tulisi. Hukan määrä on noin 30 % koko levystä. Lopuksi kehän osat hitsataan yhdeksi kehäksi.

Konepajalla on yksi 250 tonnin pystyasennossa toimiva puristin, jolla kokeiltiin puristaa 70 mm paksuja teräslevyä puoliympyräksi. Tämä on toimiva menetelmä, mutta ongelmana tässä on, että puristin on pysty asennossa. Tällöin työ on fyysisesti todella raskasta sekä teräsvanteen mahdollinen pudotuksen todennäköisyys on suuri. Pajalla valmistetaan myös ainevahvuudeltaan paksumpia ja halkaisijaltaan todella suuria hammaspyöriä. Tällöin nykyisen puristimen voima ei riitä puristamaan työkappaletta muotoonsa. Lisäksi puristimen runko tulee tielle puristettaessa suuria kaaria.



KUVIO 1. Puristettu puolikaariaihio ja valmis kappale (alla)



Ongelmaan keksittiin ratkaisuksi kone, jolla voidaan puristaa vaakatasossa kokonaisia ympyröitä. Tällaista konetta ei löytynyt markkinoilta ostettavaksi, joten koneen suunnittelu sopi opinnäytetyön aiheeksi.

Koneen vaatimuksiksi muodostui, että puristuksen on tapahduttava vaakatasossa ja sillä voidaan puristaa 100 mm paksua ja 200 mm leveää S355 teräslevyä. Koneella täytyy myös voida puristaa levy kokonaiseksi ympyräksi, jolloin selvittää vain yhdellä hitsisaumalla. Tietenkin yksi lisävaatimus oli, ettei koneen koko kasva tarpeettoman suureksi.

### 3.2 Miksi päädyttiin puristimeen?

Maailmalla vastaavanlaisia vanteita tehdään muovaamalla ja takomalla teräksestä haluttuja renkaita. Vanteita varten on aivan omat koneensa ja tehtaansa. Muovaamalla ja takomalla tehtyjä vanteita voisi tilata esimerkiksi Saksasta, mutta niiden hinta on korkea. Arvioiden mukaan tässä tapauksessa hinta olisi kolminkertainen levynkilohintaan nähden. Vanteiden tilaus ei usein sovi asiakkaan tilausaikatauluun.

Muita vanteiden valmistusmenetelmiä on valaminen ja leikkaaminen. Valamisen ongelma on siinä, että Järvensivun Konepaja valmistaa monenkokoisia hammaspyöriä. Kaikkien nykyisten hammaspyöräkokojen muottien valmiskustannuksen olisivat mittavat, sillä jokaista hammaspyörä aihiota varten täytyisi tehdä omat muottinsa ja varastoida ne. Hammaspyörien menekin arvioimien on haastavaa, joten varastoon valmistamien ei kannata. Jos kyseessä olisi vain yhdestä tai muutamasta hammaspyöräkoosta valamien olisi hyvä menetelmä.

Putkesta leikkaamalla tehtyjen vanteiden ongelma on tilauksien ennustettavuuden vaikeus, jolloin erikokoisten putkien varastoiminen sitoo turhaan pääomaa. Putkia voitaisiin tilata myös vasta asiakkaan tilauksen tultua, mutta tämän kaltainen toimintatapa ei monessa tapauksessa sovi asiakkaan aikatauluun.

### 3.3 Rajaukset

Toimivan koneen suunnittelu kokonaisuudessaan ei ole mahdollista opinnäytetyön puitteissa, joten aihetta täytyi rajata ennen kuin suunnittelu aloitettiin. Työ rajattiin siten, että suunniteltavaksi jäi koneen ytimen suunnittelu sekä sylinterin suunnittelu. Sylinterin koko määrää koneen mitat, jolloin sylinterin suunnittelu on luonnollinen osa opinnäytetyötä. Vaikuttavien voimien pysyessä koneen ytimessä, koneen rungon jaloilla ja

työtasolla ei ole niin suurta merkitystä, jolloin ne voitiin jättää suunnittelun ulkopuolelle. Kone tulee toimimaan hydraulilla. Koneeseen koko hydraulikan suunnittelu olisi ollut yksi oma opinnäytetyö laajuutensa johdosta. Tämän johdosta se tullaan tilaamaan kokonaisuudessaan hydraulikoneikkona. Puristimen sähkökytkennät voidaan suunnitella valmiimpaan koneeseen, jolloin se ei voinut kuulua opinnäytetyöhön. Koneen rungosta ja sylinteristä tuli tehdä myös piirustukset.

#### 4 Puristin

Puristimissa hydraulikoneikko muuttaa mekaanisen energian hydrauliseksi tehoksi. Useimmiten mekaaninen teho tuotetaan sähkömoottorilla. Tämän jälkeen mekaaninen teho on muuttunut paineeksi ja tilavuusvirraksi. Koneen toimilaitteet muuttavat hydraulisen tehon takaisin mekaaniseksi tehoksi. Hydraulijärjestelmillä saadaan yksinkertaisesti aikaan suuria voimia ja momenteja.

Hydraulipuristimia on käsitoimisia, jolloin käsin pumpataan työpaine järjestelmään. Käsikäyttöiset ovat pienemmille työvoimille. Haluttaessa suuri voimia sähkömoottorit tulevat kyseeseen. Puristimia on olemassa eri tarkoituksiin ja siten ne tuottavat erisuuruisia voimia. Esimerkiksi eräästä käytettyjen koneiden nettikaupasta löytyy hydraulisesti toimivia puristimia 1 tonnista 7000 tonniin. Suurimmissa puristimissa voima on saatu aikaan monilla sylintereillä kuten kuvassa (kuvio 2) (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 170–172).



KUVIO 2. Hydraulipuristin 7000 tn (UEN, 2011)

## 5 TAIVUTTAMINEN

### 5.1 Yleisestä taivuttamisesta

”Taivuttaminen voidaan määritellä tasomaisen levykappaleen muovaamiseksi siten, että siihen muodostuu eri tasoissa olevia osia, mikä voi tapahtua yhden tai useamman yhdensuuntaisen tai käyrän taivutusakselin ympäri.” ( Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.42)

Taivuttaa voidaan levyn ohella monenlaisia muotoja, kuten lankaa, muototankoja ja putkia tai teräsrakenteita.

Taivuttaminen voidaan jakaa kolmeen menetelmään: taivutettava kappale ei liiku levyn suunnassa, taivutettava kappale liikkuu levyn suunnassa ja taivutettava liike on taivutusakselin suuntainen. Taivutettava kappale ei liiku levyn suunnassa särmäyspuristimella ja puristimella taivutettaessa. Näissä taive kääntyy kahdelta tai useammalta reunaltaan. Myöskään levyntaivutuskoneella taivutettaessa kappale ei liiku levyn suunnassa, vaan siinä on yksi taivutettava reuna kiinnitetty. Levynpyörästyskoneella taivuttava liike on kohtisuora taivutusakselia vastaan ja tällöin taivutettava kappale liikkuu levyn suunnassa. Rullamuovauskoneella taivutettaessa taivuttava liike on taivutusakselin suuntainen.

Taivuttamista on suoraan taipseeseen taivuttaminen (särmääminen) ja pyöristäminen. Myös laipoittaminen ja vaottaminen luetaan taivuttamiseksi.

Taivuttamiseen vaikuttaa monet tekijät, kuten taivuttavan koneen ja työkalujen liikkeet, työkappaleen geometrian käyttäytyminen eli taipumalinjan käyttäytyminen, staattiset reaktiot työkappaleessa (voimat, jännitykset, momentit), staattiset reaktiot työkaluissa ja taivuttavan koneen staattiset reaktiot. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.42)

### 5.2 Särmättävyys

Taivuttaminen on teräslevyjen yleinen muovausmenetelmä. Levyn taivutettavuutta sanotaan särmättävyydeksi, jota ei voida määritellä yksikäsitteisesti, kuten esimerkiksi lujuus. Särmäyksessä levyn materiaaliominaisuudet ja paksuus vaikuttavat lähinnä taikaisin joustoon ja kuinka pieneen säteeseen levy on mahdollista taivuttaa. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997. 43–44)

Särmättävyyteen vaikuttaa muun muassa mikrorakenteesta ja koostumuksesta riippuva perusmateriaalin muodonmuutoskyky, levyn pinnanlaatu, valssaussuunta, käytetty taivutusmenetelmä ja työkalujen kunto. Taivutetun levyn venynyt ulkopinta on herkkä vaurioille, jotka saavat alkunsa pinnan vioista ja epätasaisuuksista. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.44)

Suunniteltavassa puristimessa taivutus on pohjataivutusta. Pohjataivutus on taivutusmenetelmistä rasittavin, kun asiaa ajatellaan särmään kohdistuvien taivutusrasitusten kannalta. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.44)

Teräslevyjen särmättävyys löytyy standardeista tai valmistajan takaamista materiaalitiedoista. Särmättävyys ilmoitetaan usein tiettynä taivutuskokeen tuurnan halkaisijana. Markkinoilta on saatavissa erityisiä särmättäviä levylaatuja, jotka erotetaan muista lisämerkinnöin. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.44)

### 5.3 Taivutuksen teoria

Taivutettaessa kiinteitä levymäisiä kappaleita muodonmuutos saadaan aikaan saattamalla taivutettava kappale plastiseen tilaan. Teoreettisissa tarkasteluissa käsitellään yleisesti tilannetta, jossa taivutettavaan levyyn ei kohdistu leikkausvoimia. Tällaista tilannetta ei esiinny käytännössä usein. Silti teorian avulla voidaan selvittää muun muassa taivutuksessa esiintyvät venymät ja jännitykset, taivutuksen jälkeen tapahtuva takaisinjousto, taivutussäde ja taivutusvoimat. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.44)

Taivutustapahtuma yksinkertaistetaan tavallisesti puhtaaksi momenttitaivutukseksi. Taivutuksen klassisessa teoriassa levyn keskellä on jännityksetön ja deformatumaton vyöhyke. Tätä vyöhykettä sanotaan neutraaliakseliksi. Teoria on voimassa vai silloin kun sisäpyöristyssäde on  $r_i \geq 50s$ , vaikka valtaosassa taivutustapauksia, kuten opinnäytetyönikin tapauksessa  $r_i \leq 50s$ . (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.44)

Levyn taivutuksessa voidaan löytää kolme eri tilannetta:

1. Taivutuksen alussa venymät poikkileikkauksessa on aluksi elastisia. Koska myötöraja ei ylitetä ja voiman vaikutuksen lakatessa, palautuvat muodonmuutokset entiselleen ja levy oikenee alkuperäiseksi. Minimi säteeseen vaikuttaa levymateriaalin kimmokerroin ja sen aineen myötöraja.

2. Momenttia lisätessä (taivutussädettä pienennettäessä), aineen myötöraja ylittyy aluksi levyn pinnoissa ja silloin tapahtuu plastista muodonmuutosta. Muodonmuutos on sisäpuolella tyssäytymistä ja ulkopuolella venymistä. Puristusvoiman kasvaessa myötöraja ylittyy myös levyn sisäosissa. Poistettaessa kuormitus, levyn keskellä olevat elastiset vyöhykkeet pyrkivät palauttamaan levyn suoraksi. Levy ei kuitenkaan suoristu sillä pinnoissa on plastinen muodonmuutos, joka ei palaudu ja näin levyyn jää taive.
3. Jos taivutusta lisätään niin, että taivutussäde on suunnilleen levyn paksuinen, neutraaliakselin molemmiin puolin olevat elastiset vyöhykkeet vähenevät ja muodonmuutoksesta tulee täysin plastinen. Tämä tapaus on kaikkein tavoitelluin.

#### 5.4 Pohjataivutus ja vapaataivutus

Vapaataivutuksessa on kolmen pisteen taivutusta, eli työkalu koskettaa levyä ainoastaan työkalun kärjen kohdalla ja vastimen uran reunoissa. Tässä taipeen muoto määräytyy vain työkalujen keskinäisen etäisyyden mukaan. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.56)

Suunniteltavassa puristimessa taivutus on pohjataivutusta. Siinä levy puristetaan painimen ja vastimen väliin, siten että työkalujen etäisyys toisistaan on joka kohdassa levyn paksuuden suuruinen. Puristimella tullaan tekemään erikokoisia vanteita, mikä tarkoittaa sitä, että jokaiselle vanne koolle tarvitsee valmistaa omat painin ja vastin yhdistelmät. Pohjataivutuksessa voimantarve on moninkertainen verrattuna vapaataivutukseen, joissakin tilanteissa jopa 3-8 -kertainen. Pohjataivutusta käytetään yleensä levynpaksuuksien ollessa yli 2 mm. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.56)

Pohjataivutusta voidaan tehdä myös elastisella vastimella, levynpaksuuksien ollessa alle 3 mm. Tällöin voimantarve on noin 1,5-2 -kertainen verrattuna vapaataivutukseen. Elastisella vastimella taivuttaminen vaatii korkeaa ammattitaitoa ja monia kokeiluja elastomeerin oikean toiminnan löytämiseksi. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.56)

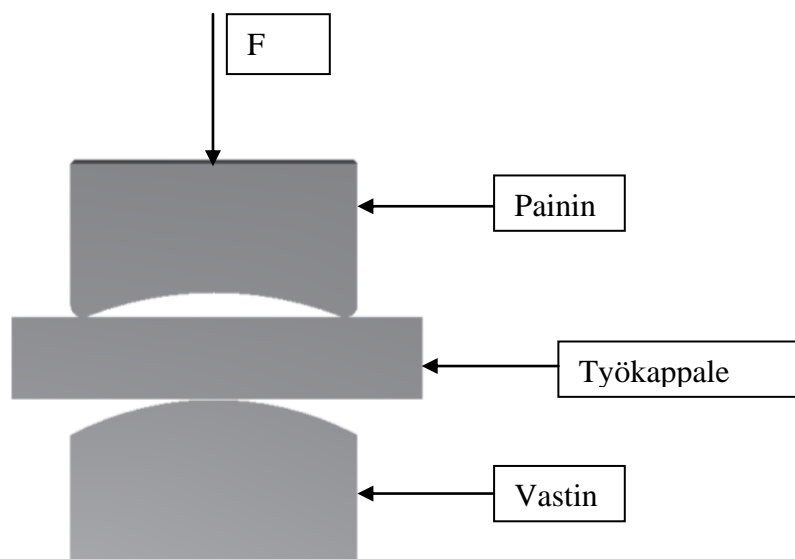
#### 5.5 Taivutusvoima

Taivuttaminen on teoreettisesti tarkasteltuna erittäin monimutkainen tapahtuma, joista on kehitetty erilaisia malleja. Laskelmiin liittyy monia aineen käyttäytymiseen liittyviä epävarmuustekijöitä. Näiden takia laskut eivät aina pidä paikkaansa kovinkaan tarkasti.

Tästä johtuen opinnäytetyöhöni olen laskenut karkean likiarvon puristusvoiman tarpeesta.

Taivutusvoiman tarve vaihtelee taivutuksen edetessä. Aluksi voiman tarve kasvaa ja sen jälkeen se vähenee. Tässä vaiheessa ollaan vielä vapaataivutuksen tilanteessa. Siirryttäessä pohjataivutukseen voimantarve alkaa kasvaa eksponentiaalisesti. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.57)

Opinnäytetyön tapaus (kuvio 3) on lähellä taivutusta U- muotoiseen vastimeen.



KUVIO 3. Opinnäytteen puristustapaus

Arvio puristusvoiman tarpeesta voidaan laskea seuraavalla kaavalla (yhtälö 1):

$$F_{tot} = 0,5 \cdot s \cdot b \cdot R_m, \quad (1)$$

missä

s= aine vahvuus [m]

b= työkappaleen leveys [m]

Rm= työkappaleen murtolujuus [N/m<sup>2</sup>]

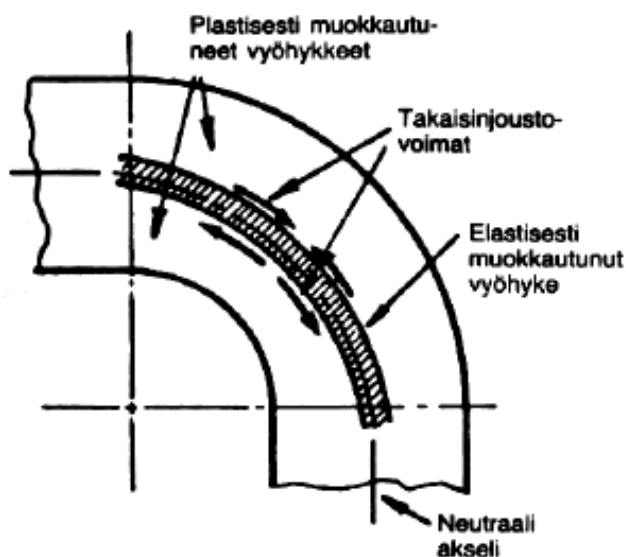
$$F_{tot} = 0,5 \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m} \cdot 520000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ N} \approx 530 \text{ tn}$$

(Tschaetsch, 2005, 200)

Kaavasta nähdään vain suuntaa antava voiman tarve, joten päätiin suunnitella siten 800 tonnin puristimen. Vaikka kävisikin niin, että arvio puristusvoimantarpeesta olisi väärä, työkohtaisten työvälineiden oikeanlaisella suunnittelulla saadaan aikaan kuitenkin haluttu muoto. Nimittäin muoto saadaan aikaan myös vapaataivutuksella, jossa puristusvoimantarve on paljon pienempi.

## 5.6 Takaisinjousto

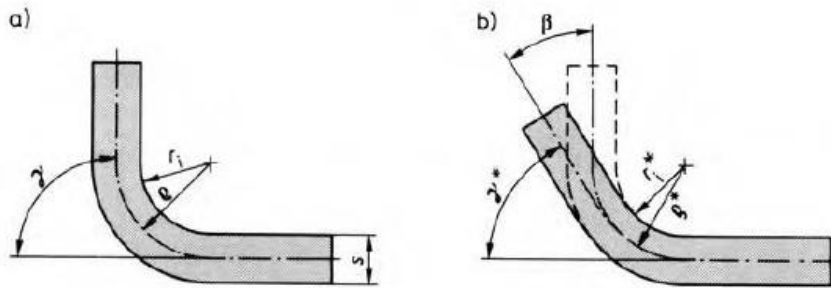
Kuten jo aiemmin todettiin, levyn taipuma muodostuu plastisen ja elastisen muodonmuutoksen summana. Levyn neutraaliakselin kohdalla on alue, jossa tapahtuu vain elastista muodonmuutosta. Tämä alue aiheuttaa ulkoisen voiman poistuttua tilanteen, että voimatasapainoa ei saavuta hetkellä, jolloin ulkopuolella on jännityksetön tila. Elastisen alueen sisäiset jännitykset aiheuttavat levyn pyrkimyksen palautua alkuperäiseen muotoonsa. Taivuttamisesta aiheutuneet plastiset muovautuneet vyöhykkeet (kuvio 4) kuitenkin pyrkivät estämään palautumisen. Sisäinen voimatasapaino saavutetaan tietynlaisen takaisinjouston jälkeen. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.46)



KUVIO 4. Levyn vyöhykkeet (Koivunen, V. 2007)

Levyn jäännösjännitykset aiheuttavat taipuen avautumisen eli takaisinjouston (kuvio 5). Takaisinjousto ilmenee kaikessa taivutusmenetelmissä. Ohuilla levyillä se on suhteellisesti suurempi kuin karkeilla levyillä. Vastaavasti myös kovat ja lujat teräkset palautuvat enemmän kuin rakenneteräkset. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.46)





KUVIO 5. Takaisinjousto a) ennen joustoa b) kappale takaisinjouston jälkeen (Tschaetsch, 2005, 197)

Taivutussärmän kohdalla tapahtuvat suurimmat muodonmuutokset. Särmän ulkopinta venyy ja sisäpuoli tyssääntyy. Särmässä tapahtuu myös kuroutumista, mistä johtuu levyn ohenemin särmän kohdalla. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.46)

Takaisinjoustoja ei ole laskettu tätä opinnäytetyötä varten, sillä se tarvitsee tehdä jokaiselle työkaluyhdistelmälle erikseen. Tavoitekulman ja taivutuksessa käytettävän kulman välinen suhde (takaisinjoustokerroin  $k$ ) riippuu taivutussäteen ja levyn paksuudesta. Takaisinjoustokertoimen voi laskea kaavasta tai lukea arvion alan kirjallisuudesta saatavista lähteistä

### 5.7 Oikaistu pituus

Oikaistu pituus tarkoittaa taivutetun kappaleen aihion mittaa. Tästä aiheesta pitäisi taivutuksen jälkeen syntyä oikeanlainen kappale. Taivutetun kappaleen kylkimittojen summa ei välttämättä ole aihion pituus. Oikaistun pituuden laskemiseksi on olemassa tietokoneohjelmia, laskukaavoja ja valmiiksi laskettuja taulukoita. Mallinnusohjelmien varaan ei kuitenkaan voi jättäytyä, sillä ne eivät kaikille kappaleille näytä oikaistua pituutta oikein (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997.46; Koivunen, V. 2007)

## 6 SYLINTERIT

### 6.1 Sylinteriryhmät

Sylintereiden antama teho on mekaanista, edestakaista suoraviivaista liikettä. Sylinterit muuttavat hydraulisen energian mekaaniseksi energiaksi. Toimintansa mukaan sylinterit jaetaan seuraaviin kolmeen sylinteriryhmään:

- Yksitoimiset sylinterit
- Kaksitoimiset sylinterit
- Erikoissylinterit

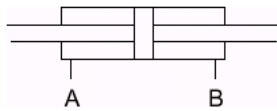
Yksitoimisissa sylintereissä (kuvio 6) toinen liike toimii hydraulisesti ja toinen liike toimii, joko ulkoisella kuormalla tai palautusjousen avulla. Kaksitoimisissa sylintereissä (kuvio 7) männän liikkuminen molempiin suuntiin tapahtuu hydraulisesti eli molemmat liikesuunnat voivat olla työliikkeitä. Kaksitoimisissa sylintereissä voi olla myös kaksi männän vartta (kuvio 8). Tällöin työtä voidaan yhtä suurilla työvoimilla molempiin suuntiin. Alla olevissa kuvioissa liitännään A tai B tuotu tilavuusvirta saa aikaan sylinterin liikkeen.



KUVIO 6. Yksitoiminen sylinteri toispuolisella männänvarrella (Metropolia, 2011)

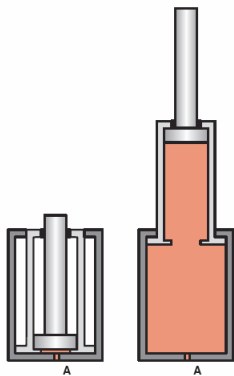


KUVIO 7. Kaksitoiminen mäntä yksipuolisella männänvarrella (Metropolia, 2011.)



KUVIO 8. Kaksitoiminen ja kaksimännänvartinen sylinteri

Erikoissylinterit ovat sovellutuksia edellä olevista yksi- ja kaksitoimisista sylintereistä. Erikoissylintereitä ovat esimerkiksi teleskooppisylinteri (kuvio 9), differentiaalisylinterit, uppomäntäsylinterit ja asentoantureilla varustetut sylinterit. Teleskooppisylinteri on toiminnaltaan yksitoiminen ja siinä on useita toistensa sisään työntyviä sylinteriputkia. Uppomäntä sylinterit ovat myös toiminnaltaan yksitoimisia, mutta niissä itse mäntä on samalla männänvarsi. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 256)



KUVIO 9. Teleskooppisylinteri (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011)

## 6.2 Sylinterin rakenteet

Sylintereitä on monenlaisia, kuten aiemmin todettiin, mutta silti niistä voidaan tunnistaa kaikille yhteisiä rakenteita. Sylinterin osia ovat sylinteriputki, etu- ja takapäätty, mäntä ja männänvarsi. Männässä ja männänvarressa on tiivisteitä kuin myös etupäädystä.

Sylintereiden rakenne määritellään sylinterien päätyjen sylinteriputkeen kiinnitystavan mukaan. Yleisimpiä kiinnitystapoja pienissä sylintereissä ovat hitsaus, vetotangot tai kierrekiinnitys putken ja päädyn välillä. Suuremmissa sylintereissä voidaan pääty kiinnittää ruuvikiinnityksellä sylinteriputken päällä olevaan renkaaseen tai niin kuin opinäytetyöni tapauksessa, suoraan ruuvikiinnityksellä paksuseinäisen sylinteriputken päähän. Sylinteriputkien täytyy olla kestäviä, sillä paineet ovat yleensä 10–30 MPa tai suurempia. Laskettaessa sylinterin voimia kuorman kiihdytysten ja jarrutusten aiheuttamat

voimat on otettava huomioon, sillä paine voi hetkellisesti nousta näissä tapauksissa huomattavasti suuremmiksi. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 256)

### 6.2.1 Hitsatut sylinterit

Hitsatussa sylinterissä molemmat päädyt ovat hitsattu umpeen. Tällöin kuitenkin tiivisteiden vaihto on hankalaa, joten ne ovat kertakäyttöisiä. Kokonaan hitsatunrakenteen etuna on lyhyt kokonaispituus iskunpituuteen verrattuna. Kokonaan hitsattuja rakenteita tehdään suurissa sarjoissa, jolloin ne ovat tietenkin halvempia kuin muut sylinterit.

Normaalisti kuitenkin tehdään sylinteri siten, että etupääty on purettavissa. Etupääty on tällöin esimerkiksi kierrekiinnityksellä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 256–257)

### 6.2.2 Sidepulttikiinnitteiset sylinterit

Sidepulttikiinnitteiset sylinterit ovat tavallisimpia sylintereitä teollisuudessa. Tällaisessa sylinterissä sylinteripäätykappaleiden läpi viedään vetotangot. Vetotangoissa on kierteet joiden avulla päädyt kiristetään kiinni sylinteriputkeen. Sidepulttikiinnitteinen rakenne on yksinkertainen ja nopea tehdä sekä se mahdollistaa moduloinnin. Tällöin voidaan vakipäätyjä ja vakiokomponentteja käyttämällä valmistaa kulloinkin tarvittavan iskunpituuden omaavan sylinterin. Tässä kuitenkin tulee raja vastaan, sillä tarpeeksi suurella iskunpituudella vetotankojen jousto johtaa vuotoon. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 257)

Jos järjestelmässä tulee suuria paineiskuja, voidaan sidepulttien jousto käyttää oikealla mitoituksella hyödyksi niin, että ne vaimentavat iskuja. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 257)

### 6.2.3 Kierre- ja ruuvikiinnitteiset sylinterit

Kiinnitystavassa tehdään sylinteriputkeen kierre sen ulko- tai sisäpuolelle. Päätyyn tehdään myös vastaava kierre ja se jälkeen pääty kierretään tiivisteineen sylinteriputkeen kiinni. Liitosmenetelmää käytetään raskaasti kuormitetuissa sylintereissä, sillä kierre vaatii paksuseinäisen sylinteriputken. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 257)

Ruuvikiinnitystä käytetään kaikkein raskaimmin kuormitetussa sylintereissä. Rakenne vaatii paksuseinäisen sylinteriputken, jotta siihen voidaan tehdä kierteet ruuveja varten. Mahdollista on myös valmistaa sylinteriputki siten, että siinä sylinteriputken pääty on paksumpi kuin sylinteriputken keskiosa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 257)

### 6.3 Sylinterin kiinnikkeet

Sylinterin ja männänvarren kiinnitystapa vaihtelee sylinterin käyttötarkoituksen mukaan. Kiinnitysalustan ja kiinnitystavan tarvitsee kestää vaurioitumatta sylinterin kehittämä voima. Tietyissä tapauksissa sylinteri asetetaan liikkumattomaksi ja toisissa taas sylinterin on liikuttava männän liikkeen mukana. Alla olevissa kappaleissa luetellaan sylintereiden yleisimmät kiinnitystavat. Näistä kiinnitystavoista on lisäksi vielä kiinnitystapayhdistelmiä, kuten haarukkakiinnittimet ja kulmakiinnittimet. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 257)

#### 6.3.1 Pallonivelkiinnitys

Pallonivelessä on nivellaakeri, joka sallii myös sivuttaisen liikkeen. Pallonivel kiinnitetään yleensä männänvarren tai sylinterin takapäähän. Pallonivel kiinnitetään paikalleen laakeripukin avulla, joka on kiinni laitteessa. Tällöin pallonivel kiinnittyy siihen akselin avulla. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 258)

#### 6.3.2 Tappinivelkiinnitys

Tappinivelkiinnitin asennetaan sylinteriputkeen puristamalla. Tappinivelkiinnittimen tappeihin kiinnitetään laakeripukit, jotka ovat kiinnitetty laitteen runkoon. Tappinivelkiinnittimen paikkaa voidaan vaihtaa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 258)

#### 6.3.3 Laippakiinnitys

Laippakiinnitystä käytin opinnäytetyössä sylinterin kiinnittämiseen. Tällä kiinnitystavalla sylinteri saadaan kiinnitettyä tukevasti paikalleen. Tällöin sylinteri ei pääse liikkumaan sivusuunnassa, eikä siten salli kuormituksia, jotka tulisivat sivuttaissuunnassa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 258)

Sylinterin ollessa sidepulttikiinnitteinen, se voidaan asentaa paikalleen pidentämällä sidepultteja. Sidepultteihin voidaan kiinnittää laippa, joko etu- tai takapäähän tai molempiin. Laippa voidaan sen jälkeen kiinnittää koneeseen vaikka hitsaamalla.

(Keinänen & Kärkkäinen, 2005, 258)

#### 6.4 Päätyvaimennus

Sylinterinpäätyihin kohdistuu suuria kuormia, jotka eivät pelkästään johdu hydraulines-teen paineesta vaan myös liikkuvien osien kineettisestä energiasta. Tästä johtuen törmäystä voidaan vaimentaa venttiilien avulla tai päätyasentovaimennuksella. Sylinterin rakenteen salliessa myös mekaanisia vaimennuksia voidaan käyttää. Nopeuden ylittäessä 0,1 m/s, päätyasentovaimennus on välttämätön. Kuorman ollessa todella suuri suositellaan käytettäväksi päätyasentovaimennusta. Opinnäytetyön sylinterissä en kuitenkaan käytetty päätyvaimennusta, sillä se nostaisi kuluja sekä puristusliike on hidas. (Keinänen & Kärkkäinen, 2005, 259)

Päätyasentovaimennus perustuu siihen, että rajoitetaan sylinteristä poistuvan öljyn virtausta. Päätyasentovaimennus voidaan yksinkertaisimmillaan rakentaa siten, että mäntään tehdään kartiomainen kaula tai pienenevillä urilla varustettu kaula. Kaulan työntyessä sylinterin takapäässä olevaan koloon, se sulkee nesteen virtauksen sylinteristä hie- man ennen kuin mäntä tulee päätyasentoon. Sylinterin kammioon jäänyt öljy virtaa pie- nestä raosta pakotettuna pois sylinteristä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 259)

Kartiomaisten urien johdosta virtaus pinta-ala pienenee ja tällöin männän nopeus tasai- sesti pienenee. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 259)

Toinen mahdollinen päätyasentovaimennus on säädettävä. Siinä vaimennuskaula estää virtauksen kokonaan. Tällöin neste virtaa erillisen kanavan kautta pois sylinteristä. Tä- hän erilliseen kanavaan voidaan sijoittaa säädettävä kuristus. Tällöin vaimennusta voi- daan säätää portaattomasti. Laittamalla vaimennuskaula myös männänvarren puolelle voidaan vaimentaa molempia sylinterin liikkeitä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 259)

Päätyasentovaimennus vaimentaa myös sylinterin liikkeellelähtöä. Tämän vuoksi sylin- terin päätyyn laitetaan vastaventtiili, josta hydraulineste virtaa sylinteriin, jolloin liik- keellelähtö nopeutuu. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 259)

#### 6.5 Sylintereiden tiivisteet

Sylintereihin asennetaan tiivisteet pidentämään sylinterin ikää. Tiivisteiden tarkoitus on tiivistää, vähentää kitkaa ja kestää mahdollisimman kauan. Tiivisteiden täytyy toimia kai- kissa sylinterin toiminta olosuhteissa. Tiivisteet voidaan jakaa staattisiin ja dynaamisiin tiivisteisiin. Staattisia tiivisteitä ovat esimerkiksi sylinteriputken ja sylinterinpäädyn

välissä olevat tiivisteet ja dynaamisia tiivisteitä ovat ne tiivisteet, jotka ovat liikkuvien osien välissä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 259)

Tiivisteitä valmistetaan eri materiaaleista, se mikä on paras, riippuu käyttömäärästä, käyttöolosuhteista. Useimmiten materiaalivalinta on määräävämpi seikka tiivisteenvallinnassa kuin tiivisteiden muoto. Päätyypit tiivistemateriaaleissa ovat elastomeerikumi ja muovit. Alla olevissa kappaleissa käydään läpi tavallisimmat tiivistetyypit. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

#### 6.5.1 Nitriilikumi

Nitriilikumi eli NBR on käytetyin tiivistemateriaali. NBR on hyvin kulutusta kestävä, elastinen ja luja kumilaatu. Käyttölämpötila alue  $-30\text{ °C}$ -  $+90\text{ °C}$  sekä se kestää hyvin erilaisia hydraulioöljyjä sekä muita nesteitä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

#### 6.5.2 Polyuretaani

Polyuretaanilla on hyvät mekaaniset ominaisuudet, joten se on hyvä sylintereiden tiivistykseen. Polyuretaanitiiviste on kaikkein eniten kulutusta kestävin kumimateriaali. Materiaalilla on sama käyttölämpötila kuin NBR tiivisteilläkin ja kestää myös hyvin hydraulioöljyjä. Ainoa ero NBR-tiivisteisiin on, että polyuretaanitiivistettä ei voi käyttää vesipitoisten hydraulinesteiden kanssa yli 50 asteen käyttölämpötilassa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

#### 6.5.3 Fluorikumi

Fluorikumi eli FPM on hyvä sovellutuksiin, missä ylitetään nitriilikumille sallitut käyttölämpötilat. FPM kestävät  $200\text{ °C}$  lämpötiloja, mutta korkeat lämpötilat vähentävät tiivisteiden kestoikää huomattavasti. Kylmää fluorikumi ei kestä niin hyvin kuin nitriilikumi. Fluorikumista tehdyn tiivisteiden käyttölämpötila on  $-20\text{ °C}$ -  $+150\text{ °C}$ . Öljyä fluorikumi kestää parhaiten verrattuna muihin kumityyppeihin. FPM on myös erinomainen HFD-nesteiden tiivistämisessä. (Keinänen & Kärkkäinen, 2005, 259)

#### 6.5.4 Polyamidi ja Asetaalimuovi

Materiaaleja käytetään useimmiten männänvarren ohjaimien tiivistemateriaaleina. Polyamidi eli PA kestää hyvin hydraulinesteitä kuin myös asetaalimuovikin. Polyamiditiivisteiden käyttölämpötila on  $-30\text{ °C}$ -  $+90\text{ °C}$ . Asetaalimuovilla eli POM:illa käyttölämpötila-alue on  $-30\text{ °C}$ -  $+90\text{ °C}$ . (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

## 6.6 Sylintereiden mitoitus

Suunniteltaessa hydraulijärjestelmää, sylinterit ovat komponentteja, jotka olisi hyvä suunnitella ensimmäiseksi. Sylinterit tarvitsevat tietyn paineen ja tilavuusvirran, joiden perusteella voidaan valita muut järjestelmän komponentit. Sylinterillä on tietty liikenopeus, ja pumpun tarvitsee tuottaa tilavuusvirta, jolla saadaan aikaan sylinterin liike. Tilavuusvirran tarvitsee päästä pumpulta sylinterille, joten muiden komponenttien tarvitsee läpäistä tämä tilavuusvirta. Tämä kierto pitäisi tapahtua ilman suuria painehäviöitä. Järjestelmässä olevan säiliön luovutettava pois lämpö, joka syntyy jatkuvassa käytössä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

Sylinterin nopeus riippuu männän tehollisesta pinta-alasta sekä sylinteriin tulevasta tilavuusvirrasta. Sylinterin tarvitsema tilavuusvirta lasketaan alla olevan yhtälön (2) avulla.

$$Q_{tod} = \frac{A \cdot v}{\eta_{vol}}, \quad (2)$$

missä  $Q_{tod}$  = todellinen tilavuusvirta [m<sup>3</sup>/s]

$\eta_{vol}$  = volymetrinen hyötysuhde

$A$  = männän pinta-ala [m<sup>2</sup>]

$v$  = sylinterin liikenopeus [m/s]

Yllä oleva kaava ottaa huomioon sylinterin vuodot, jotka pienentävät liikenopeutta. Nämä vuodot johtuvat paine-erosta männän eri puolien välillä. Usein kuitenkin oletetaan, että sylinterissä ei tapahdu vuotoja, joten volymetrinen hyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 1. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

Laskettaessa liikenopeuksia ja tilavuusvirtoja sylinterille, jossa on yksipuolinen männänvarsi, on huomioitava, että niistä poistuva tilavuusvirta ei ole yhtä suuri kuin niihin tuleva tilavuusvirta. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

Sylinteriä kuormitettaessa, paine nousee kuormitettavassa kammiossa silloista kuormaa vastaavan määrän. Opinnäytetyössä sylinterin siis tarvitsee tuottaa tietty voima, jolla teräs taipuu. Tämän johdosta sylinterin kammiossa tapahtuu paineen muutos, joka voidaan laskea yhtälöstä (3). (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

$$\Delta p = \frac{F}{A \cdot \eta_{hm}}, \quad (3)$$



missä

$\Delta p$ = painehäviö [ $\text{N}/\text{m}^2$ ]

$\eta_{\text{hm}}$ = hydromekaaninen hyötysuhde

$F$ = kuormittava voima [N]

$A$ = männän tehollinen pinta-ala [ $\text{m}^2$ ]

(Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

Hydromekaaniseen hyötysuhteeseen vaikuttaa paine, tiivisteet ja kitkapintojen pinnanlaatu. Järjestelmän paineen noustessa hydromekaaninen hyötysuhde paranee kitkan pyssä lähes samana. Hydromekaanisen hyötysuhteen laskeminen on monimutkaista, joten hyvä arvio siitä on 0.9, jota on käytetty suunnittelussa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

Alhaisilla liikenopeuksilla ja paineilla kitkan johdosta sylinterin liikkeessä voidaan havaita stick-slip ilmiön eli nykimisen. Yleensä sylintereiden nopeudet ovat 0,05-1,0 m/s. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 260)

Sylinterin hydraulinen teho voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$P_{\text{tod}} = Q \cdot \Delta p = \frac{F \cdot v}{\eta_{\text{kok}}}, \quad (4)$$

missä

$F$ = Sylinteriä kuormittava voima [N]

$v$ = Sylinterin liikenopeus [m/s]

$\eta_{\text{kok}}$ = muodostuu volymetrisestä hyötysuhteesta ja hydromekaanisesta hyötysuhteesta. Usein 0,90–0,96

## 6.7 Sylinterin nurjahdus

Sylinterin kuormitetuin kohta on silloin kun, sylinterin mäntä on liikkeensä lopussa. Tällöin vaarana on, että männänvarsi nurjahtaa. Tämän vuoksi on hyvä tehdä varren

nurjahdustarkastelu. Standardin mukaisille männänvarsille valmistajilla on käyrästä, josta nurjahdus voima voidaan lukea. Eulerin yhtälöä voidaan käyttää, jos käyrästä ei ole käytettävissä. Eulerin kaavaan täytyy tietää, miten sylinteri on kiinnitetty. Kiinnitystapa vaikuttaa sylinterin nurjahdus pituuteen. Kaavasta (kaava 4) voidaan huomata, että nurjahduspituuden puolittuminen kasvattaa nurjahdukseen tarvittavan voiman 4-kertaiseksi. Helpoimmin nurjahtaa ainoastaan laipasta kiinni oleva sylinteri. Opinnäytteen sylinteri on kiinnitetty laipasta, jolloin nurjahdus pituus täytyy kertoa luvulla kaksi. Sivuttain toimivalle sylinterille kohdistuu mäntään myös sivuttaisia voimia. Sivuttaisvoimia aiheuttaa esimerkiksi painovoima. Yleensä suositellaan, että laskuihin laitetaan varmuuskertoimeksi 4. Varmuuskerroin peittää sivuttaisvoiman vaikutuksen. Täten kaava helpottuu ja saa muodon: (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 294, Valtanen, E 2010, 471)

$$F_n = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot l_n^2}, \quad (5)$$

missä,

$F_n$ =maksimi kuorma, joka männänvarsi kestää nyrjähtämättä [N]

$E$ = teräksen kimmomoduuli [MPa]

$I$ = männänvarren neliömomentti [ $\text{mm}^4$ ]

$n$ = varmuuskerroin

$l_n$ = nurjahduspituus [mm]

Männän varren neliömomentti saadaan laskettu yhtälöstä (5)

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}, \quad (6)$$

missä

$d$ = männänvarren halkaisija [mm]

## 7 Paineisku

Paineisku tarkoittaa sitä, että hydraulijärjestelmässä paine kasvaa hetkellisesti yli käyttöpaineen. Paineiskut johtuvat virtausnopeuden nopeasta muutoksesta, joka aiheuttaa paineen muutoksen. Usein järjestelmässä paineisku, johtuu nopeasta venttiilin avauksesta. Toisin sanoen paineiskuja on kahdenlaisia, joko venttiilien toiminnasta johtuva tai toimilaitteesta johtuva paineisku. Venttiilistä johtuva paineisku johtuu virtausnopeuden muutoksesta. Hydraulisynterinin tapauksessa paineisku johtuu männän pysäytyksen johdosta, sillä hitausvoiman ansiosta mäntä jatkaa liikettään ja siten kammiossa hydraulioöljy puristuu kasaan. Tällöin periaatteessa mäntä jää värähtelemään sylinterin eri kammioiden nestejousien välille, kunnes kitka vaimentaa värähtelyn. Paineisku voi pahimmassa tapauksessa rikkoa komponentteja, jos siihen ei ole varauduttu. (Fonselius, J. Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1995,24)

Tarkka paineiskuteoria on monimutkainen, mutta sen laskemiseen on olemassa yksinkertaistettuja kaavoja, joilla voidaan paineiskun suuruus karkeasti määrittää (yhtälö 7). Alla olevissa yhtälöissä käydään läpi, miten voidaan laskea symmetrisessä sylinterissä tapahtuva paineiskun suuruus, kun vaimennusta ei oteta huomioon. Todellisuudessa paineisku on hieman pienempi riippuen vaimennuksen suuruudesta. Vaimennuksen suuruus riippuu kitkasta ja vuodoista. Toimilaitteen paineiskuun tarvitsee ottaa myös mukaan hydrauliliputken ja hydrauliletkun öljytilavuus, koska se on välittömässä yhteydessä sylinterin öljyyn. Lisäksi on hyvä huomioida myös öljyssä oleva ilma. (Fonselius, J. Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1995,25)

$$\Delta p_{max} = v \sqrt{\frac{B_e * m_t}{V_0}}, \quad (7)$$

missä

$\Delta p_{max}$ = paineiskun suuruus [N/m<sup>2</sup>]

$B_e$ = tehollinen puristuskerroin [MPa]

$v$ = sylinterin liikenopeus [m/s]

$m_t$ = männän ja kuorman yhteinen massa [N]

$V_0$ = Paluukammion nestetilavuus [m<sup>3</sup>]

(Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2011)

Tehollinen puristuskerroin kuvaa hydraulijärjestelmän joustoa. Tehollinen puristuskerroin järjestelmälle voidaan laskea yhtälöstä (yhtälö 7).

$$\frac{1}{B_e} = \frac{1}{B_{\bar{o}}} + \frac{V_s}{B_s V_{kok}} + \frac{V_p}{B_p V_{kok}} + \frac{V_i}{B_i V_{kok}} + \frac{V_L}{B_L V_{kok}}, \quad (8)$$

missä

$B_e$ = tehollinen puristuskerroin [MPa]

$B_{\bar{o}}$ = öljyn puristuskerroin, yleensä 1400–2000 [MPa]

$B_s$ = Sylinterin puristuskerroin [MPa]

$B_p$ = hydrauliputken puristuskerroin [MPa]

$B_i$ = Ilman puristuskerroin [MPa]

$B_L$ = Letkun puristuskerroin [MPa]

$V_s$ = Sylinterin tilavuus [ $m^3$ ]

$V_p$ =Hydrauliputken tilavuus [ $m^3$ ]

$V_i$ = Ilman tilavuus [ $m^3$ ]

$V_L$ = Letkun tilavuus [ $m^3$ ]

$V_{kok}$ = Järjestelmässä joustava kokonaistilavuus eli sylinterin tapauksessa sylinterin tilavuus eli  $V_s$

Sylinterin sekä putkien puristuskerroin saadaan yhtälöstä (8):

$$B_s = \frac{E S_s}{D_s}, \quad (9)$$

missä

$E_s$ = Rakenneosan kimmomoduuli [MPa]

$s_s$ = Sylinterin/putken seinämävahvuus [ $m^3$ ]

$D_s$ = Sisähalkaisija

Hydrauliletkuilla on melko pieni puristuskerroin, sillä ne ovat kumista valmistettuja ja vahvistettu yhdellä tai useammalla teräskudoksella. Letkun puristuskerroin on riippuvainen paineesta. Yleensä se on noin 70- 400 MPa. Puristuskertoimen arviointiin on olemassa kaavio.

Ilman puristuskerroin on sama kuin öljyn paineen. Yleensä laskennassa käytetään adiabaattista puristuskerrointa ilmalle. Tällöin se on  $B_i=1,4*p$ . Käytännössä on todella vaikeata määrittää puristuskertoimen arvoa muuten kuin mittaamalla. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2011)

## 8 Hydraulinesteet

Hydraulinesteitä on olemassa erilaisiin käyttökohteisiin, joten ne ovat ominaisuuksiltaan erilaisia. Hydraulinesteet voidaan jakaa viiteen eri ryhmään:

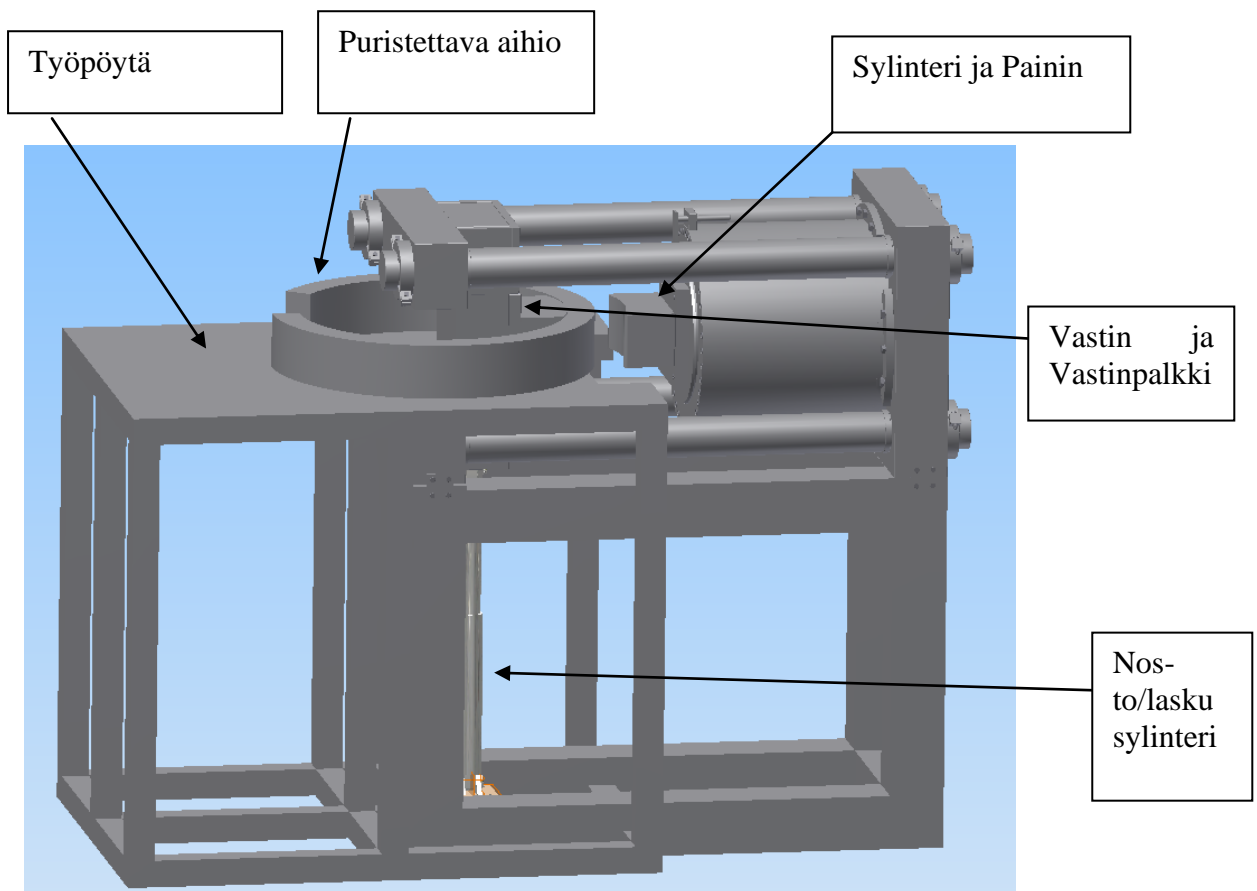
- mineraaliöljyt
- kasviöljyt ja kasviperustaiset nesteet
- vesi
- emulsiot
- synteettiset nesteet

Hydraulijärjestelmässä hydraulinesteen päätehtävä on tehon välittäminen pumpulta toimilaitteelle. Lisäksi neste myös voitelee ja jäähdyttää järjestelmää, sekä estää komponentteja ruostumasta. Kiertäessään neste vie järjestelmästä epäpuhtaudet suodattimelle ja haihduttaa putkistoissa ja säiliössä järjestelmässä syntyneen lämmön.

Viskositeetin ollessa liian suuri, järjestelmän imupuolelle syntyy kavitaatiovaara ja järjestelmän komponentit voivat jäädä ilman kunnollista voitelua. Viskositeetin ollessa taas liian pieni, aiheutuu järjestelmässä vuotohäviöitä, lämpenemistä ja kulumista. On tärkeää ottaa huomioon järjestelmää suunniteltaessa, että kaikkia komponentteja voidaan käyttää valitun hydraulinesteen kanssa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 280)

## 9 Työn esittely

Puristin tulee toimimaan siten, että työstettävä aihio laitetaan työpöydälle ja sylinteri puristaa pohjaan taivutuksella levyn vastinta vasten. Työkierto toistetaan niin monta kertaa kunnes saadaan kokonainen ympyräkehä puristettua. Tällöin toinen sylinteri laskee vastinpalkin pöydän alle ja työkappale saadaan pois. Kone on korkea, koska vastinpalkki ja sitä laskevan sylinterin tarvitsee mahtua koneen alle. Tästä johtuen puristimen eteen tullaan rakentamaan lava, jonka päältä työtä voidaan tehdä. Alla olevassa kuvassa (kuvio 10) on mahdollinen lopullinen koneen runko.

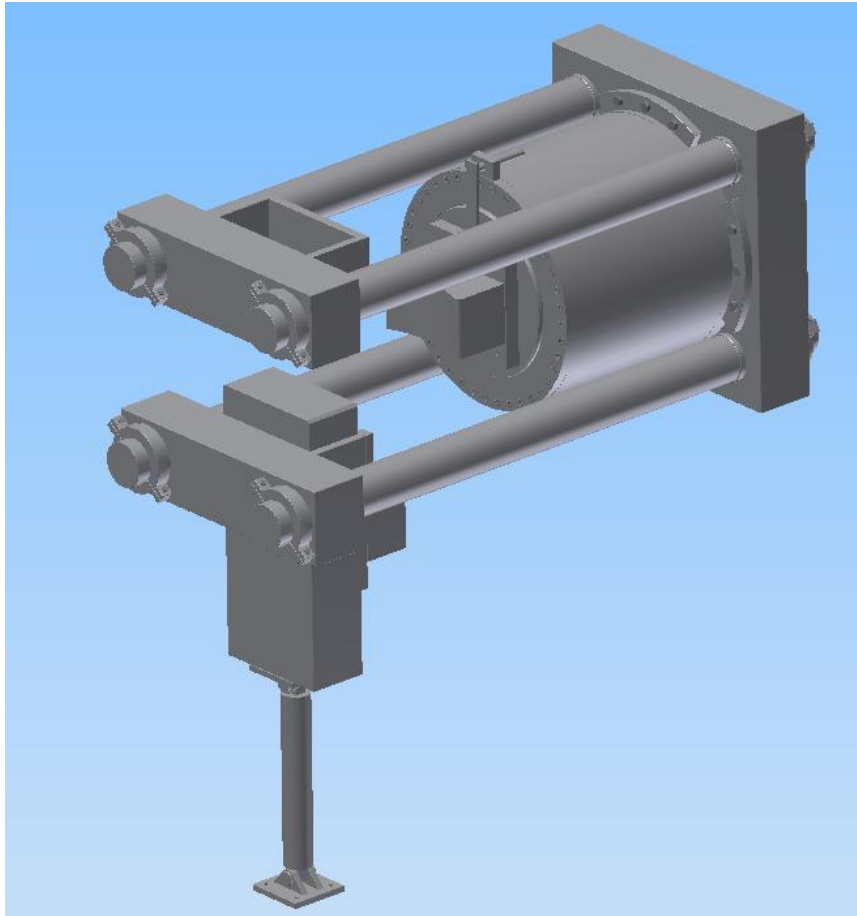


KUVIO 10. Mahdollinen lopputulos

Rajauksista johtuen suunniteltiin vain koneen rungon ydin ja sylinteri (kuvio 11). Myöhemmin koneeseen tarvitsee suunnitella työpöytä, joka voi olla kiinteä tai liikkuva. Jalakoihin eikä työpöydälle ole tehty lujuuslaskuja, joten voi olla että kuvan (kuvio 10) jalat ovat ylimitoitettuja tai tukipalkkeja on liian vähän/paljon. Hydraulikoneikko voi tulla siten koneen alle tai sen viereen erilliseen paikkaan riippuen hydraulikoneikon koosta.

Hydraulikoneikko tulee olla sellainen, että sillä voidaan säätää sylinterin liikkeitä portaattomasti.

Liikkuvan työpöydän ansiosta työkappale voitaisiin keskittää aina keskelle sylinteriä. Tällöin varmistuttaisiin, ettei sylinteri rikkoontuisi sivuttaiskuormien ansiosta. Pöydän ollessa kiinteä kuten kuvassa (kuvio 10), työ voitaisiin keskittää esimerkiksi erillisten lisälevyjen avulla, joita laitettaisiin puristettavan vanteen alle.



KUVIO 11. Koneen mitoitettut osat

Koneen rungon jalat voivat olla minkälaiset vain kunhan ne kestävät ja siihen saadaan kiinnitettyä vastinpalkin nosto/lasku sylinteri. Jalkojen suunnittelussa täytyy ottaa kuitenkin huomioon, että koneen vetotangot venyvät, joka aiheuttaa hieman vääntöä jalkoihin. Vaihtoehtoisesti voidaan myös ottaa venyminen huomioon kiinnityksessä, niin että koneen ydin pääsee hieman liikkumaan.

Opinnäytetyön suunnitteluprosessin alkaessa työn alla oli puristin, jolla olisi voitu 1000 tonnin voimalla. Ongelmaksi tässä tuli sylinterin koko ja sitä kautta koneen koko olisi kasvanut liian suureksi. Hyvä vaihtoehto olisi ollut puristin, joka olisi toiminut kahdella sylinterillä. Tällöin sylintereitä olisi voinut löytyä markkinoilta valmiiksi ostettavina.



Toisaalta jos sylinterit olisi suunniteltu, sylinterin tiivisteet olisivat olleet standardin mukaisia, joten ne olisivat olleet halvempia kuin nykyiset mittatilaustyönä valmistetut. Kahden sylinterin käytössä koneen rakenteesta olisi tullut kuitenkin monimutkaisempi, joten päädyttiin yhden sylinterin malliin.

### 9.1 Koneen rungon lujuuslasku kuvat

Puristimen suunnittelu suoritettiin Autodesk Inventor 2011 ohjelmalla. Se on 3D solidin suunnitteluohjelma. Osista tehdyt kokoonpanokuvat siirrettiin Ansys 12.0 lujuuslaskentaohjelmaan.

Ansys on FEM-laskentaohjelma, joka käyttää hyväkseen laskennassa elementtimenetelmää. FEM- laskenta on numeerinen laskentamenetelmä, jolla voidaan approksimoida rakenteen siirtymiä. Elementtimenetelmä perustuu materiaalin joustavuuteen ja siihen, että kaikille materiaaleille voidaan määrittää jousivakio.

Laskennasta saadaan ensisijaisesti siirtymiä, mutta lisäksi voidaan selvittää jännityksiä, venymiä ja rakenteen sisäisiä tukireaktiivoimia. Tarkasteltavasta kappaleesta muodostetaan elementtimalli. Mallin elementit kiinnittyvät toisiinsa solmupisteiden avulla. (Toivanen, J-M. 2010)

Lujuuslaskuissa käytettiin mitoituksen perusteena taipumista, eikä niinkään jännityksiä. Tärkeää oli, että sylinterilevy ei taivu voiman johdosta liikaa, sillä se aiheuttaisi vääntöä sylinterille mikä ei ole toivottavaa. Taipuminen vaikuttaisi sylinterin toimintaan ja pahimmassa tapauksessa rikkoisi sylinterin. Vetopalkit olisi ollut mahdollista tehdä halkaisijaltaan pienemmästä tavarasta, mutta ongelmaksi olisi tullut taipuma ja haluttiin, että vastinpalkki nousee takaisin paikalleen.

Ansyksestä tulee laskennasta raportit, jotka ovat laitettu liitteisiin. Raportin pääkohdat on otettu tekstiin.

### 9.2 Rakenneteräs

Rakenneteräkset ovat seostamattomia tai niukkaseosteissa laatuteräksiä. Niiden murto-  
lujuus ei ylitä merkittävästi  $500 \text{ N/mm}^2$ . Rakenneteräksiä toimitetaan standardin SFS-EN 10025 mukaisesti tankoina, nauhoina, takeina ja kuumamuovattuina levyinä. Rakenneteräksiä käytetään hitsattuihin tai hitsaamattomiin rakenteisiin

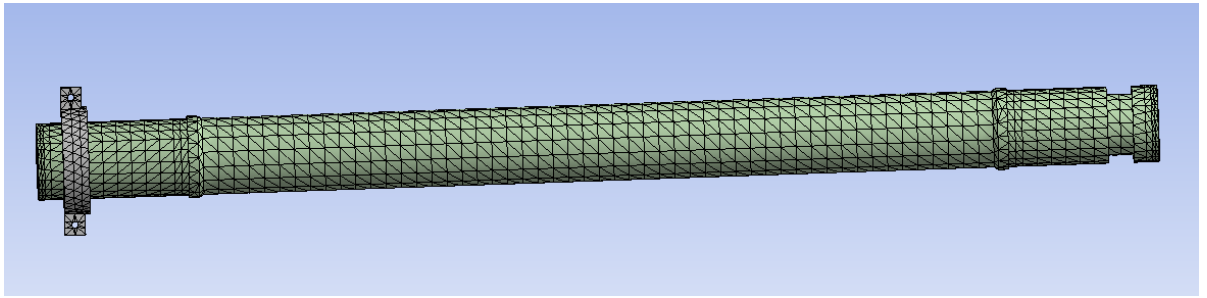
Rakenneterästen myötölujuudet laskevat noin 10 % prosenttia ainevahvuuden kasvaessa 100 mm. Laskentalujuuksia tarvitsee rakenneteräksillä laskea 20 % lämpötilan noustessa yli 200 °C. Käyttölämpötilan ollessa jatkuvasti alle -40 °C, ei rakenneteräksiä suositella käytettäväksi tai jos kuormitus on jatkuvasti iskumainen. Näihin sovellutuksiin on olemassa lujat rakenneteräkset, niiden myötölujuus on suurempi kuin yleisillä rakenneteräksillä.

Lujat rakenneteräkset ovat hinnaltaan edullisempia kuin yleiset rakenneteräkset, jos hinta suhteutetaan myötölujuuteen. Näitä suositellaankin käytettäväksi staattisissa kuormituksissa. Dynaamisesti kuormitetuissa kohteissa lujat teräkset eivät ole hyviä, sillä hitsatun rakenteen väsymislujuus ei riipu teräksen lujuudesta. Rakenteissa, jossa ei ole hitsauksia, väsymislujuus on verrannollinen murtolujuuteen. Tällöin lujat teräkset ovat parempi vaihtoehto. (Airila, M. Ekman, K. Hautala, P. Kivioja, S. Kleimola, M. Martikka, H. Miettinen, H. Niemi, E. Ranta, A. Rinkinen, J. Salonen, P. Verho, A. Viilenius, M & Välimaa, V. 2010, 111–112)

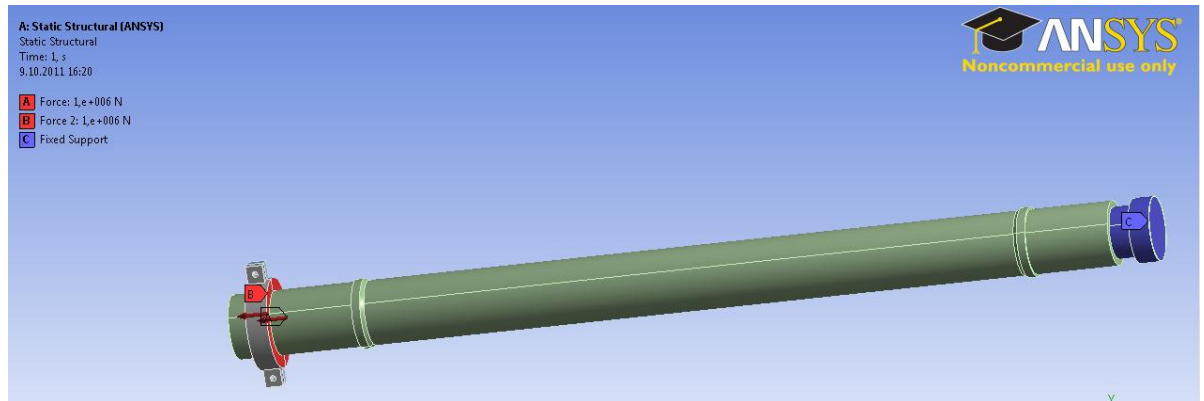
Opinnäytetyön tapauksessa käytettiin taipumaa enemmän määräävänä tekijänä, jolloin valittiin materiaaliksi S355. Vertaillessa teräksiä toisiinsa, ainevahvuuksiltaan ja mitoillaan samanlaisten kappaleiden taipumat ovat yhtä suuret, sillä niillä on sama kimmokerroin.

### 9.3 Vetotanko

Koneessa on neljä vetotankoa joihin kohdistuu puristustilanteessa vetoa. Vetotangon venymä vaikuttaa koneen muodonmuutoksiin, joten alla lasketaan venymä tangolle, sekä prikan vaikutus vetotankoon. Tässä kohtaa ei oteta huomioon maan vetovoimaa. Tätä venymän arvoa käytetään myöhemmin koneen kokonaisuodonmuutoksien arviointiin. Laskenta on tehty käyttämällä 20 mm elementtiverkkoa (kuvio 12) prikassa ja 30 mm elementtiverkkoa vetotangossa. Laskentavoima on neljännes koko voimasta eli 200 tonnia(kuvio 13) (kuviossa voima jaettu kahdelle prikalle). Laskemisessa on ollut mukana molemmat puolet prikasta, mutta kuvan havainnollisuuden johdosta piilotettu kuvasta. Kiinteä tuki on laitettu vetotangon toiseen pätyyn (kuvio 13)

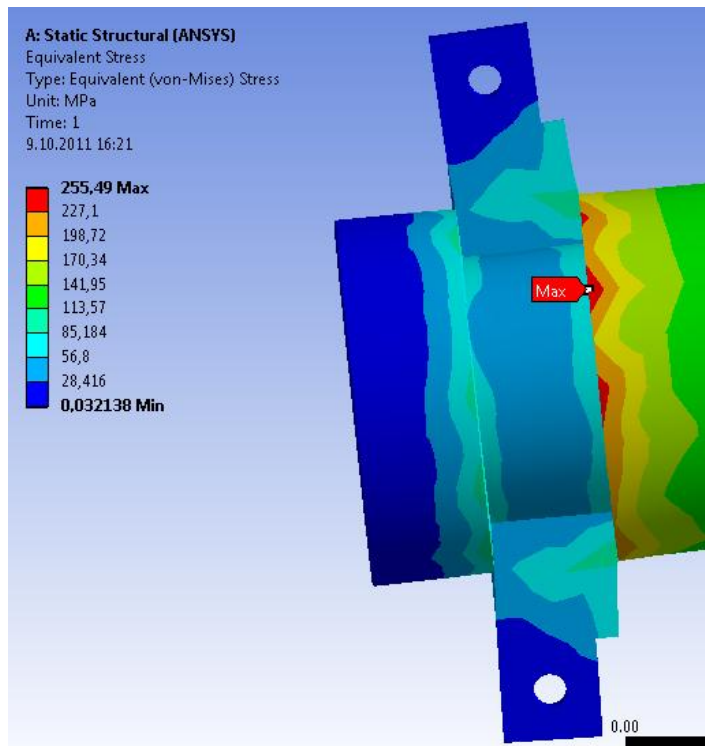


KUVIO 12. Vetotangon ja prikan elementtiverkko



KUVIO 13. Voimat ja tuet

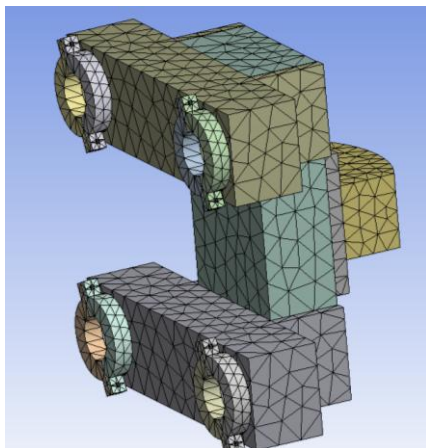
Vetotanko venyy yllä mainitun voiman ansiosta 1,2 mm ja suurimmat jännitykset syntyvät prikan taipumisesta johtuen loven yläreunaan (kuvio 14). Siihen syntyy noin 255 MPa jännitys. Kuvasta voidaan huomata, että jännitys tulee yhteen kohtaan, mutta todellisuudessa se syntyy koko reunaan tasaisesti. Jännityksen epätasaisuus johtuu elementtiverkosta. Todellisuudessa jännitys ei ole aivan näin suuri. Pienentämällä verkkoa saataisiin jännityskuvasta tasaisempi. Tässä kohtaa se ei ole enää tarpeellista, sillä jännityksien arvot ei muutu, vaikka elementtiverkkoa pienennettäisiinkin. Elementtiverkon pienentäminen vain aiheuttaisi pidemmän laskenta ajan.



KUVIO 14. Jännityskuvio vetotangosta ja prikasta

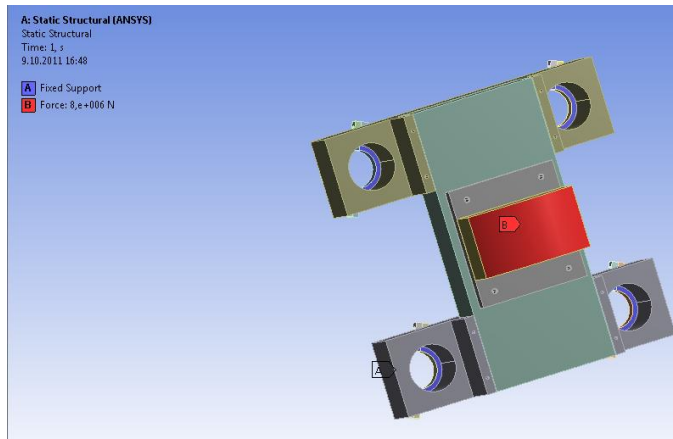
#### 9.4 Vastinpääty

Vastinpäätyyn muodostuu elementtiverkko, joka on esitetty alla(kuvio 15)

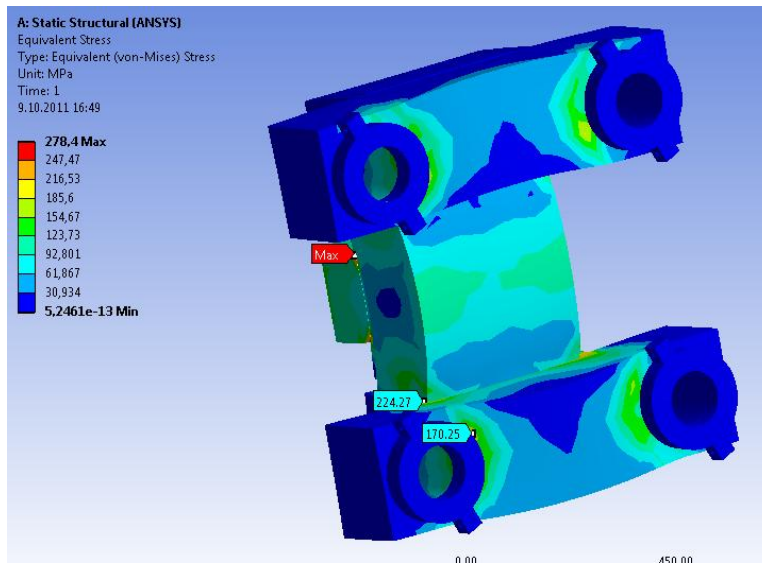


KUVIO 15. Vastinpäädyn elementtiverkko

Vastintyökaluun kohdistuu puristustilanteessa 8 MN voima. Voima kohdistuu koh-  
 tisuoraan vastintyökaluun. Tukivoimat on laitettu lukitusprikköjen pohjaan (kuvio 16).  
 Tällöin saadut jännitykset on esitetty alla olevassa kuviossa (kuvio 17).

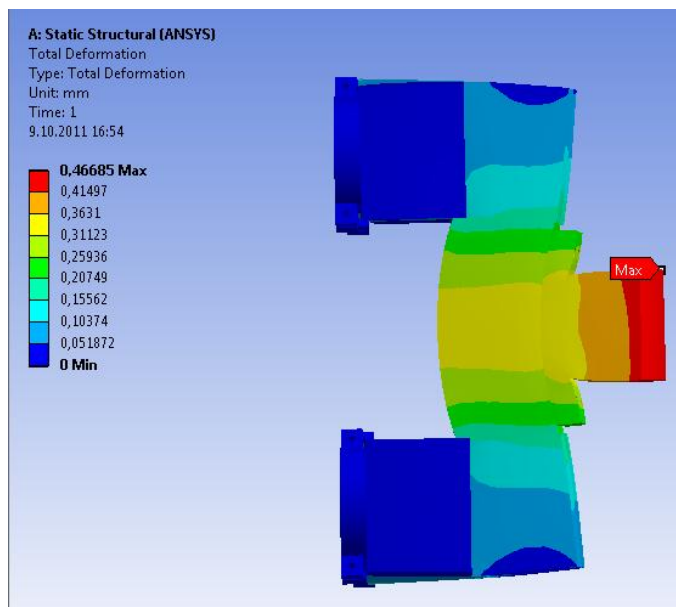


KUVIO 16. Vastinpäädyn voimat ja tuet



KUVIO 17. Vastinpäädyn jännitykset

Kuvasta voidaan nähdä kuinka jännitykset syntyvät ylä- ja alapalkin vastinpalkin tukien kulmiin. Laskennassa nämä ovat teräviä kulmia, jotta saadaan aikaan parempi elementtiverkko. Todellisuudessa tässä kohtaa on hitsaussauma, jonka ansiosta jännitys jakautuu, ja siten ei esiinny aivan näin korkeana jännityspiikkinä kuin kuva antaa ymmärtää. Kuvan jännitys on nyt kulmissa noin 224 MPa ja varmuusluku on tällöin noin 1,3. Kuvassa näkyvä 278 MPa jännitys syntyy vastimen teräviin kulmiin. Vastin tullaan karkaisemaan, jolloin jännityksestä ei koidu ongelmia. Laskennassa myötörajana on ollut 285 MPa, sillä ainevahvuuksien noustessa 200 millimetriin, teräkselle luvataan ylemmäksi myötörajaksi ainakin 285 MPa. Suunnittelussa käytettiin lähtökohtana sitä, että rakenne ei muuta muotoaan kovinkaan paljon puristuksen aikana. Jos käytettäisiin lähtökohtana jännityksiä, voitaisiin hyvin ohentaa materiaalivahvuuksia. Kuva (kuvio 18) on ylikostettu, mutta siitä huomataan hyvin, miten rakenne taipuu keskikohdastaan. Rakenne taipuu keskikohdastaan 0,47 mm ja ylä- ja alapalkki taipuvat keskikohdastaan 0,17mm.



KUVIO 18. Kokonaismuodonmuutos vastinpäädylle

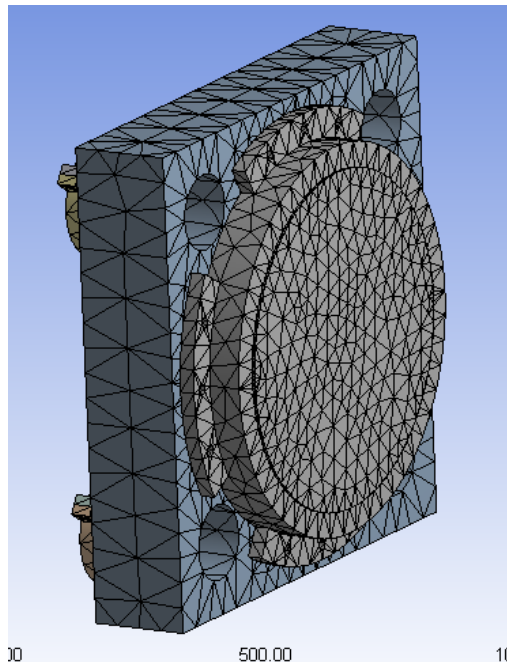
Rakenteen taipumaa täytyy estää myös siksi, että se taivuttaa rakenteen jalkoja, jos ne tullaan rakentamaan kiinteästi kiinni koneen sydänrakenteeseen. Kokonaismuodonmuutokseen tarvitsee ottaa huomioon myös vetotankojen venymä, joka on aiemmin mainittu 1,2 mm.

Vastinpalkkia nostetaan ja lasketaan teleskooppisynterinin avulla. Rakenteen paljon taipuessa/venyessä se aiheuttaa momenttia teleskooppisynterininputkelle, jolloin pahimmassa tapauksessa se saattaisi nurjahtaa. Nyt siirtymät ovat vähäisiä ja synterini pääsee hieman liikkuman vastinpalkin mukana, joten sen pitäisi kestää tehtyjen laskelmien mukaan.

### 9.5 Synteripääty

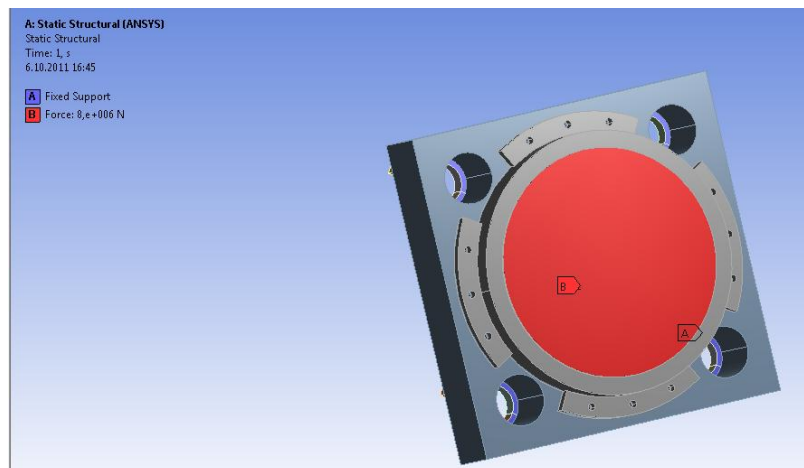
Synteripääty muodostuu yhdestä isosta S355 laatasta. Laatasta kuten vastinpäädyn osistakin oli suunnitteilla kennorakenteiset mallit. Nämä jäi pois vaihtoehdoista kalleutensa vuoksi. Esimerkiksi synteripäädyn kennorakenteiseen malliin olisi pitänyt hitsata 50 mm vahvoja jäykisteitä kennorakenteeksi 150 mm välein. Tällöin työn määrä olisi ollut todella suuri, joten umpimateriaali tulee halvemmaksi.

Laataan kiinnitetään pulteilla synterini, josta näkyy vain pohja seuraavissa kuvissa. Alla on esitetty 50 mm elementtiverkko, joka muodostuu tarkasteltavaan kohteeseen (kuvio 19).

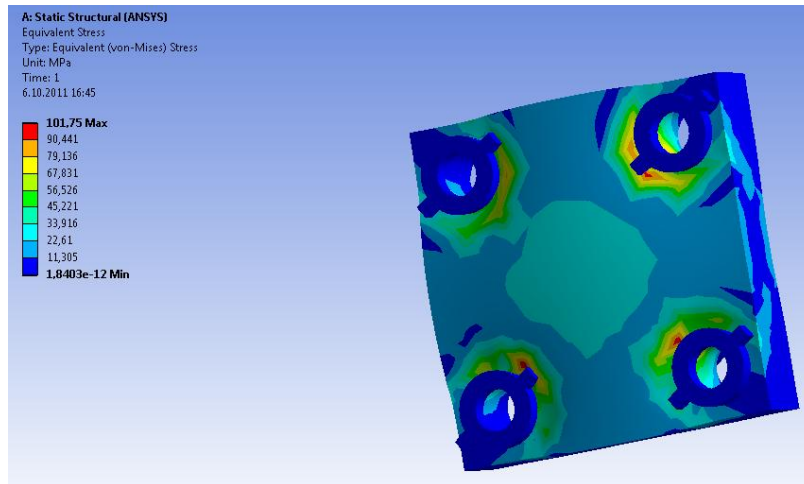


KUVIO 19. Sylinteripään elementtiverkko

Puristustapahtumassa voidaan olettaa, että 8 MN voima kohdistuu sylinterinpohjan alueelle ja liikkumattomat tuet muodostuvat lukitusprikkoihin (kuvio 20). Tällöin sylinteriin muodostuu jännityksiä kuvan osoittamiin kohtiin (kuvio 21). Jännitykset ovat enimmillään noin 100 Mpa ja varmuus täten noin 2,8.



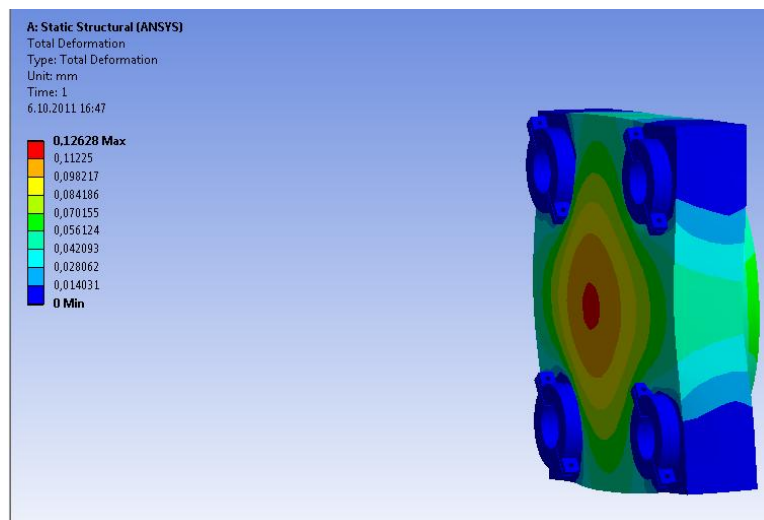
KUVIO 20. Sylinterilevyn voimat ja tuet



KUVIO 21. Sylinteripäätylevyn jännityskuvio

Malli on suunniteltu myös taipumien ollessa määräävämpiä tekijöitä. Jos sylinteripalkki taipuu liikaa, se aiheuttaa puristustapahtumassa jännitystä sylinterillä ja saattaa pahimmassa tapauksessa rikkoa sylinterin. Kuvasta nähdään, että sylinteripalkki taipuu noin 0,13 mm keskikohdastaan (kuvio 22).

Sylinterin pohja on yhtä paksu aineenvahvuudeltaan kuin ylä- ja alapalkki. Sylinterin pohja on 100 mm paksu. Vaikuttavan voiman osuessa sylinterin pohjan alueelle, joten voiman ottaa vastaan yhteensä 300 mm S 355:sta. Tästä johtuen sylinterinpäätylevy voi olla 200 mm.



KUVIO 22. Sylinteripalkin taipumamalli

## 9.6 Kokoonpanon liitokset

Koneen runkoon on laitettu jonkin verran ruuviliitoksia, joita ei sen enempää tarkastella kuin, että ne kestävät puhtaan leikkaustilanteen. Staattisuonteinen ruuviliitos voidaan mitoittaa plastisen kantokyvyn mukaan. Tällöin laskenta on samantapaista kuin niittili-



tosten laskenta. (Airila, M. Ekman, K. Hautala, P. Kivioja, S. Kleimola, M. Martikka, H. Miettinen, H. Niemi, E. Ranta, A. Rinkinen, J. Salonen, P. Verho, A. Vilenius, M & Välimaa, V.2010, S 222)

Puristimessa on muutamia hitsausliitoksia, jotka ovat läpihitsattuja. Kaikki teräsrakenteissa olevat läpihitsatut päittäisliitokset ovat oikein toteutettuina tasalujia staattiselta kestävyydeltään. Näiden liitosten kestävyyttä ei tarvitse erikseen tarkastella standardin SFS 2373 pätevyysalueella. (Niemi & Kemppi 1993, 219).

## 9.7 Sylinterin esittely

Sylinterin maksimi voima tulee olemaan 800 tonnia. Käyttöpaineeksi alussa määritettiin, että se saa maksimissaan olla 250 bar. Sylinterin liikenopeudeksi tuli noin 2 mm/s puristusliikkeessä ja paluuliike on noin 6 mm/s. Nämä liikenopeudet riippuvat sylinteriin tulevasta tilavuusvirrasta. Tarvittava tilavuusvirta saatiin laskettua halutun työkierron avulla. Täten haluttaessa, että työkierto nopeutuisi, voidaan hetkellisesti nostaa tilavuusvirtaa. Tilavuusvirtaa voidaan säädellä koneeseen tulevan hydraulikoneikon ja sen automatiikan avulla.

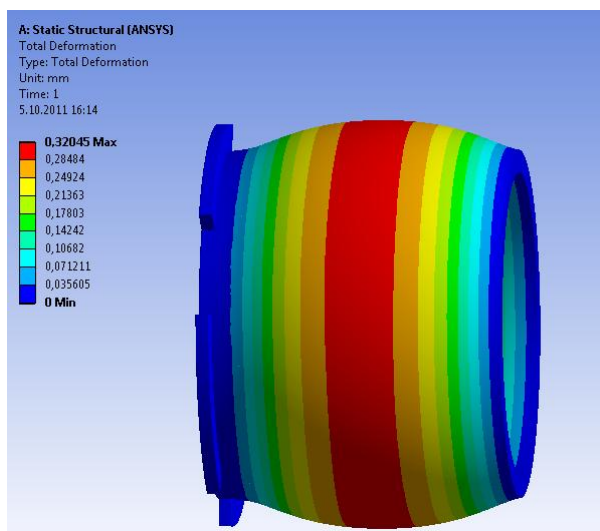
## 9.8 Sylinterin lujuuslaskut

### 9.8.1 Sylinteriputki

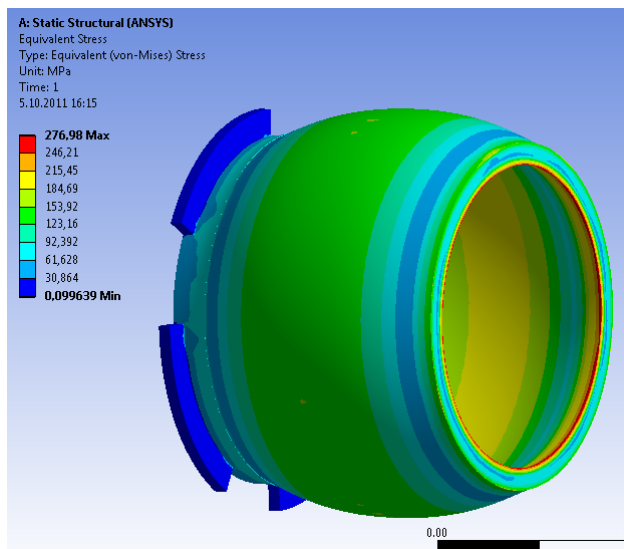
Sylinteriputken jännitysten laskemiseksi on laitettu kiinteä kiinnitys laipan neljään kiinnikkeeseen ja sylinteriputken päätyyn. Laskentaan ei ole otettu mukaan pultteja ja niiden reikiä, laskennan helpottamiseksi. Laskennassa käytettiin 30 mm elementtiverkkoa Sylinteriputkessa ja 50 mm verkkoa pohjassa. Todellisuudessa taipuma putkessa ei ole aivan näin suuri kuin kuva (kuvio 23) antaa ymmärtää, sillä sitä taipumaa on korostettu havainnollisuuden vuoksi. Taipuma todellisuudessa pienenee männän ollessa sylinterin sisällä. Tällöin taipuva matka pienenee kun oletetaan, että öljy ja siten paine pysyy vain toisella männän puolella ja toinen puoli oletetaan paineettomaksi. Nyt kuvan taipuma on suuruudeltaan 0,32 mm, todellisuudessa se on siis alle tämän. Sylinterin ulkokuoreen syntyy noin 150 MPa jännitys ja sisäkuoreen syntyy noin 200 MPa. Kuviossa (kuvio 24) jännityslukemat sisäreunassa on 276 MPa. Tämä kuitenkin ei pidä paikkaansa sillä oikeasti kuvassa nähtävään terävään reunaan ei tule suurta jännitystä. Kuvasta voidaan vain havainnoida sylinteriputken maksimijännitys pahimmassa tapauksessa ja se on tuo

200 MPa. Tällöin varmuus on 1,8 luokkaa. Tämä varmuus varmistaa sen, että se ei paineiskun aikana rikkoonnu (paineiskulaskut liite 2).

Sylinteriputken materiaali on S355, joten se antaisi mahdollisuuden ohentaa hieman sylinteriputkea. Sylinterinpääty tulee kiinni sylinteriputkeen ruuvikiinnitteisesti, joten se tarvitsee vahvan sylinteriputken ruuvien kohdalta. Paksumpi sylinteriputki on helpompi sorvattava, sillä se ei myötää. Samoin, kun sylinteriputki kiinnitetään sorvin leukoihin, se saattaa hieman painua kasaan, jos putken seinämä on ohut.



KUVIO 23. Sylinteriputken taipuma

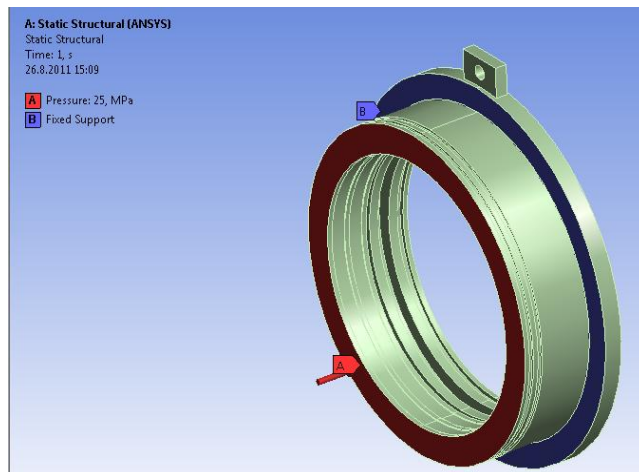


KUVIO 24. Sylinteriputken jännitykset

### 9.8.2 Sylinterin pääty

Sylinterin päädyn muodon määrää tiivisteiden lukumäärä ja tiivistystapa. Nyrkkisäännön mukaan päädyllä pitäisi olla ohjauspintaa ainakin yhtä paljon kuin männällä on pituutta. Tiivisteiden välisen etäisyyden määrää materiaalin taipuma. Tiivisteiden väliset seinät eivät saa taipua, ja siten alkaa puristaa tiivisteitä. Tällöin tiivisteiden tiivistysominaisuudet huononevat sekä kitka kasvaa männän varren ja tiivisteiden välillä. Tässä tapauksessa tiivisteet kuluvat nopeammin. Kuvassa (kuvioissa 25 ja 26) ei näy ollenkaan sylinterinpäädyn pultin reikiä, sillä laskennan helpottamiseksi ne ovat poistettu. Muotoa on yksinkertaistettu laskennan sujuvuuden takia myös siten, että muotojen viisteet ovat poistettu. Laskennassa oletetaan, että pultit pitävät päädyn tiukasti kiinni sylinteriputkessa.

Sylinterin päätyyn kohdistuu 25 MPa voima ja tuki on laitettu laipan reunaan (kuvio 25). Elementti verkon koko on 40 mm.



KUVIO 25. Päätyyn kohdistuva voimat ja tuet

Sylinterinpäädyn sylinterin puoleinen seinä taipuu kuormituksen aikana 0,04 mm (kuvio 26). Näin pieni taipuminen ei haittaa tiivisteiden toimintaa. Päädyn jännitykset syntyvät päädyn laipan ja putken liitoskohtaan ja ovat suuruudeltaan 49 MPa luokkaa



KUVIO 26. Sylinterin pääty

Sylinterin pääty kiinnitetään sylinteriputkeen ruuviliitoksella. Lujuuden ja jäykkyyden kannalta olisi hyvä, että ruuvien jako olisi seuraavan yhtälön mukaan (yhtälö 10)

$$t \approx \frac{\pi \cdot D}{d_k + h}, \quad (10)$$

missä

$D$ = sylinteriputken halkaisija [mm]

$t$ = ruuvien keskipisteiden etäisyys [mm]

$d_k$ = ruuvin kantavan pinnan halkaisija [mm]

$h$ = laipan paksuus [mm]

$$t \approx \frac{\pi \cdot 771,8}{24 + 37} = 39,728 \approx 40$$

Sylinterin päätyyn tulee siis 40 ruuvia

Sylinterin päädyn ruuvien lujoustarkastelu on esitetty liitteessä

### 9.8.3 Sylinterin nurjahdus

Sylinteriin tulevan männänvarren halkaisijan saa laskettua yhtälöistä 4 ja 5.

$$F_n = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot l_n^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64}}{n \cdot l_n^2} \rightarrow d = \sqrt[4]{\frac{F_n \cdot n \cdot l_n^2}{\frac{\pi^3 \cdot E}{64}}}$$

Sijoitetaan arvot:

$$E=210 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

I= neliömomentti

$l_n=2 \cdot 1120 \text{ mm}$  Laippakiinnitys, joten nurjahdus pituus  $2 \cdot l$  (l saadaan piirustuksista)

$$F_n=8000000 \text{ N}$$

n= varmuuskerroin(suositus 4)

$$d = \sqrt[4]{\frac{8000000 \text{ N} \cdot 4 \cdot (2 \cdot 1120)^2}{\frac{\pi^3 \cdot (210 \cdot 10^3)}{64}}} = 199,315 \text{ mm}$$

Männänvarren halkaisija voisi olla 200 mm nurjahduksen puolesta. Sylinterissä kuitenkin männänvarsi on 550 mm, jotta saataisiin muut komponentit asennettua männänvarseen paremmin.

#### 9.8.4 Sylinterin pohjan hitsaus

Kaikki teräsrakenteissa olevat läpihitsatut päittäisliitokset ovat oikein toteutettuina tasalujia staattiselta kestävyydeltään. Näiden liitosten kestävyyttä ei tarvitse erikseen tarkastella standardin SFS 2373 pätevyysalueella. (Niemi & Kemppi 1993, 219)

SFS 2373 on voimassa vain rakenneteräksille ja hienoraeteräksille, joiden myötöraja on alle 400 MPa ja murtolujuus / myötörajasuhde on suurempi tai yhtä suuri kuin 1,18. Rakenne aineen laatuluokasta on myös olemassa taulukko, jota rakenneaineen on vastattava käyttölämpötilassaan. (Niemi & Kemppi 1993, 205)

Sylinterin pohjan ja sylinteriputken välille tulee puoli-V-hitsi läpihitsattuna. Tällöin se kestää samat rasitukset kuin liitettävät rakenneosat.

#### 9.8.5 Sylinterin tiivisteet

Sylinterille löytyi tiivistekeskukselta monenlaisia tiivistevaihtoehtoja, ja kaikilla niillä oli omat hyvät puolensa. Tarvittavia kokoja ei tosin ole varastotuotteina, mutta heillä on mahdollisuudet kuitenkin toimittaa mittatilaustyönä tarvittavia tiivisteitä. Alla käydään läpi mitä vaihtoehtoja oli olemassa ja mitkä valittiin.

## Männän tiivisteet

Männäntiivisteiksi voi valita pronssitäyteen PTFE- tiivisteeseen (tyyppi OE). Tiiviste aiheuttaa pienen kitkan, eikä se kasvata paljon männän leveyttä. Vähäinen lepo ja liikekitkakertoimen ero tekee sylinterin liikkeestä pehmeämmän, eikä stick-slip ilmiötä pääse syntymään. Tiiviste on kaksitoiminen ja se päästää hieman öljyä ohitse. Tämä ei kuitenkaan tällaisessa sylinterissä ole ongelmaksi. PTFE- tiivisteellä on hyvä kulutuksen kestävyys ja siinä on pieni vällysvaurioriski. (Tiivistekeskus, 2011)

Toinen vaihtoehto männäntiivistykseen olisi ollut yksitoiminen PU-urarengas (Tyyppi B7). Käytettäessä PU- urarengasta tiivistämiseen tarvitaan kaksi tiivistettä. Tästä aiheutuu suurempi kitka kuin yllä mainitulla PTFE-tiivisteellä. Lisäksi kahden tiivisteeseen käyttö vaatii enemmän tilaa, joten männän leveys kasvaisi. Urarengaiden käytöllä saisi kuitenkin tiiviimmän tiivistyksen kuin yhdellä PTFE-tiivisteellä. Molempiin tiivistevaihtoehtoihin pitää lisäksi lisätä NBR elastomeerista tehty O-rengas. (Tiivistekeskus, 2011)

Molemmat tiivistevaihtoehdot kestävät enintään 400 bar:in paineen, mutta vällyksiä pienentämällä OE-tiivisteeseen saa kestämään 600 bar:in paineen.

Näistä tiivistevaihtoehtoista kuitenkin valittiin ensin mainittu PTFE-tiiviste. PTFE tiivisteeseen käyttölämpötila on  $-40\text{ °C}$ - $200\text{ °C}$  O-renkaasta riippuen. PTFE tiivisteet ovat lämpötilariippuvaisia, ja ne toimivat eritavalla kylmässä ja kuumassa. Opinnäytetyön tapauksessa puristin on koko ajan sisätiloissa, työskentelylämpötilan ollessa  $20\text{ °C}$ , joten ei tarvitse enempää tarkastella tiivisteeseen toimivuutta. (Kuvio 27). (Tiivistekeskus, 2011)



KUVIO 27. PTFE-tiiviste+NBR elastomeeri O-rengas (Tiivistekeskus, 2011)

## Varrentiiviste

Varrentiivistämiseen voidaan käyttää tiivistepakkaa, urarengasta tai tandem tiivistystä. Pakkatiiviste (tyyppi M2), olisi hyvin toimiva ja säädettävällä pesällä pitkäikäinen tiiviste. Pakkatiivisteestä aiheutuu suurin kitka, mutta se sietäisi pieniä naarmuja männänvarressa. Pakkatiiviste jäi kuitenkin vaihtoehtoista pois, koska se olisi vaatinut suuren pesän ja säädettävyyden johdosta vaatinut monimutkaisemman rakenteen sylinterille. Kuitenkin rakenne haluttiin olevan sellainen kuin se nyt on. (Tiivistekeskus, 2011)

Muut vaihtoehdot ovat PU-urarengas (tyyppi BS) ja PU-urarengas (tyyppi BS) lisättynä pronssivahvisteisella PTFE-tiivisteellä (tyyppi ON) (Tandem tiivistys). Molemmat ratkaisut ovat toimivia, mutta pelkästään yhdellä urarenkaalla tiivistettynä esiintyy hieman öljyn siirtymää. Toivottavaa on kuitenkin, että öljy ei pääse siirtymään pois sylinteristä, joten valittiin tandem tiivistys. Tandem tiivistys (kuvio 28) tarvitsee eniten tilaa verrattuna kahteen muuhun vaihtoehtoon. (Tiivistekeskus, 2011)

PU-urarengas kestää painetta 400 bar:iin asti. Tiivisteiden kovuus on 93 shore A. PU-urarenkaalla on erityisen hyvä kulutuksen kesto, eikä se tunkeudu välyksiin. Pronssivahvisteilla PTFE-tiivisteellä (tyyppi ON) pieni liike- ja lepokitkan ero, joten stick-slip ilmiötä ei synny. Tiiviste on myös hyvin kulutustakestävä. Tiivisteiden lämpötila-alueita (-40 °C-200 °C) voidaan vaihdella tiivistykseen kuuluvaa O-rengas materiaalia vaihtamalla. (Tiivistekeskus, 2011)



KUVIO 28. Tandem tiivistys. PU-urarengas+ PTFE-tiiviste (Tiivistekeskus, 2011)

## Pyyhkijä

Sylinterin tarvitsee toimiakseen lisäksi pyyhkijän estämään roskien menemisen sylinterin sisälle paluuliikkeessä, sekä estää mahdollisen öljyjäämien pääsyn ulos. Sylinteriin sopii erinomaisesti tiivistekeskuksen valikoimasta täytetty PTFE- pyyhkijä (tyyppi

AD)( kuvio 29). Pyyhkijän voi asentaa suljettuun pesää pyyhkijän halkaisijan ylittäessä 25 mm. (Tiivistekeskus, 2011)



KUVIO 29. Pyyhkijä tyyppi AD (Tiivistekeskus, 2011)

### **Staattinen tiivistys O-rengas**

Ruuviliitos päädyn ja sylinteriputken välillä on suunniteltu tiiviiksi, se ei kuitenkaan estä öljyä pääsemästä pois kammiosta. Tämän takia on hyvä tehdä lisävarmistus O-renkailla. O-renkaat laitetaan sylinteriputken ja päädyn rungon väliin. Täten varmistetaan, ettei öljy pääse pois sylinterin kammiosta. Haluttaessa voidaan laittaa vielä liima päädyn ja sylinteriputken väliin.

NBR 90 O-rengas kestää lämpötila-alueetta -50–120. Korkeissa lämpötiloissa kuitenkin tiivisteiden käyttöikä lyhenee.

O-renkaiden tiivistystä voidaan parantaa O-renkaiden tukirenkailla. Tukirenkaat estävät korkeata painetta käytettäessä (250 Bar) mahdollisen O-renkaiden tunkeutumisen välykseen. Tukirenkaat voidaan asentaa molemmille O-renkaan puolille tai paineettomalle O-renkaan puolelle.

Opinnäytetyön sylinteriin tulee kaksi O-rengasta ja ne ovat on tyyppiltään OR 661,8x5,7. O-renkaiden viereen laitetaan tukirenkaat PU 671,2/661,8x1,7.

#### 9.8.6 Sylinterin ohjaimet

Sylinterin männällä ja männänvarrella täytyy olla ohjaimet, jotta paino ei makaisi tiivisteiden päällä. Sylinteriin valittiin kudospakkeliittinen krütex ohjain (kuvio 30). Ohjain kestää suhteellisen suuria puristuslujuuksia. Ohjaimen voi ostaa myös nauhana, josta



voi mitoittaa haluamansa ohjainhalkaisijan. Krütex-ohjain kestää hyvin kulutusta ja se aiheuttaa vain pienen kitkan. Männälle ohjaimet laitetaan molemmille tiivisteiden puolille, mutta männänvarrelle ohjaimet laitetaan paineen puolelle. (Tiivistekeskus, 2011)



KUVIO 30. Krütex- männänohjain (Tiivistekeskus, 2011)

Männän ohjaimelle täytyy laskea suurin sallittu säteittäinen kuorma. Se lasketaan yhtälöstä 10:

$$FR = (D \cdot L \cdot \frac{q}{v}) \cdot n, \quad (11)$$

missä

FR = suurin säteittäinen kuorma (N)

q = suurin sallittu säteittäinen kuorma materiaalille (N/mm<sup>2</sup>)

D x L = halkaisija x leveys mm<sup>2</sup>

n = renkaiden määrä

v = varmuuskerroin (suositus >3)

Sijoitetaan arvot:

q = 340 (N/mm<sup>2</sup>) krütex 200

D x L = 671,2 x 29,5 mm<sup>2</sup>

n = 2

v = 3

$$FR = (668,7 \text{ mm} \cdot 29,5 \text{ mm} \cdot \frac{340 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{3}) \cdot 2 = 4,47 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Männän paino on noin 767 kg, joten aiheuttaa noin 7520 N voiman. Tämä paino jakautuu neljälle ohjaimelle, silloin jos ottaa myös varren ohjaimet mukaan. Tästä johtuen ohjain kestää moninkertaisesti männän aiheuttaman kuorman.

Männänvarrelle lasketaan samalla tavalla suurin sallittu säteittäinen kuorma. Ainoa muutos on halkaisija.

Sijoitetaan arvot:

$$q = 340 \text{ (N/mm}^2\text{) krütex 200}$$

$$D \times L = 550 \times 29,5 \text{ mm}^2$$

$$n = 2$$

$$v = 3$$

$$FR = \frac{550 \text{ mm} \cdot 29,5 \text{ mm} \cdot \frac{340 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{3}}{2} = 3,67 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Varrelle laitetaan tasapainon vuoksi kaksi ohjainta, vaikka kestävyys puolesta yksikin riittäisi

#### 9.8.7 Laakeri

Sylinterin ”kyytipojan” laakeriksi tulee Du-laakeri. Rakenne laakerilla on seuraava: Ulkokuorena on teräs, sen jälkeen tulee sintrattu pronssi ja liukupintana on PTFE+ lyijy. Laakeri on huoltovapaa, joten soveltuu hyvin käyttökohteeseen. Laakerilla on pieni kitkakerroin, kuivana 0,02-0,25 ja öljyttynä 0,02-0,12 luokkaa. Laakerin sisähalkaisija on 25 mm ja ulkohalkaisija on 28 mm sekä leveys 30 mm. (TekniikkaCenter OY, S&N osakeyhtiö).

#### 9.8.8 Mineraaliöljy

Käytetyin hydraulineeste on mineraaliöljy. Mineraaliöljyt ovat raakapohjaisia öljyjä, joiden jalostusaste ja kemiallinen rakenne vaihtelevat. Useimmissa tapauksissa öljyjen ominaisuudet riittävät, mutta vaatimusten noustessa, öljyihin lisätään erilaisia lisäaineita.

Mineraaliöljyt on jaettu 3 ryhmään. Ryhmiä ovat HL-nesteet, HLP- nesteet ja HV-nesteet. HL-neste on perusöljy ja se on lisääineistettu ruostumista ja öljyn vanhenemis- ta vastaan. HLP- ja HV-nesteet on lisääineistettu paineenkeston parantamiseksi ja pa- remman kulumisenkeston saavuttamiseksi. HV- nesteet on lisäksi lisääineistettu viskosi- teetin lämpötilariippuvuuden pienentämiseksi.

Mineraaliöljyt täyttävät kaikki vaatimukset mitä hydraulinesteille asetetaan. Ongelmana mineraaliöljyillä on, että ne on palavia nesteitä, joten palovaarallisissa paikoissa niitä ei voida käyttää.

Opinnäytetyössä hydraulinesteeksi voi valita, joko HLP-nesteen tai HV- nesteen. Ne kestävät yli 20 MPa paineen. Koska puristin tulee olemaan konehallissa, palovaara on pieni. Sylinterin tiivisteille käy kumpikin mineraaliöljy laji, joten hydraulikoneikon komponentit määräävät lopullisen öljyvalinnan.

#### 9.8.9 Letkukoko

Hydrauliletkujen koko on saatu laskemalla alla olevien kaavojen avulla. Kaavoista saa- daan siis sen letkun koko, joka lähtee pumpulta sylinterille. Laskuissa käytetään sylin- terin liikenopeutena arviota, joka tulee halutusta työkierron nopeudesta.

Lasketaan ensin sylinterin plusliikkeen aikaansaamiseksi tarvittava tilavuusvirta kaaval- la:

$$Q = A \cdot v, \quad (12)$$

missä

A= Sylinterin männän pinta-ala [m<sup>2</sup>], sijoitetaan arvo halkaisijan mitta 0,67 m

v= haluttu sylinterin nopeus [m/s], sijoitetaan arvo 0,0015 m/s

$$Q = \frac{(\pi \cdot 0,67^2)}{4} \text{ m}^2 \cdot 0,0015 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,00528 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Seuraavaksi täytyy laskea, mikä on letkun halkaisija, jotta saadaan aikaan haluttu tila- vuusvirta aikaiseksi. Paineletkussa virtausnopeus on yleensä 5 m/s, joten käytetään sitä laskuissa.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q_v}{\pi \cdot v}}, \quad (13)$$

missä

$d$ = letkun halkaisija [m]

$q_v=Q$ =tilavuusvirta, tässä tapauksessa  $0,00528 \text{ m}^3/\text{s}$

$v$ =virtausnopeus,  $6 \text{ m/s}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000528 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \cdot 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 0,01159 \text{ m}$$

Tämän perusteella valitaan lähimpänä sopiva oleva letkukoko. Tässä tapauksessa valitaan suurempi koko eli 1/2 tuumaa eli sisähalkaisija 12,7 mm.

Molemmille männänpuolille laitetaan sama liitin. Paluuliikkeessä männänvarresta johtuen mäntä liikkuu nopeammin. Tällöin männänvarrettoman puolen putkessa tilavuusvirta ja paine nousevat. Tämä on kuitenkin pieni muutos, joten sitä ei tarvitse ottaa huomioon.

Yllä olevien kaavojen avulla on saatu hyvä arvio sylinterin letkuliittimen koosta, jota käytetään piirustuksissa. Liittimien koko voi kuitenkin vaihdella, sillä tilattavan hydraulikoneikon tuottama tilavuusvirta vaikuttaa sylinterin nopeuksiin ja sitä kautta liittimien kokoon. Tästä johtuen on hyödytöntä tässä kohtaa laskea sylinterin todellisia nopeuksia. Liittimien koko saadaan myös valmistajalta, kun tiedetään haluttu tilavuusvirta.

Alla on kuva(kuvio 31) liittimestä, jota esimerkiksi voisi käyttää sylinterin ja letkun yhdistämiseen. Kaksoisnippa kierretään sylinteriin kiinni, ja koska liitin on kartion muotoinen se tiivistää itse itsensä.



KUVIO 31. Kaksoisnippa

#### 9.8.10 Hydraulinen teho

Hydraulinen teho määrittelee hydraulikoneikon koon. Teho lasketaan kaavalla 4

$$P_{\text{tod}} = Q \cdot \Delta p = \frac{F \cdot v}{\eta_{\text{kok}}}, \quad (4)$$

missä

$F$  = Sylinteriä kuormittava voima 8000000 [N]

$v$  = Sylinterin liikenopeus 0,002 [m/s]

$\eta_{\text{kok}}$  = muodostuu volymetrisestä hyötysuhteesta ja hydromekaanisesta hyötysuhteesta.  
Usein 0,90–0,96

$$P_{\text{tod}} = \frac{8000000 \cdot 0,002}{0,90} \approx 177778 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \approx 177 \text{ kW}$$

Järjestelmän hydraulinen teho on itse asiassa pumpun kehittämä teho. Pumppu tarvitsee akselilleen yhtäsuuren mekaanisen tehon.

## 9.9 Nostosylinteri

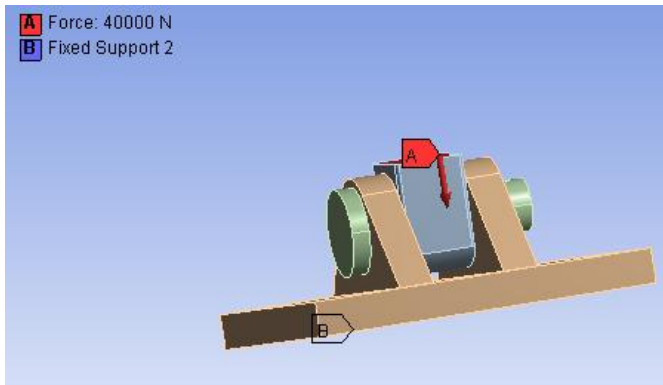
Nostosylinteri voi olla esimerkiksi IKH:n valikoimasta löytyvä 4 tonnin kippisylinteri (kuvio 32). Sylinterin suurin käyttöpainne on 210 bar, mutta 160 bar:in paineella saadaan aikaan 4 tn voima. Sylinterin vaippa on 95 mm halkaisijaltaan ja sen sisällä putket 80 mm, 65 mm, 50 mm. Sylinterin isku on 1155 mm, joten iskun pituutta täytyy hydraulikoneikon automatiikan avulla rajoittaa. Sylinteriin tehdään asennuslevyt, joilla saadaan kiinnitettyä sylinteri koneen runkoon ja nostopalkkiin.



KUVIO 32. Teleskooppisylinteri

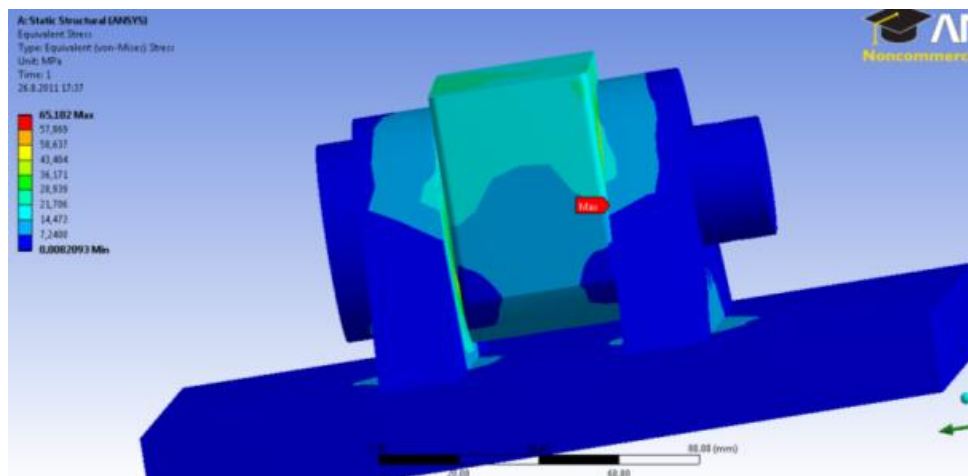
### Nostosylinterin kiinnike

Nostosylinteri kiinnitetään alla olevilla kiinnikkeillä nostopalkkiin ja puristimen jalkoihin.



KUVIO 33. Sylinterin kiinnikkeen tuki ja voima

Valmiina saatavan sylinterin maksimi nostovoima on noin 40 kN, joten se on laitettu laskenta voimaksi. Voiman tarve on todellisuudessa pienempi, sillä nostopalkki ei paina kuin noin 700 kg. Voima kohdistuu kuitenkin kuvion mukaisesti sylinterin pohjassa olevaan lenkkiin (kuvio 33). Tuet on laitettu alustan pohjaan. Elementtiverkon koko tarkastelussa oli 15 mm. Tällöin jännitykset ovat kuvion (kuvio 34) mukaiset.



KUVIO 34. Kiinnikkeen jännitykset

Sylinterin pohjan lenkkiin tulee maksimissaan 65 MPa jännitys kuvan mukaan. Todellisuudessa jännitykset ovat pienempiä. Jännitys piikki tulee vain lenkin reunaan, jossa oikeasti ole terävää reunaa, vaan muoto on pyöristetty. Jännitykset ovat todellisuudessa pienempiä.

Kiinnike ja sen tappi voisivat olla rakenteeltaan ohuempia. Valmiina ostettavassa sylinterissä lenkin reiän koko on 30 mm, joten tappikin on 30 mm. Tämä suurentaa silloin muuta rakennetta. Kiinnike taipuu noin 0,012 mm keskikohdastaan

## 10 Yhteenveto ja Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella vaakatasossa toimivan hydraulisen sylinterin runko ilman työpöytä ja jalkoja sekä sylinteri puristimeen. Komponenteista tuli myös piirtää piirustukset. Laitteen tarkoitus on parantaa hammas- ja ketjupyörien tuotantoa siten, että muutama työvaihe poistuu ja hukan määrä vähenee. Tällä tavoin pystytään paremmin vastaamaan kilpailuun.

Suunnittelu alkoi puristusvoiman tarpeen arvioinnilla ja siten määriteltiin millainen kone voisi olla. Puristusvoiman tarve aiheutti suunnittelulle omia vaikeuksia, sillä rakenteen täytyy olla myös kustannustehokas sekä kooltaan mahdollisimman pieni. Suunnitelmissa oli monen sylinterin malli sekä kone, jossa olisi ollut 1000 tonnin sylinteri. Näissä tuli eteen ongelmia, joiden johdosta päädyttiin pienempään yksisylinteriseen 800 tonnin malliin.

Työn tuloksena syntyi puristin, jolla voidaan valmistaa haluttuja kappaleita. Runko ja sylinteri ovat toimivia, mutta toteutus ei välttämättä ole kaikkein halvin mahdollinen. Koneeseen tullaan vielä suunnittelemaan jalat ja työpöytä. Lisäksi pitää ostaa hydraulikoneikko ja asentaa koneeseen sähköt. Ennen kuin pääsee kokeilemaan konetta, pitää ottaa huomioon turvallisuus seikat.

Sylinterissä on korkea paine, joten työntekijän suojat tulevat tarpeeseen. Aihion tilantarve on suuri, jolloin täysin turvallisia suojia on hankala tehdä niin, ettei työnteko häiriintyisi suojien takia. Tästä syystä hydraulikoneikon tilavuusvirta ei saa olla suuri, jotta puristus olisi hidas. Koneeseen tullaan myös tekemään suojaksi pellit, jolla saadaan yleisilmettä myytävämmäksi.

Puristimen suunnittelu pysyi melko hyvin aikataulussaan. Näillä näkymin puristin tullaan valmistamaan mahdollisimman pian, jolloin puristimen suunnittelu jatkuu tämän opinnäytetyön jälkeen.

## LÄHTEET

Aaltonen, K. Andersson, P & Kauppinen, V. 1997. Levytyö ja työvälinetekniikat. 1.painos. Porvoo: WSOY-kirjapainoyksikkö

Airila, M. Ekman, K. Hautala, P. Kivioja, S. Kleimola, M. Martikka, H. Miettinen, H. Niemi, E. Ranta, A. Rinkinen, J. Salonen, P. Verho, A. Vilenius, M & Välimaa, V. 2010. Koneen osien suunnittelu. 4-5.painos. Helsinki. WSOYpro OY.

Fonselius, J. Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1995. Hydraulikka II. Helsinki: Painatuskeskus OY

Järvensivun Konepaja Oy. 2011. Historia ja Nykypäivä. Luettu 16.6.2011. <http://www.jarvensivunkonepaja.fi/historia.htm>

Keinänen, T. Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumaattikka. 1.painos. Helsinki: WSOY

Koivunen, V. 2007. Lentokoneiden alumiinisten ohutlevyrakenteiden työvälinessuunnittelu. Opinnäytetyö. Luettu 16.6.2011.

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8632/Koivunen.Vesa.pdf?sequence=2>

Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto: Mekatroniikan ja virtuaalisuunnittelun laboratorio. kurssimateriaali mekatroniikan peruskurssi kevät 2007. Luettu 6.7.2011. <https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk60a0001/luennot:Hydrauliteknikka>  
Google:haku: <https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk60a0001/.../hydrauliteknikka.pdf>

Metropolia wiki. Koneautomaatio, Toimilaitteet. Luettu 29.6.2011

<http://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/11.+Toimilaitteet>

Niemi, E. Kemppe, J. 1993. Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet. Helsinki: Painatuskeskus OY

S&N Osakeyhtiö, teollisuustuotteet, Du-liukulaakerit, Luettu 28.7.2011  
[http://www.snoy.fi/teollisuus\\_ggb.html](http://www.snoy.fi/teollisuus_ggb.html)

TekniikkaCenter OY, Tuotteet, Luettu 28.07.2011.  
[http://www.tekniikkacenter.fi/index.php?module=ekauppa&type=3&product\\_group=M1P](http://www.tekniikkacenter.fi/index.php?module=ekauppa&type=3&product_group=M1P)

Tiivistekeskus OY, Tuotteet, Luettu: 1.8.2011,  
<http://tuotteet.tiivistekeskus.fi/main.html?locale=fi>

Toivanen, J-M. 2010. Ultrakevyen rahtialuksen kansiluukkujen sekä luukkujen siirto- ja varastointijärjestelmän suunnittelu hyödyntäen kevytrakenne konsepteja. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Diplomityö

Tschaetsch, H, 2005, Metal forming Practise: processes-machine-tools, E-kirja, Luettu: 22.7.2011. <http://www.scribd.com/doc/21117788/Metal-Forming>



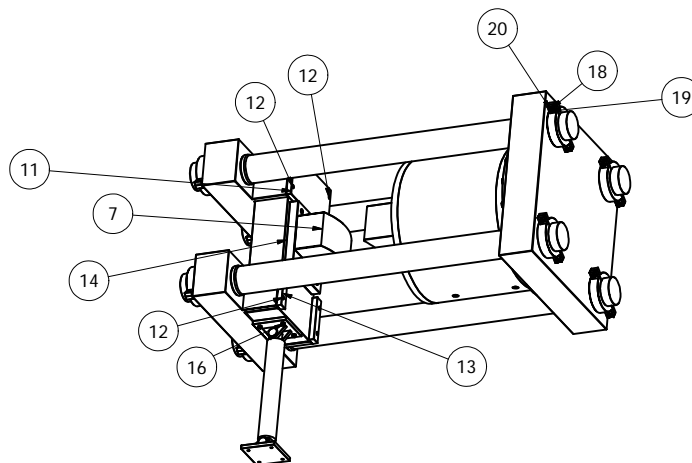
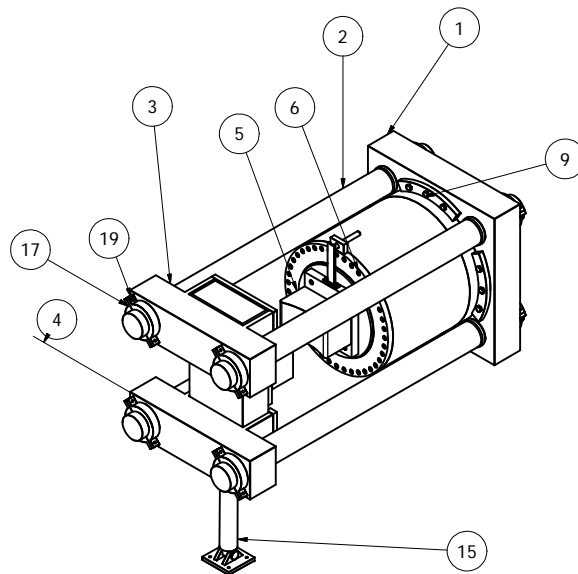
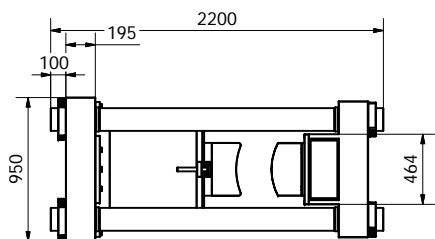
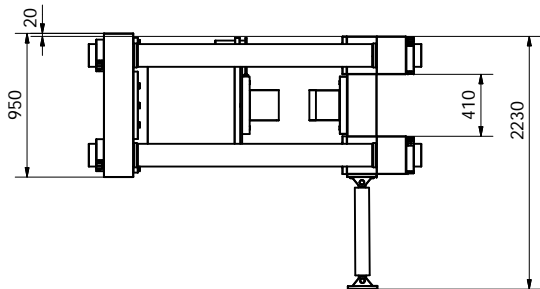
UEN, Used equipment network, luettu 12.8.2011, Hydraulic press,  
<http://inv.nationalmachy.com/q/nlist/=,001436,20120040>

Valtanen, E, 2010, Tekniikan taulukkokirja, 18 Painos. Mikkeli: Genesis-kirjat Oy

## SYLINTERIN PÄÄDYN RUUVIT

Sylinterin päädyn ruuvit			
Männähalkaisija/mm		670	
männän varsi/mm		550	
Päädyn pinta-ala/mm <sup>2</sup>		114924	
Sylinterinputken halk.		771,8	
<b>Ruuveja tulee</b>			
$t=(D_{halk} \cdot \pi)/(dk+h)$			
Dhalk		sylinterinputken halkaisija	
t		ruuvien keskipisteiden etäisyys	
dk		Ruuvien kantavan pinnan halkai:	24 mm
h		on laipan paksuus	37 mm
kaava			
$t=(D_{halk} \cdot \pi)/(dk+h)$			
t		39,72872	
ruujeja laippaan tulee	noin	40 kappaletta	
Yhteen ruuvien kohdistuva voima on			
$F_a = F/z$			
F		koko ruuvi ryhmäänkohdistuva voima	
F <sub>a</sub>		Yhteen ruuvien kohdistuva voima	
z		Ruuvien lukumäärä	
Paine/Mpa		25	
päädyn pinta-ala A/mm <sup>2</sup>		114924	
F=ρ*A		2873100 N	
F		2873100	
z		40	
F/N		71827,5	
$\tau = F/((\pi \cdot d^2)/4) \cdot m$			
d= ruuvien halk.		16	
leikkeiden määrä m		1	
τ		357,4219	
10.9 ruuvien venymisraja on 900 N/mm <sup>2</sup>			
σ <sub>a</sub>		900	
τ <sub>sall</sub> =0,6*σ <sub>a</sub>			
τ=		540	
τ<τ <sub>sall</sub>			
Ruuvit kestää			
Mitoitetaan staattisen kestävyuden mukaan. Liukuminen estetään liimalla			

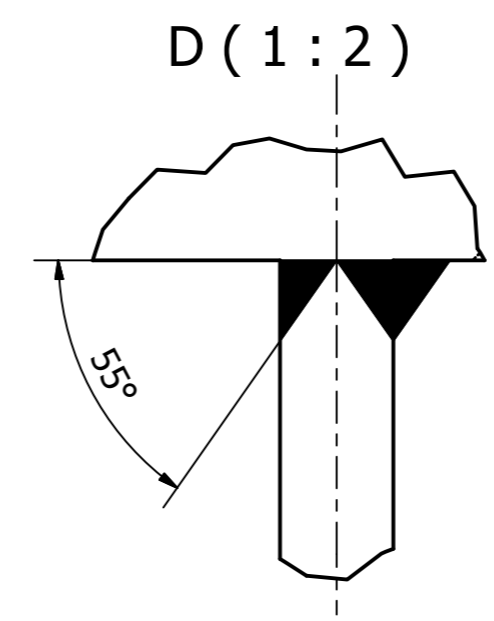
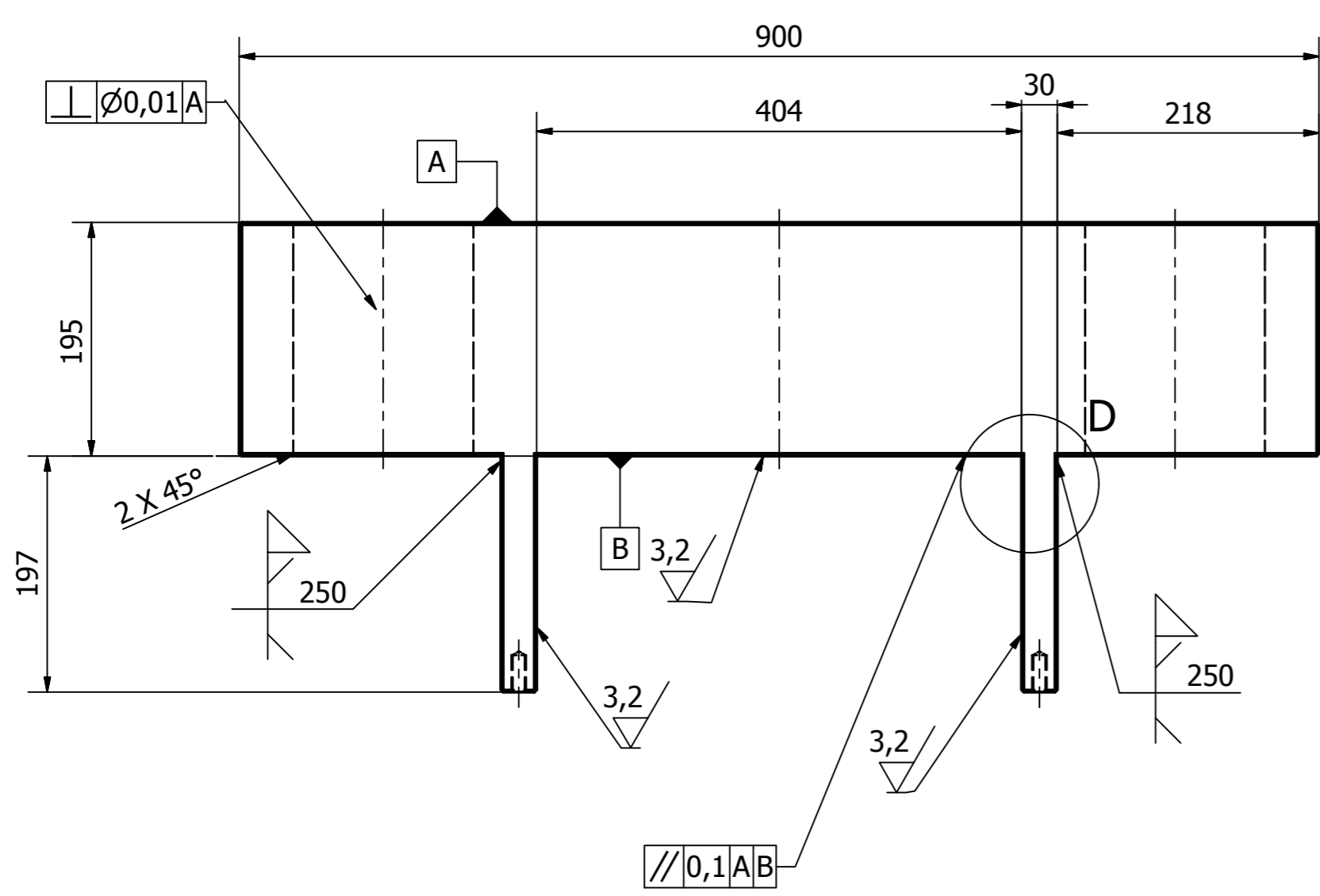
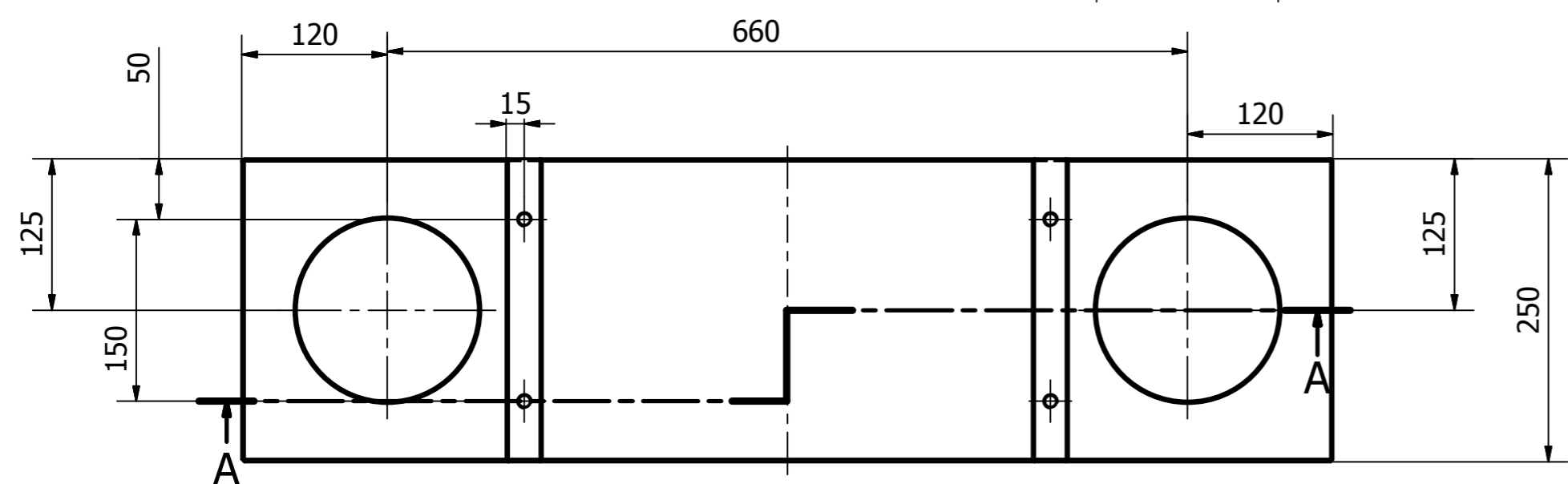
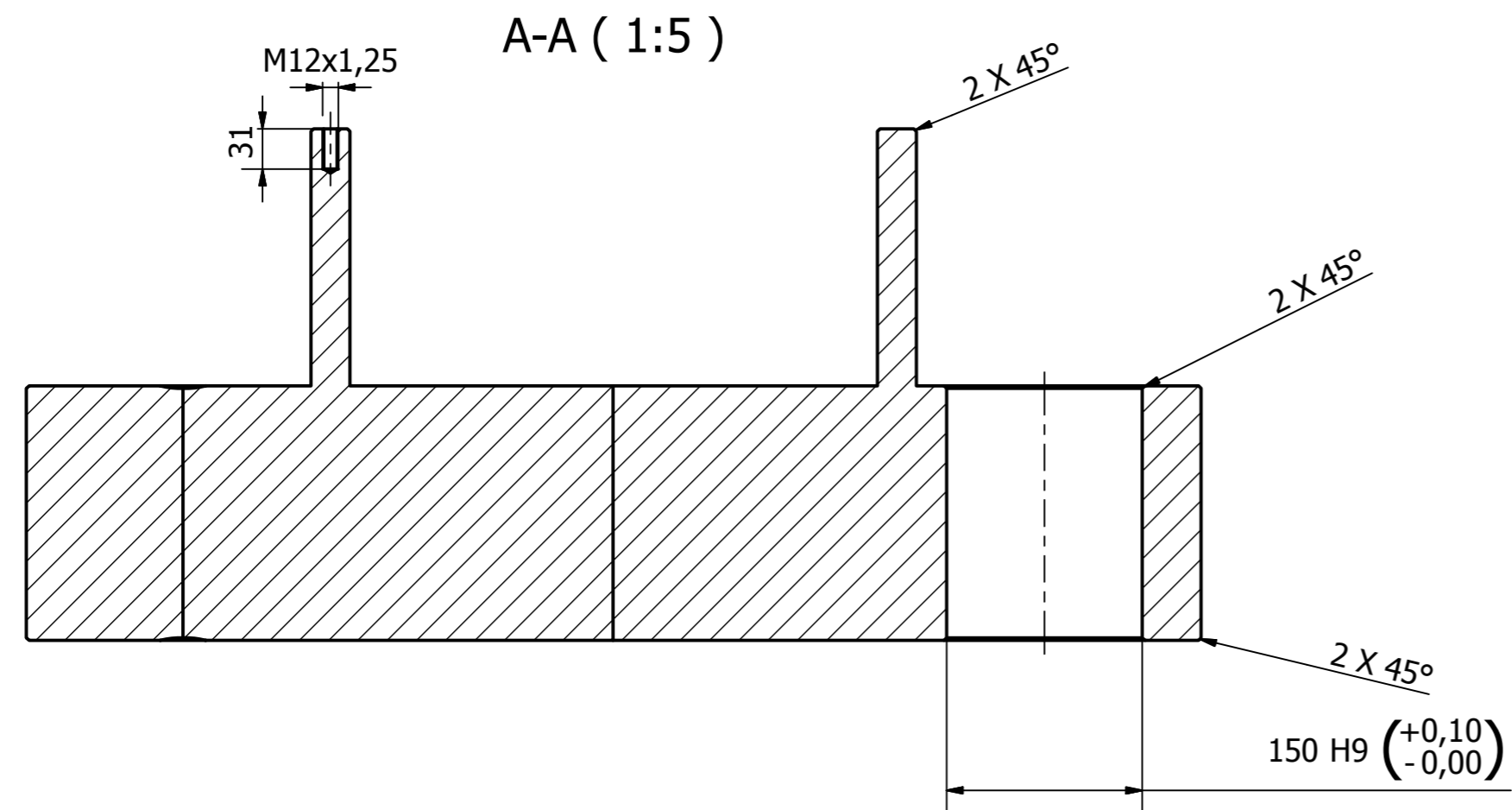




PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	DESCRIPTION
1	1	sylinterilevy	
2	4	Vetotanko	
3	1	Yläkelkka	
4	1	Alakelkka	
5	1	Painin	
6	1	Sylinteri	
7	1	Vastin	
8	1	Vastinlevy	
9	12	DIN EN ISO 4016 - M20x80	
11	1	Yläkelkankutki	
12	8	ISO 4762 - M12 x 55	4 ruuvia kiinnittää yläkelkankutun ja 4 ruuvia kiinnittää vastinlevyn tuet
13	2	Vastinlevyn tuet	
14	1	Vastintyökalun levy	
15	1	Nostosylinteri+sylinterin kiinnikkeet	2kpl+kiinnikkeen tappi 2 kpl
16	4	DIN EN ISO 4016 - M12x55	
17	16	Lukitusprikka	
18	10	DIN 126 - 13,5	Aluslevy
19	9	DIN 7990 - M12 x 60	Mutteri
20	9	ISO 4034 - M12	Ruuvi
21	8	ISO 4762 - M16 x 80	2 ruuvia kiinnittää vastimen vastintyökalun levyyn. Vastintyökalun levy kiinnitetään vastinlevyyn 4 ruuvilla. Painin kiinnitetään painimen levyyn 2 ruuvilla

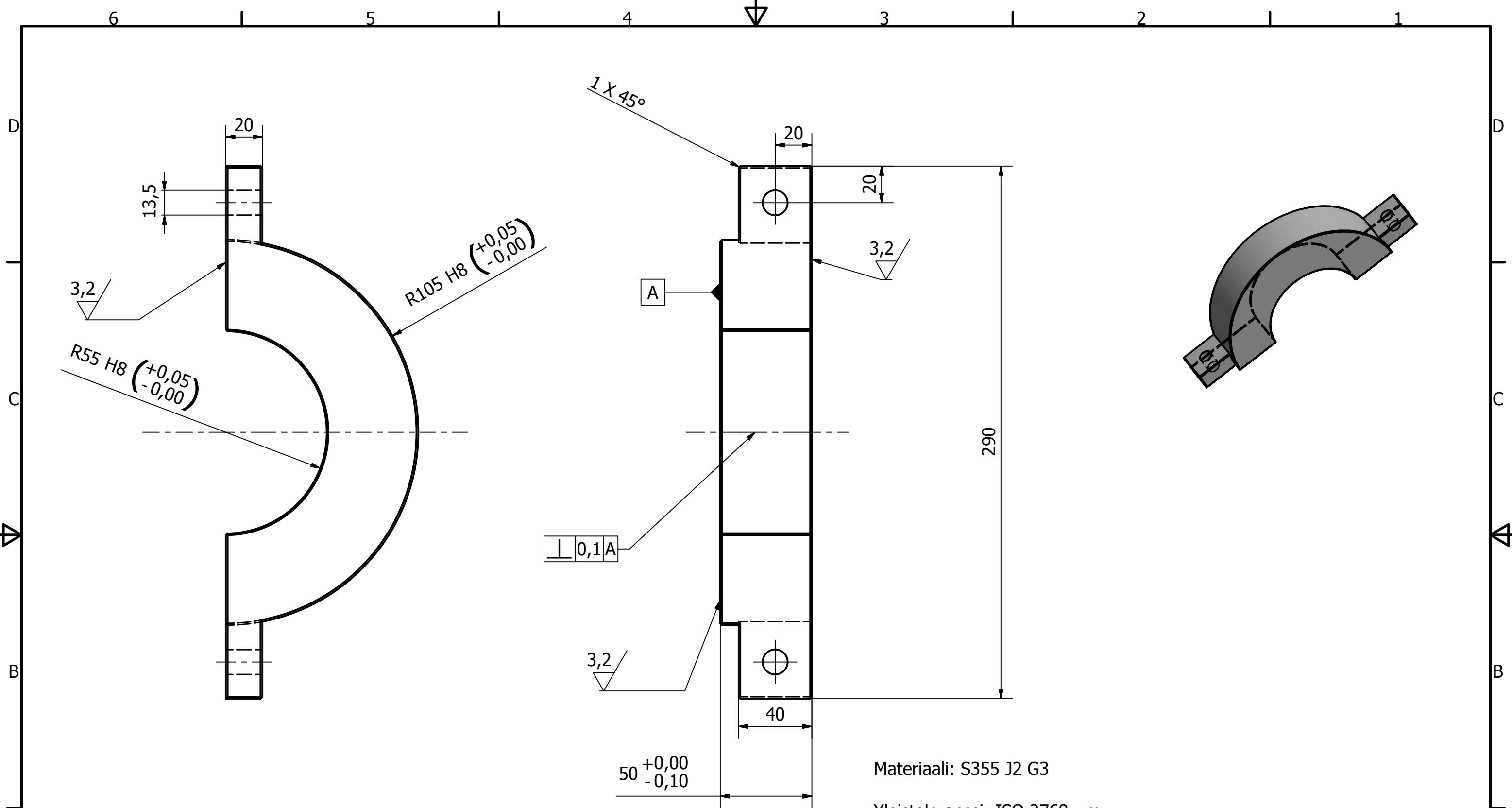
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date
Janne Peltokoski				5.10.2011
				Puristimen kokoonpano
				Edition
				1 / 1

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus								
		>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8



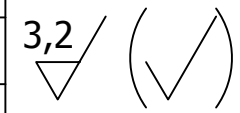
Materiaali: S355 J2 G3  
Yleistoleranssi: ISO 2768 - m  
12,5 / (✓)

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 12.7.2011	Date
Alakelkka			Edition	Sheet 1 / 1



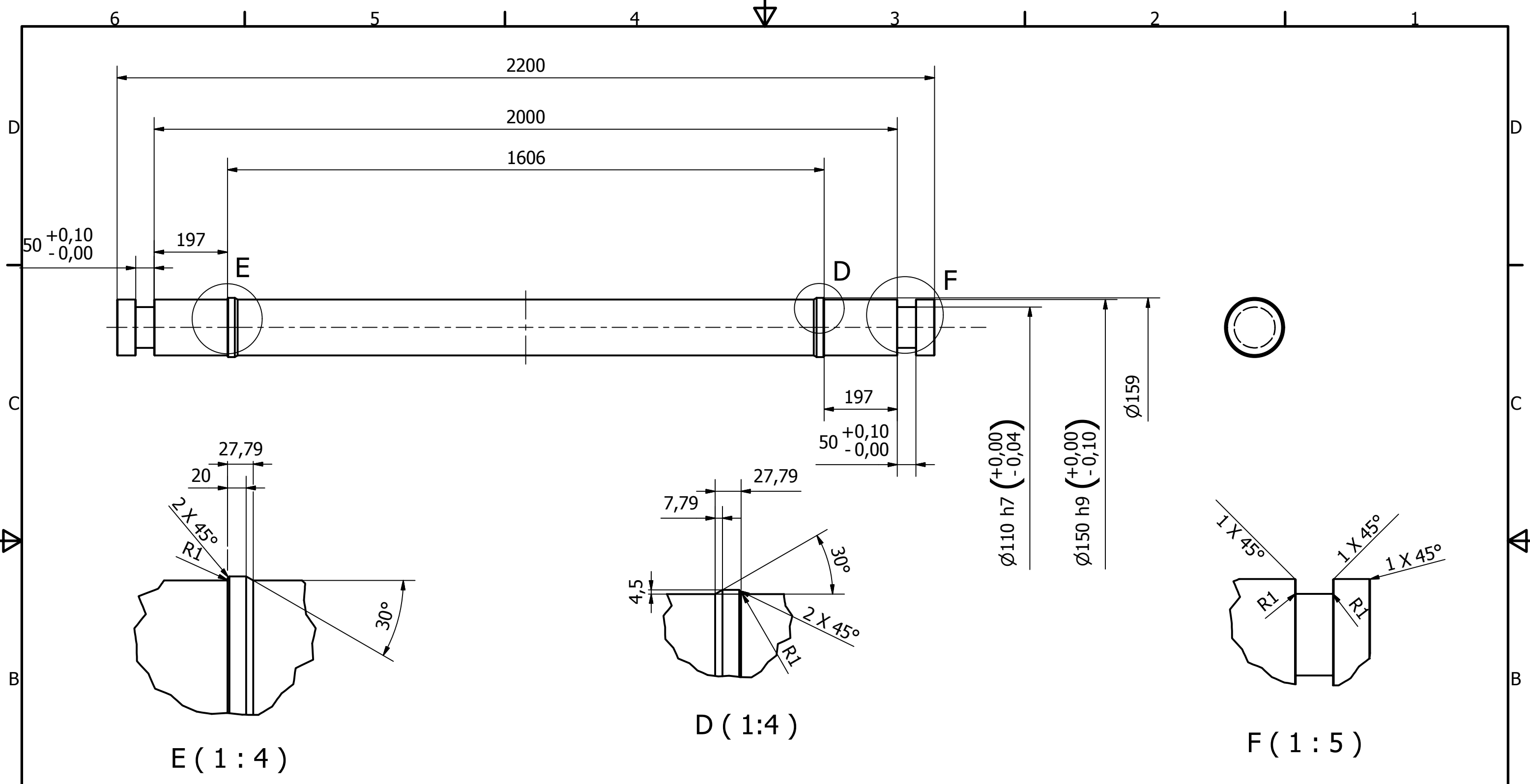
Materiaali: S355 J2 G3  
 Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

Tarvitaan 16 kpl



Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

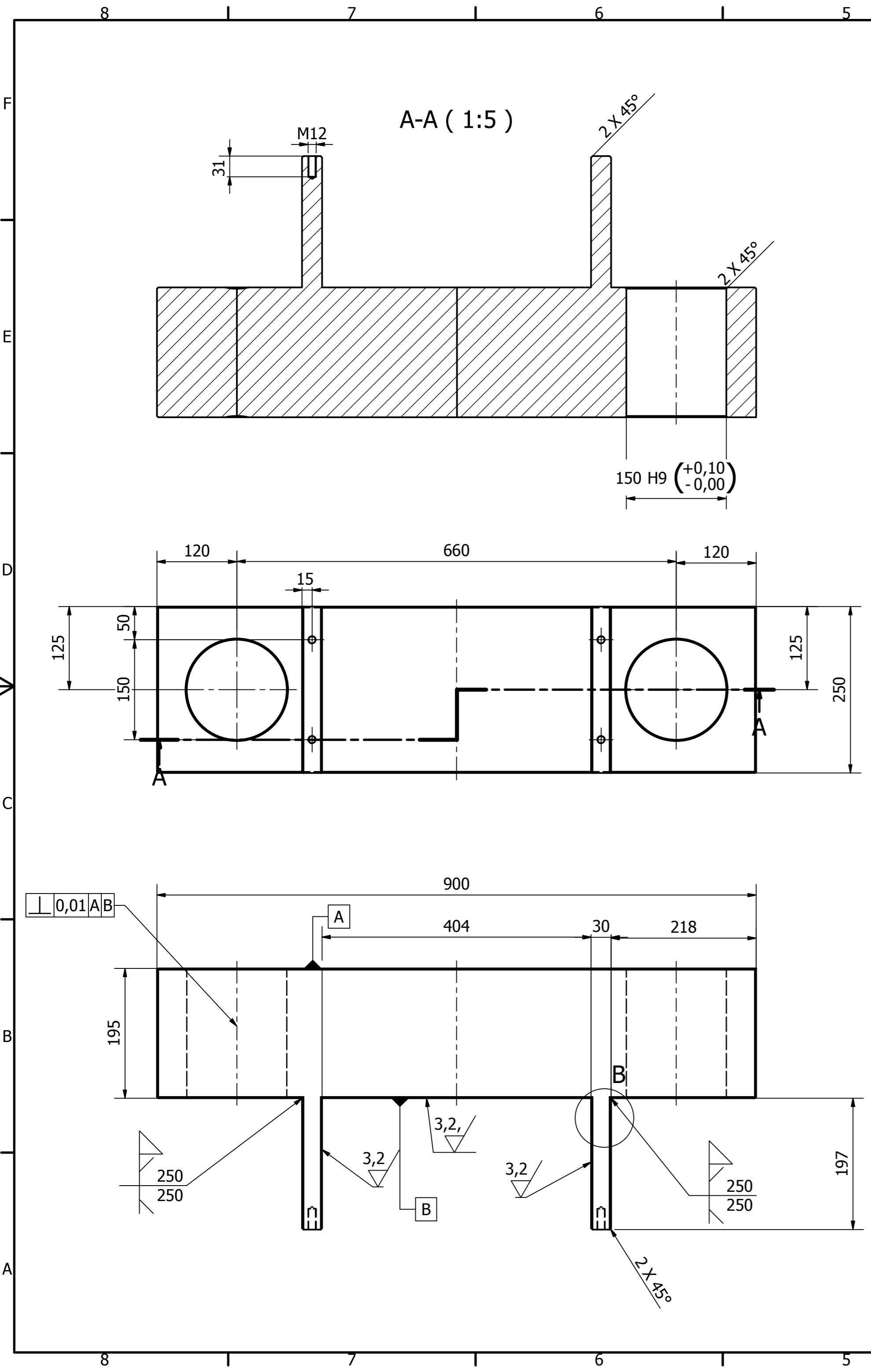
Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 24.8.2011	Date
Lukitusprikka			Edition	Sheet 1 / 1



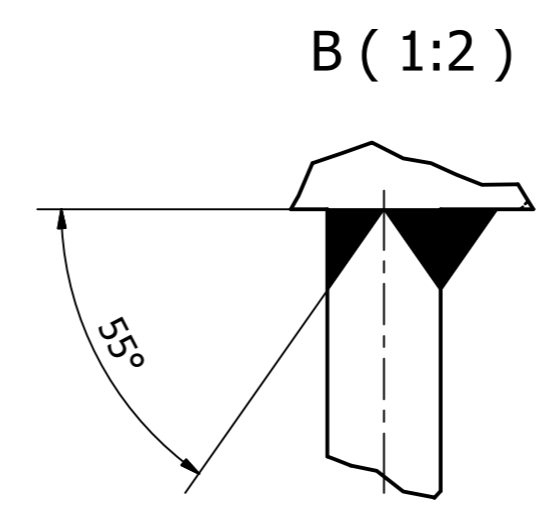
Materiaali: S355 J0  
 Yleistoleranssi: ISO 2768 - m  
 12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 12.7.2011	
			Vetotanko		



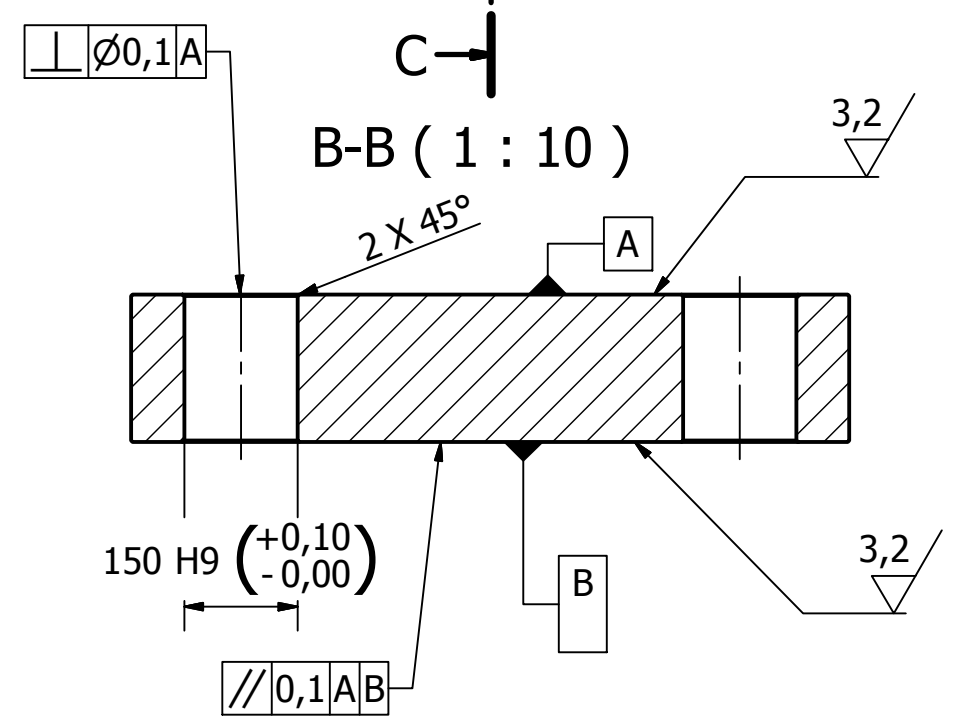
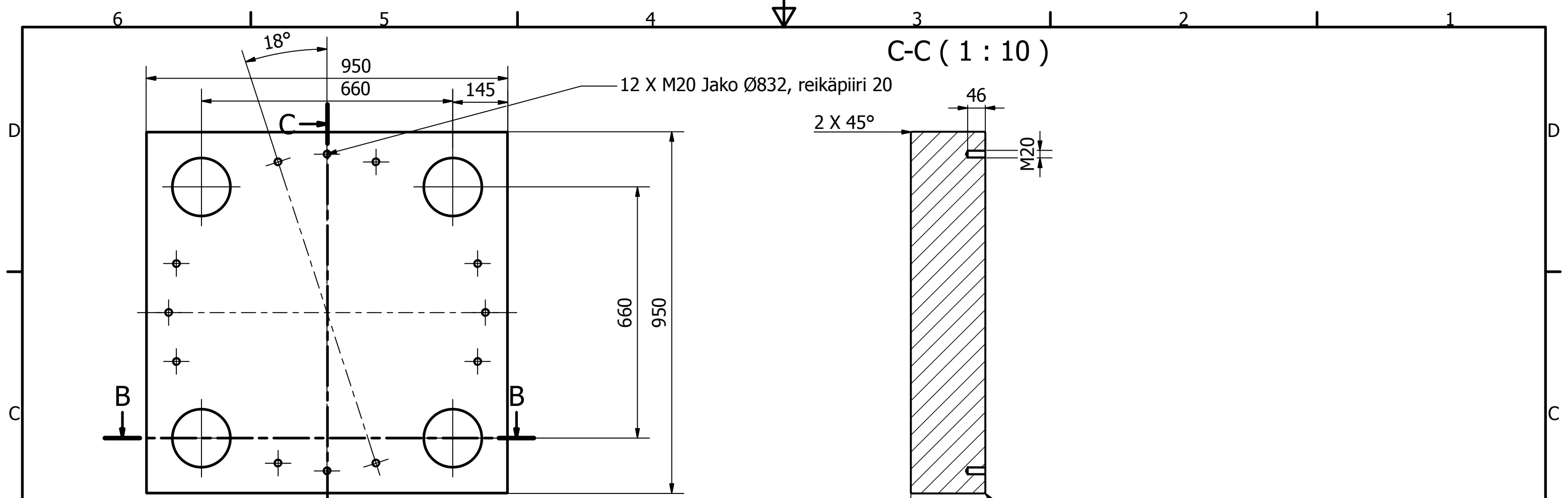
Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus								
		>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8



Materiaali: S355 J2 G3  
 Yleistoleranssi: ISO 2768 - m  
 12,5 / (✓)

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 6.10.2011	Date
			Yläkelkka	
			Edition	Sheet 1 / 1



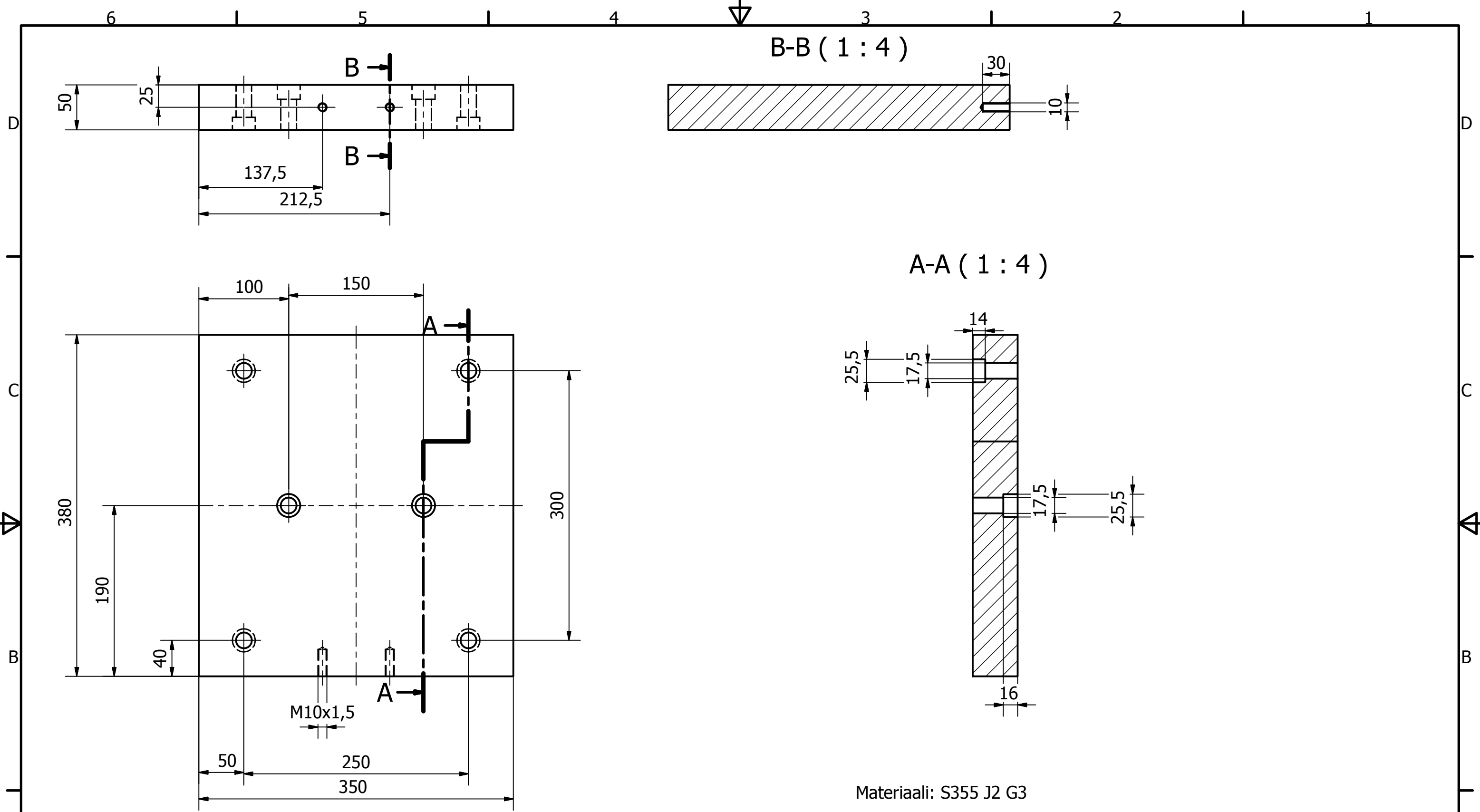


Materiaali: S355 J2 G3  
 Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

12,5 (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 12.7.2011	Date
Sylinterilevy				Edition
				Sheet 1 / 1



Materiaali: S355 J2 G3

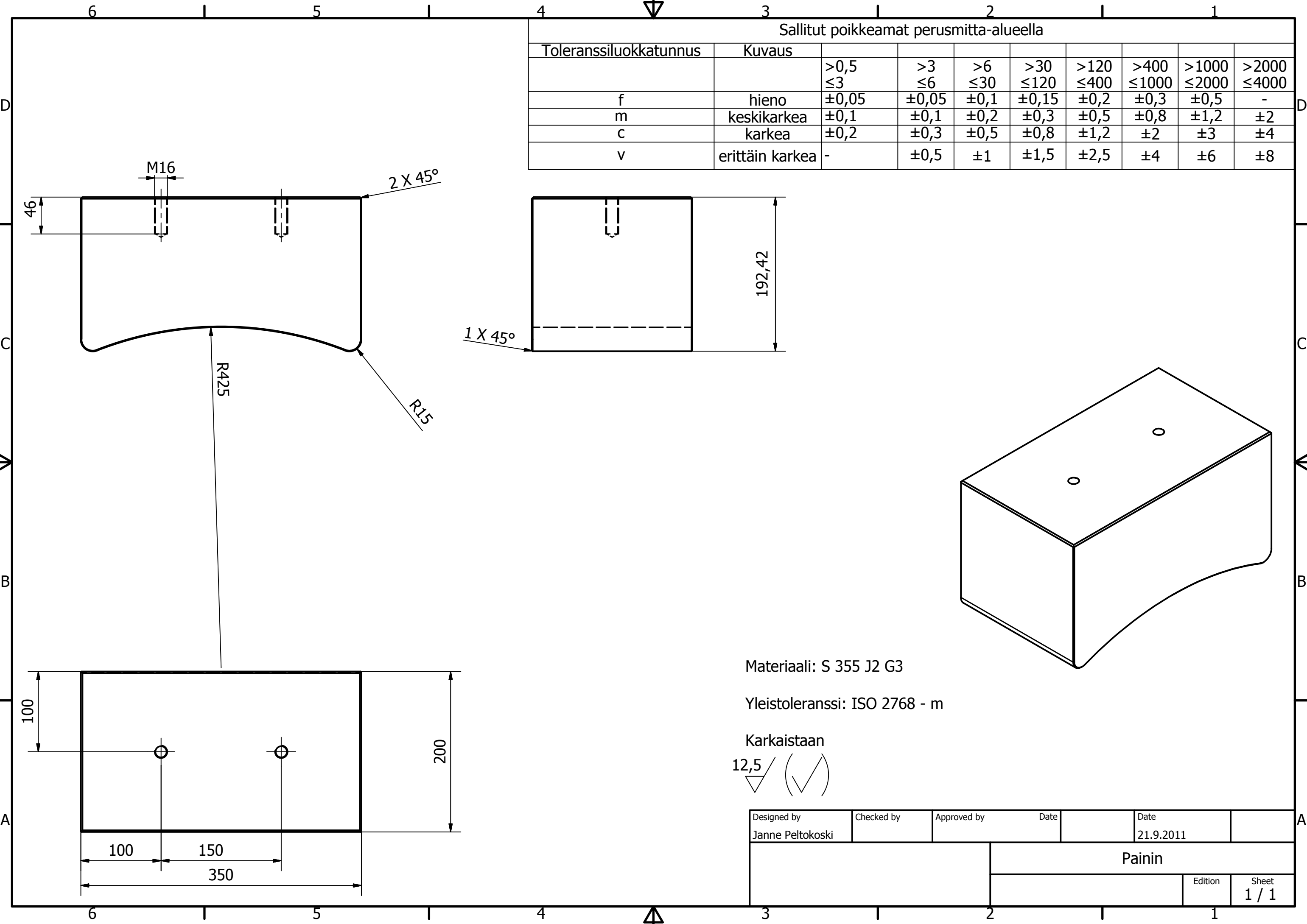
Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 22.8.2011
Painimenlevy			Edition	Sheet 1 / 1

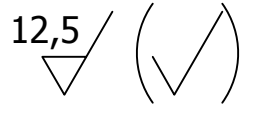
Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8



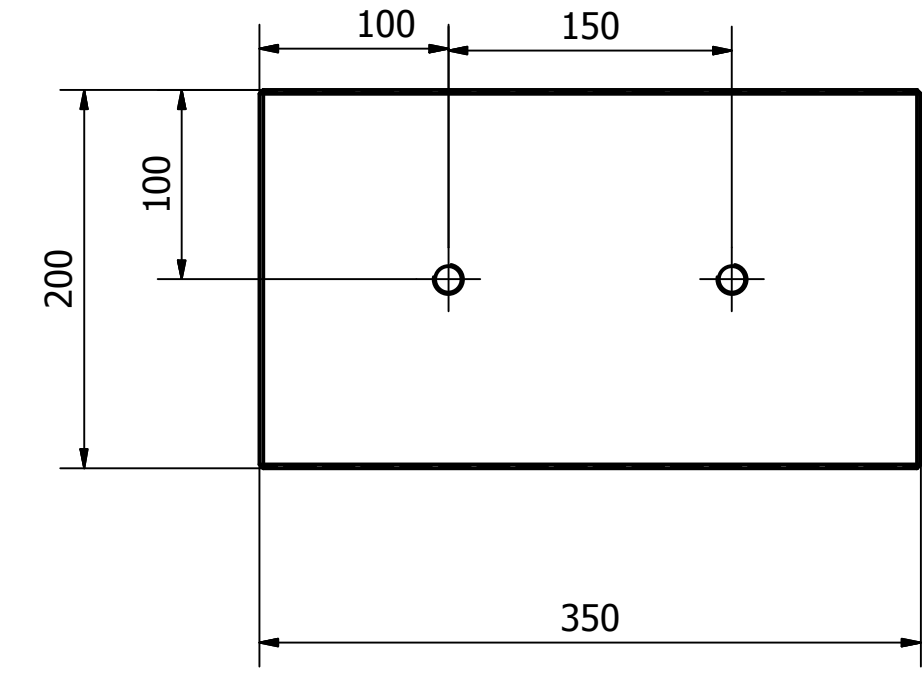
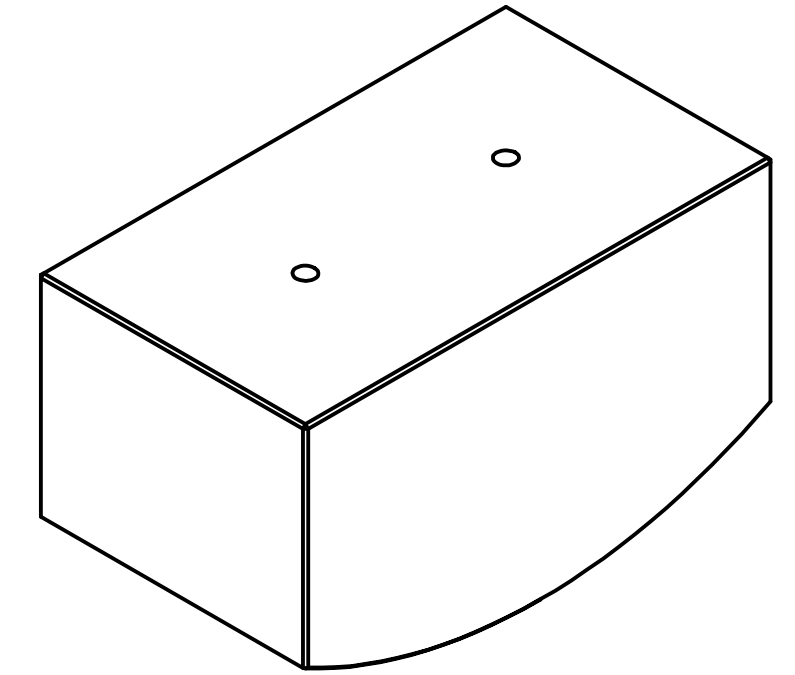
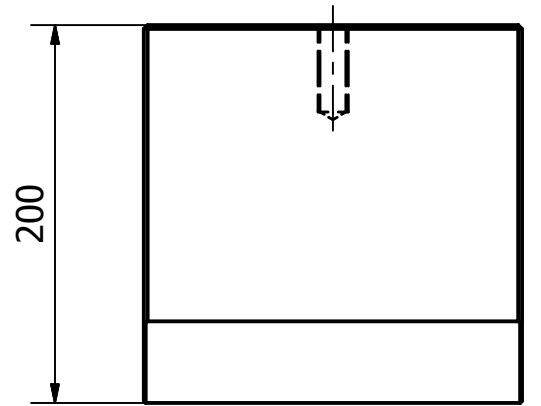
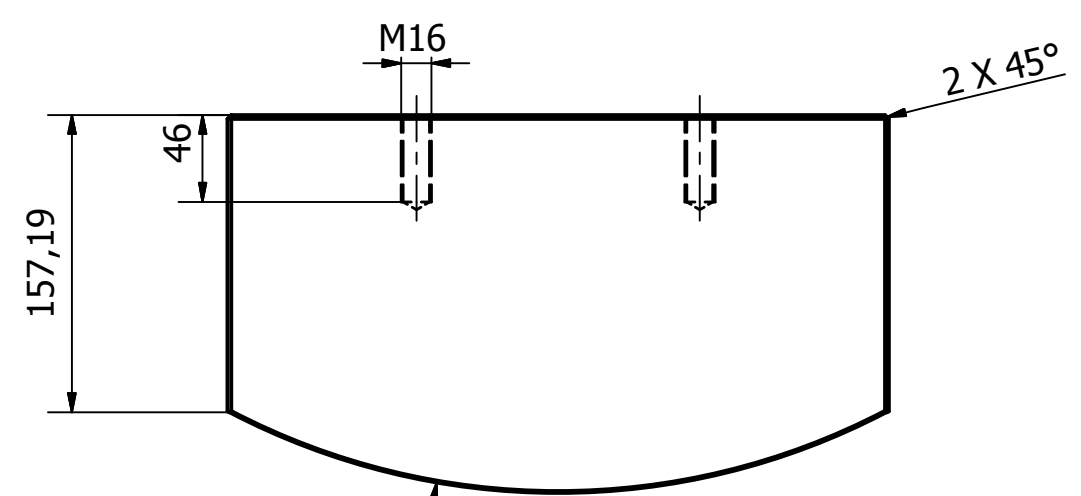
Materiaali: S 355 J2 G3

Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

Karkaistaan



Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 21.9.2011	
			Painin		
			Edition	Sheet 1 / 1	

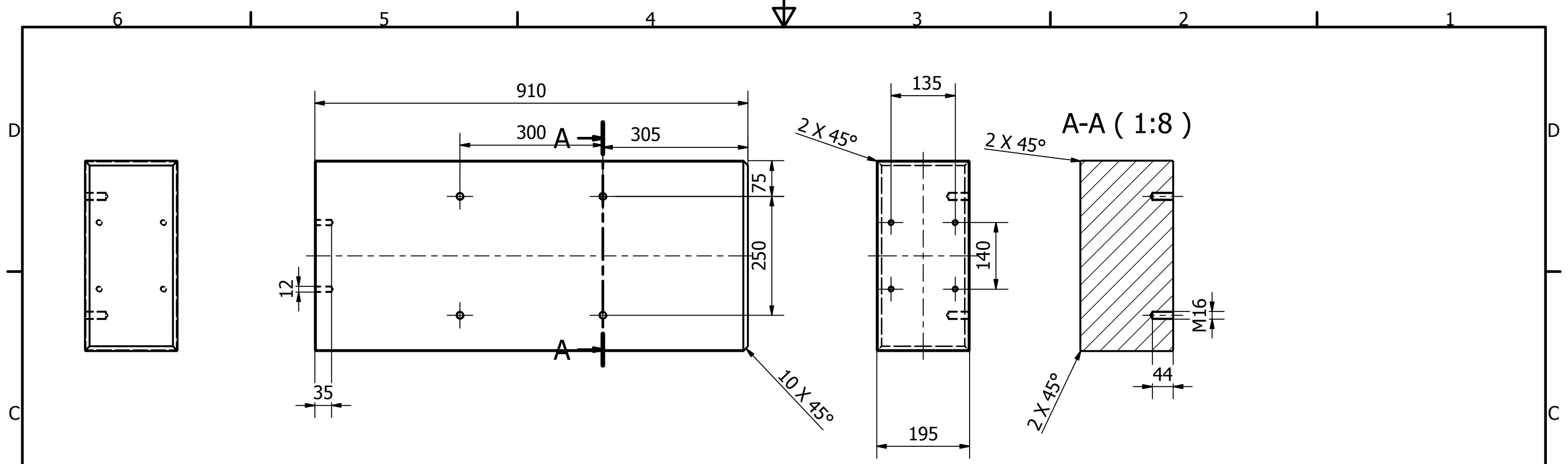


Materiaali: S 355 J2 G3  
 Yleistoleranssi: ISO 2768 - m  
 Karkaistaan

12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 21.9.2011
Vastin			Edition	Sheet 1 / 1



Materiaali: S 355 J2 G3

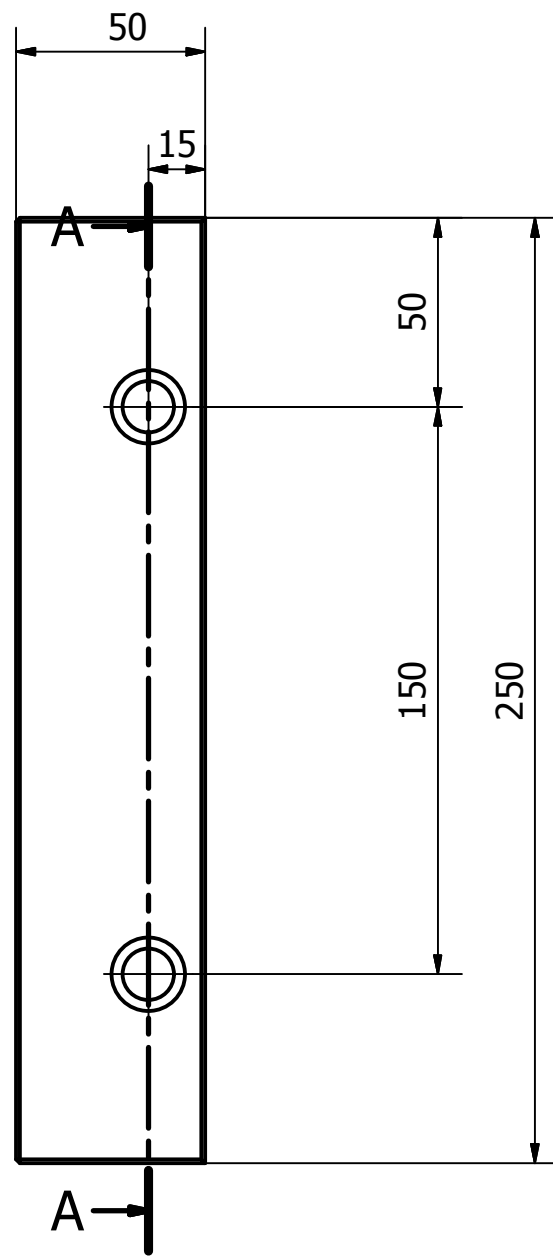
Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

3,2 / (✓)

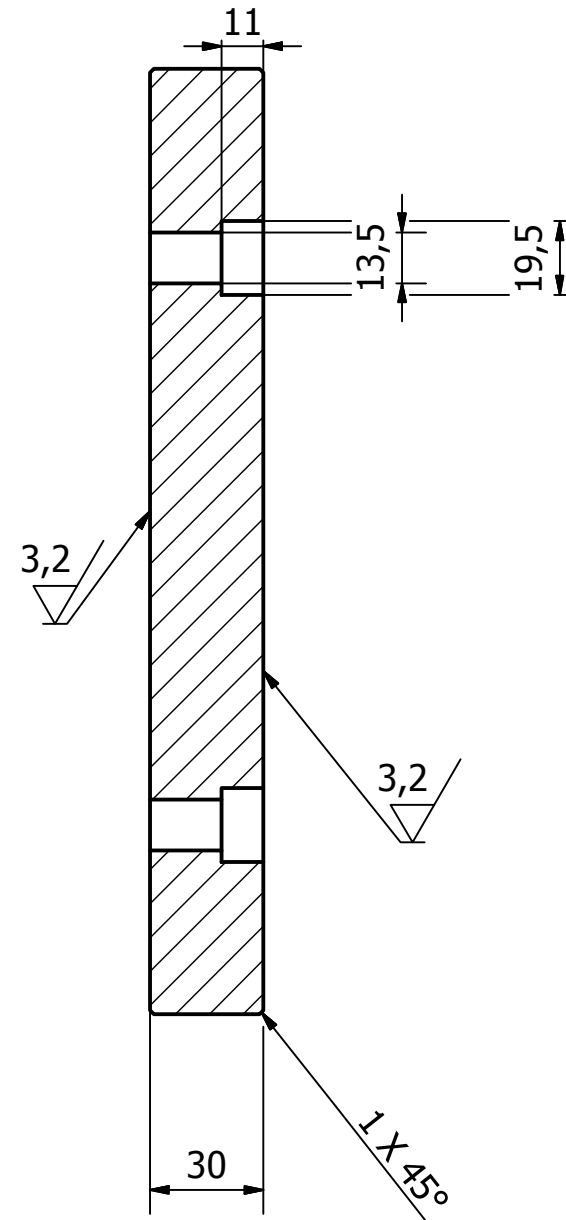
Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella

Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 12.7.2011
			Vastinlevy	
			Edition	Sheet 1 / 1



A-A ( 1 : 2 )



Materiaali: S355 J2 G3

Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

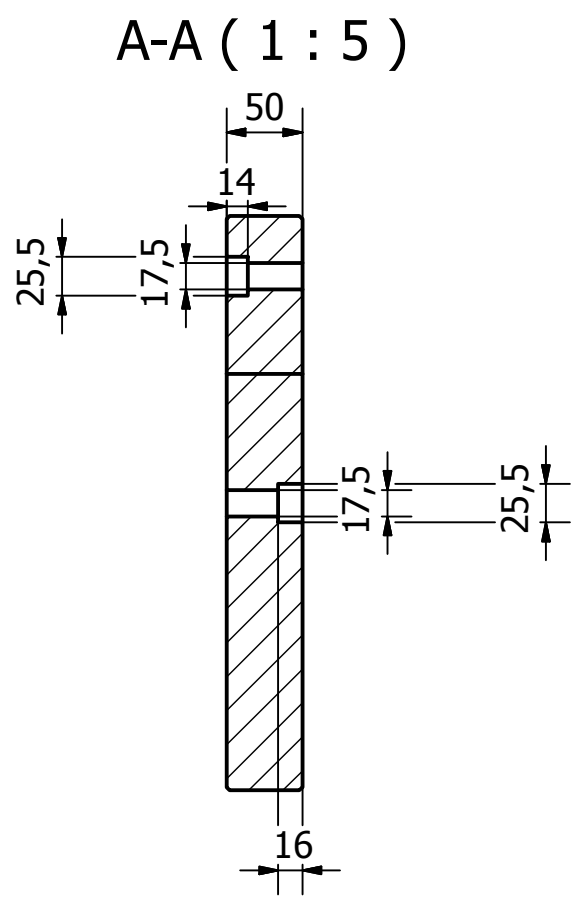
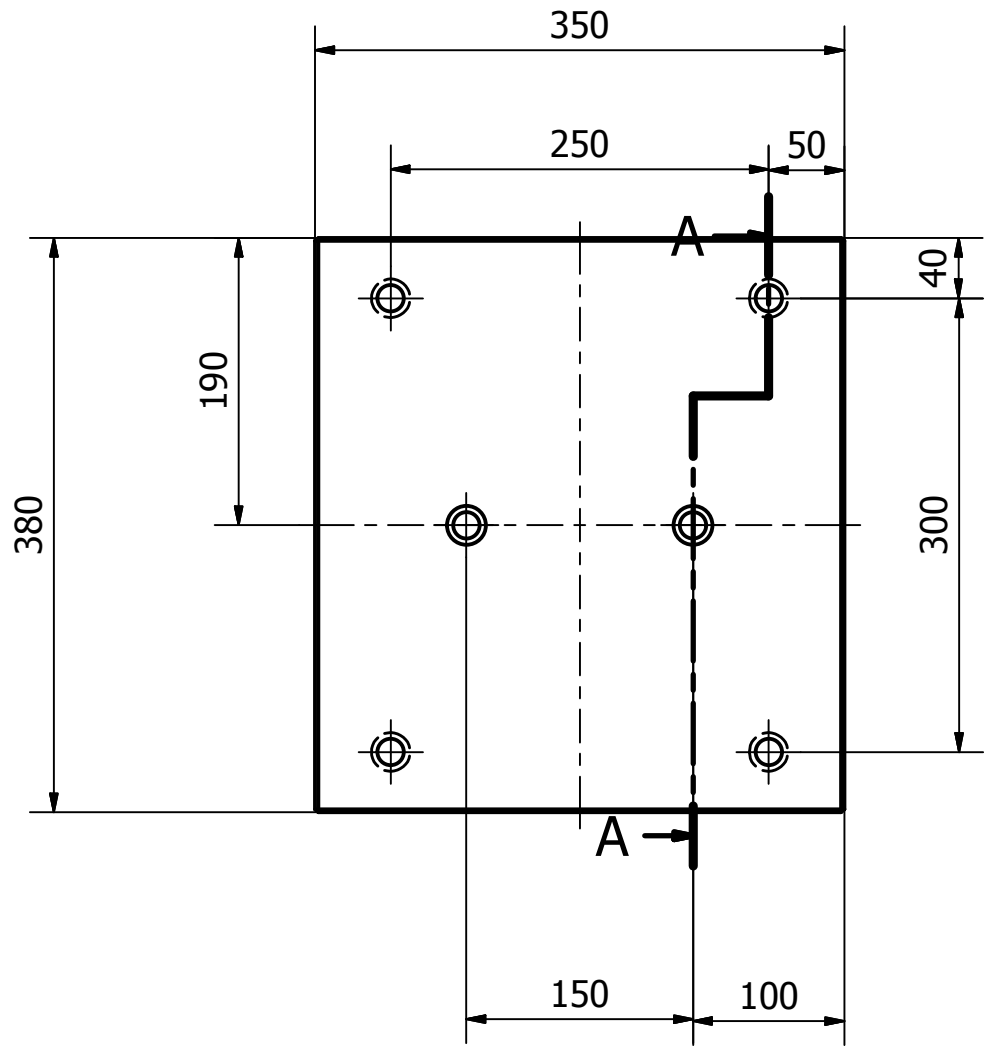
Tarvitaan 2 kpl

12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella

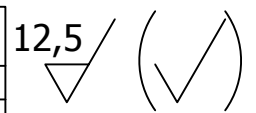
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 23.8.2011
			Vastinlevyn tuet	
			Edition	Sheet 1 / 1



Materiaali: S355 J2 G3

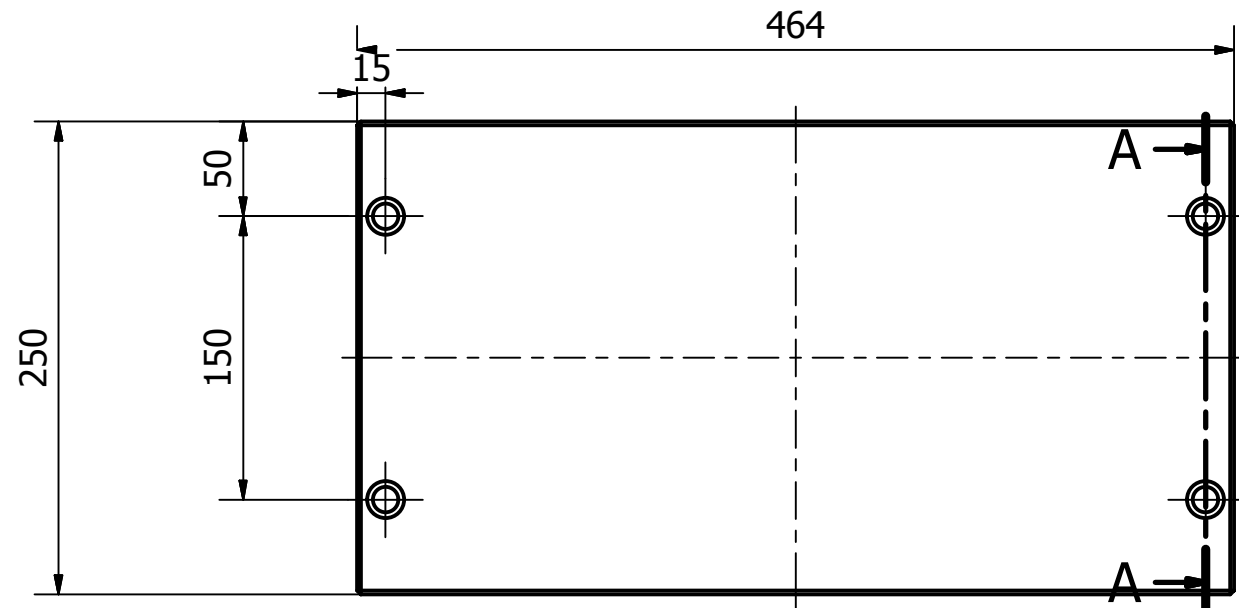
Yleistoleranssi: ISO 2768 - m



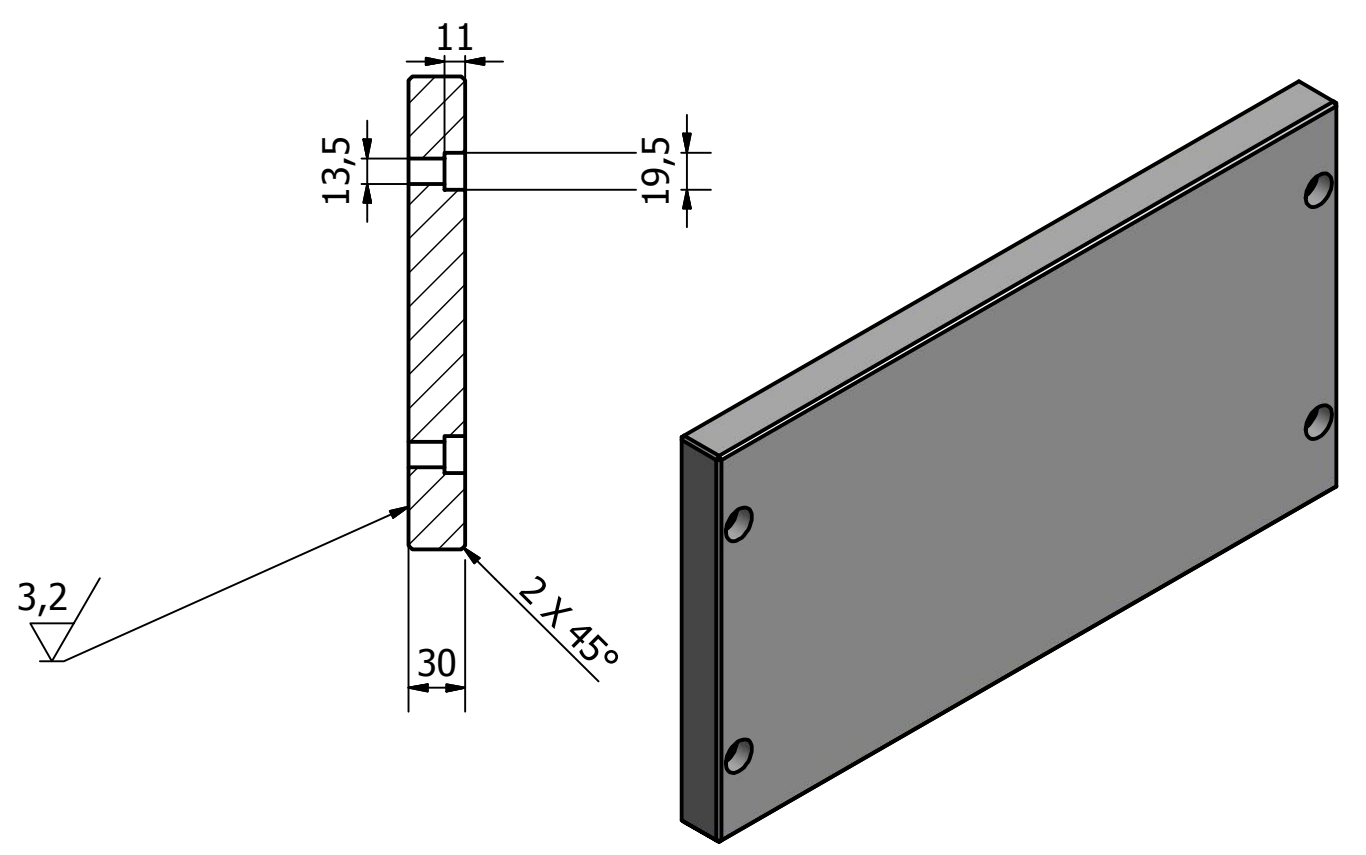
Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 23.8.2011
Vastintyökälun levy				Edition
				Sheet 1 / 1

6 5 4 3 2 1



A-A ( 1 : 4 )



Materiaali: S355 J2 G3

Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

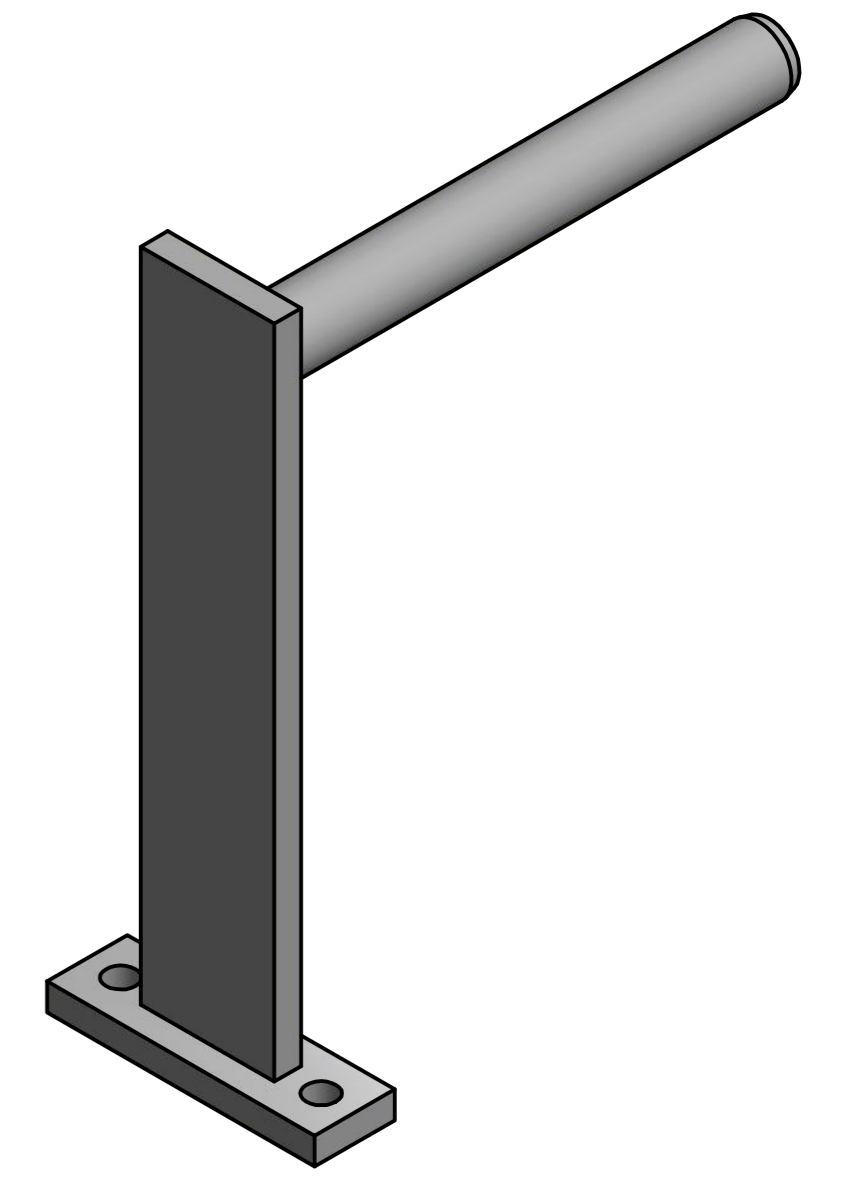
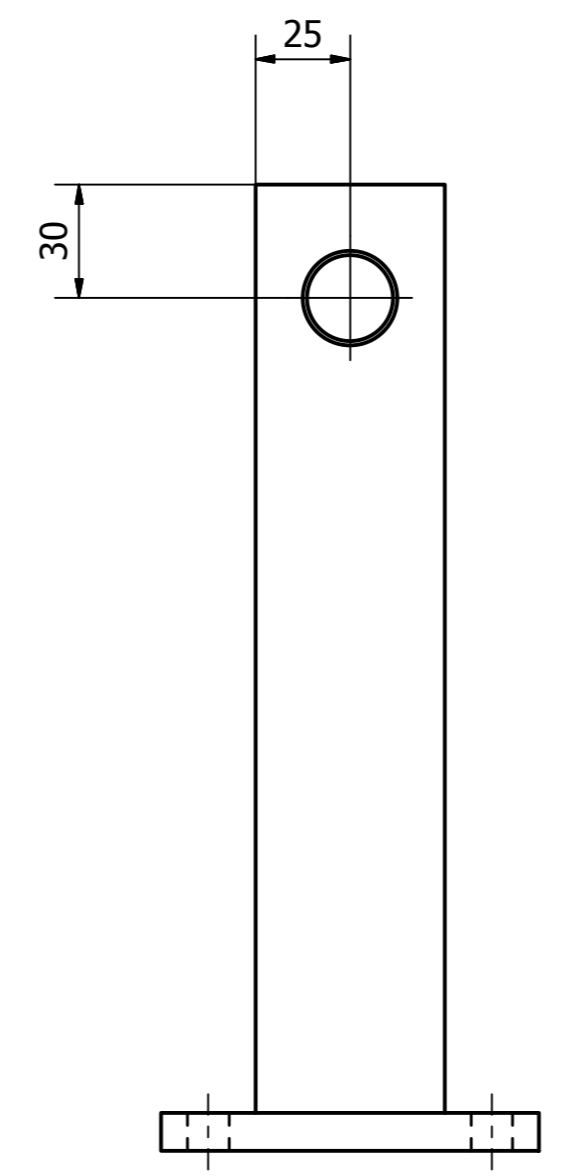
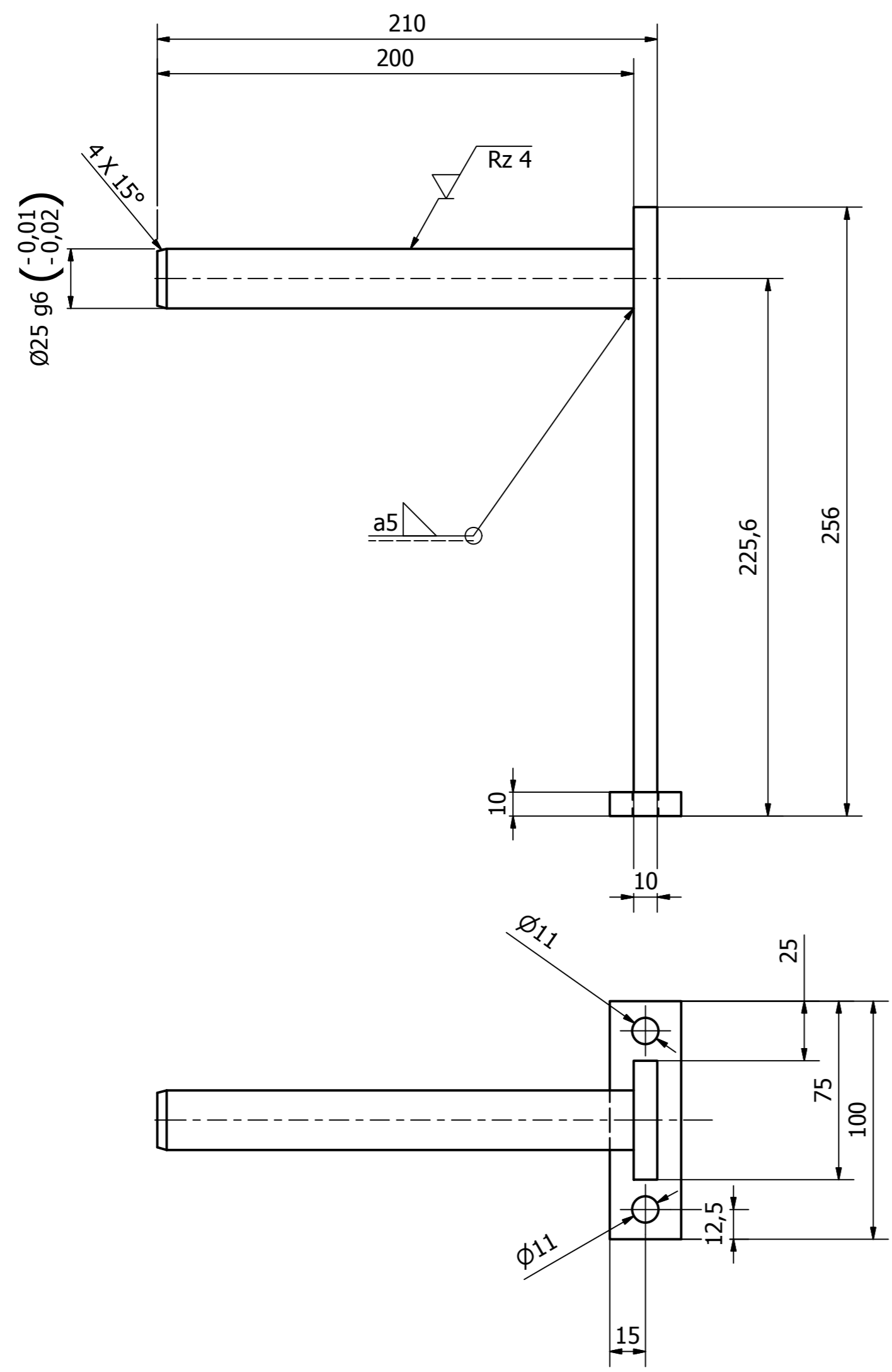
12,5 (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 23.8.2011
			Yläkelkantuki	

6 5 4 3 2 1



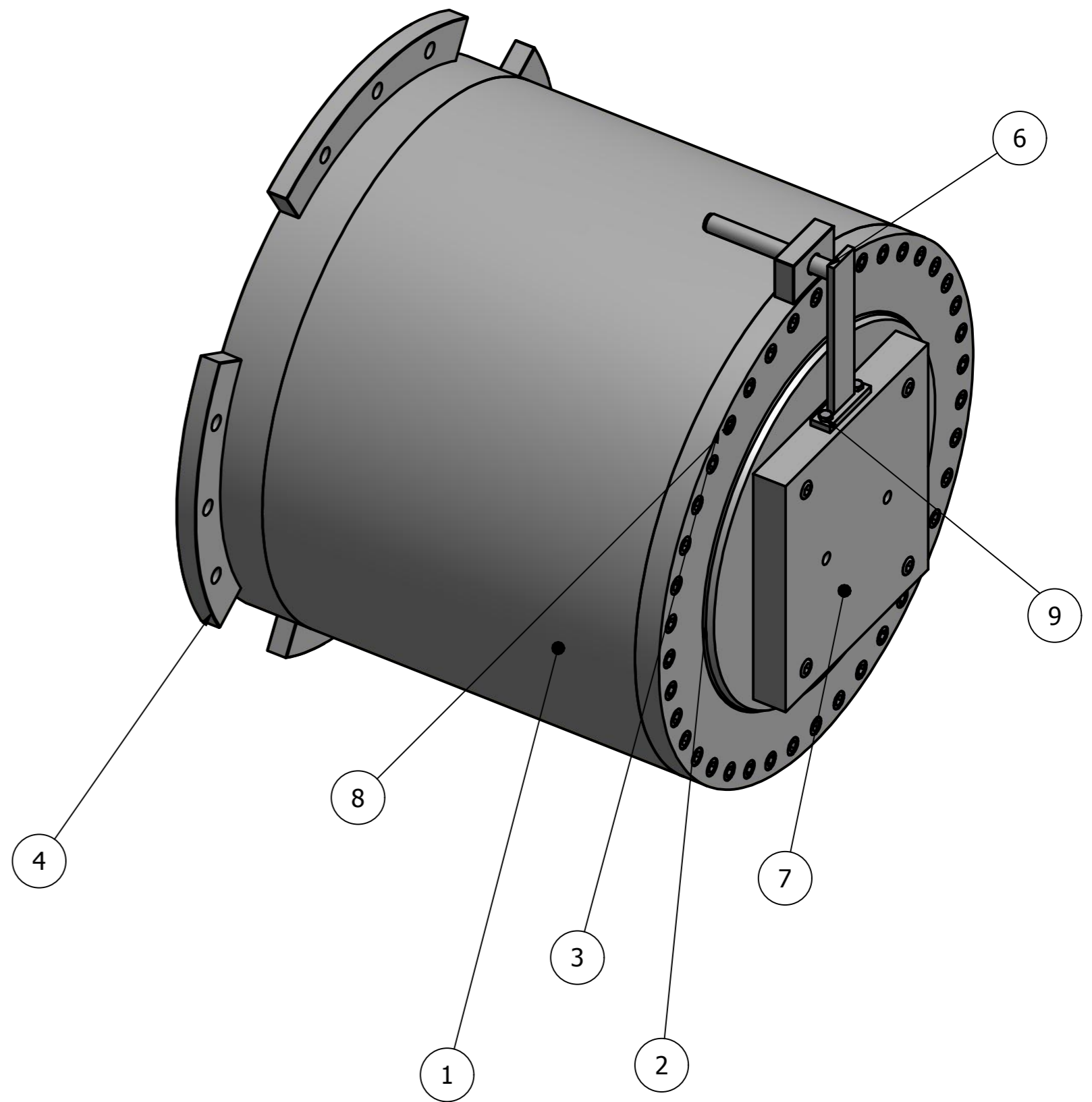
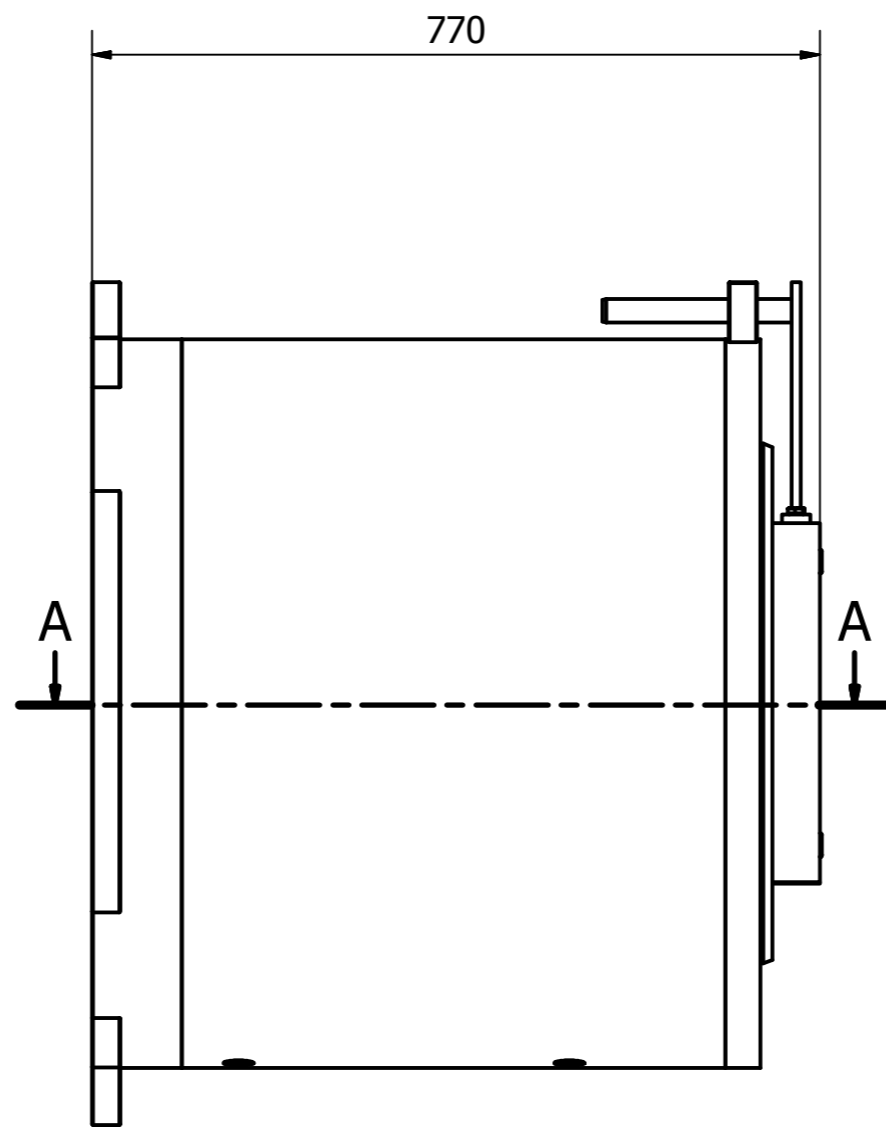
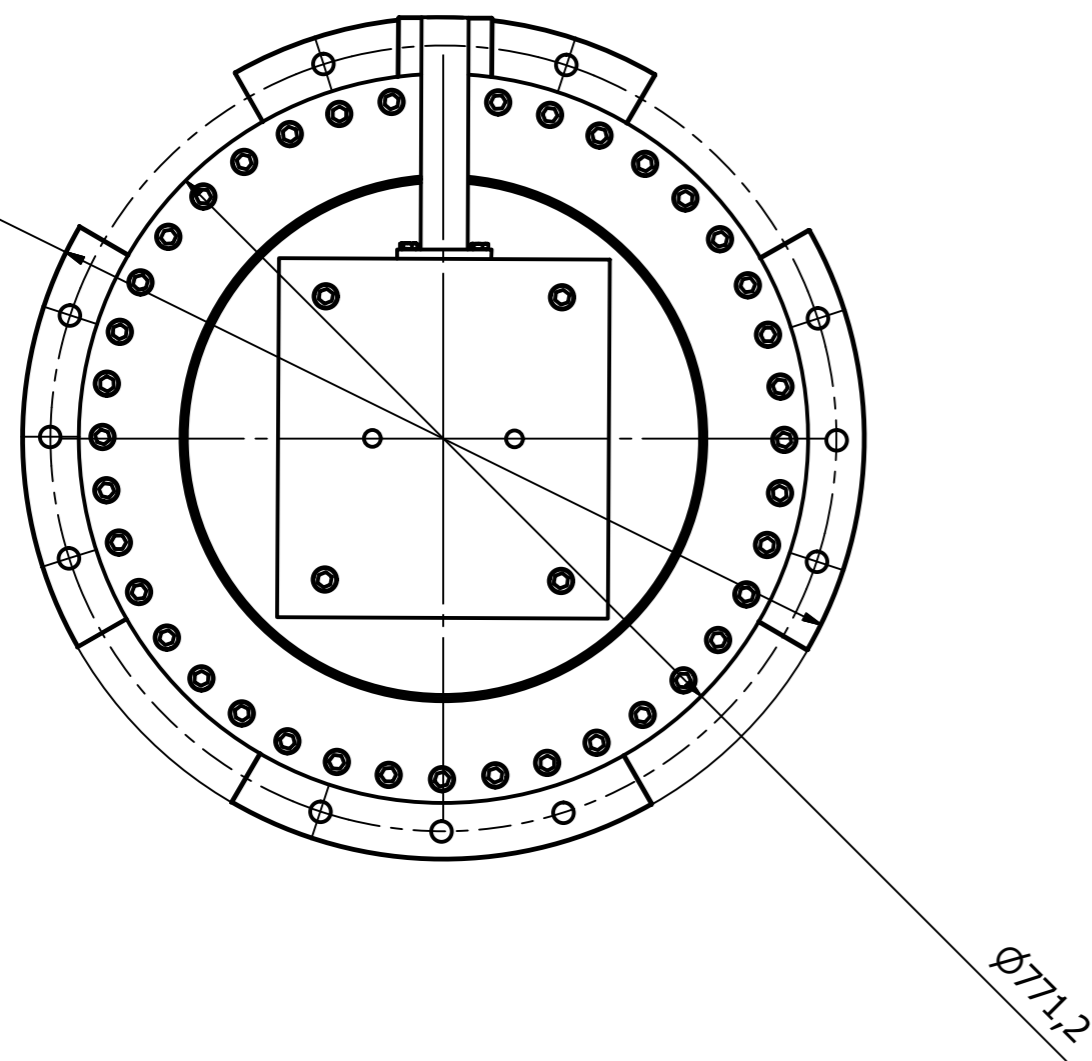


Materiaali: Pyörötanko: S355 JO  
 Teräslevy: S355 J2 G3  
 Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

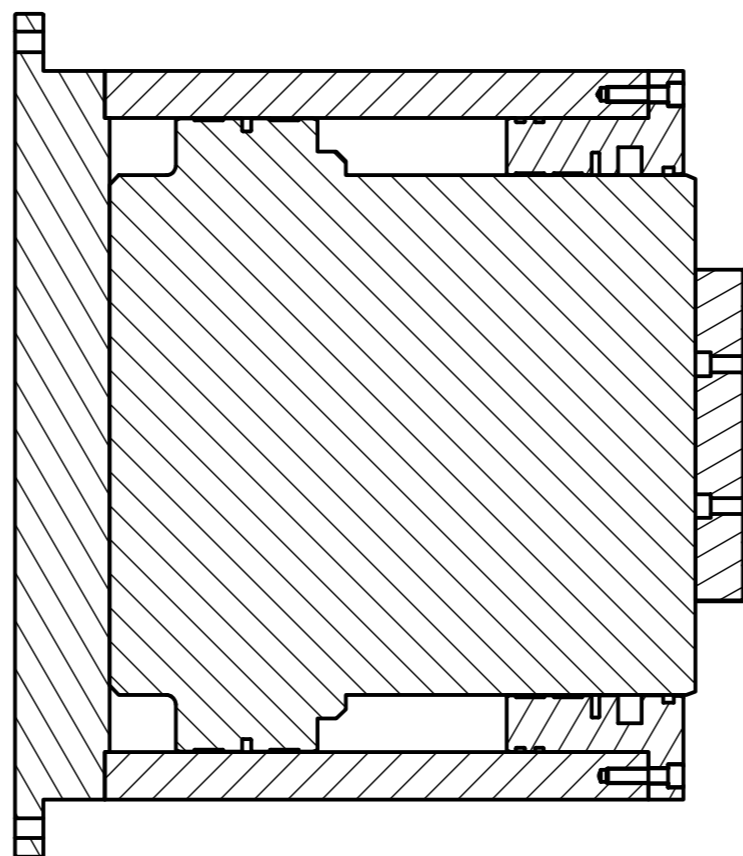
Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

12,5 / (✓)

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 22.8.2011	Date
Johdin			Edition	Sheet 1 / 1

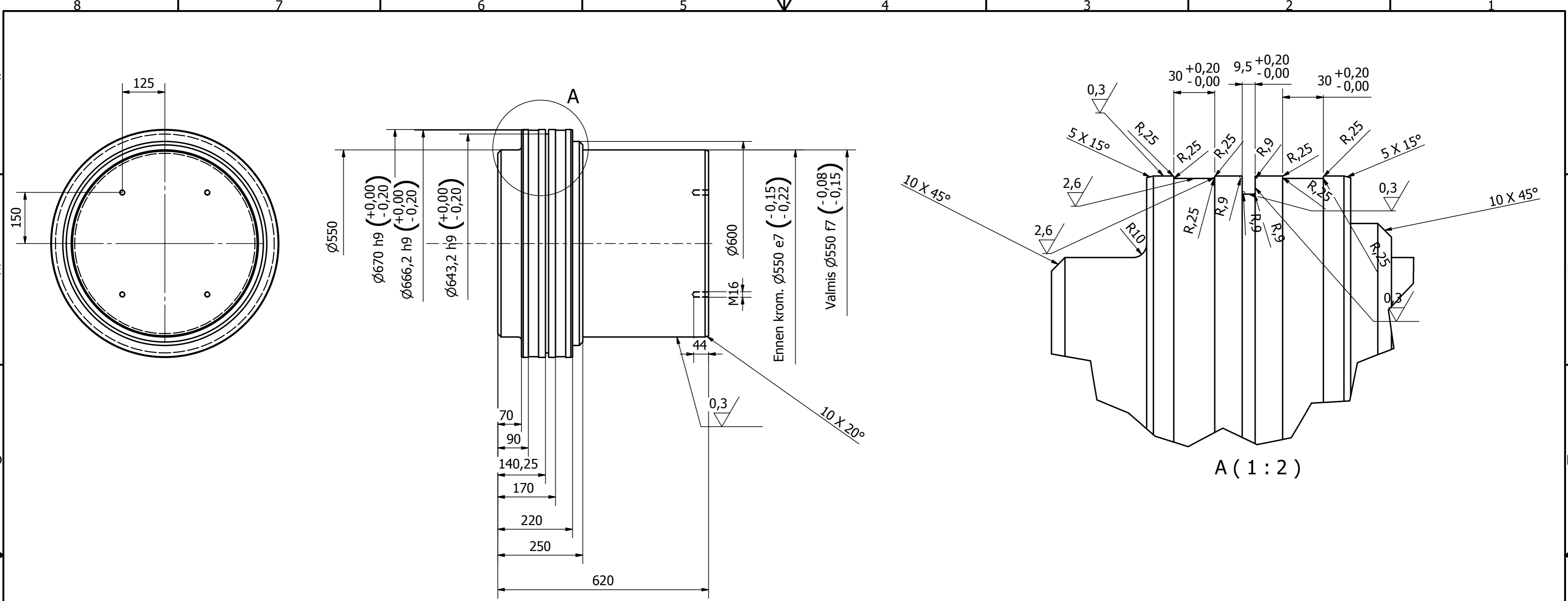


A-A ( 1:8 )



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Sylinteriputki	
2	1	Mäntä	
3	1	Pääty	
4	1	pohja	
6	1	Johdin	
7	1	Painimen levy	
8	40	ISO 4762 - M16 x 65	Lujuusluokka 10.9
9	2	ISO 4017 - M10 x 25	
13	4	ISO 4762 - M16 x 80	

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 22.8.2011	Date
			Sylinterin kokoonpano	
			Edition	Sheet 1 / 1

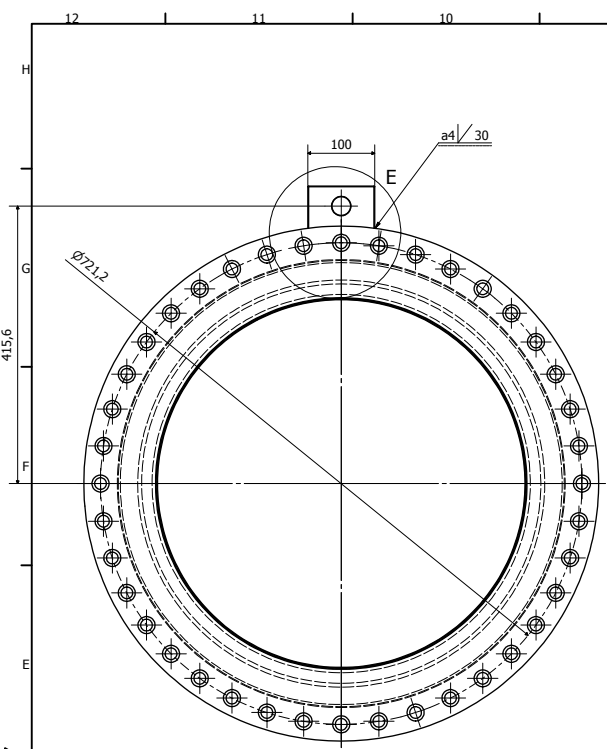


Materiaali: S355 JO  
 Yleistoleansi: ISO 2768 - m  
 Männänvarsi: Kovakromattu

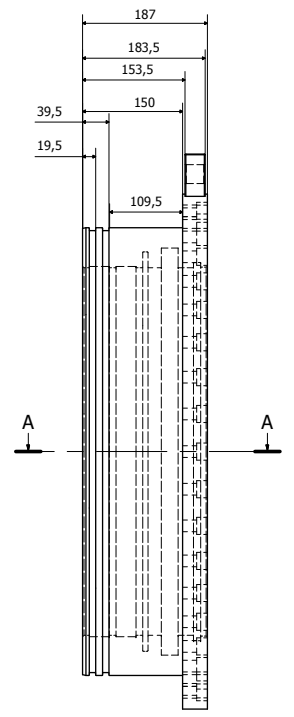
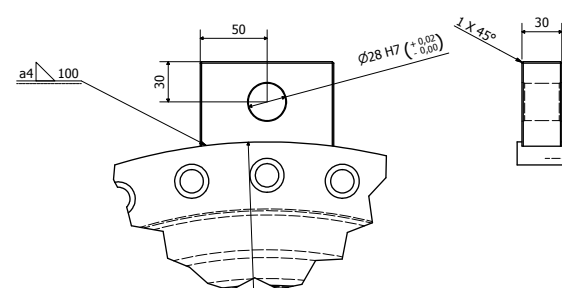
3,2/ (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

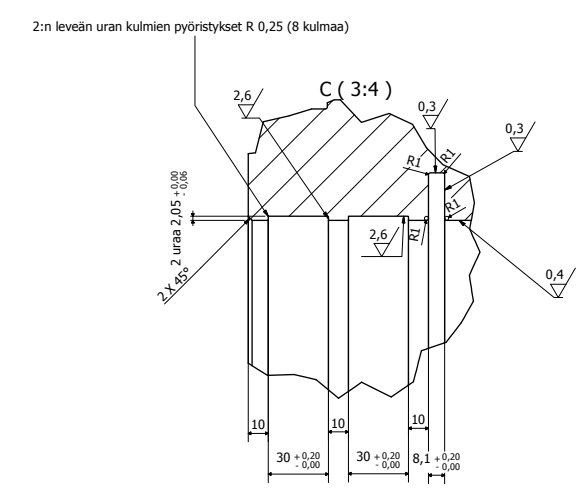
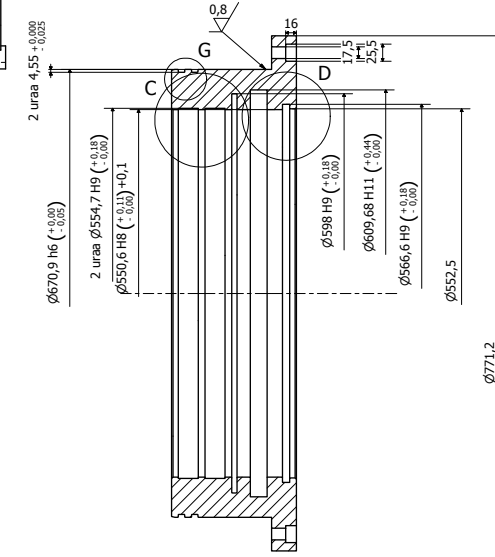
Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 19.8.2011	Date
			Mäntä	



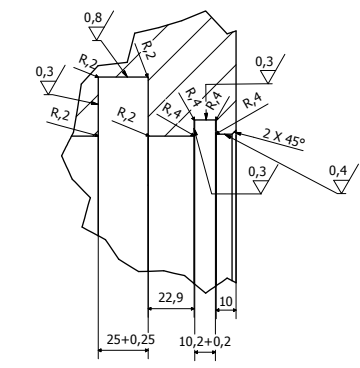
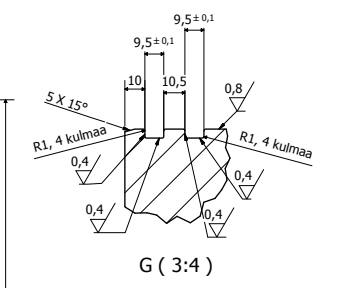
E (1:2)



A-A (1:4)



D (3:4)



Materiaali: S 355 J2 G3

Toleranssi: ISO 2768 - m

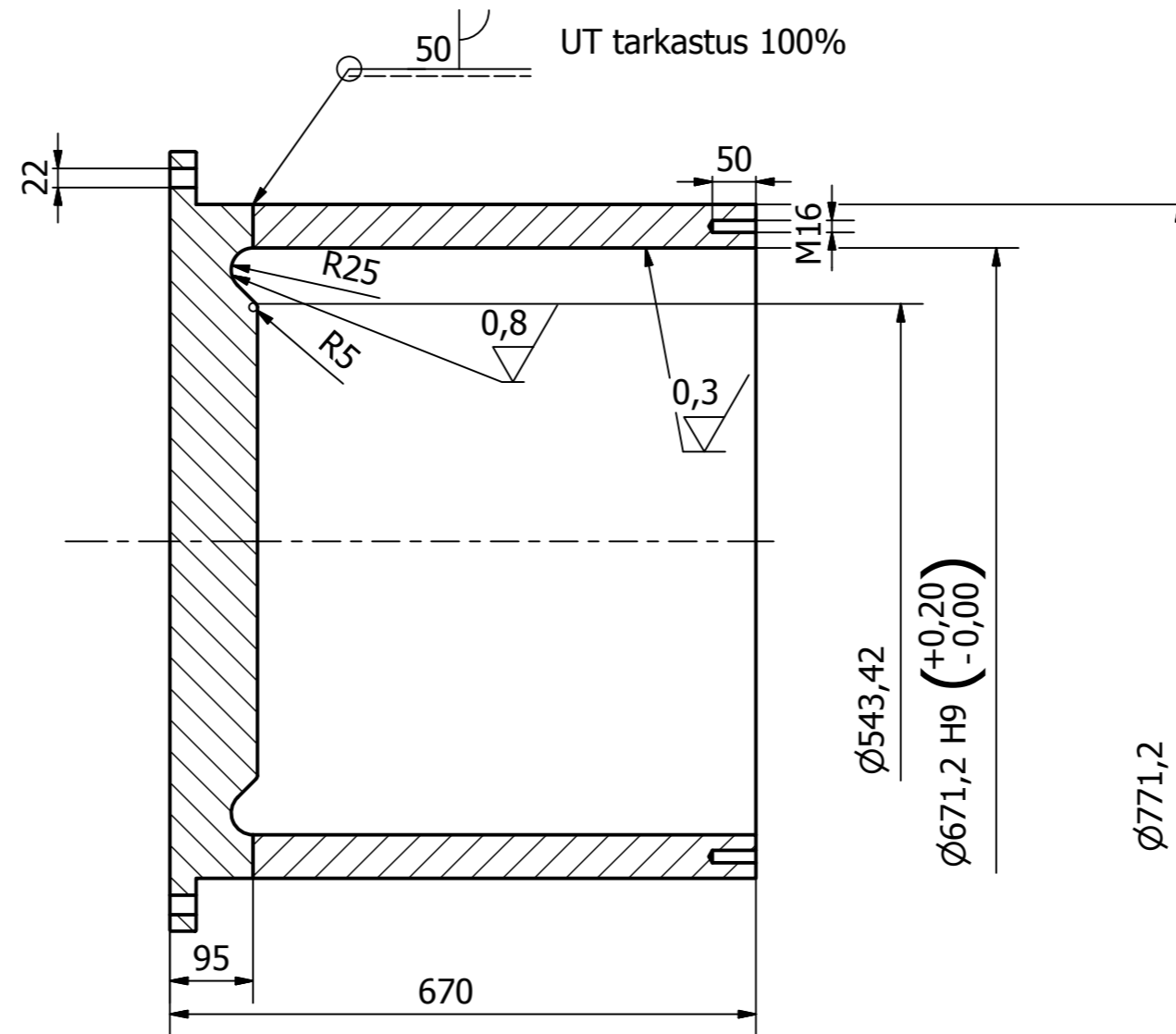
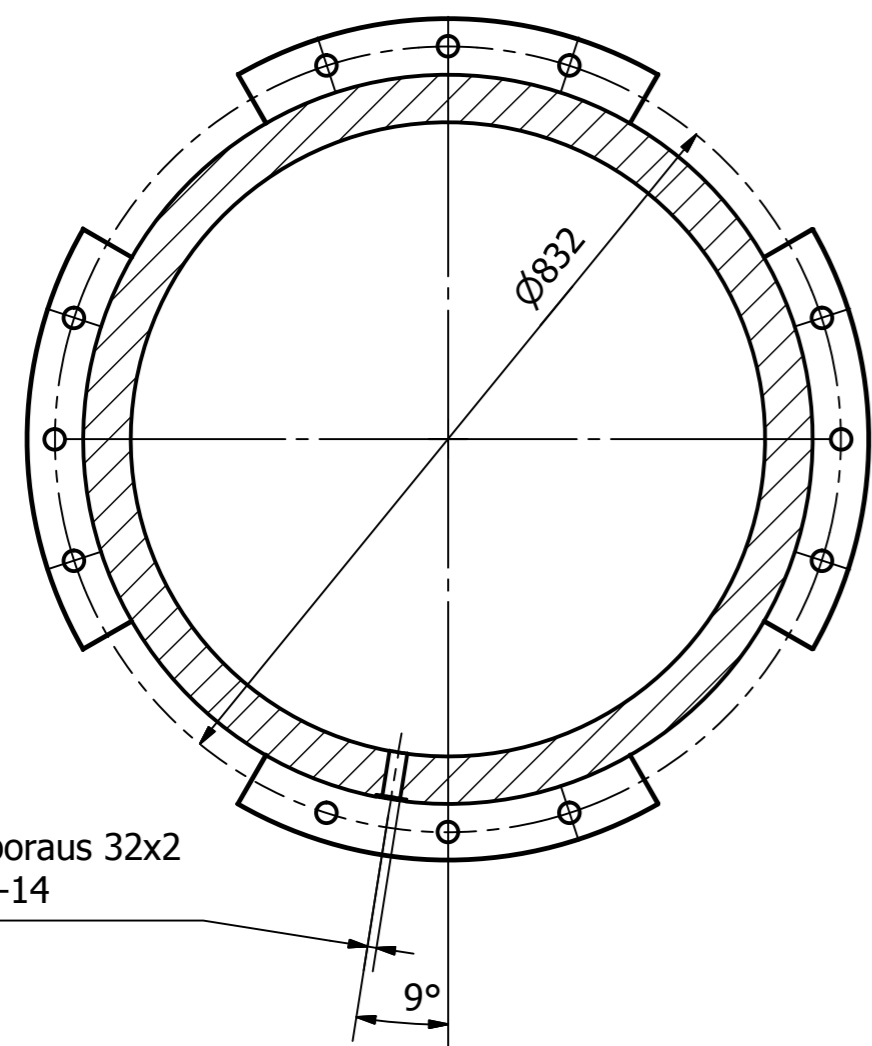
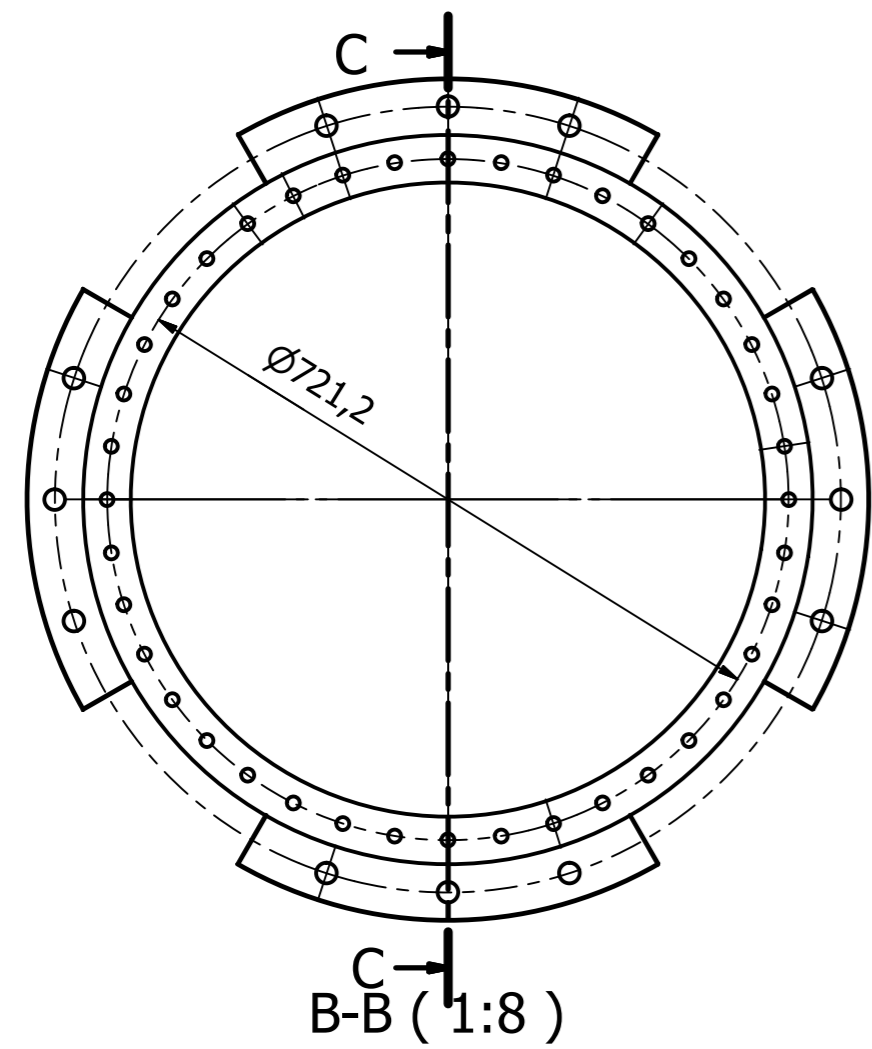
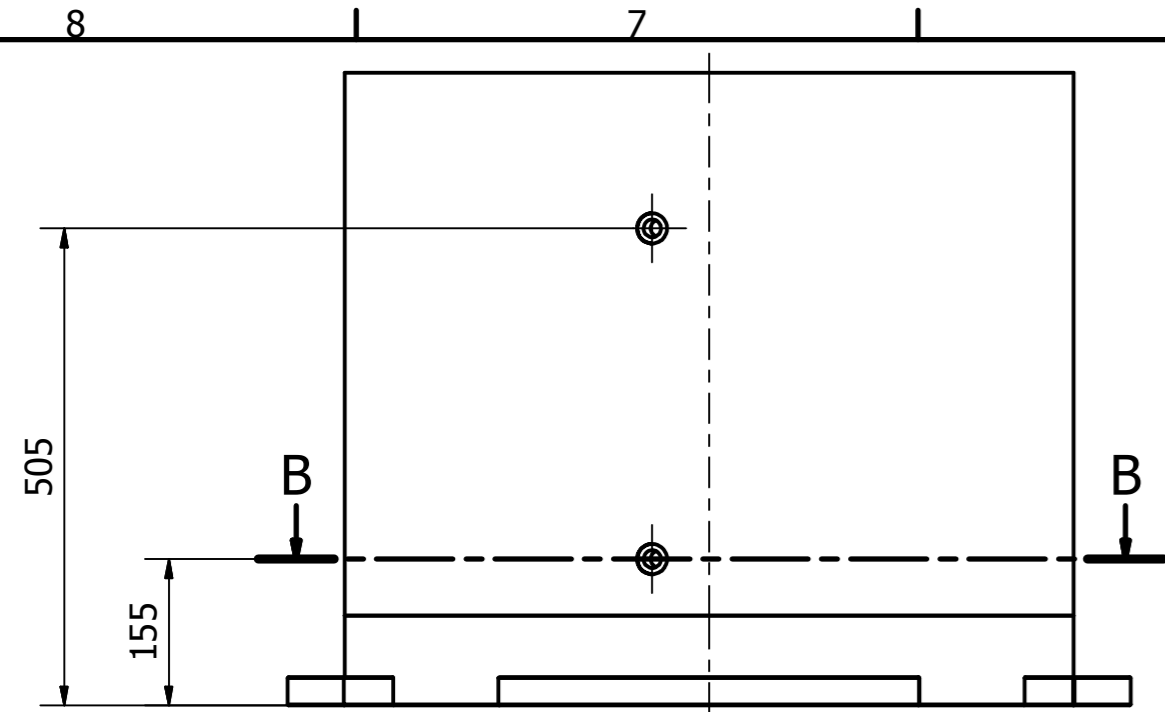
Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

3,2 (✓)

Designed by: Janne Peltokoski | Checked by: | Approved by: | Date: 17.8.2011

Pääty

Edition: 1 / 1 | Sheet: 1 / 1



C-C ( 1:8 )

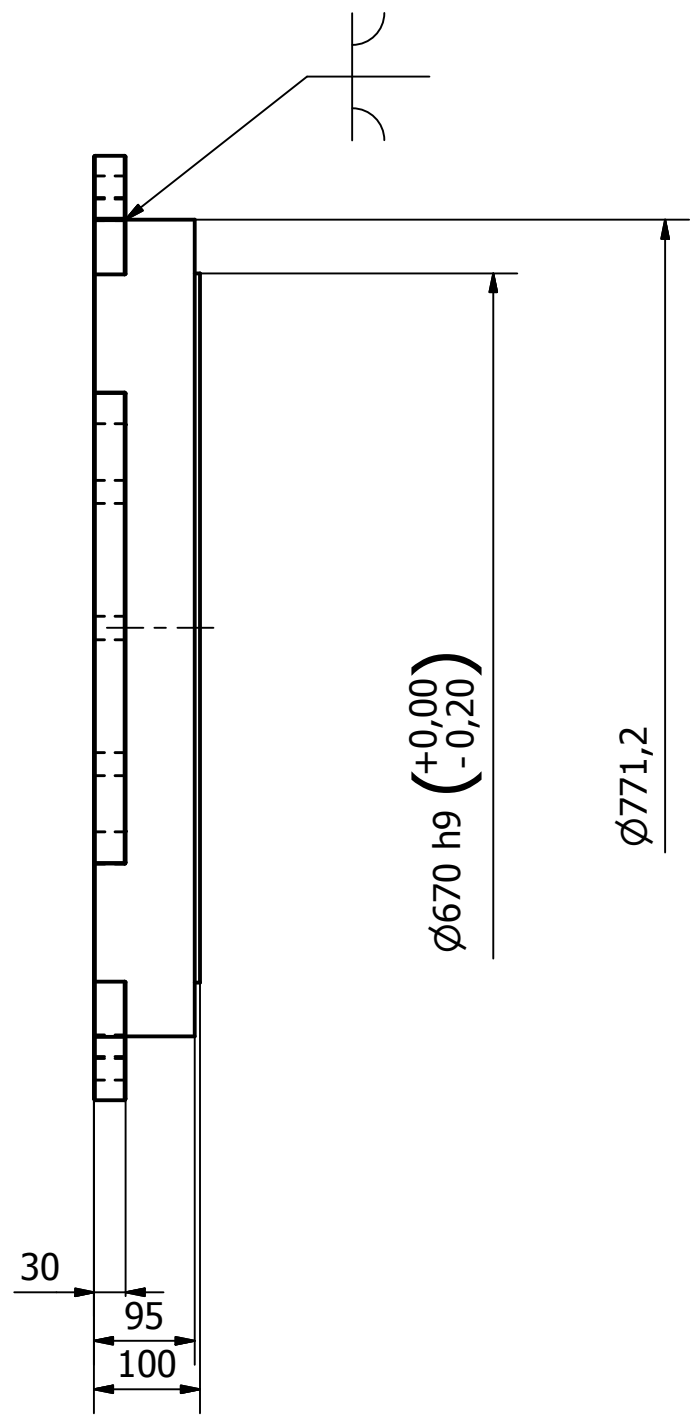
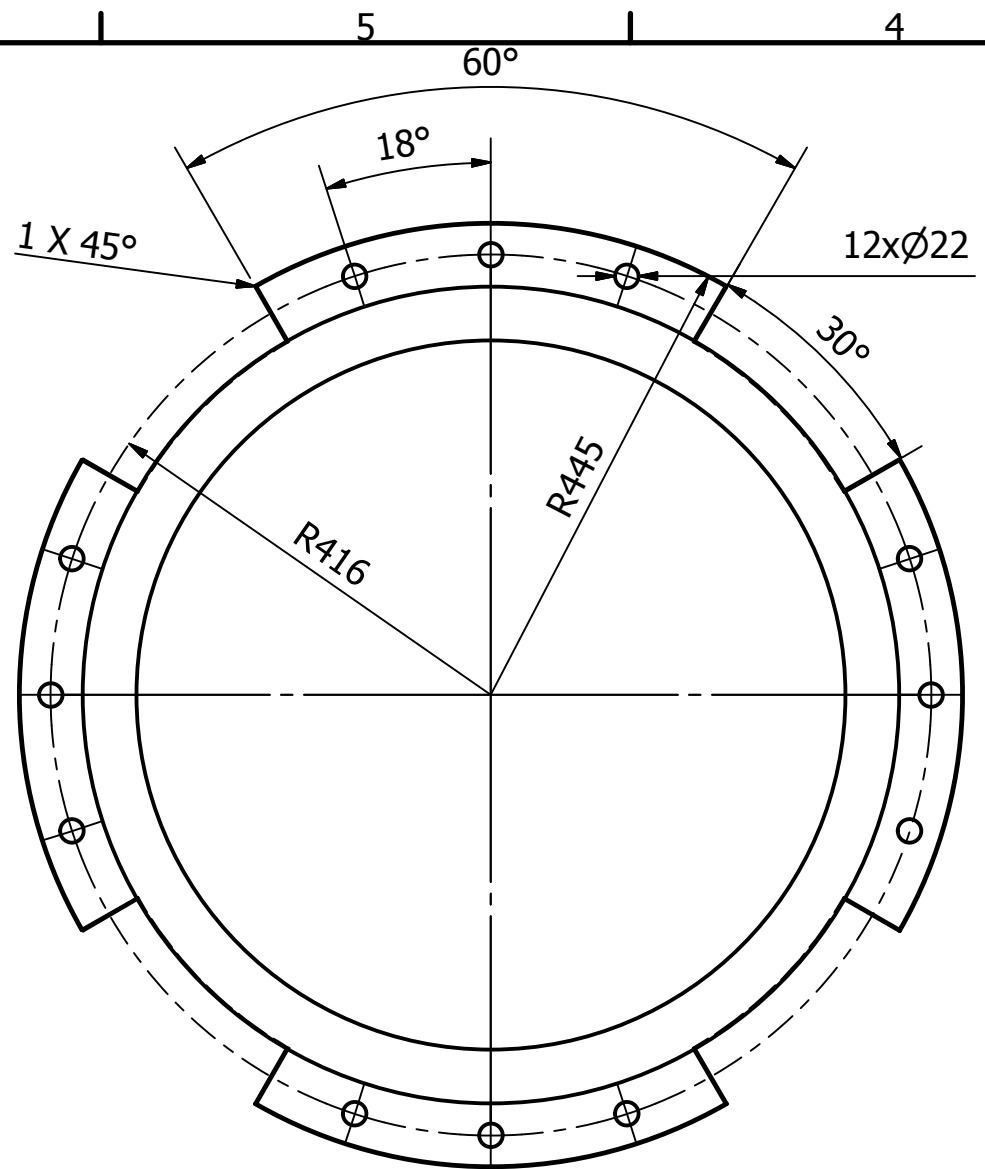
Materiaali: S355 J2 G3

Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 5.10.2011	Date
Sylinteriputki kokoonpano			Edition	
			Sheet 1 / 1	



Materiaali: S355 J2 G3

Yleistoleranssi: ISO 2768-f

12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 2.10.2011
Pohja			Edition	Sheet 1 / 1

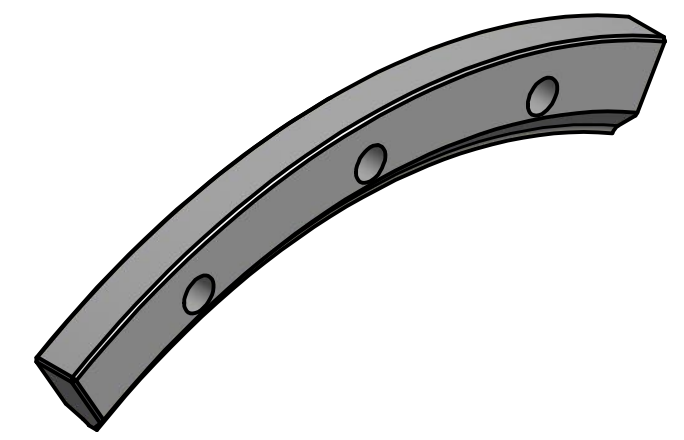
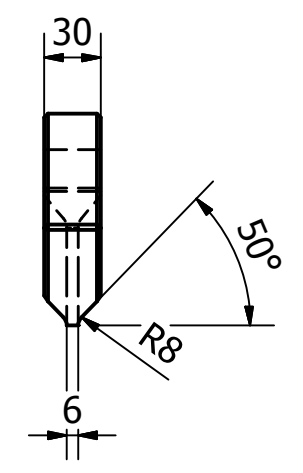
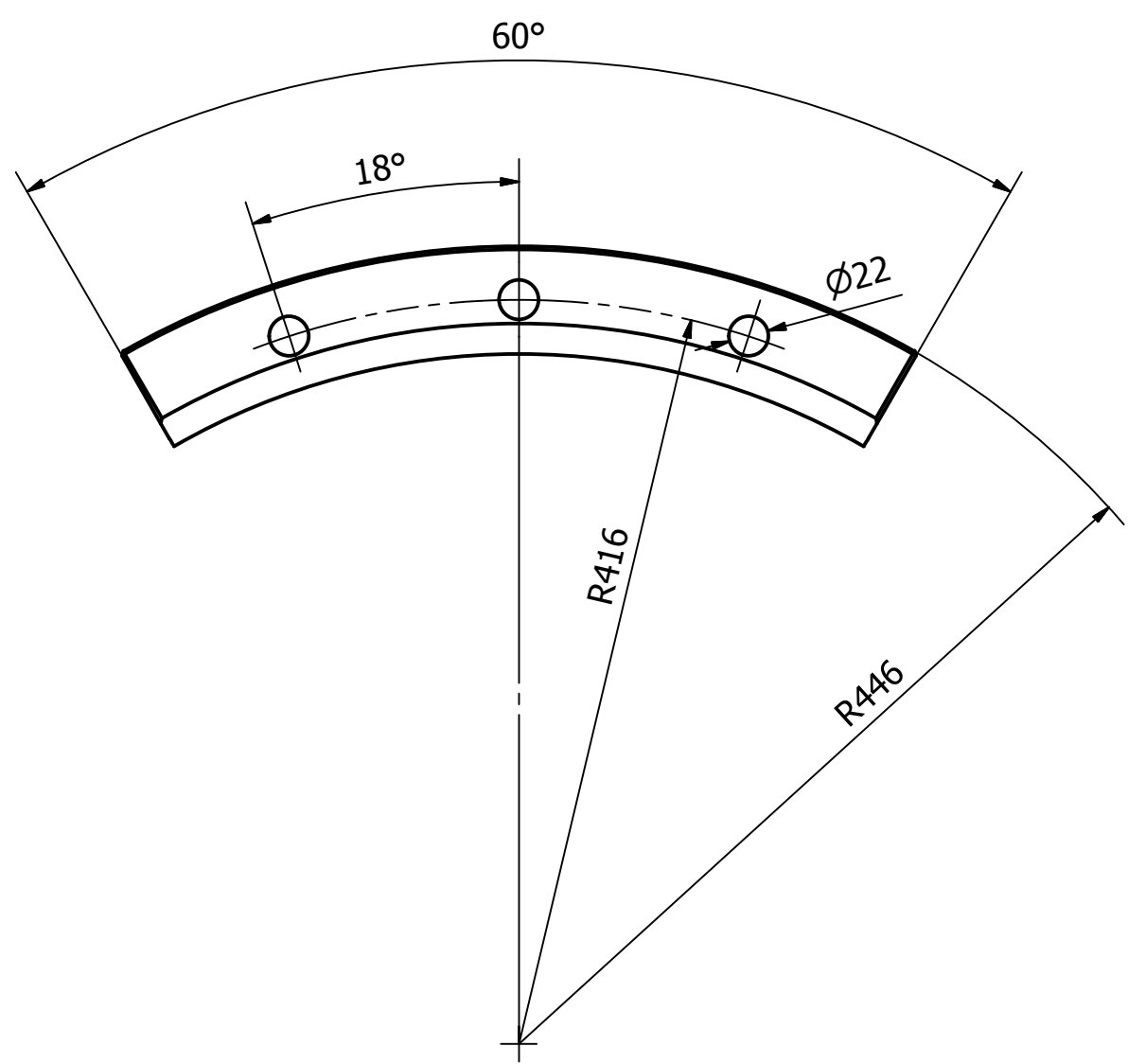
6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

D D

C C

B B

A A



Materiaali: S355 J2 G3

Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

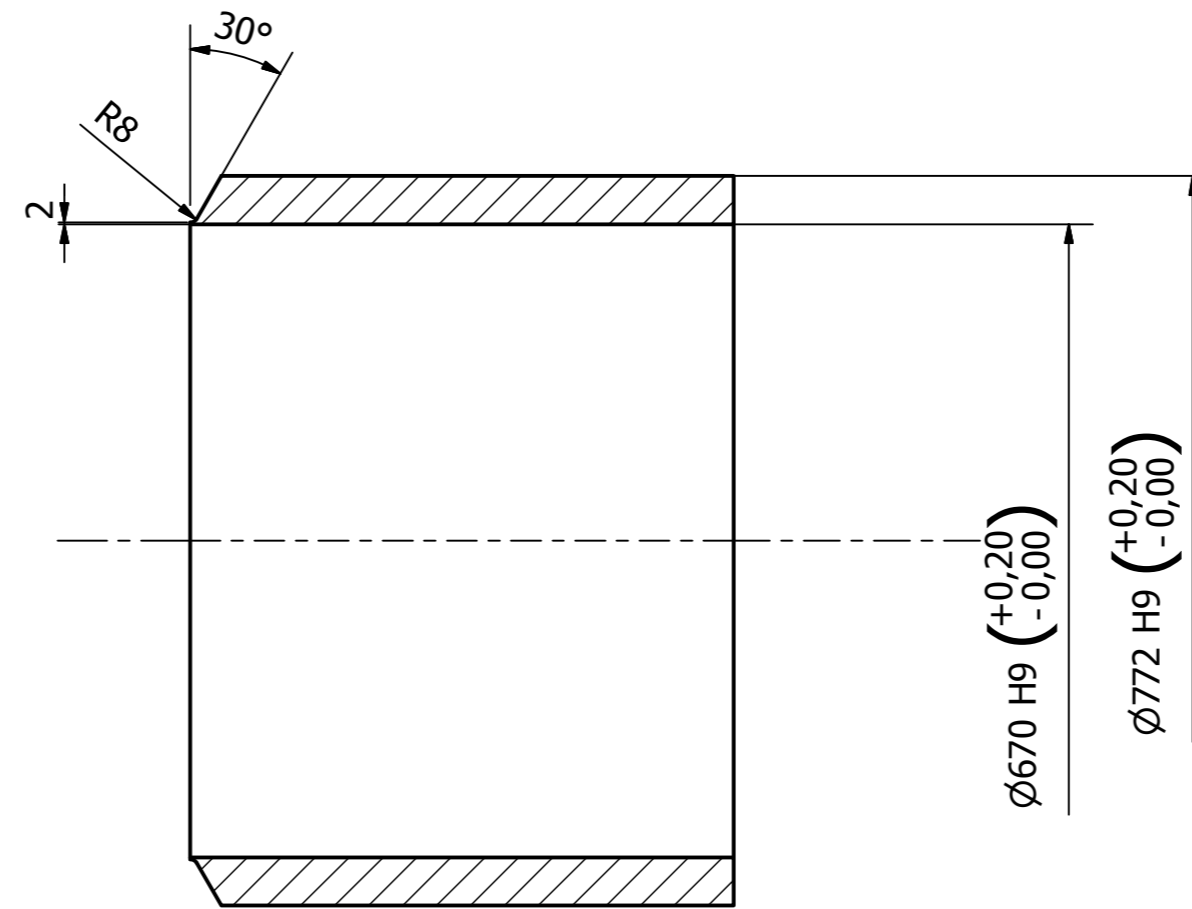
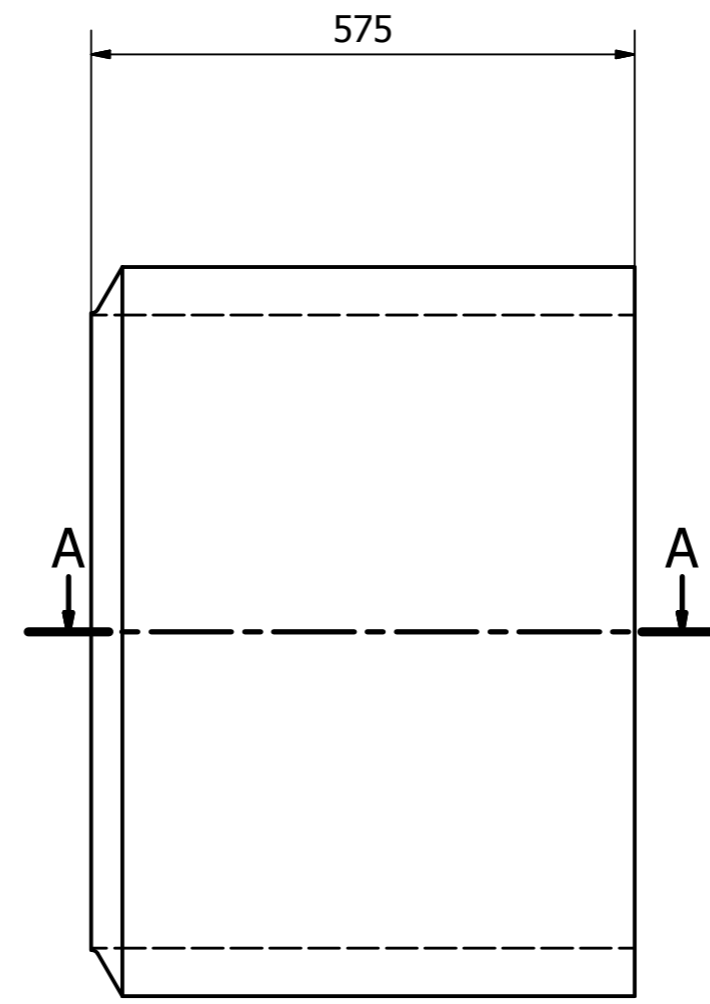
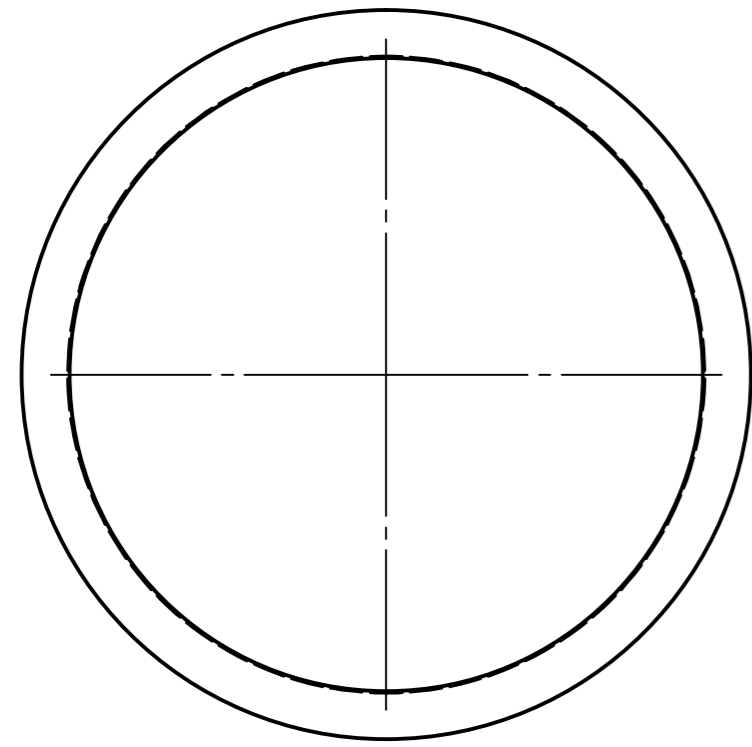
12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella		>0,5	>3	>6	>30	>120	>400	>1000	>2000
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	≤3	≤6	≤30	≤120	≤400	≤1000	≤2000	≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 27.9.2011
---------------------------------	------------	-------------	------	-------------------

Pohjan korvakkeet		Edition	Sheet 1 / 1

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1



A-A ( 1 : 8 )

Materiaali: S355 J2 G3

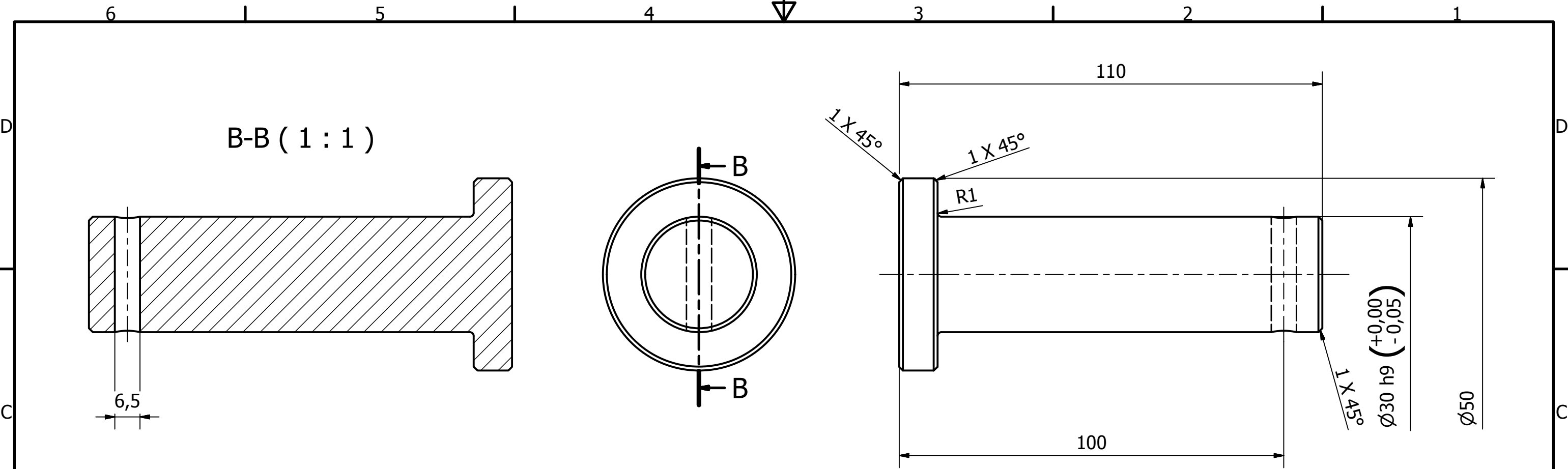
Yleistoleranssi: ISO 2768-m

12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus	>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 1.10.2011	Date
Sylinteriputki			Edition	Sheet 1 / 1





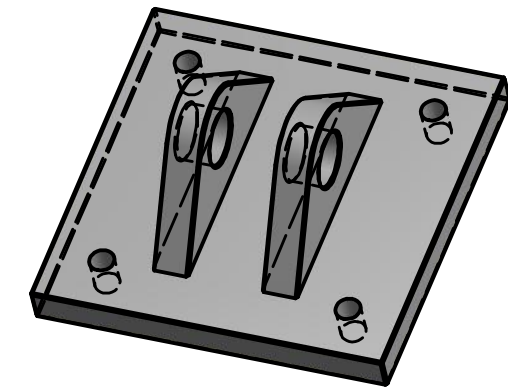
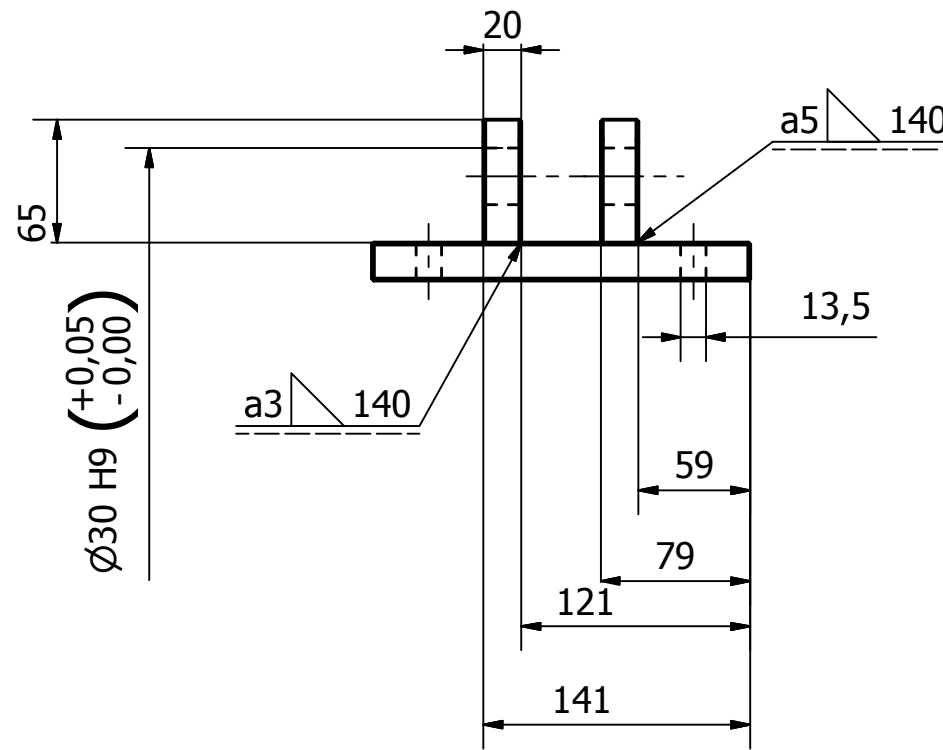
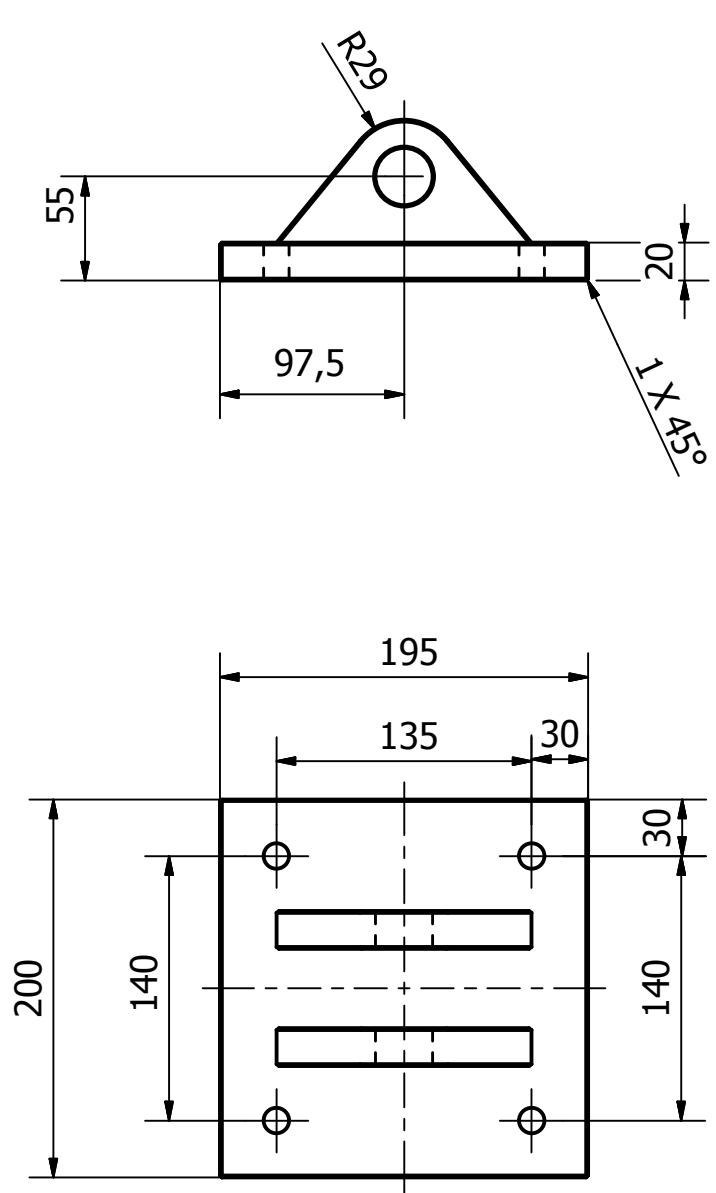
Materiaali: S355 J0

Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus								
		>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date	Date 6.10.2011
			Kiinnikkeen tappi	
			Edition	Sheet 1 / 1



Materiaali: S355 J2 G3

Yleistoleranssi: ISO 2768 - m

Tarvitaan 2 kpl

12,5 / (✓)

Sallitut poikkeamat perusmitta-alueella									
Toleranssiluokkatunnus	Kuvaus								
		>0,5 ≤3	>3 ≤6	>6 ≤30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Designed by Janne Peltokoski	Checked by	Approved by	Date 24.8.2011	Date
Sylinterin kiinnike			Edition	Sheet 1 / 1