



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Laurila Aki

KÄYNNISTYSILMAKANAVAN KEHIT- TÄMINEN

Tekniikka ja liikenne

2011

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	5
ABSTRACT.....	6
1 JOHDANTO	
1.1 Wärtsilä.....	7
1.2 6L32E- Moottori.....	8
1.3 Käynnistysjärjestelmä.....	8
1.4 käynnistysjärjestelmän ongelmakohta.....	9
1.5 Työn tarkoitus.....	9-11
2 MOOTTORIN PAINEILMAKÄYNNISTYS.....	12-13
3 VAATIMUKSET PUTKISTOLLE.....	14-17
4 UUDELLEEN SUUNNITELTU ALUMIINIPROFIILI	
4.1 Alkuperäinen profiili.....	19-20
4.2 Profiilin pursotus.....	21

4.3 Uusi profiili.....	22
4.3.1 I- muotoinen profiili.....	23-28
4.3.2 Keskeltä ontto profiili.....	29-32

5 VALETTU KANNAKELIITIN KAPPALE JA TERÄSPUTKET

5.1 Kappaleen suunnittelu.....	33-34
5.2 Kappaleen valu.....	35
5.2.1 Valamisen edut.....	35
5.2.2 Valamisen haitat.....	36
5.2.3 Huomioon otettavaa valaessa.....	37
5.2.4 Materiaalin valinta.....	38
5.2.5 Kaavaus.....	39
5.2.6 Peitostus.....	39
5.2.7 Valuratkaisu.....	40-45
5.3 Kappaleen koneistus.....	46-52
5.4 Pneumaattinen ryntösuoja.....	53-54
5.5 Painekestävyys.....	55-59
5.6 Värähtelytaajuus.....	60
5.7 Saumattomat teräsputkes.....	61
5.8 Ohjausilman putkisto.....	62-63

6 KUSTANNUKSIEN VERTAILU

6.1 Alkuperäinen ratkaisu.....	64
6.2 Uudelleen suunniteltu profiili.....	65
6.3 Kannakeliitin ja teräspuikot.....	66
7 YHTEENVETO.....	67
LÄHTEET.....	68

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Aki Laurila
Opinnäytetyön nimi	Käynnistysilma kanavan kehittäminen
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

Aiheen antaja on Wärtsilä Finland R&D tuotekehitysyksikkö. Tämän työn tarkoitus on löytää lyhyin tie ohjauspaineilmakanaville käytettäessä uutta ohjausilman jakosysteemiä paineilmakäynnistyksessä. Uusi ilmanjakaja hyödyntää VIC- eli imuventtiilin ajoitus- yksikön mekaanista liikettä. Myös kallis alumiiniprofiili haluttiin korvata halvemmallalla ratkaisulla.

Tavoitteena oli vähentää pitkien ohjausilmakanavien viiveestä johtuvaa suurta ilman kulutusta. Ilmaa kuljettava alumiiniprofiili moottorin päällä tulee suunnitella uusiksi. Koska alkuperäisessä kanavassa kulkee sekä varsinainen käynnistysilma että jokaisen sylinterin ohjausilma erillisissä kanavissa, täytyy suunnitella ratkaisu, jossa käytettäisiin vain yhtä kanavaa. Ohjausilma tullaan ottamaan paikallisesti jokaiselle sylinterinkannelle samasta kanavasta. Ohjausilma viedään sylinterinkanteen VIC- yksikön kautta. Ratkaisuksi on suunniteltu joko uudestaan muotoiltu kevyempi ja halvempi alumiiniprofiili, tai teräsputkista ja valurautaisesta liitoskappaleesta valmistettua ratkaisua.

Kaksi alumiiniprofiilin versiota suunniteltiin ja niiden molempien paino laski noin 20 prosenttia. Myös pursotushinta laski saman verran. Kaikkein halvimmaksi versioksi osoittautui kuitenkin teräsputkirakenne valurautaisella liittimellään. Sen hinnaksi jäi ainoastaan 10.5 prosenttia alkuperäisestä alumiiniprofiilista.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Mechanical and Produktion Engineering

ABSTRACT

Author	Aki Laurila
Title	Starting air channel modification
Year	2011
Language	Finnish
Pages	94
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

The subject was given by Wärtsilä Finland R&D department. Purpose of this research is to find out shorter path for control air channels when new starting air distribution system in 32E engine is applied. The new distribution system utilizes VIC (variable inlet valve control)- units mechanical elevation.

When goal was to decrease air loss due to pneumatic delay of long channels, air profile on engine block had to be re designed. The original air profile consisting main starting air channel and controlling channels, had to be designed without control channels. In new system only one main channel is brought on engine block. Control air is taken from main channel to cylinderhead through VIC. Two solution was found. One was to modify profile either to I-shape or to hollowed from center - shape. Another solution was to design new iron pipe line with self supporting cast iron joint part.

New aluminium profiles was designed and extrusion weight of both version was decreased by 20 percents. Extrusion price was also lowered by 20 percents. New solution consisting steel pipes and cast iron jointing part was found to be the cheapest solution. Its total cost was only 10.5 percents of the original system.

1 JOHDANTO

1.1 Wärtsilä

Aiheen on antanut Wärtsilä Finland R&D tuotekehitysyksikkö Vaasassa. Wärtsilä on nopeasti kasvava dieselmoottorivalmistaja, joka on yksi maailman johtavista voimalaitosyksiköistä sekä laivan moottoriratkaisutoimittajista. Wärtsilän palveluksessa on yli 17 tuhatta henkilöä yli 70 maassa ja sen liikevaihto on yli 4,5 miljardia euroa.

Wärtsilä toimittaa kaiken kokoisiin aluksiin sekä apu- että päämoottoreita. Moottorivalikoiman pienintä päätä edustavat nelitahtiset 20 sarjan moottorit, joiden sylinterihalkaisija on 200 millia. Suurin moottori valikoimassa on RT-Flex-92, joka on maailman tehokkain dieselmoottori. Tämä kaksitahtinen matalakierroksinen dieselmoottori on suosittu päämoottori konttialuksiin ja tankkereihin.

Wärtsilä toimittaa voimalaratkaisuja asiakkailleen paikkoihin, joissa tarvitaan joustavaa energiaratkaisua. Voimaloissa käytetään paljon 32 ja 46 kokoluokan dieselmoottoreita sekä 34 ja 50 kokoluokan maakaasumoottoreita.

Wärtsilä tekee jatkuvasti tuotekehitystä ja tutkimusta uusien ratkaisujen löytämiseksi moottoreihinsa. Moottorit muuttuvat koko ajan ympäristöystävällisemmiksi ja energiatehokkaammiksi ja tämän kehityksen ylläpitämiseen on Wärtsilässä panostettu paljon.

1.2 Wärtsilä 6L32E- moottori

6L32E on uusi keskinopeuksinen nelitahtinen dieselmoottorimalli, joka pohjautuu vanhempaan 32F- moottoriin. Uudessa E- moottorissa sylinterikohtainen teho laivanmoottoriversiona on 580 kW/sylinteri. Moottori on turboahdettu ja ahtoilma on jäähdytetty ennen sylinteriä.

1.3 Käynnistysjärjestelmä

Wärtsilä 32E- moottori käynnistetään paineilmalla. Paineilma päästetään 30 baarin paineella sylinterinkannessa sijaitsevasta käynnistysventtiilistä sylinteriinnän päälle koneen sytytysjärjestyksessä. Moottori saadaan liikkeelle paineilmalla, joka tuotetaan koneen ulkopuolisella järjestelmällä.

Käynnistysventtiili on ilmaohjattu. Se saa pneumaattisen signaalin nokka-akselin päädyssä sijaitsevasta ilmanjakajayksiköstä. Varsinainen ohjausilmaputkisto kulkee ulkopuoliselta järjestelmältä moottorin käynnistysjärjestelmälle, josta se kulkee alumiiniprofiilina moottorinlohkon päälle sylinterinholkkien vierelle. Alumiiniprofiilista nousee jokaiseen sylinterinkanteen liitosputki, joka on tiivistetty orenkain.

Ilma kulkee sylintereihin varsinaiseksi työilmaksi ja alumiiniprofiilin toisesta päästä jakajayksikölle, josta se jaetaan pienempiin ohjausilmakanaviin. Ohjausilmakanavat palaavat samalle alumiiniprofiilille. Alumiiniprofiilissa on jokaiselle sylinterille oma ohjausilmakanava ja ohjausilma liitetään kannen käynnistysventtiiliin teräsputkella kunkin sylinterinkannen kohdalta.

1.4 Käynnistysjärjestelmän ongelmakohta

Koska käynnistysilmajärjestelmän ohjausilmaputket ovat pitkiä, kulkee signaali viiveellä. Tämä aiheuttaa varsinaisen käynnistysilman jakamiseen viivettä, jonka vuoksi ilman syöttö sylintereihin ei ole täsmällistä ja ilmaa menee paljon hukkaan. Lisäksi monimutkainen alumiiniprofiili on hyvin kallis valmistaa.

Käynnistysilman kulutus vaikuttaa suoraan kustannuksiin ja sitä on pyrittävä rajoittamaan kaikella mahdollisella tavalla. Tavoitteena on vähentää ilman kulutusta ja varastoidun ilman määrää 30 prosenttia vähentämällä käynnistämiseen tarvittavaa ilmamäärää ja samalla viivettä.

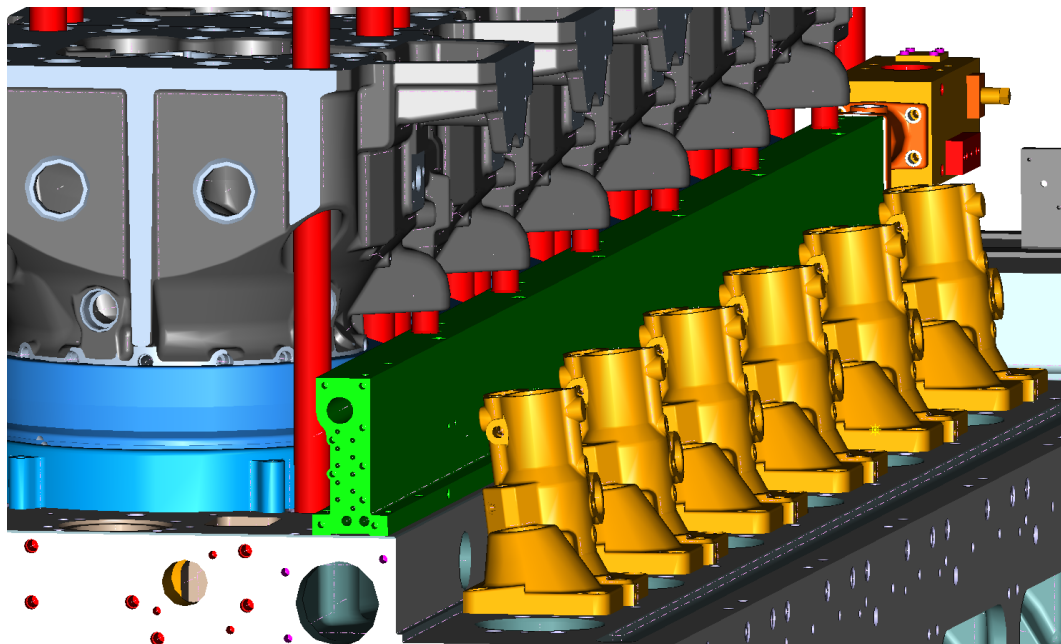
1.5 Työn tarkoitus

Tarkoitus on poistaa nokka-akselin päädyssä sijaitseva ilmanjakaja apulaitteineen sekä alumiiniprofiilin ohjauskanavat, jotka kuljettavat ohjausilman kullekin sylinterinkannelle.

Käynnistysilma on tarkoitus viedä moottorin lohkon päälle yhtenä kanavana, josta se jaetaan sylintereille aina sylinterinkannen kohdalla. Tästä kanavasta olisi tarkoitus ottaa myös ohjausilma aina kunkin kanavan kohdalta ja viedä se venttiilille, joka on sijoitettu VIC (Variable Inlet Closing)- eli imuventtiilin ajoitusyksikköön.

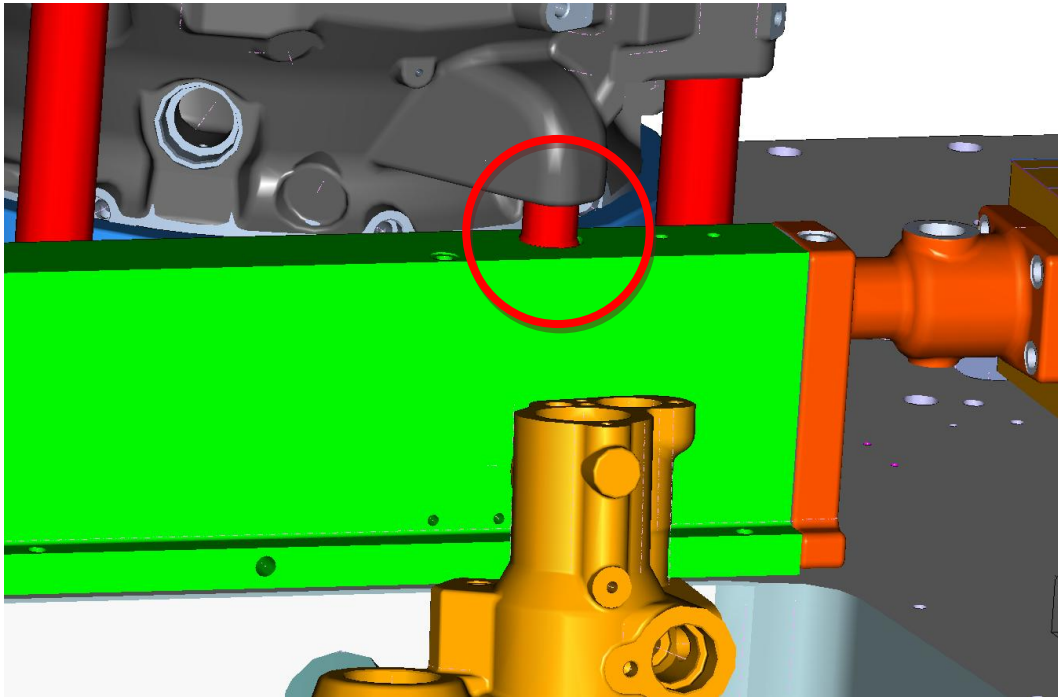
VIC- yksikkö sijaitsee fyysisesti hyvin lähellä käynnistysilmakanavaa ruiskutus-pumppuhyllyllä. VIC- yksikön sisälle suunniteltua ilmaventtiiliä avataan nokka-akselin avulla.

Uuteen ilmakeinavaan on tarkoitus suunnitella liitokset sekä varsinaiselle käynnistysilmalle, että ohjausilmalle. Ohjausilma viedään teräsputkella VIC- yksikköön ja sieltä edelleen sylinterinkanteen käynnistysventtiilille. Varsinainen käynnistysilma viedään suoraan sylinterinkanteen käynnistyskammioon.



Kuva 1. syöttöpumppuhylly

Kuvassa 1 on moottorin ruiskutuspumppuhylly. Vihreällä värillä korostettu osa on alkuperäinen käynnistysilmaprofiili. Keltaiset osat ovat VIC- yksiköitä. Kuva ei edusta kokonaista koneenrakennetta, vaan siitä puuttuu komponentteja, jotta tarvittavat komponentit näkyisivät.



Kuva 2. Sylinterinkannen ja profiili välinen liitinkappale

Kuvassa 2 näkyy mistä kohdasta varsinainen käynnistysilma menee sylinterinkannelle. Liitoskappale on tiivistetty molemmista päistä O- renkailla. Sitä ei ole kiinnitetty kiinteästi kanteen tai käynnistysilmaprofiiliin. Kannen ja profiilin välille tulee jäädä tietty liikkumisvara, koska kansi liikkuu lohkoon nähden moottorin käydessä ja asennettavuus helpottuu.

2 MOOTTORIN PAINEILMAKÄYNNISTYS

Ajoitettu paineilman syöttö jokaiseen tai osaan sylintereistä on perinteinen käynnistyskeino keskinopeille ja hitaille dieselmoottoreille. Paineilmakäynnistystä on käytetty myös poraukseltaan pienempien moottorien käynnistämiseen, mutta se on näissä moottoreissa todettu kalliiksi.

Ilma syötetään sylinteriin männän ollessa muutaman asteen ohi yläkuolokohdan puristustahdin lopussa. Nelitahtimoottoreissa ilman syöttö lopetetaan suurinpiirtein iskun puolivälin jälkeen. Ilma laajenee sylinterissä ja jatkaa työtään männän päällä kunnes pakoventtiilit aukeavat ja ilma poistuu pakokanavaan. Kaksitahtisessa moottorissa ilman syötön tulee loppua ennen kuin männän helma peittää huuhteluaukot tai pakoventtiili aukeaa.

Kuusisylinterinen nelitahtimoottori tai neljäksylinterinen kaksitahtimoottori käynnistyy jokaisesta vauhtipyörän asennosta jos jokaiseen sylinteriin syötetään käynnistysilma. Jos sylintereitä on vähemmän täytyy moottoria kääntää kuolleenkulman yli.

Paineilmakäynnistys on toteutettu usein 20 – 30 baarin paineella. Moottorin rakenteen sisäiset ilmansyöttölaitteet ovat yleensä valmistajan omaa suunnittelua ja tuotantoa. Syöttöjärjestelmät jakautuvat kahteen ryhmään: yksinkertainen suoraan ohjattu- sekä monimutkaisempi ei suoraanohjattu- järjestelmä.

Yksinkertaisempi suoraan ohjattu järjestelmä

Paine ilma tuodaan ilmasäiliöltä pysäytysventtiilin ohi käynnistysventtiilille, joka on yleensä asennettu itse moottoriin. Tämä voi olla manuaalisesti ohjattu tai se voidaan ohjata automaattisesti osana moottorin käynnistysjärjestelmää. Käynnistysventtiili päästää ilman edelleen ilmanjakajalle, joka ohjaa ilmaa sylintereihin käyntijärjestyksessä. Nelitahtimoottorissa jakajan tulee pyöriä puolet kampiakselin hitaudesta, kun taas kaksitahtimoottorissa kampiakselin vauhdilla. Nelitahtimoottorissa jakaja on yleensä kiinni nokka-akselissa.

Monimutkaisempi epäsuora ohjaus

Järjestelmä on käynnistysventtiiliin asti samanlainen kuin suoraan ohjattu. Tässä paineilma kulkee isoa ilmanavaa pitkin sylinterinkansien sisälle käynnistysilmakammioon ja samalla ilmanjakajalle. Ilmanjakaja, joka voidaan sijoittaa esimerkiksi nokka-akselin päähän jakaa ilmasignaalia moottorin sytytysjärjestyksessä sylinterinkansiin ja sylinterinkansien käynnistysilmaventtiili vapauttaa käynnistyskammiossa olevan paineilman sylinteriin. Ilman jakaja voi olla pienempi, koska se ohjaa pienempiä määriä ilmaa. Kun moottori saavuttaa riittävän nopeuden, käynnistysventtiili sulkeutuu ja paineilman syöttö lakkaa.

Challen, Baranescu (1999: 396-398)

3 VAATIMUKSET PUTKISTOLLE

Painelaitteet

Putkiston käyttöpaine on 30 baaria. Putkisto ja sen osat tulee koeponnistaa 60 baarin paineella. Jos komponentissa on useampi kanava, on ne testattava erikseen. Mahdolliset vuotokohtat kuten laipat ja liitokset tulisi jättää pois testistä vuotojen välttämiseksi.

Painelaitteisiin luetaan säiliöt, putkistot, höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteet, varolaitteet ja paineenalaiset lisälaitteet. Painealadirektiiviä 97/23/EY sovelletaan kaikkiin painelaitteisiin ja laitekokonaisuuksiin joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 bar. Soveltamisalaan eivät kuulu yksinkertaiset painesäiliöt, aerosolipakkaukset, vaarallisten aineiden kuljetussäädösten soveltamisalaan kuuluvat astiat ja säiliöt sekä sellaiset laitteet, joissa merkittävänä tekijänä ei ole paine. Painelaitteen mukana on toimitettava, käyttöohjeet ja niistä laadittu EY- vaatimustenmukaisuusvakuutus. Painelaitteet luokitellaan kahteen ryhmään: olennaisia turvallisuusvaatimuksia noudattaviin sekä hyvän konepajakäytäntöä noudattaviin. Turvallisuusvaatimuksia noudattavat luokitellaan neljään kasvavan riskinmukaiseen ryhmään.

1. Painelaitteen tyyppi: säiliö, putkisto, höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaite, varolaite tai paineenalainen lisälaite.
2. Suurin sallittu käyttöpaine ja tilavuus tai nimellisuuruus tapauksesta riippuen.
3. Sisällön luokittelu kaasuksi tai nesteeksi?
4. Sisällön vaarallisuus : Ryhmä 1 tai ryhmä 2

Olellaiset turvallisuusvaatimukset

Vaatimukset koskevat suunnittelua, valmistusta, materiaaleja sekä tiettyjä erityisvaatimuksia putkistoille sekä painekattiloille. Valmistajan tulee selvittää painelaitteita koskevat vaarat. Valmistaja voi määrittää näiden avulla laitteeseen sovellettavat turvallisuusvaatimukset. SFS-EN- standardit määrittelevät yksityiskohtaiset ohjeet suunnittelulle ja valmistukselle.

CE- merkinnät sekä muut merkinnät

Valmistaja ilmoittaa CE- merkinnällä, että laitteen turvallisuusvaatimukset täyttyvät ja vaatimuksenmukaisuus on arvioitu. CE – merkinnän kiinnittää valmistaja tai valmistajan edustaja Euroopan talousalueella. Merkintöjä ovat:

1. ilmoitetun laitoksen tunnusnumero, jos ilmoitettu laitos on ollut mukana valmistuksen tarkastusvaiheessa eli luokkien II, III ja IV arviointimenetelyissä.
2. valmistajan nimi ja osoite tai muu yksilöivä tunnus
3. valmistusvuosi
4. vainelaitteen tunnus, erimerkiksi tyyppi, sarja- tai eränumero ja valmistusnumero
5. olellaiset korkeimmat/alimmat sallitut raja-arvot.

Lisäksi painelaitetyypin mukaan esimerkiksi tilavuus, nimellisuuruus, teho, käytetty koepaine, varolaitteen asetuspainne sekä varoitus kokemusperäisistä käyttövirheistä.



Kuva 3. CE- merkintä

CE merkintä sisältää kirjaimet ”CE” kuvan 3 mukaisesti

CE- merkinnän eri osien pystymittojen on oltava suunnilleen samat, vähintään 5 mm. Valmistaja tai valmistajan edustaja laatii painelaitteesta tai laitekokonaisuudesta EY- vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen.

Hyvän konepajankäytännön painelaitteissa tai laitekokonaisuuksissa ei saa olla CE- merkintää eikä EY- vaatimuksenmukaisuusvakuutusta. Sen sijaan niissä on oltava merkinnät valmistajan tai valmistajan edustajan tunnistamiseksi. Niiden mukana on myös oltava riittävät käyttöohjeet.

Käyttäjien tarkastuslaitoksen arvioimissa painelaitteissa ei saa olla CE- merkintää, mutta niistä laaditaan EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus.

Laitekokonaisuus

Laitekokonaisuudella tarkoitetaan valmistajan yhtenäiseksi ja toiminnalliseksi kokonaisuudeksi kokoamia useita painelaitteita. Laitekokonaisuus, eli paineellinen järjestelmä muodostuu säiliöstä, putkistosta, paineenalaisista lisälaitteista ja varolaitteista. Kokonaisuuksia ovat esimerkiksi tehtaan paineilman syöttöjärjestelmät, vesiputki- ja kuumaöljykattilat sekä moottorien käynnistysjärjestelmät.

Laitekokonaisuutta arvioidessa tarkastellaan laitteiden yhdistämistä, käyttöarvojen pysymistä sallituissa arvoissa, loppuarviointia sekä varolaitteiden tarkastamista.

Valmistajan tulee kiinnittää laitekokonaisuutta tarkoittava CE- merkintä, jonka kylkeen tulee laitekokonaisuuden arviointimenettelyssä mukana olleen ilmoitetun laitoksen tunnusnumero. Jos joissain laitteissa on jo CE- merkintä, säilytetään se näissä.

Painelaitedirektiivin ja konedirektiivin päällekkäisyys

Luokan I kattiloihin ja painesäiliöihin sovelletaan painelaitedirektiiviä silloin, kun ne saatetaan markkinoille erikseen.

Painesäiliöt ja kattilat on jätetty konedirektiivin 98/37/EY soveltamisalan ulkopuolelle, eikä painelaitedirektiivin artiklan 1 kohdan 3.6 lauseketta painealadirektiivin soveltamisalan ulkopuolelle jättämistä sovelleta. Sen sijaan kun markkinoille saatetaan konedirektiivin soveltamisalaan kuuluva tuote, artiklan 1 kohdan 3.6 lauseke soveltamisalan ulkopuolelle jättämisestä koskee kaikkia muita korkeintaan luokan I painelaitteita, jotka kuuluvat kyseiseen koneeseen. Varsin käyttökelpoisina turvallisuusmääräyksinä paineen aiheuttamiin vaaroihin voidaan pitää painelaitedirektiivin turvallisuusvaatimuksia. CE- merkittyjä painelaitteita voidaan kuitenkin sisällyttää koneisiin ja muihin tuotteisiin.

Painelaitteet liikkuvissa offshore- yksiköissä

Offshore- yksiköllä tarkoitetaan yksikköä, jota ei ole tarkoitettu pysyväksi tietylle paikalle, vaan se on suunniteltu liikuteltavaksi paikasta toiseen riippumatta käyttötarkoituksesta.

Uivia tuotantokäyttöön tarkoitettuja yksiköitä kuten uivia tuotanto, varastointi- ja lastausjärjestelmiä – ”FPSO” = Floating, Production, Storage and Offloading installations (esim. öljytankkerit) sekä uivia tuotantolauttoja – ”FPP = Floating Produktion Platforms” (pontoneilla varustettuja lauttoja) ei pidetä offshoreyksiköinä.

Liikkuvat off-shoreyksiköt eivät kuulu painealadirektiivin soveltamisalaan. Tästä huolimatta FPSO/FPP- yksikköihin sekä myös offshore yksiköihin asennettavaksi tarkoitetut painelaitteet kuuluvat painelaitedirektiivin soveltamisalaan

Tukes (1997) Painelaitedirektiivi,

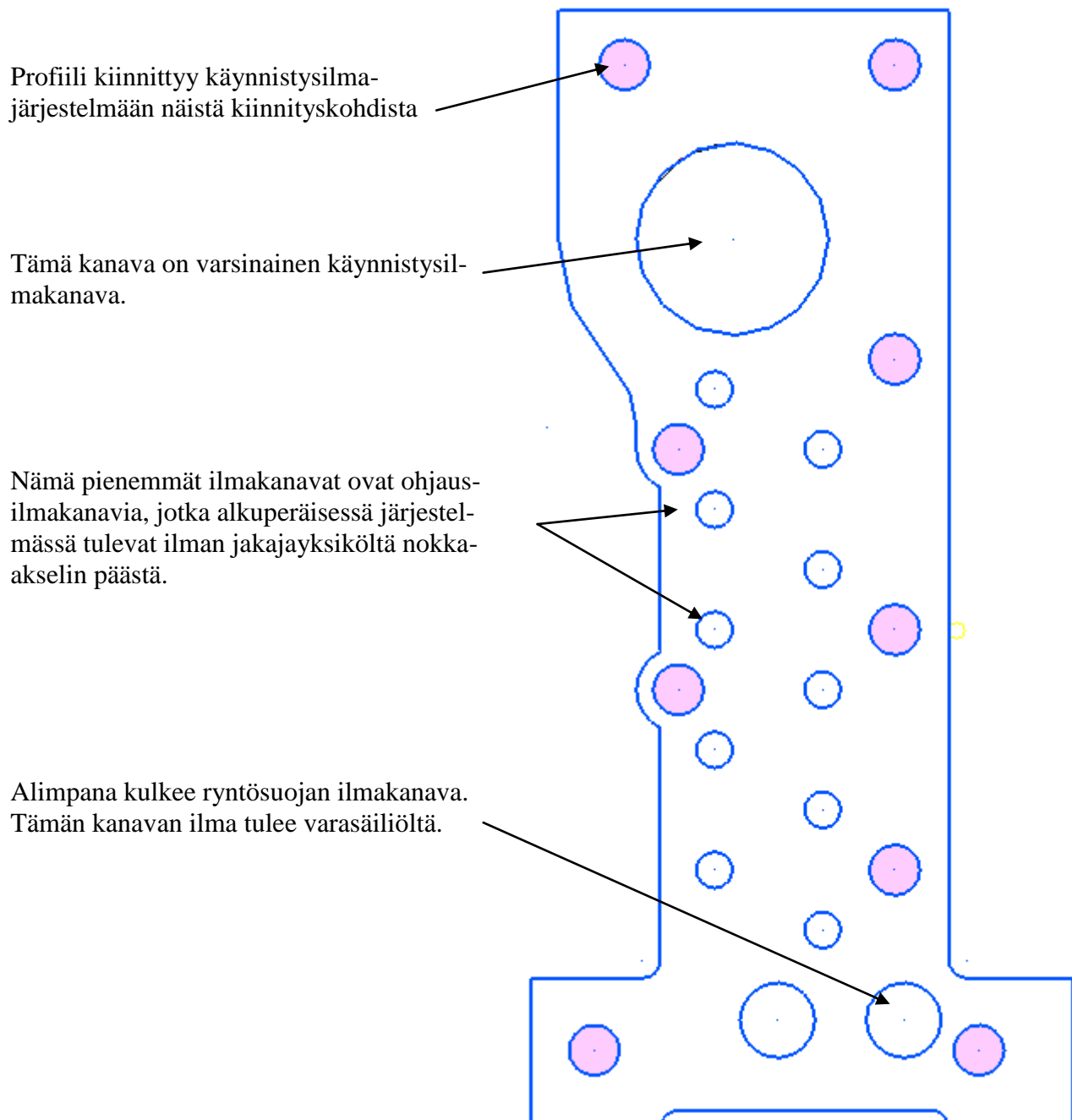
4 UUELLEEN SUUNNITELTU ALUMIINIPROFIILI

Alumiiniprofiili on helposti asennettava vaihtoehto, johon on myös yksinkertaista tehdä tarvittavat koneistukset. Profiili on jäykkä rakenne ja sillä saa tukevuutta järjestelmään. Alumiiniprofiili on myös kevyt rakenne, koska sen tiheys on vain 2.7g/cm³. Samaa profiilia pitkin saadaan kulkemaan myös ryntösuojan eli ruiskutuspumpon hätäpysäytyksen ilma.

Profiilia suunniteltaessa ei tarvitse juurikaan kiinnittää huomiota painekestävyydelle, koska pääilmakanavaa ympäröivä materiaalivahvuus pysyy samana. Profiilin keskiosa täytyy suunnitella uudelleen, koska ohjausilmakanavat jäävät pois.

Profiili valmistetaan alihankkijan toimesta pursottamalla . Pursotetun profiilin pintaan vaikuttavat pursotustyökalun pinta, pursotusparametrit, seostyyppit sekä käytettävät toleranssit. Käytettävät toleranssit vaikuttavat myös pursotushintaan.

4.1 Alkuperäinen profiili



Kuva 4. Alkuperäinen profiili

Kuvassa 4 on alkuperäinen käynnistysilmaprofiili, joka valmistetaan pursottamalla. Materiaalin määrä on varsin suuri, johtuen keskiosan ohjausilmakanavista. Profiilin yläosassa on materiaalia, koska siihen koneistetaan paikat ilmaputkille, jotka kuljettavat ilman sylinterinkanteen. Alimpana on ilmakehä, joka vie ilman ruiskutuspumppun pysäytys mekanismille eli ryntösuojuille.

4.2 Profiilin pursotus

Valosaine lämmitetään induktiouunissa 450 – 500 °C lämpöiseksi. Lämmitetty valos puristetaan pursotustyökalun läpi suurella voimalla. Valmista profiilia virtaa työkalusta ulos 5-50 metrin minuuttivauhdilla. Profiili jäädytetään välittömästi ilmalla tai vedellä. Profiilit venytetään jäädytyksen jälkeen, jotta niissä olisi oikeanlainen jännitys ja että ne olisivat suorina. Profiilit katkaistaan oikeisiin mittoihin ja niille voidaan vielä antaa lämpökäsittely.

Pursotettavia profiileja on kahdenlaisia: Massiiviprofiileja, jotka voidaan pursottaa yksinkertaisella muototyökalulla ja onttoja profiileja, joiden tekemiseen tarvitaan keerna ja keernan ja varsinaisen työkalun yhdistävät sillat. Itse työkaluosa muotoilee ulkopuolen ja keerna sisäpuolen.

4.3 Uusi profiili

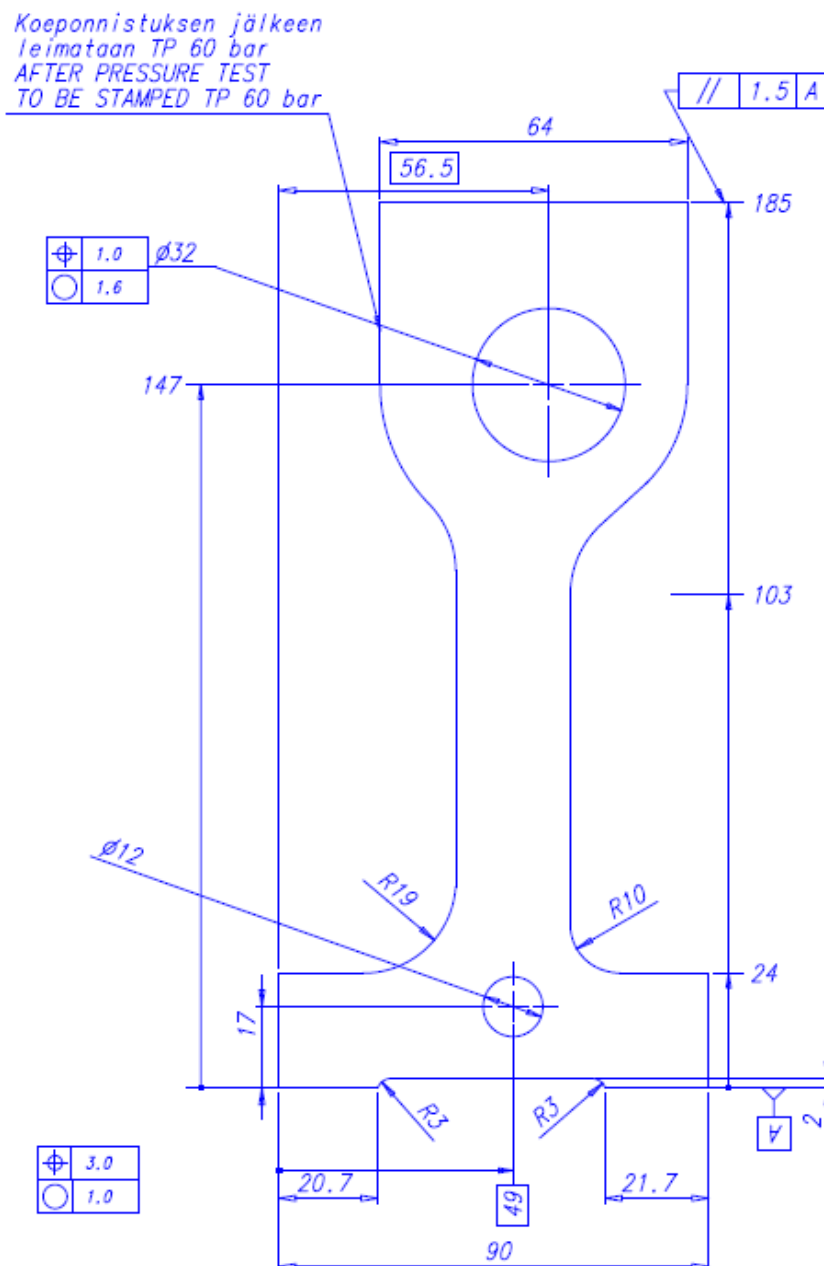
Uutta vaihtoehtoa profiilille suunniteltaessa on pyritty kevyempään rakenteeseen. Koska ohjausilman reikiä ei profiilissa enää tarvita, voidaan profiilin keskikohta yksinkertaistaa. Profiilin olisi kuitenkin olla mahdollisimman sopiva vanhan profiilin paikalle. Uudessa profiilissa olisi hyvä olla kaikki kiinnitys- ja liitoskohdat samassa kohdassa kuin vanhassakin. Profiilin sylinterien puoleinen kylki tulee myös muotoilla saman muotoiseksi kuin alkuperäinen, jotta profiili ei osuisi sylinteriputken vesivaippaan.

Ohjausilman liitoskohdat alkuperäisen profiilin päällä tulevat pieniltä kanavilta profiilin sisässä. Nämä liitoskohdat on uudessa profiilissa oltava suoraan yhteydessä pääilmakanavaan, koska uudessa ratkaisussa myös ohjausilma otetaan samasta kanavasta kuin itse käynnistysilma

Ruiskutuspumpun pneumaattiselle hätäpysäytyslaitteelle voidaan ilma kuljettaa samaa reittiä kuin alkuperäisessäkin, eli profiilin jalkaosaa pitkin.

4.3.1 I-muotoinen profiili

Tässä vaihtoehdossa on profiili suunniteltu keskeltä kevyeksi tekemällä siitä uuman muotoinen. Pääilmakanava on samassa paikassa yläosassa kuin alkuperäisessä. Profiilin kiinnittäminen moottorin lohkkoon onnistuu samoilla rei'illä kuin alkuperäinenkin. Profiili on myös yhteensopiva kiinnitettäväksi alkuperäiseen käynnistysilmajärjestelmään.

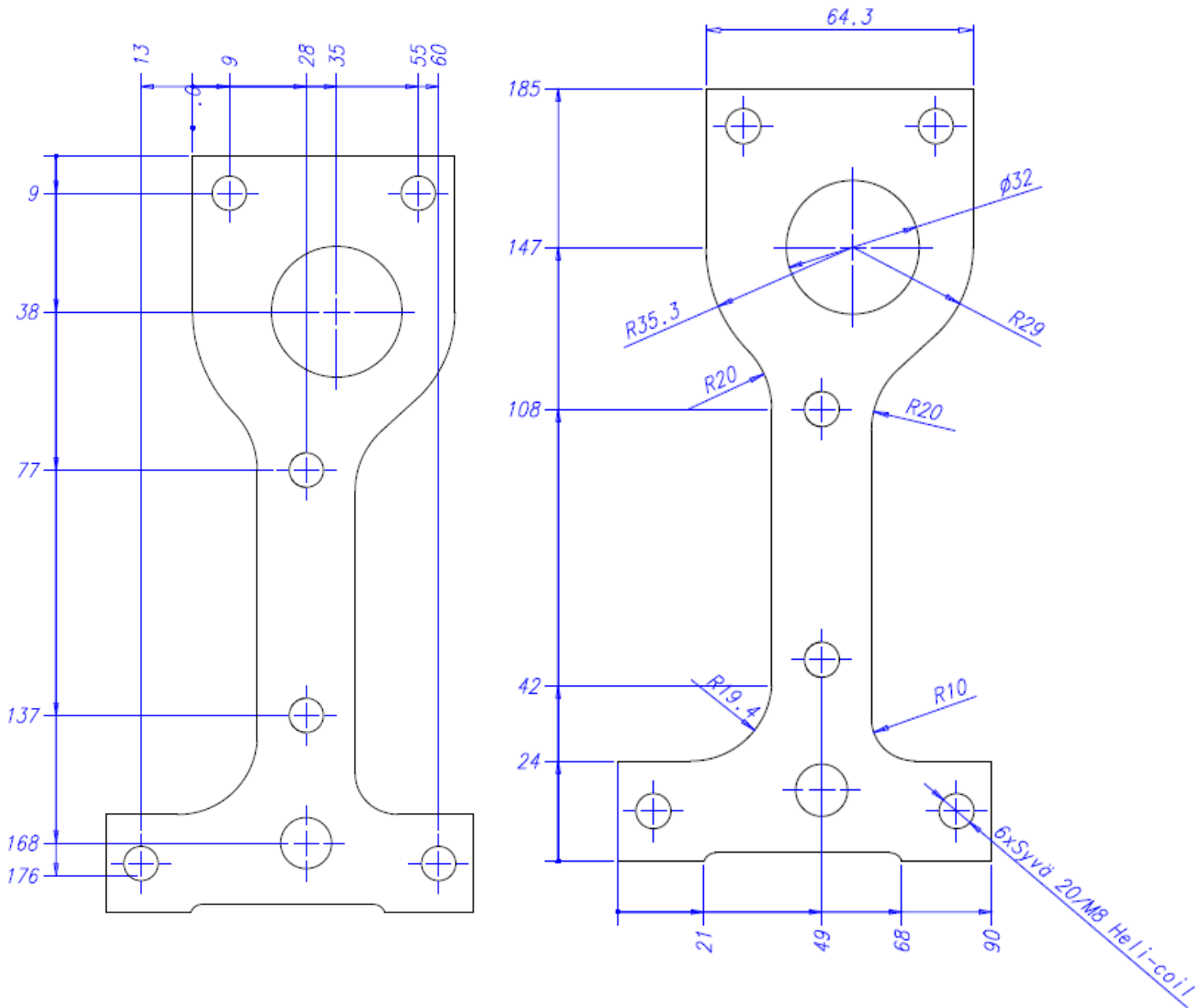


Kuva 5. I-profiilin pursotus

Kuvassa 5 on I-muotoisen profiilivaihtoehdon pursotuspiirustus, josta ilmenee tärkeimmät mitat sekä toleranssit. Toleranssit ovat samat kuin alkuperäisessä, eli EN 755-9 mukaan. Myös korkeus ja leveys ovat identtiset alkuperäisen kanssa. Keskiosassa ei ole pieniä kanavia ja alaosassa on vain yksi kanava ryntösuojaa, eli pneumaattista pysäytyslaitetta varten. Alaosan toinen ilmakehanava on alkuperäisessä profiilissa kulkenut nokka-akselin päädyssä sijainneelle ohjausilmanjakajayksikölle. Uudessa järjestelmässä sitä ei kuitenkaan käytetä.

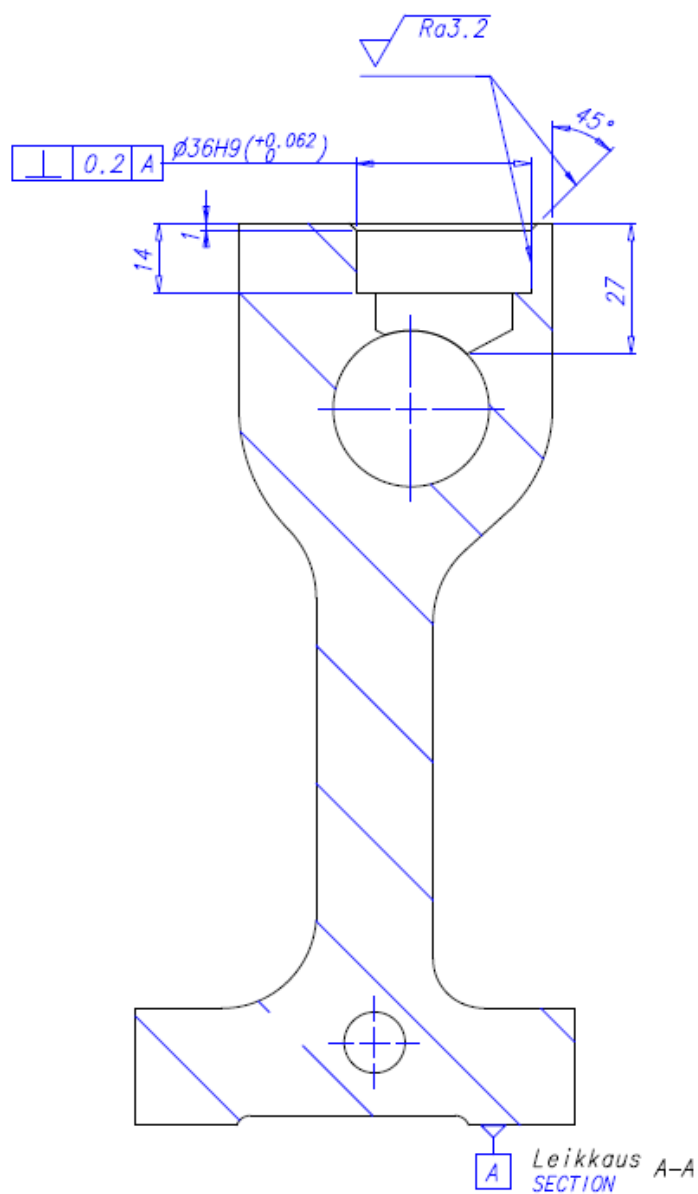
Painekestävyyttä ei ole vielä tässä vaiheessa simuloitu, koska materiaalivahvuus ei pienene ilmakehanavan ympäriltä.

Pursotus on 6L koneen profiililla noin 20 kiloa kevyempi kuin alkuperäinen.



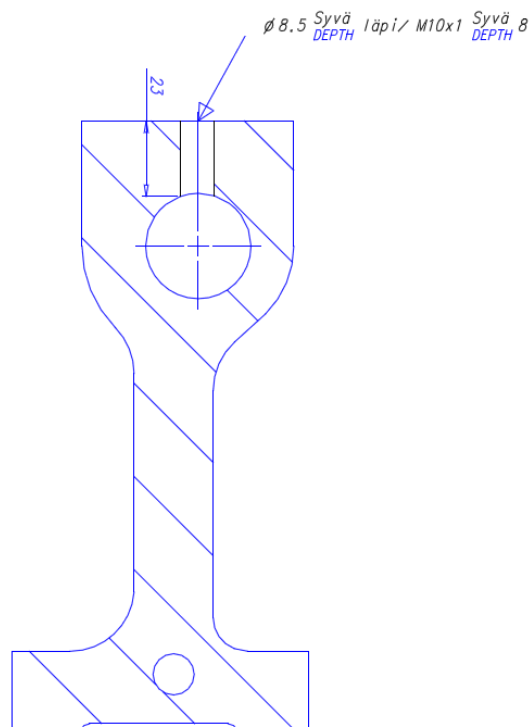
Kuva 6 ja 7 profiilin päätyjen kiinnitykset.

Profiilin päätyihin koneistetaan kuvien 6 ja 7 mukaiset reiät, joihin asennetaan kierre-elementit. Profiilin toinen pääty kiinnitetään käynnistysilmajärjestelmään ja toiseen päätyyn asennetaan sokeointilaippa.



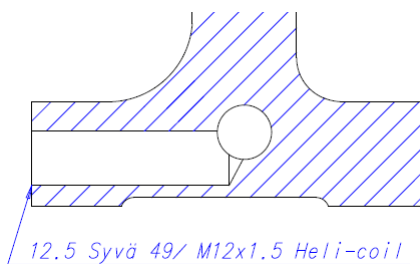
Kuva 8. Sylinterinkannen liitosputken kiinnityskohta

Kuvassa 8 näkyy koneistettava liitostasku sylinterinkanteen menevää yhdysputkea varten. Tasku on samanlainen kuin alkuperäisessä profiilissa. Reiän koneistustoleranssi on H9. Kuvassa on myös esitetty koneistuksen kohtisuoruustoleranssi sekä pinnankarheus.

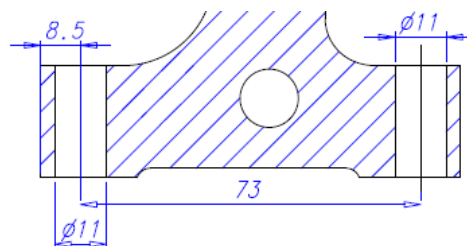


Kuva 9. Ohjausilmaputken liitoskohta

Ohjausilmaputkistoa varten täytyy kappaleen yläpuolelle koneistaa 8,5mm reikä aina kanavaan saakka. Reikään tehdään kuvan 9 mukainen M10x1 hienokierre, johon asennetaan putkiliitos.

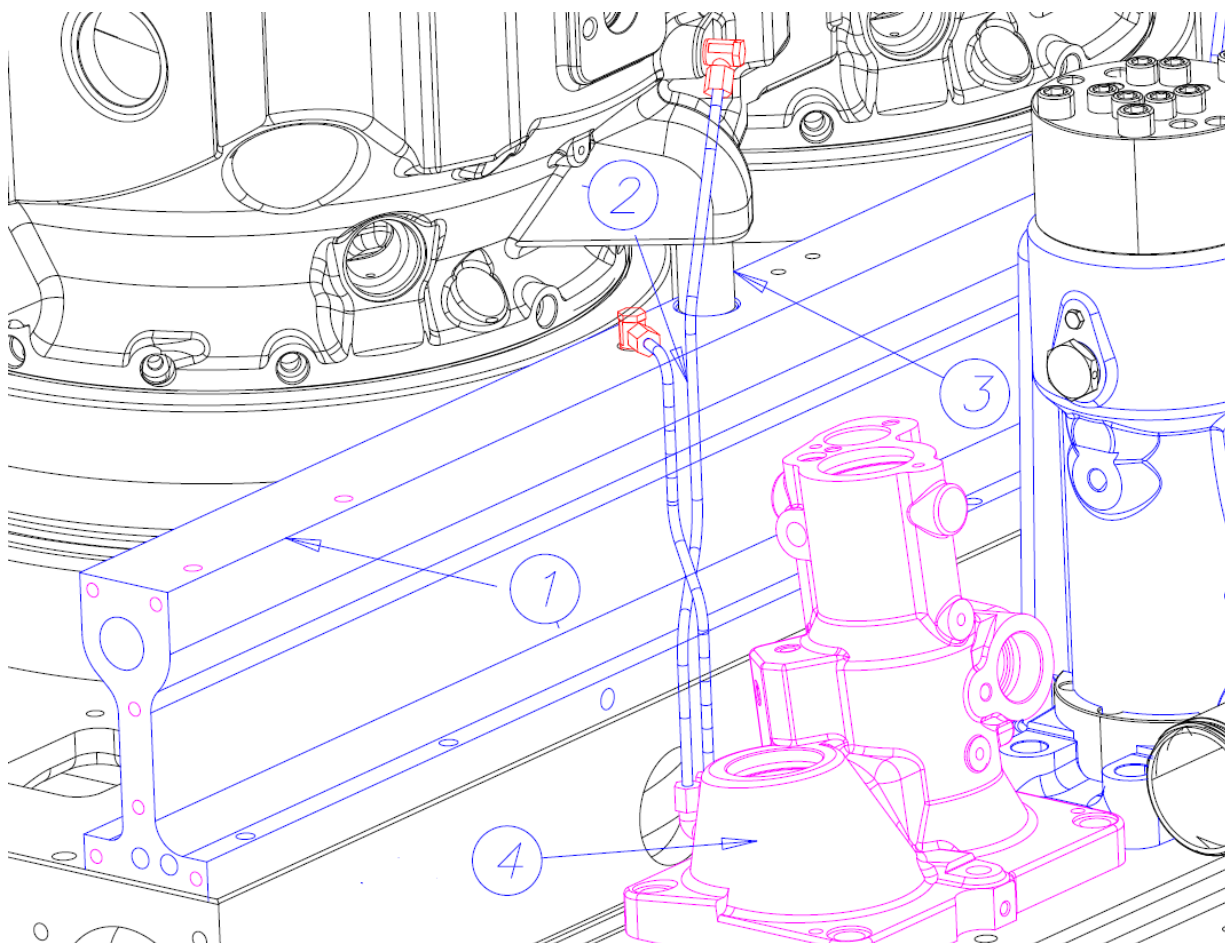


Kuva 10. Ryntösuojan liitos



Kuva 11. Kiinnityspulttien reiät

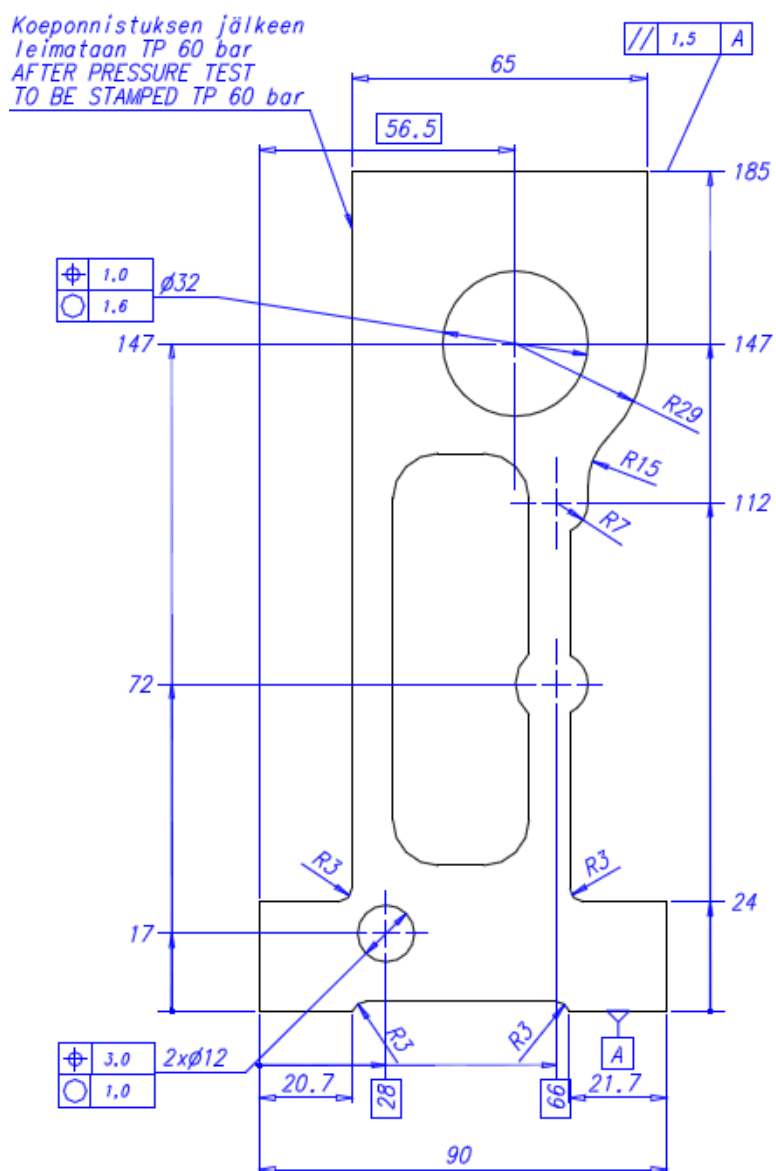
Kuvassa 10 on leikkaus kohdasta, jossa ilma otetaan profiilista ryntösuojalle. Reikä porataan sivulta kanavaan asti ja reikään asennetaan heli-coil. He ruuvtaan putkiliitos. Kuvassa 11 on leikkaus kohdasta, josta profiili kiinnitetään moottorinlohkoon.



Kuva12. I-profiili asennettuna käynnistysjärjestelmään

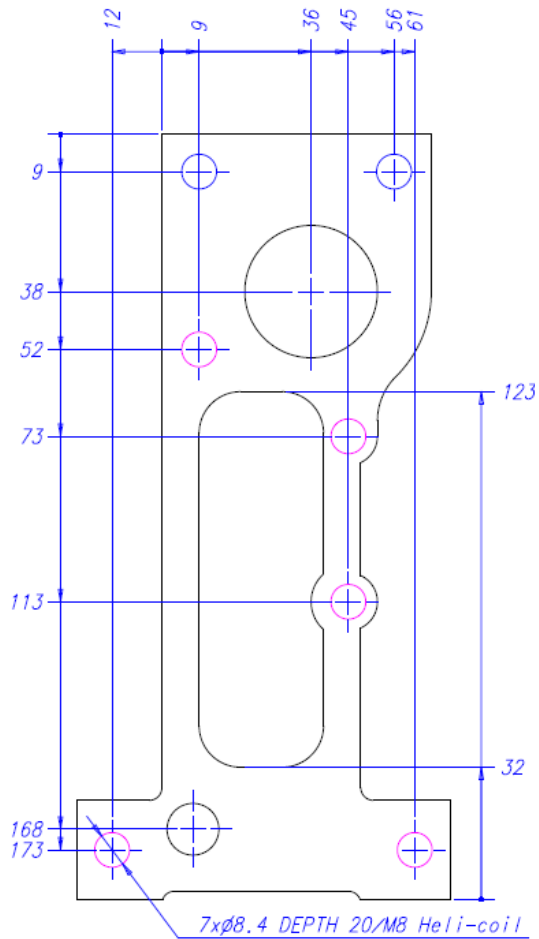
Kuvassa 12 on I-muotoinen käynnistysilmaprofiili (1) asennettuna moottoriin. Ohjausilmaputket (2) on kytkettyä profiililta VIC- yksikölle (4) ja sieltä edelleen sylinterin kanteen. Varsinainen käynnistyspaineilma kulkee väliputkessa (3) profiililta sylinterinkannen käynnistysventtiilille.

4.3.2 Keskeltä onton profiili

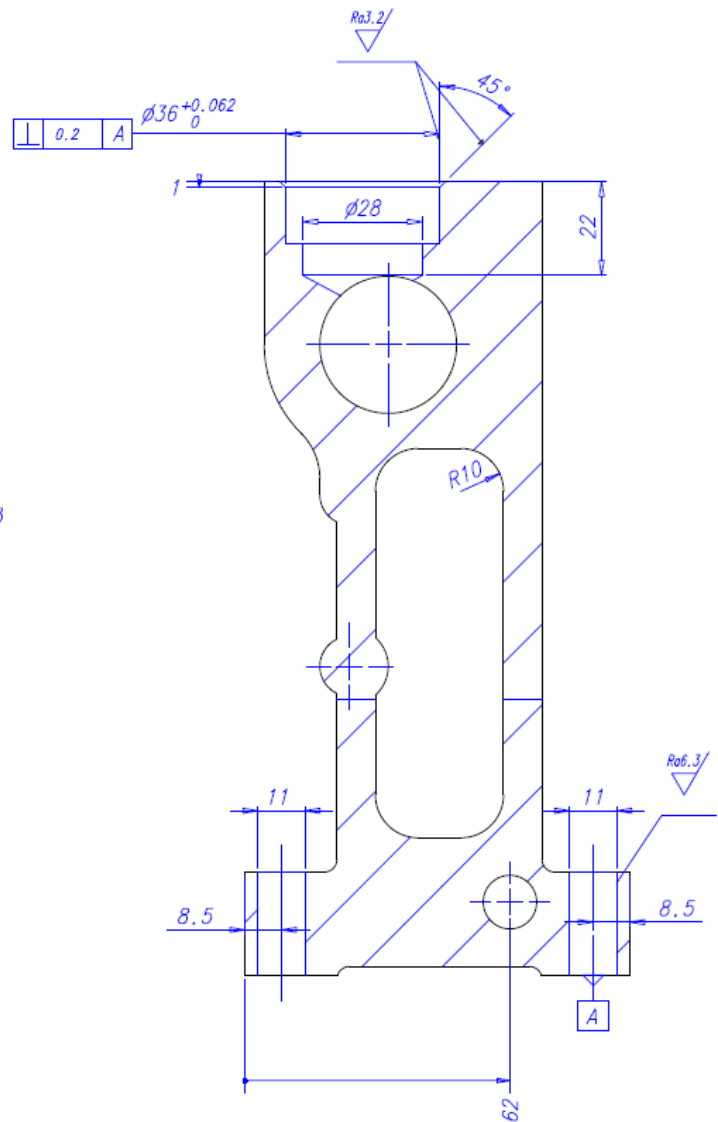


Kuva 13. Keskeltä onton profiilin pursotus

Profiili pursotetaan kuvan 13 mukaisesti. Kuvassa näkyvät toleranssit ovat samat kuin alkuperäisellä profiililla (EN 755-9). Profiili ei poikkea fyysisiltä mitoiltaan alkuperäisestä muuten kuin keskiosastaan.

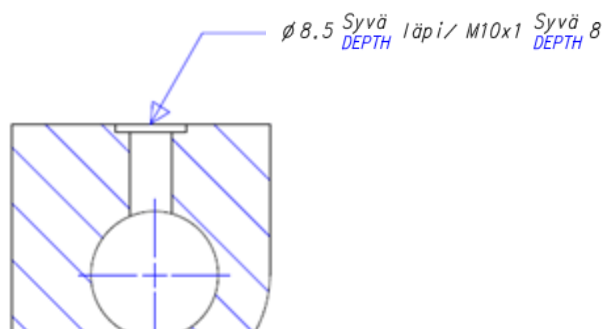


Kuva 14. Kiinnitysreiät

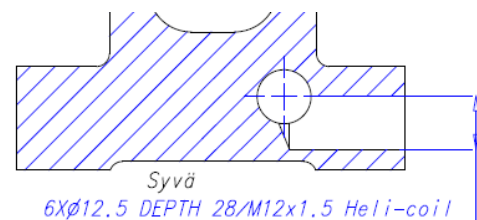


Kuva 15. Ilmaputken paikka

Kuvassa 14 näkyvät kohdat, joista profiili kiinnitetään käynnistysjärjestelmään. Reikiin asennetaan kierre-elementit. Kuvassa 15 on läpileikkaus sylinterinkannen yhdysputken liitoskohdasta. Kuvassa 15 on näkyvissä myös läpileikkaus rei'istä, joista profiili kiinnitetään moottorinlohkoon.



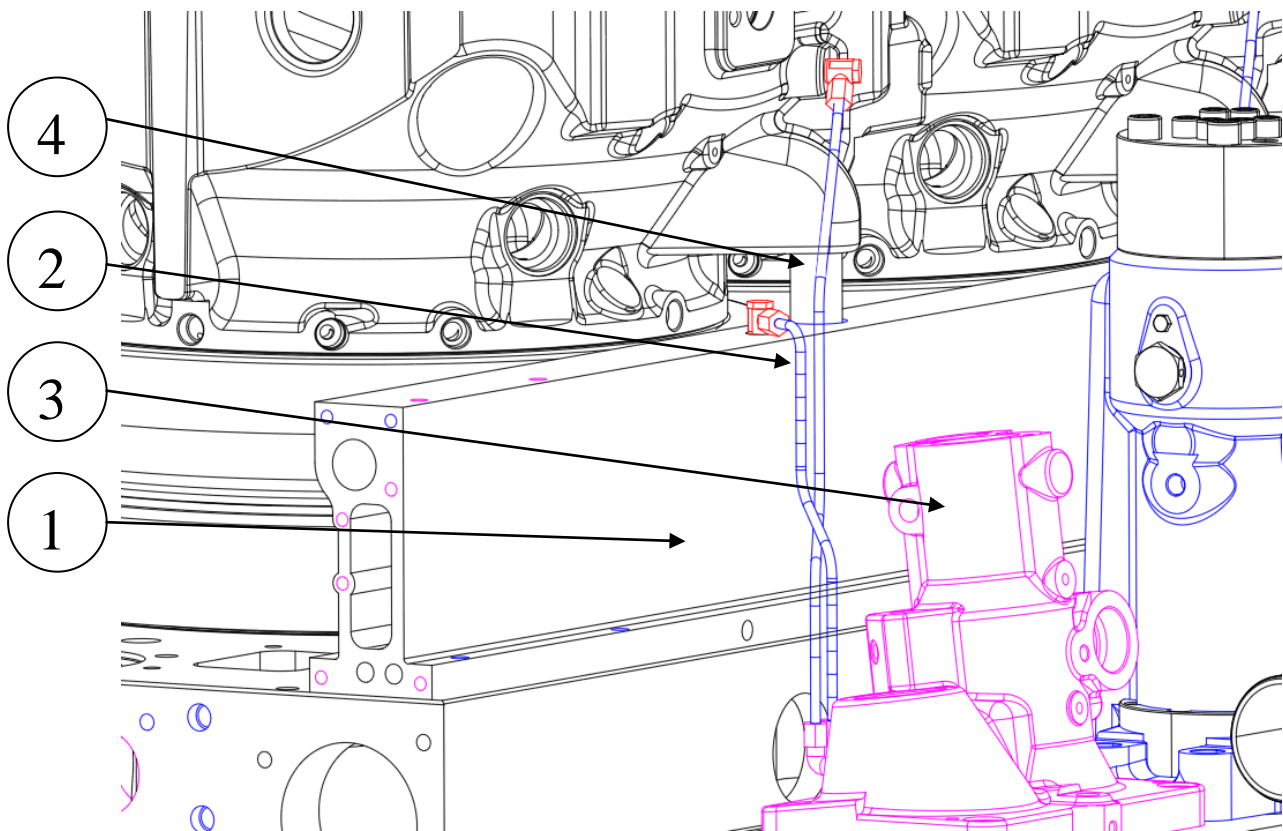
Kuva 16. Ohjausilman reikä



Kuva 17. Ryntösuojan reikä

Kuvassa 16 on läpileikkaus profiilista kohdassa, jossa ohjausilmaputket liitetään profiiliin. 8.5 mm reikä porataan profiilin päältä ilmanavaan asti. Reikään tehdään M10 kierre, johon liitin voidaan asentaa.

Kuvassa 17 on ryntösuojan ilmanavan ja ilman ulosottokanavan läpileikkaus. 12.5 mm reikä porataan 28mm syvyyteen aina kanavaan asti. Reikään asennetaan M12 kierre-elementti.



Kuva 18. Ontto profiili käynnistysilmajärjestelmässä.

Paineilma kulkee käynnistysilmakanavassa (1), ilma otetaan ohjaus venttiilille 6mm teräsputkella (2), ilma viedään VIC-yksikköön (3), josta se jatkaa sylinterinkanteen käynnistysventtiilille teräsputkea pitkin. Ilman jakaminen tapahtuu VIC-yksikössä. Varsinainen käynnistysilma siirretään sylinterinkanteen väliputkella (4)

5 VALETTU KANNAKELIITIN-KAPPALE JA TERÄSPUTKET

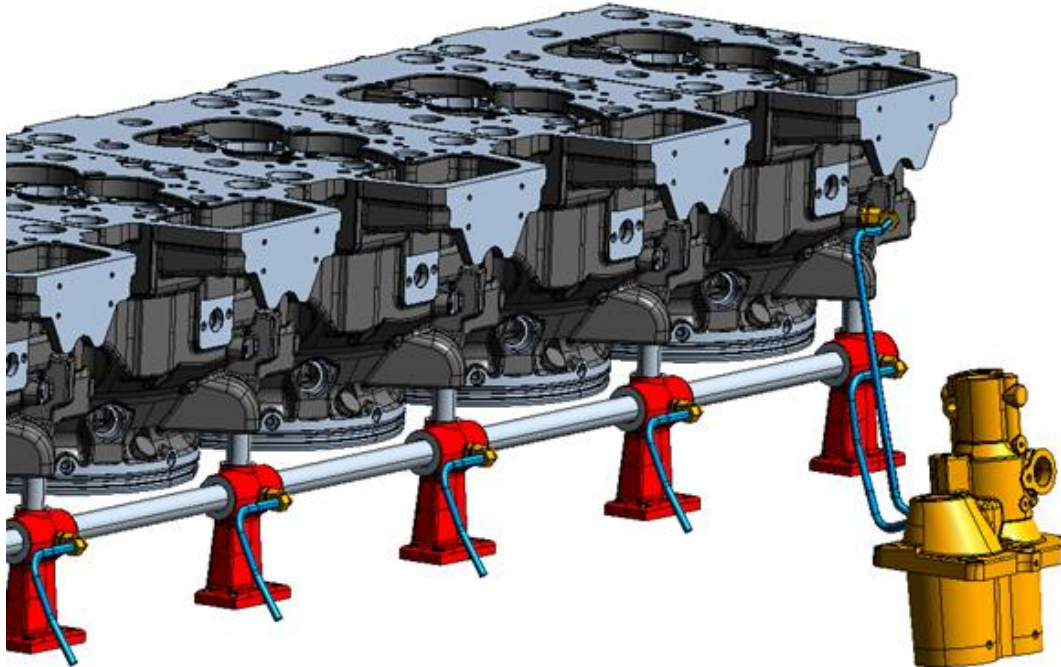
5.1 Kappaleen suunnittelu

Tarkoituksena olisi suunnitella ratkaisu, jossa voitaisiin käyttää saumattomia teräspanputkia. Jokaisen sylinterinkannen kohdalle tarvitaan erillinen kappale, joka samalla yhdistää ja kannattelee putkia.

Kappaleella tulisi olla jalkamainen alaosa, josta sen saa tukevasti kiinnitettyä moottorin lohkoon. Kappaleen yläosan tulee olla riittävän leveä, jotta siihen saadaan aseteltua ilmaputket. Yläosan sisällä tulee olla ontto tila, josta ilma jaetaan ylös sylinterin kantta kohti sekä myös sivulle ohjausilmaventtiiliä kohti.

Kappaleen tulee kestää 60 baarin testipaine riittävän hyvin. Kappaleen tulee myös kestää rasitukset jotka syntyvät koneen osien liikkuessa rajusti toisiaan nähden moottorin käydessä. Kappale ei saa ruveta värisemään koneen taajuuksien mukana. Se tulee suunnitella niin, että alin ominaistajuus on tarpeeksi korkea, yli 100 Hz.

Kappaletta tulisi voida valmistaa edullisesti isoina sarjoina. Valamalla saataisiin valmistettua monimutkaisempaakin kappaletta alhaisin kustannuksin. Valumuotin ja keernan muoto tulee suunnitella niin, että koneistettavaa jää mahdollisimman vähän. Ontto tila tulisi saada aikaan kokonaan keernan avulla, ettei syviä koneistuksia tarvitsisi tehdä. Kappaleeseen tehtävä ohjausilmakanava on halkaisijaltaan niin pieni, ettei sitä pysty tekemään keernalla. Tälle tulee suunnitella poraus.



Kuva 19.

Kuvassa 19 on hahmotelma ratkaisusta, jota moottorin käynnistysilman kuljettamiseen voitaisiin käyttää. Ilma tuodaan käynnistysilmajärjestelmältä ensimmäiseen kappaleeseen. Putkisto tulee sokeoida viimeisen kappaleen jälkeen esimerkiksi kierretulpalla.

Moottorin osat kuten sylinterinkansi sekä moottorinlohko liikkuvat toisiaan nähden sekä elävät lämpölaajenemisen takia. Järjestelmä tulee siis suunnitella joustavaksi.

Koska liitoskappaleet sekä myös käynnistysilmajärjestelmä ja sokeoitu putki ovat kiinnitettyinä moottorin lohkoon, ei saumattomia teräsputkia kiinnitetä liitoskappaleisiin. Putket tiivistetään liitoskohdista O-renkailla. Myös liitoskappaleen ja kannen välinen putki kiinnittyy samalla periaatteella. Näillä ratkaisulla saadaan putksitolle elämistilaa.

Sinisellä näkyvät ohjausilman putket on hahmoteltu suurpiirteisesti liitoskappaleen, keltaisella näkyvän VIC yksikön sekä sylinterinkannen välille.

5.2 Kappaleen valu

5.2.1 Valamisen edut

Kappaleen valamisen etuina voidaan pitää seuraavia asioita:

- Kappaleen koolle ja muodolle ei ole suuria rajoituksia. Kappaleen muoto voi olla myös hyvinkin monimutkainen.
- Valetut kappaleet ovat usein jäykempiä kuin valssatusta tai puristetusta materiaalista valmistetut kappaleet johtuen niiden kiderakenteesta. Metalleja voidaan myös sijoittaa enemmän juuri niihin kohtiin, joissa lujuutta tarvitaan enemmän, näin myös painossa pystytään säästämään suhteessa kappaleen kestävyyskykyyn.
- Valaminen on edullista, koska valaminen on lyhin tie raaka-aineesta valmiiksi kappaleeksi. Täten työstössä ja raaka-aineessa säästetään.
- Koneen eri osia voidaan usein valaa edullisesti yhtenä kokonaisuutena.
- Valaessa pystytään soveltamaan myös teollista muotoilua.
- Oikean valmistusaineen valitseminen on helppoa, koska valaminen tarjoaa suuren valinnanvaran aineen suhteen.
- Kappale on mahdollista valmistaa erikoismetalleista, kuten sellaisista joille voidaan antaa haluttu muoto ainoastaan valamalla. Esimerkiksi erikoisen kovat teräkset, kulumista kestävät valuraudat, eräät korroosion ja tulen kestävät seokset, muutamat kevytmetalliseokset jne.
- Eri valutarkkuuksia on mahdollista toteuttaa erilaisilla toleransseilla ja muottiratkaisuilla. Valutarkkuudella voidaan myös vaikuttaa työstömäärään.
- Työstössä syntyvää hukka-ainetta voidaan monesti sulattaa uudestaan ja käyttää valettaessa. Tämä tekee valamisesta kierrätettävää ja materiaalia säästävää.
- Valamista voidaan käyttää massatuotannossa. Näin saadaan kustannuksia alemmas.
- Yksittäinen koemalli on myös mahdollista valmistaa valamalla. Jos kappale on yksinkertainen, kannattaa se valmistaa työstämällä.

5.2.2 Valamisen haitat

Kappaleen valamisen haittoja:

- Valetun kappaleen pinta ei ole sileä. Pinnan epätasaisuus voi haitata myöhempiä pintakäsittelyjä.
- Aina ei ole mahdollista valaa tarpeeksi ohutta kappaletta kuin olisi toivottua. Kappaleen hinta saattaa olla liian korkea.
- Kappaleen poikkipinnan äkilliset muutokset sekä suuret ainekeskittymät aiheuttavat jännityksiä. Joskus kappale voidaan joutua suunnittelemaan epäkäytännöllisen muotoiseksi.
- Huolimaton suunnittelutyö voi aiheuttaa imuonteloita metallin kutistuessa jähmettymisen aikana sekä kylmäsaumoja kahden lähellä jähmettymispistettä olevan ainesvirran kohdatessa. Jos kappaleeseen jää laajoja vaakaruosia pintoja, näiden yläpuolelle pyrkii kerääntymään ilmarakkuloita, kuonaa ja muita epäpuhtauksia. Kappaletta voidaan näiden poistamiseen joutua työstämään tarpeettoman paljon.
- Erilaiset valukappaleen sisäiset jännitykset saattavat aiheuttaa vääntymistä, johtaa kappaleen murtumiseen tai vähentää lujuutta. Jännitykset riippuvat käytetyistä valutekniikoista, kappaleen muodosta ja mitoista sekä materiaalista.
- Valukappaleen muodossa on oltava päästöjä. Nämä eivät ole useinkaan käteviä kappaleen käytännöllisyyden kannalta.
- Jotta kappale saadaan valettua, tulee sille suunnitella ja valmistaa erilaisia muotteja ja keernoja. Muotit tulee myös varastoida. Usein ei ole taloudellista valmistaa valamalla yksittäistä kappaletta.
- Valukappale voi olla työläs puhdistaa. Keerna ja valuhiekka voi aina palaa kiinni.

5.2.3 Valukappaleita suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavia asioita

- Malli- tai kestopuottikustannukset
- kaavaus
 - jakopinnan muoto ja sijoutus
 - päästöt ja vastapäästöjen välttäminen (myös kestopuoteissa)
 - keernojen muotoilu ja sijoitus
- keernat
 - vastapäästöjen välttäminen
 - keernojen yksinkertaistaminen
 - tarpeettomien keernojen välttäminen
 - keernakaasujen ulospääsy
- muotin täyttyminen
 - seinäpaksuudet ja –asennot
 - muut muotin täyttymiseen liittyvät väkikohdat
- jähmettymiskutistuman huomioon otto
 - suunnattu jähmettyminen
 - ainekeskittymien välttäminen
 - nurkanpyöritykset
- termisten jännityksien huomioon otto, ”vetely”
- puhdistus
 - keernojen poisto
 - kuuma kohta
 - valukkeiden poisto
 - jakopinta- ja keernasijapurseen poisto
- työstö
 - työstövarat
 - kappaleen kiinnittäminen
- valumenetelmä
 - saavutettavat muodot
 - saavutettavat tarkkuudet
 - saavutettavat pinnanlaadut
 - pienimmät seinämänpaksuudet

(Prof. Jouko J. Vuorinen - ”Hitsatun rakenteen muuttaminen valettavaksi”, VKS 1997)

5.2.4 Materiaalin valinta

Suunnittelijan on kehitettävä materiaalivalinta- ja valmistusmenetelmäratkaisu, joka vastaa kappaleelle asetettuihin vaatimuksiin. Vaatimukset muodostavat vaatimusprofiilin, jossa eri vaatimukset on punnittu painoarvoin. Toisinaan yksinkertaista vertailua hyödyntämällä paras ratkaisu on löydettävissä. On kuitenkin tyypillisempää vertailla eriominaisuuksien yhdistelmiä kuin yhtä tiettyä ominaisuutta

Jos haetaan kappaleelle keveyttä, täytyy muistaa, ettei kevein ratkaisu ole aina ominaispainoltaan kevein materiaali. Lujuuatta haettaessa on muistettava, että lujat materiaalit ovat yleensä vähemmän sitkeitä kuin alemman lujuustason materiaalit.

Kappaletta muotoillessa ja mitoittaessa tulee muistaa että eri materiaalien kimmokertoimet voivat vaihdella erittäin paljon. Esimerkiksi teräksen ja alumiinin välinen ero on noin kominkertainen.

Paikallisia materiaalin vaatimusongelmia voidaan ratkoa kuitenkin liitosvaluilla. Koko kappaletta ei tarvitse valaa eri materiaalista esimerkiksi kierretappien ja läpivientiholkkien takia.

Valamisen muotoilun vapaus mahdollistaa usein erilaisien vaatimusten täyttämisen ja toimintojen toteuttamisen. Näennäisesti suurin osa valukappaleen hinnasta muodostuu materiaalin hinnasta, kuitenkin useimmissa tuotteissa kilohinta ei määräydy raaka-aineen kilohinnan mukaan.

(Meskanen seija (Valuatlas) valimotekniikan perusteet)

5.2.5 Kaavaus

Kaavauksessa muottihiekasta muotoillaan kaavauskehissä muottipuoliskot valumallien avulla. Hiekka voidaan kovettaa joko kemiallisesti tai sullomalla. Kaavauskehien väliset pinnat muodostavat kappaleen jakopinnan. Kaavatut muotit peitostetaan joko alkoholi- tai vesipohjaisilla lietteillä. Peitos kuivataan joko uunissa tai polttamalla.

Kaavaus suoritetaan joko käsi- tai kone kaavauksena. Sarjavalmistamiselle osalle käytetään nykyään pääasiassa konekaavausta. Käsinkaavausta käytetään vain jos kappale on liian suuri konekaavattavaksi tai jos valmistetaan yksittäistä kappaletta.

Kaavatessa valumuottiin tehdään myös valujärjestelmä, johon kuuluu täyttöjärjestelmä ja syöttöjärjestelmä. Täyttöjärjestelmään kuuluu kaatosuppilo, kaatokanava, jakokanava ja valukanavat. Syöttöjärjestelmään kuuluu syöttökuvut, joita käytetään metallin jähmettyessä tapahtuvan kutistumisen kompensoimiseen. Tarvitaan myös kanavat kaasujen poistoon, sekä mahdolliset jäähdytyskappaleet eli kokillit. Koska täyttöjärjestelmä täyttyy jähmettyvällä metallilla, ei saanti ole täysin 100 prosenttista, vaan se on teräksillä 50 – 80% sekä valuraudoilla 70-90%

(Meskanen seija (Valuatlas) valimotekniikan perusteet)

5.2.6 Peitostus

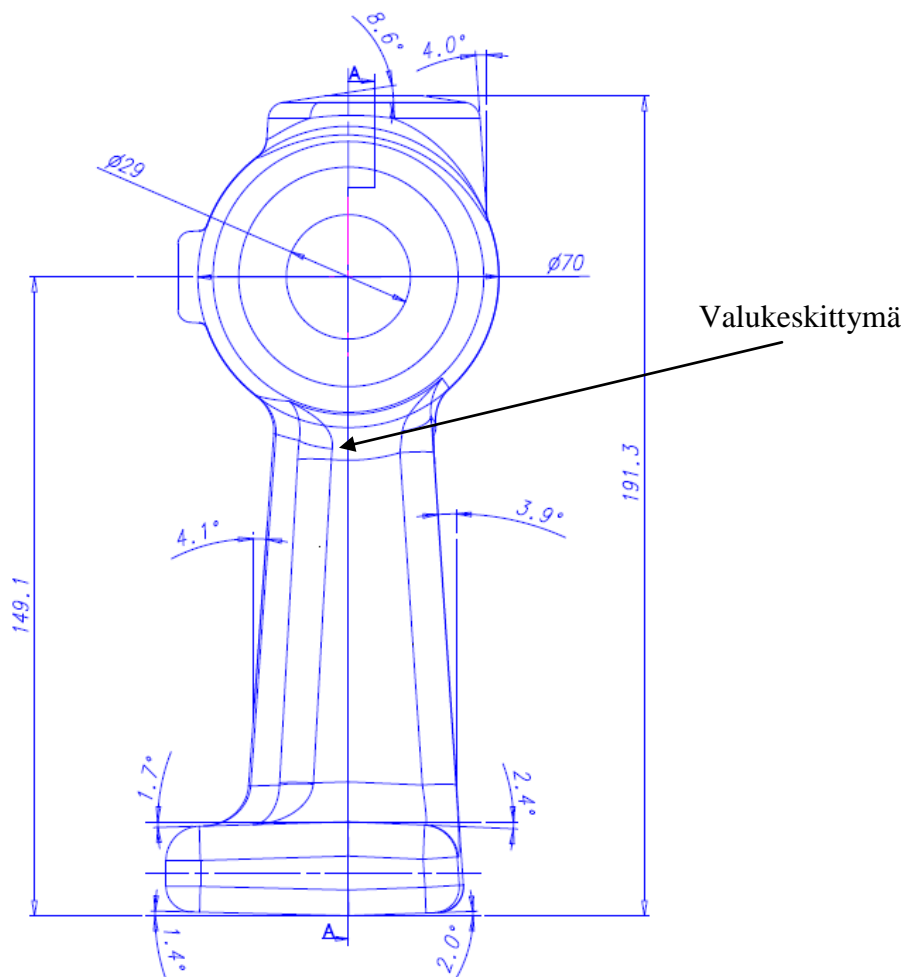
Peitostamalla saadaan suoja sulan metallin ja hiekan välille. Peitosteen tulee olla halkeilematon, kuoriutumaton, sakkaamaton eikä sen saa reagoida peitostettavan pinnan kanssa. Sen tulee olla myös tarttuvaa, sileää ja halpaa.

(Meskanen seija (Valuatlas) valimotekniikan perusteet)

5.2.7 Valuratkaisu

Valua suunniteltaessa päädyttiin luonnollisesti konekaavattavaan kappaleeseen, koska kappaleita tulee voida valmistaa edullisesti sarjatuotantona. 6 sylinteriseen moottoriin tulee 6 kappaletta valuja.

Valukappaleeseen ei saisi kulua liika materiaalia, jotta kustannukset pysyisivät alhaisina. Kappale tulisi valaa yhdellä keernalla ja kappaleessa tulisi olla jakopintaan nähden sopivat päästöt imuonteloiden ja huokosten välttämiseksi.

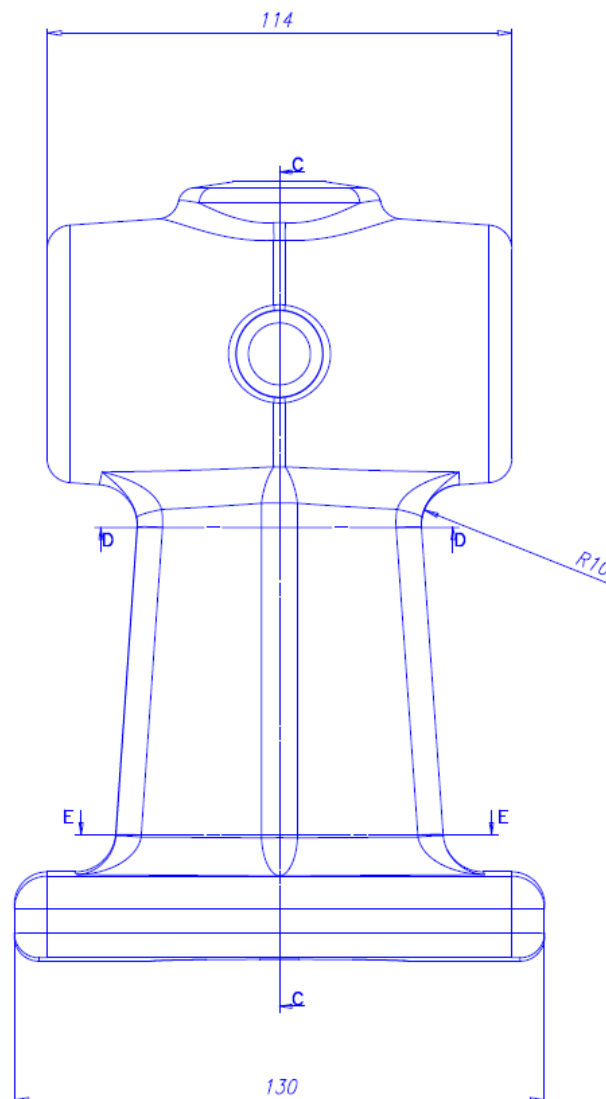


Kuva 20.

Kuvassa 20 on sivukuvanto kappaleesta. Keskellä näkyy jakopinta valukeskittymänä. Alaosaan on tehty päästöt, jotta muotti ei jäisi kiinni

irroitettaessa
valuvikoja.
rakenne on

tuodakseen
jäykkyyttä.



ja ettei syntyisi
Keskiosan
hieman
kolmiomainen,
osalle

Kuva 21.

Kuvassa 21 on liitoskappaleen valun etukuvanto. Kuvasta käy ilmi tärkeimmät mitat. Keskiosa on hieman kulmassa myös edestäpäin katsottuna tukevuuden vuoksi.

Keskellä yläosaa oleva pyöreä alue on ohjausilman putkiliitosta varten. Pinta on tasomainen ja siihen on kyettävä poraamaan kanava ja kierteyttämään liitos putkelle.

Myös yläosaan on lisätty materiaalia, ja päälle on suunniteltu taso kannen yhdysputken holkin koneistusta varten. Yläosan tason muoto ja yläosan tynnyrimäinen muoto on haluttu yhdistää sulavilla muodoilla ja terävät kulmat on pyöristetty, jotta sisäisiä jännityksiä vältettäisiin.

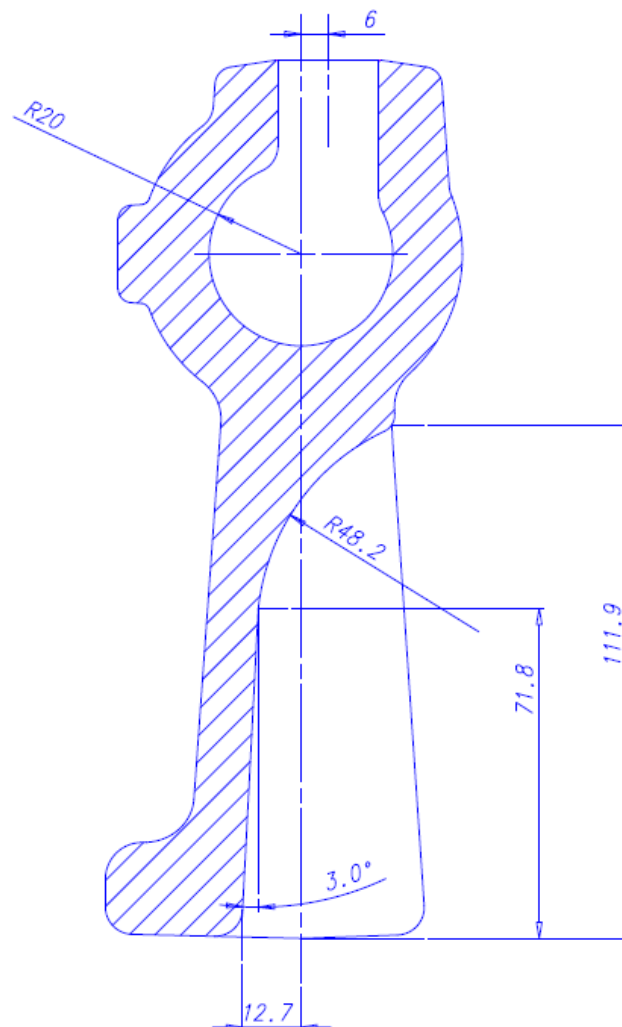


Kuva 22.

Kuten kuvasta 22 käy ilmi, kappaleen keskikohta on kevennetty sisäpuolelta. Jotta keernaa ei tarvittaisi ja jotta kustannuksissa säästettäisiin, on kevennys toteutettu avoimella rakenteella. Kevennyksen reunoihin on suunniteltu päästö, jotta kappale irtoaisi muotista aiheuttamatta ongelmia.

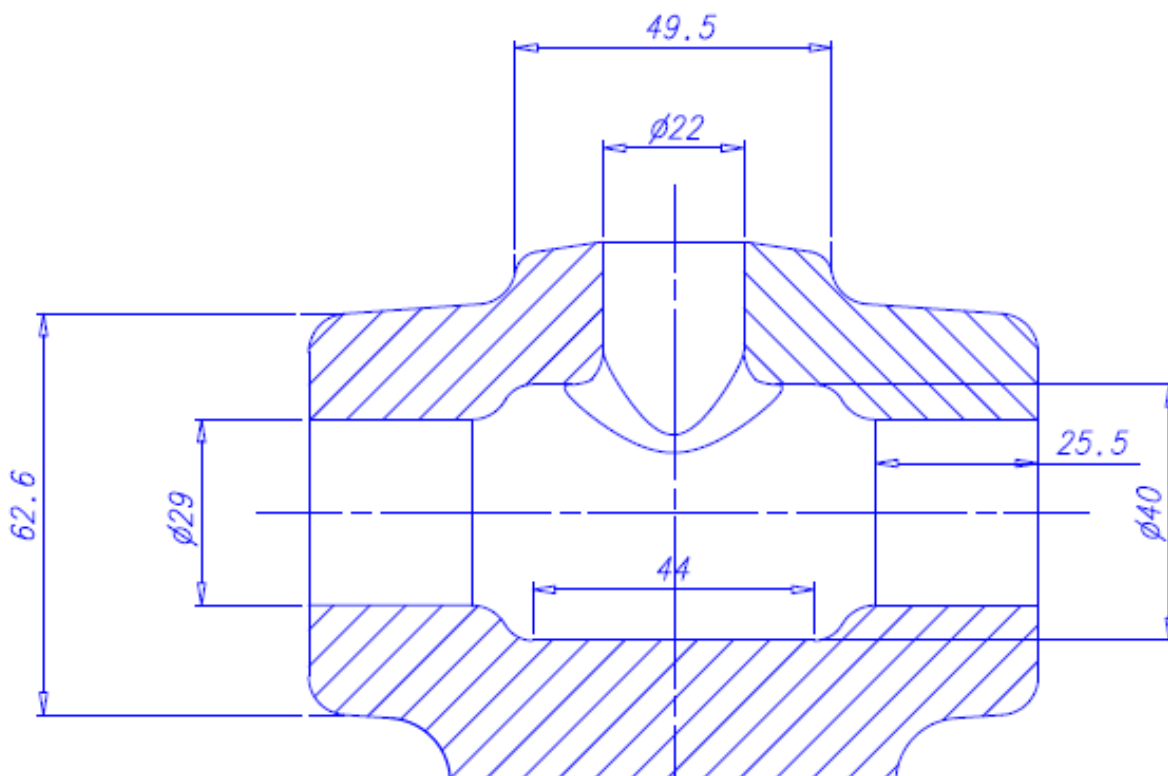
Kappaleen on pyritty pitämään mahdollisimman jäykkänä, vaikka sitä on kevennetty. Jos katsotaan keskiosan muotoa, kappale nojaa hieman joka suuntaan.

Kevennys jättää kappaleen alaosalta materiaalivahvuutta noin 13-16 mm riippuen kohdasta. Valetun kappaleen painoksi jää GJS-500-7 – materiaalilla noin 4.3 kiloa.



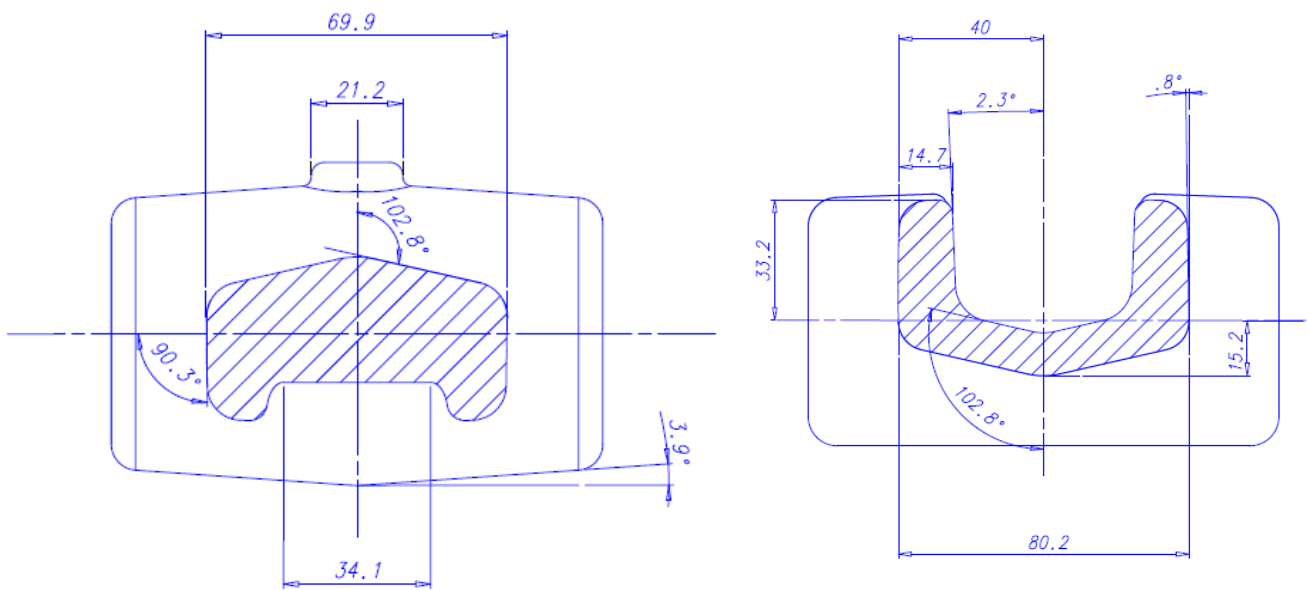
Kuva 23.

Kuvassa 23 on läpileikkaus kappaleen sivukuvannosta. Kuvasta käy ilmi miten kappaletta on kevennetty alaosasta. Keskiosa on paksumpi yläosasta, koska painealueen alaosaan on haluttu säästää materiaalia. Keernan keskiosan muoto selviää myös kuvasta. Kuten kuvasta käy ilmi, ei sylinterinkannen liitântäputkelle tarkoitettu kohta ole keskellä kappaleen jakotasossa. Kohta, johon kappale tullaan moottorin lohkon päälle sijoittamaan, on hyvin ahdas. Jos kappaletta vietäisiin taaksepäin kohti sylinterinholkkia liitoskohdan saamiseksi keskelle, tulisi vastaan sylinterinholkin vesivaippa. Kappaleesta olisi voitu suunnitella myös taaksepäin nojaava, mutta tätä ei haluttu tehdä, koska pelkona oli tukevuuden menetys.



Kuva 24. Lämpöleikkaus kappaleen keernasta

Kuvassa 24 näkyy yläosan ilmakehän keernan lämpöleikkaus sekä tärkeimmät mitat. Materiaalivahvuus painekestävyyden ympärillä on kappaleen keskellä ohuimmasta kohdasta noin 12 mm. Keernan terävät reunat on pyöristetty, jotta muoto kestäisi paremmin painetta.



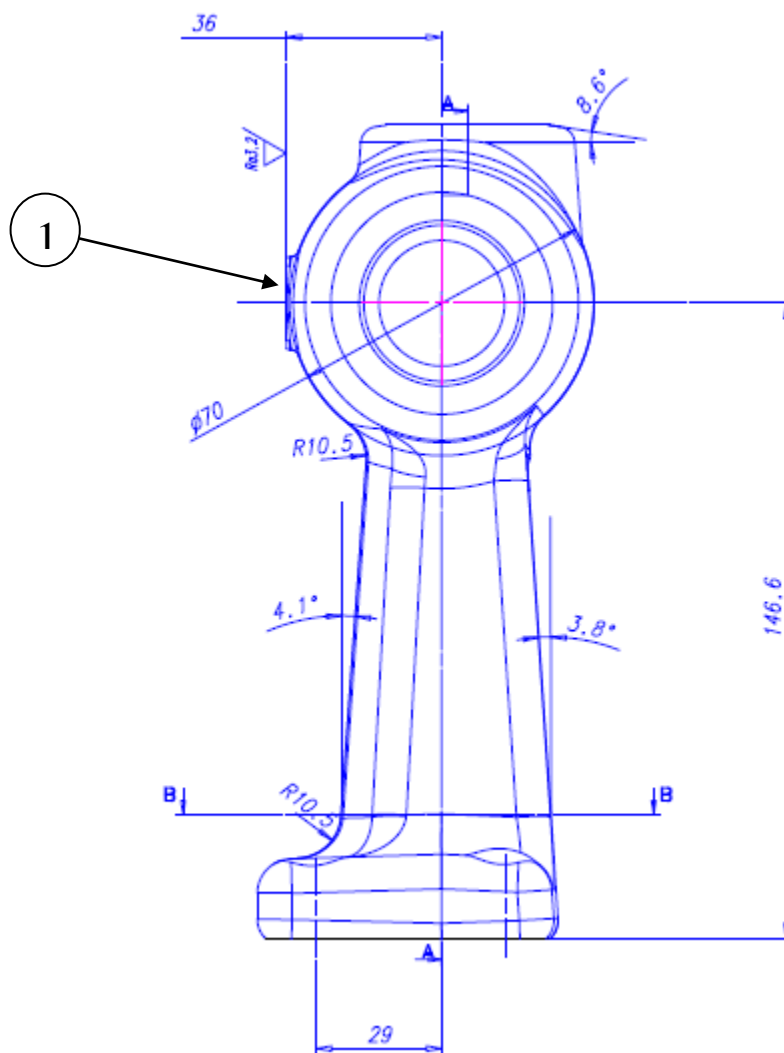
Kuva 25. Lämpileikkaus keskiosan ylä- ja ala-kohdasta

Kuvassa 25 näkyy lämpileikkaus kappaleen keskiosan ylä- ja alaosasta.

Valamiskustannukset

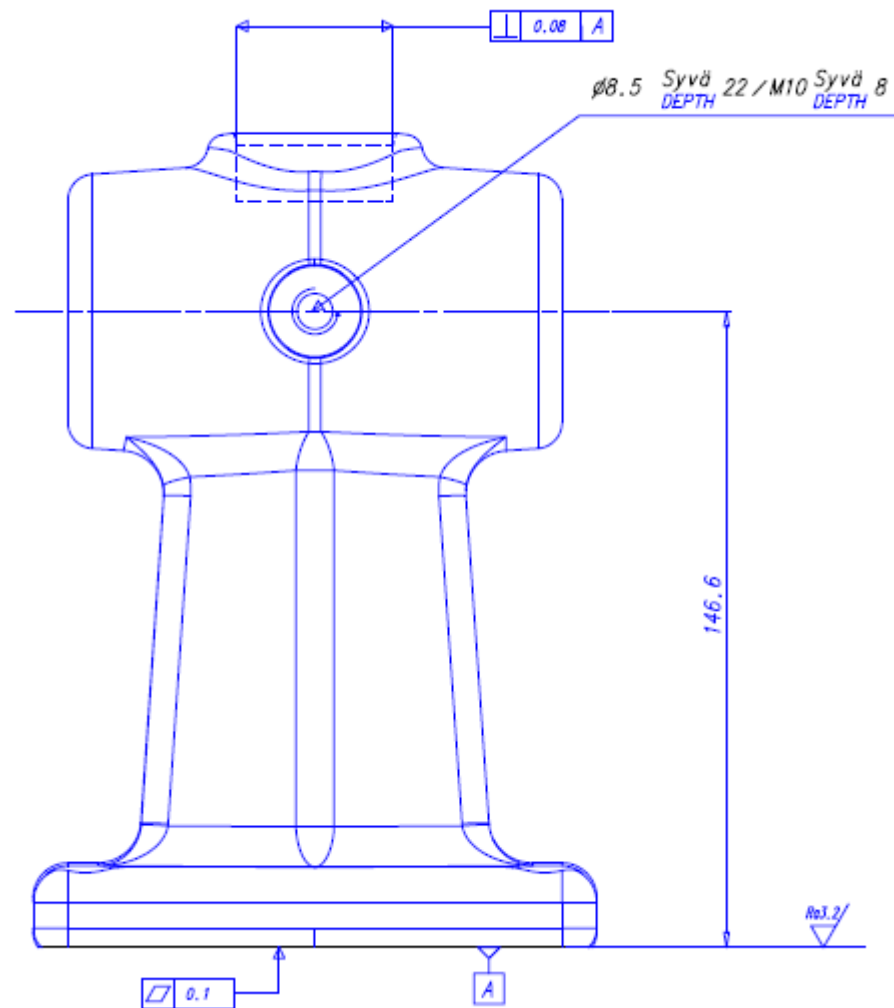
Kappaleen valaminen maksaa noin kaksi euroa kilolta eli hintaa 4 kilooselle kappaleelle kertyy 8-12 euroa.

5.3 Kappaleen koneistus.



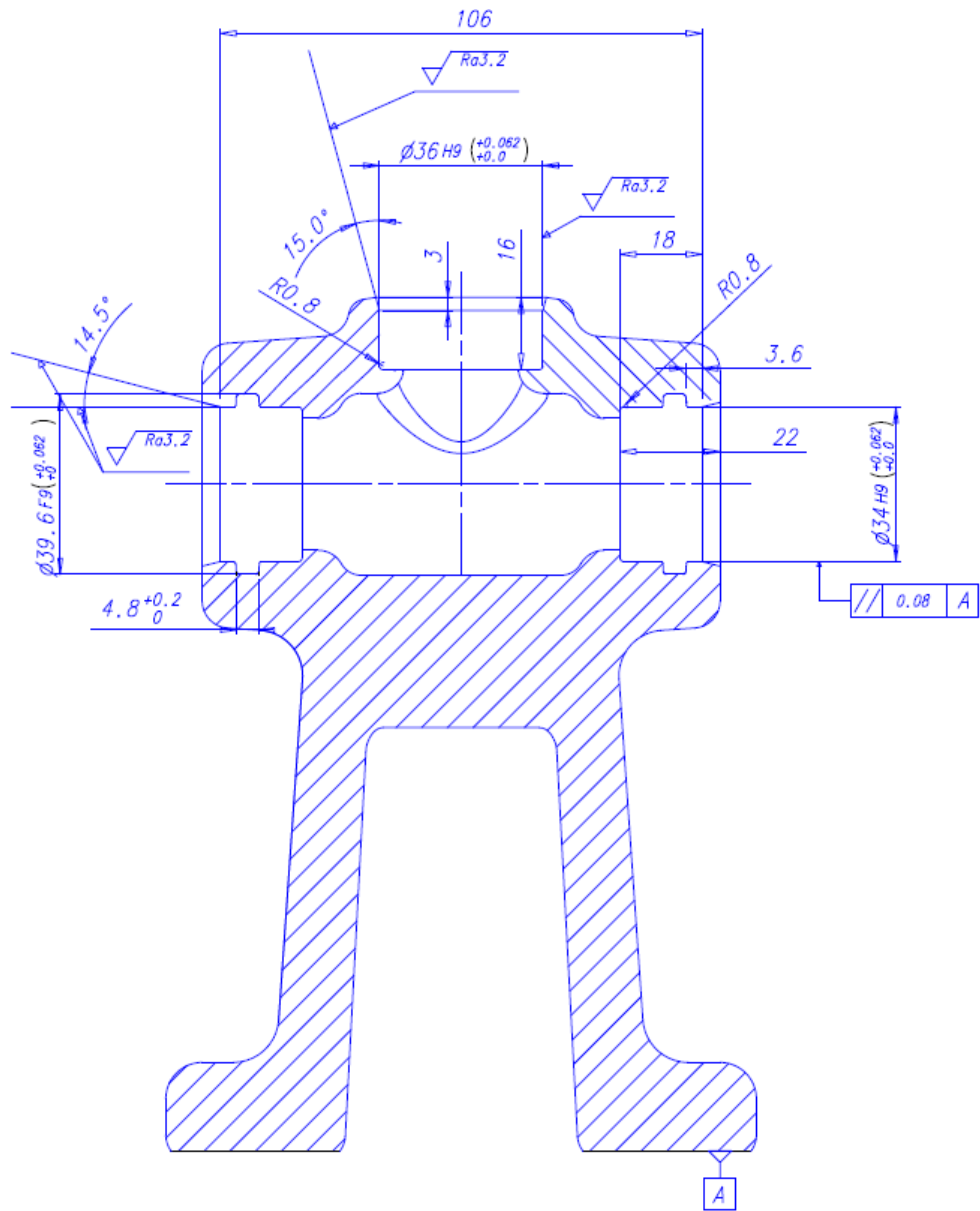
Kuva 26. Koneistuspiirustus sivu

Ohjausilmapiputken liitoskohtaan tulee koneistaa tasainen pinta (1).



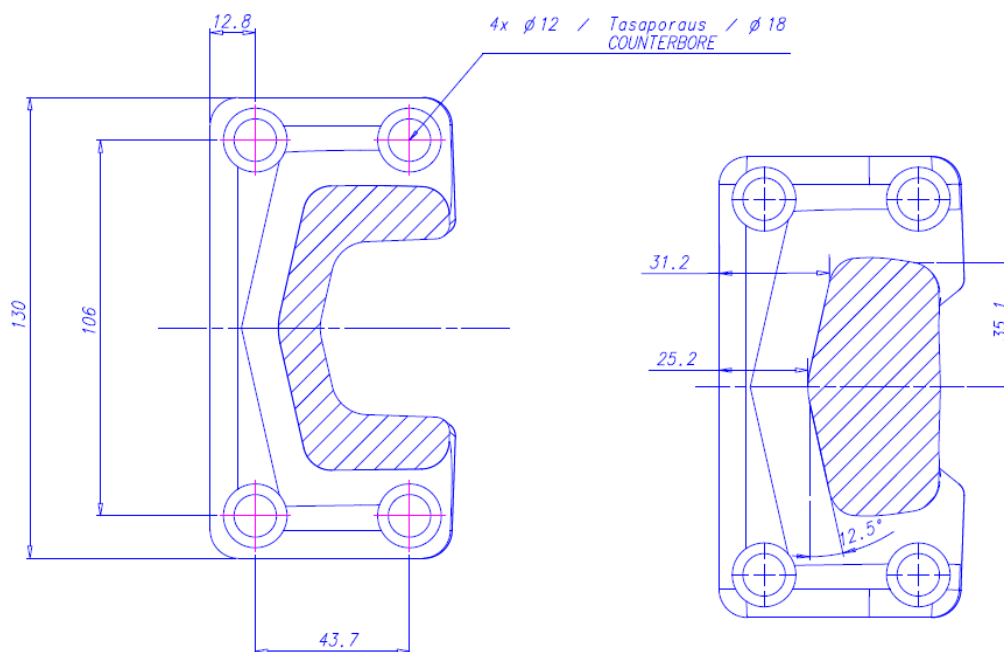
Kuva 27. Kappaleen koneistus etukuvanto

Kuvassa 27 on etukuvanto koneistettavasta kappaleesta. Kuvasta käy ilmi ohjausilmaputken liitosreiän poraus ja kierteytys. Pohja koneistetaan suoraksi pinnan-
karheuteen Ra 3.2.



Kuva 28. Lämpileikkaus etukuvannosta.

Kuvassa 28 on lämpileikkaus ilmaputkien liitoskohdista o-rengas urineen. O-rengas ura on mitoitettu ja toleroitu BS-1806- standardin mukaisesti.

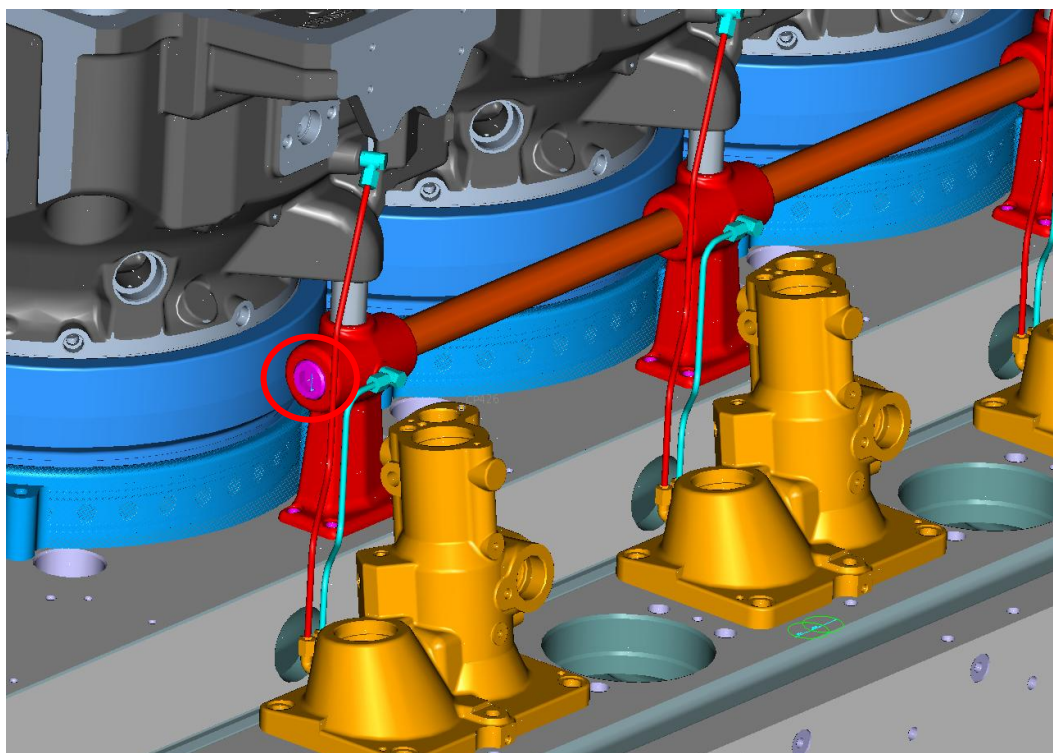


Kuva 29. Lämpöleikkaus keskiosasta ala- ja yläkohdasta.

Kuvassa 29 vasemmalla on lämpöleikkaus keskiosan alakohdasta ja oikealla yläosasta. Keskiosa on paksumpi yläosastaan. Alhaalla ohkaisin kohta on noin 12mm paksu.

Viimeisen kappaleen sokeointi

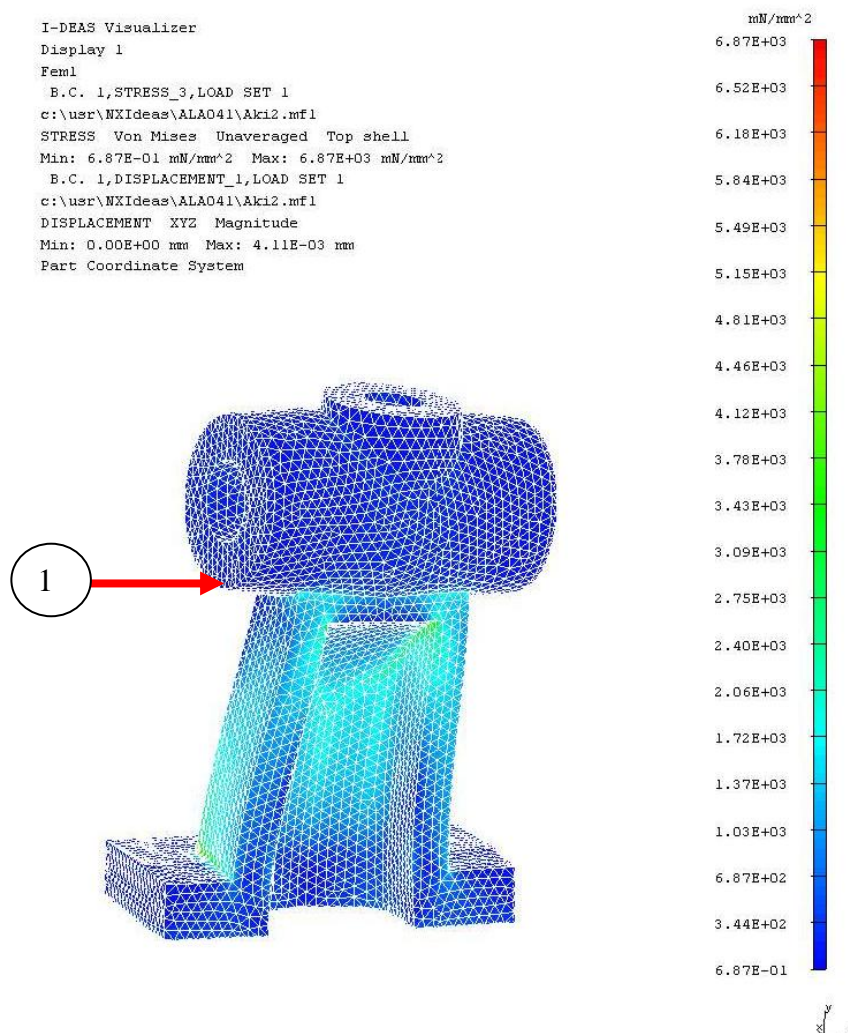
Käynnistysilmalinjan viimeinen kappale tulee sokeoida, koska ilmaputkisto päättyy viimeiseen kappaleeseen. Sokeoinniksi on suunniteltu kiertetulppaa. Viimeisen kappaleen toiselle puolelle koneistetaan o-rengasuran sijaan kierre ja kierteeseen asennetaan kierretulppa M35.



Kuva 30. Sokeoitu pääty

Kuvassa 30 on ympyröity punaisella soikeointitulppa. Tulppa on ruuvitulppa kokoa M36x2.

Kun viimeinen kappale sokeoidaan, kohdistuu kaikki sivuttainen paineesta syntyvä rasitus viimeiseen kappaleeseen. Rasituksen vaikutuksia voidaan simuloida kertomalla kappaleen liitoksen tiivistepinnan läpileikkauspinta-ala käytettävällä paineella.



Kuva 31. Sivuttaisen voiman vaikutus viimeiseen kappaleeseen.

Kun 60 baarin paine syötetään kappaleeseen sivulta (1) kappaleeseen ja simuloidaan rasiutusta siten, että paine kohtaa 36mm halkaisijaltaan olevan seinän kohdassa, jossa putki loppuu kappaleen sisällä, saadaan suurimmaksi sivuttaiseksi vääntörasitukseksi noin 6.9 Mpa.

Koneistusaika ja kustannus

Kappale voidaan koneistaa 5 akselisella cnc- koneella yhdellä kiinnityksellä. Mikäli valmistetaan hyvä kiinnitys, voidaan kiinnittää useampi kappale yhtä aikaa ja työkalun vaihtoaikaa saadaan pienennettyä kappaletta kohden.

Kappaleen koneistuksessa on 8 osaa:

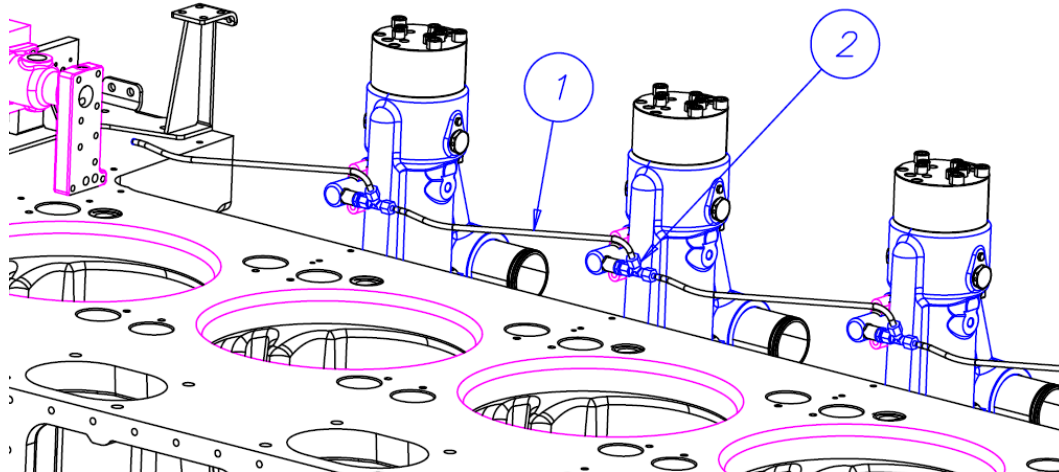
1. Rouhita ja viimeistely
2. Rouhinta - Viiste – Tasopinta
3. Reikien viimeistely mittaan H9
4. Läpireiän poraus
5. Kiinnitysreikien poraus
6. Kierre läpireikään
7. Tasot kiinnitysreikiin
8. Urat O – renkaille

Kokonaisaika koneistukselle kappaletta kohden on hieman alle 7 minuuttia ja kustannusarvio koko koneistuskierrolle on 11.39 euroa.

5.4 Pneumaattisen ryntösuojan toteutus.

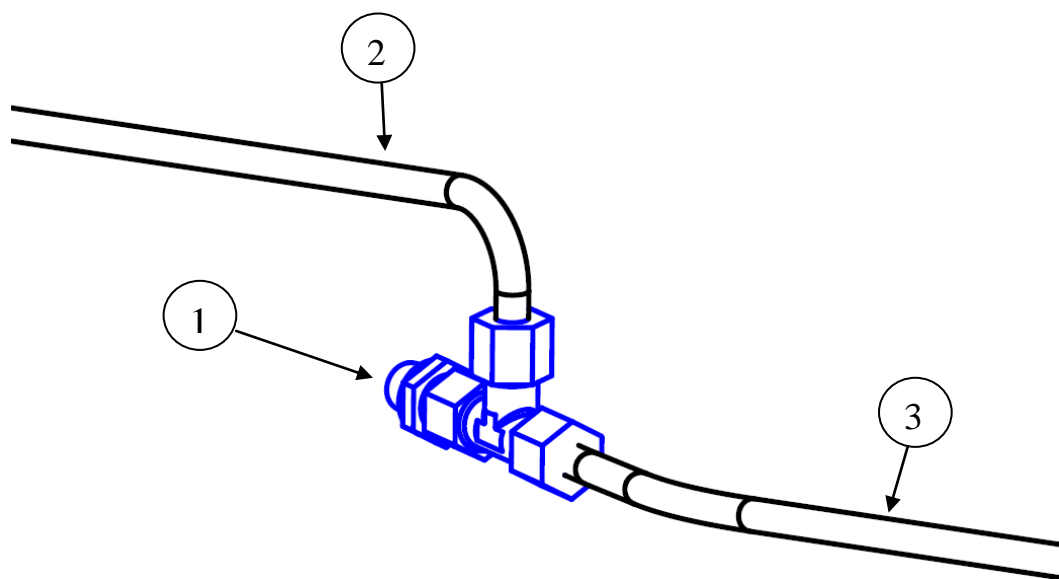
Koska tavallisilla ruiskutuspumpuilla varustettu moottori tarvitsee pneumaattisen hätäpysäytyksen ruiskutuspumppuihin, on suunniteltava pumppuille paineilman kanava. Alkuperäisessä profiilissa tämä kanava sijaitsee alaosassa.

Ilmaa ei voida ottaa suoraan pääilmakanavasta, koska välissä tulee olla painesäiliö, joka takaa ilman saannin myös silloin kun ulkoinen paineilmajärjestelmä ei ole käytettävissä.



Kuva 31. Pneumaattinen ryntösuoja

Kuvassa 31 on suunnitelma ryntösuojan toteuttamista varten. Jokaiseen ruiskutuspumppuun on asennettu 3-haarainen putkiliitin. Linja kootaan 8 mm taivutellusta teräsputkesta. Putket on taivuteltu mukailemaan muita komponentteja.

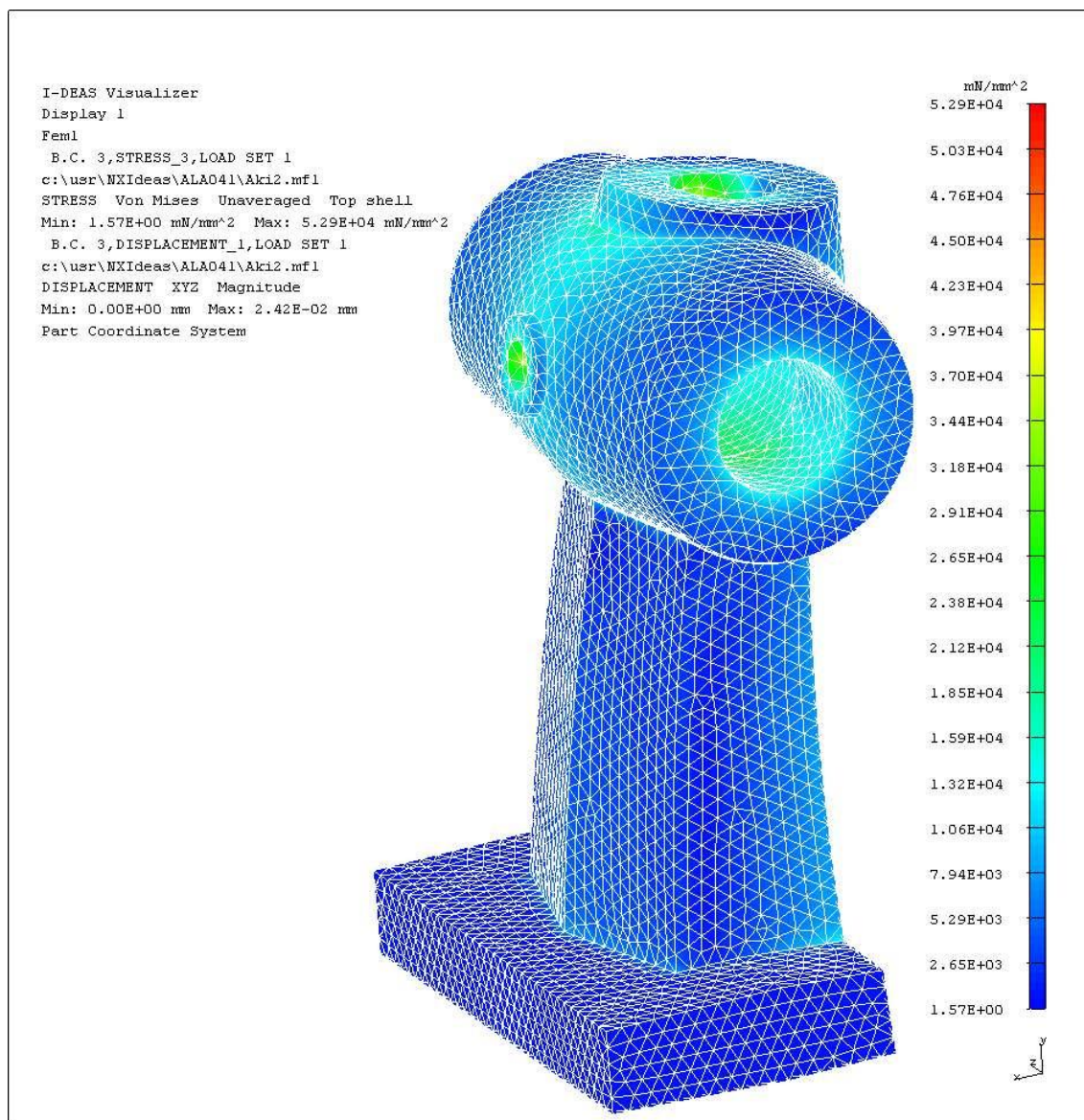


Kuva 32. Ryntösuojassa käytettävä kolmihaara liittin.

Ryntösuojan putkistoon käytetään kolmihaaraista helmiliitintä ja 8mm teräsputkia. Liitin ja putket asennetaan siten, että ne on irroitettavissa yksi kerrallaan. 3-haaraliitin liitetään ruiskutuspumppuun kohdasta (1). Taivutettu teräsputki asetuu 3-haaraliittimeen yläpuolelta (2) ja on irroitettavissa nostamalla sitä ylöspäin. Putken toinen pää kiinnittyy liittimeen sivulta päin (3).

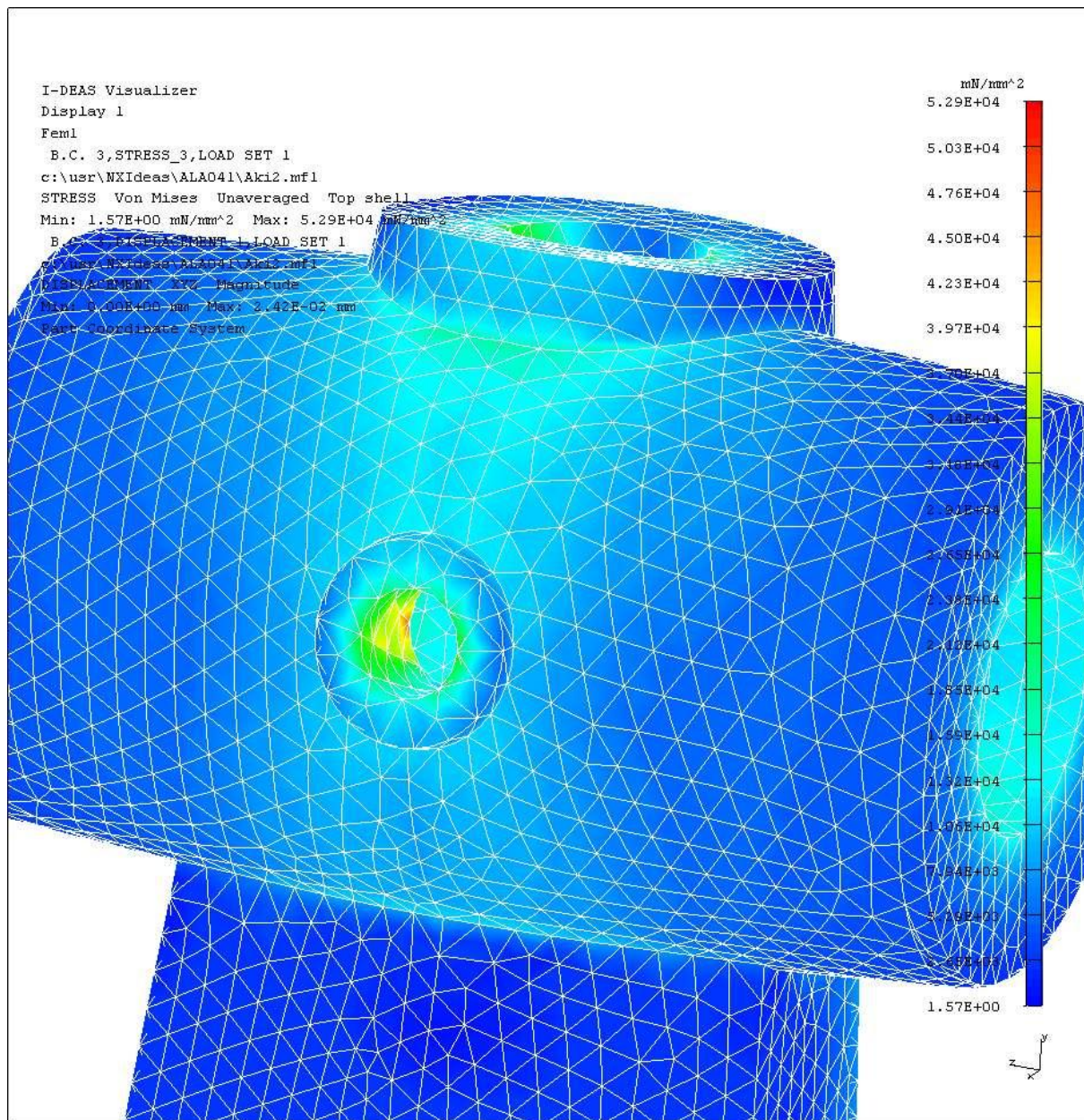
5.5 Painekestävyys

FEM- Kuvat tässä työssä ovat suuntaa-antavia tarkasteluita osalle, koska työhön käytetty Ideas- ohjelmisto ei kykene laskemaan laskuja, joita yli 0.5 baarin paine-laitteelle vaaditaan. Laskenta tulee suorittaa kehittyneemmällä ohjelmistolla ennen kappaleen valmistamista tai käyttöön ottoa.

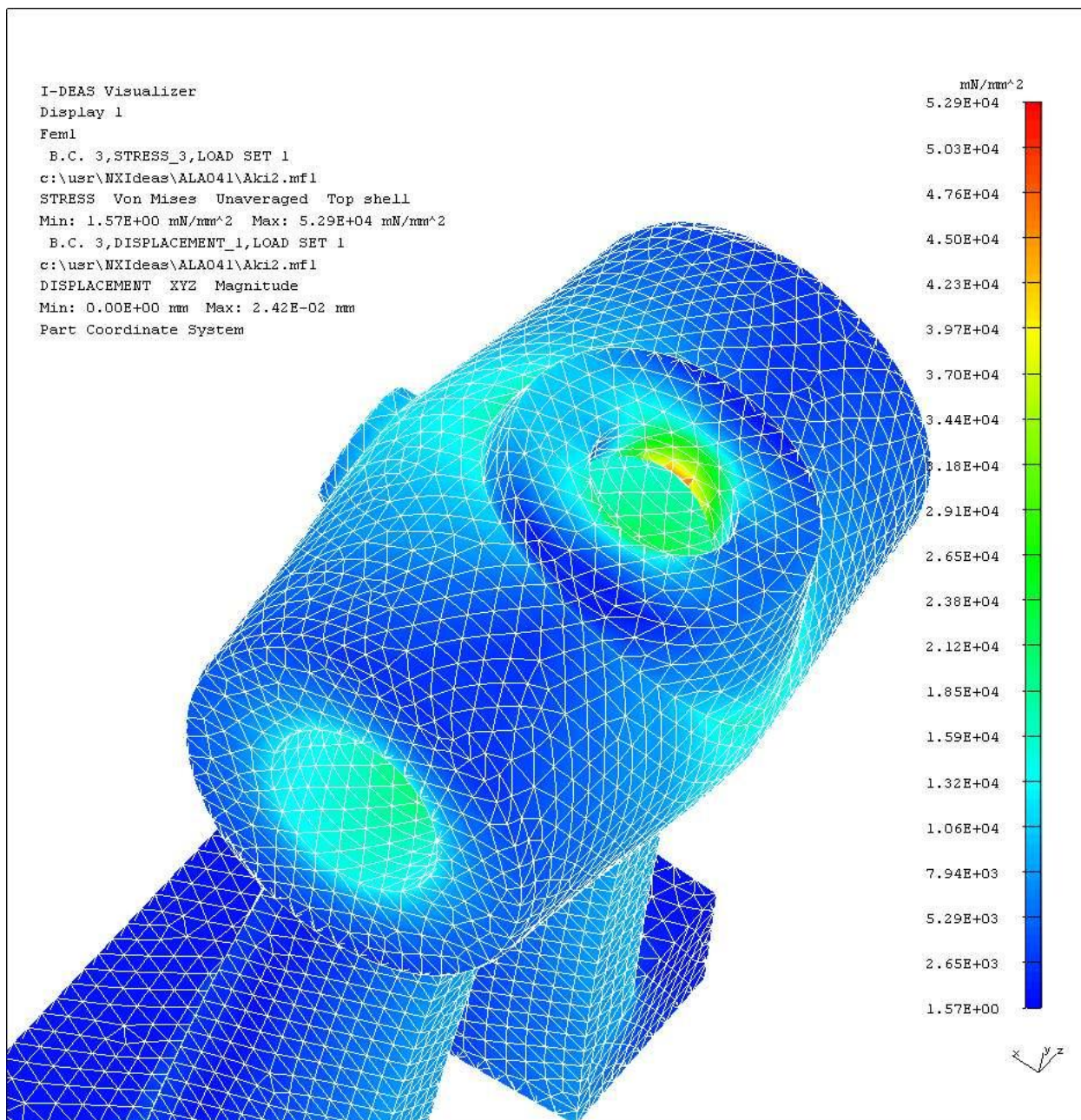


Kuva 33. 60 bar testipaine

Kuvissa on simuloitu painetta hieman yksinkertaistetulla mallilla syöttämällä 60 baarin testipaine kappaleen sisälle. Suurin mitattu rasitus on noin 59 Mpa. Suurimman rasituksen kappaleessa kohdistuvat kohtaan, jossa ohjausilmakanava yhdistyy sisäonteloon ja kohtaan jossa sylinterinkannen ilmakanava yhdistyy sisäonteloon.

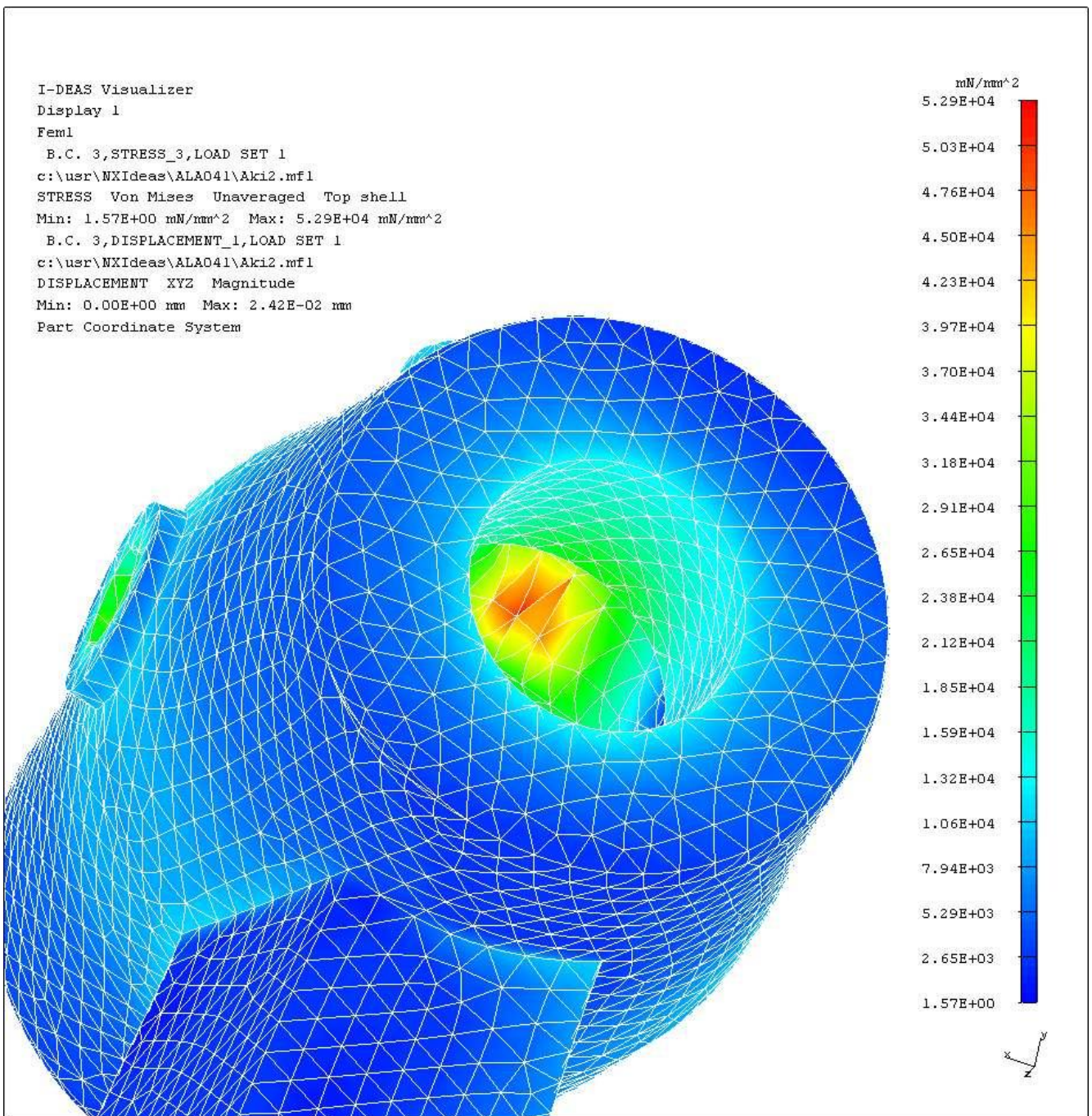


Kuva 34. 60 bar testipaine. Etuosan ohjausilman liitosporauksen ja sisäontelon yhtymäkohdassa on suurin rasitus.



Kuva 35. bar testipaine

Kuvassa 35 näkyy hyvin yksi kriittisimmistä kohdista painerasitukselle.

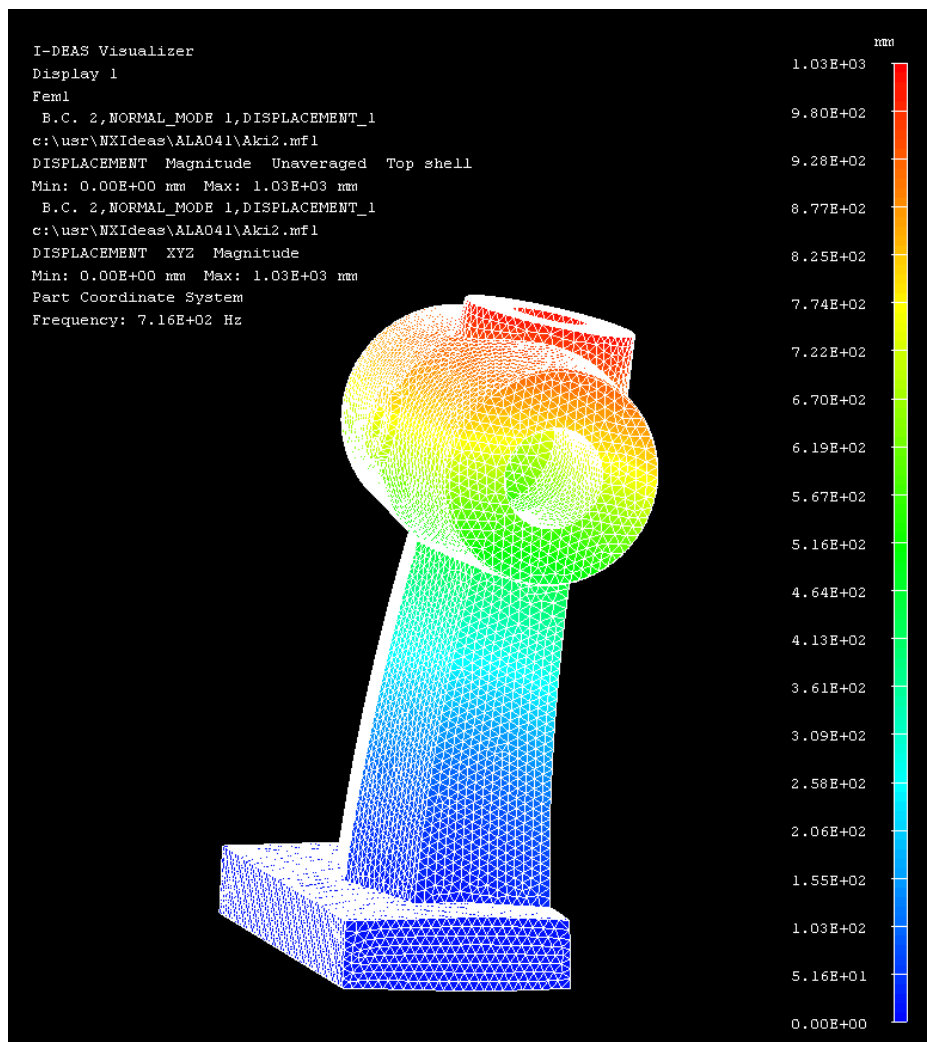


Kuva 36. 60 Bar testipaine

Kuvassa 36 on näkyvillä kriittinen kohta alaviistosta katsottuna

5.6 Värähtelytaajuus

Alimman värähtelytaajuuden selvittämiseen on käytetty Siemens I-deas ohjelman simulointi puolta. Mallia on hieman yksinkertaistettu verkottamisen takia ennen laskentaa, mutta tulokset ovat hyvin lähellä todellisuutta. Simuloinnista ilmenee myös kappaleen poikkeamat tilanteessa, jossa kappale on saanut herätteen ja ruvennut värähtelemään.

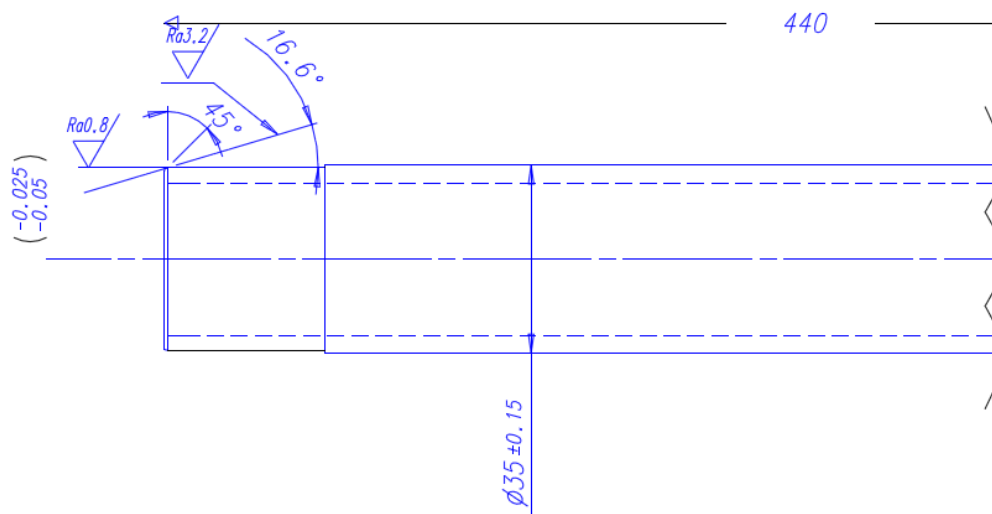


Kuva 37. Värähtelytaajuust

Kuten kuvasta 37 ilmenee, on alin värähtelytaajuus noin 771 Hz. Tämä on niin korkea luku että sen ei pitäisi tuottaa ongelmia moottorissa.

5.7 Saumattomat teräspuikket

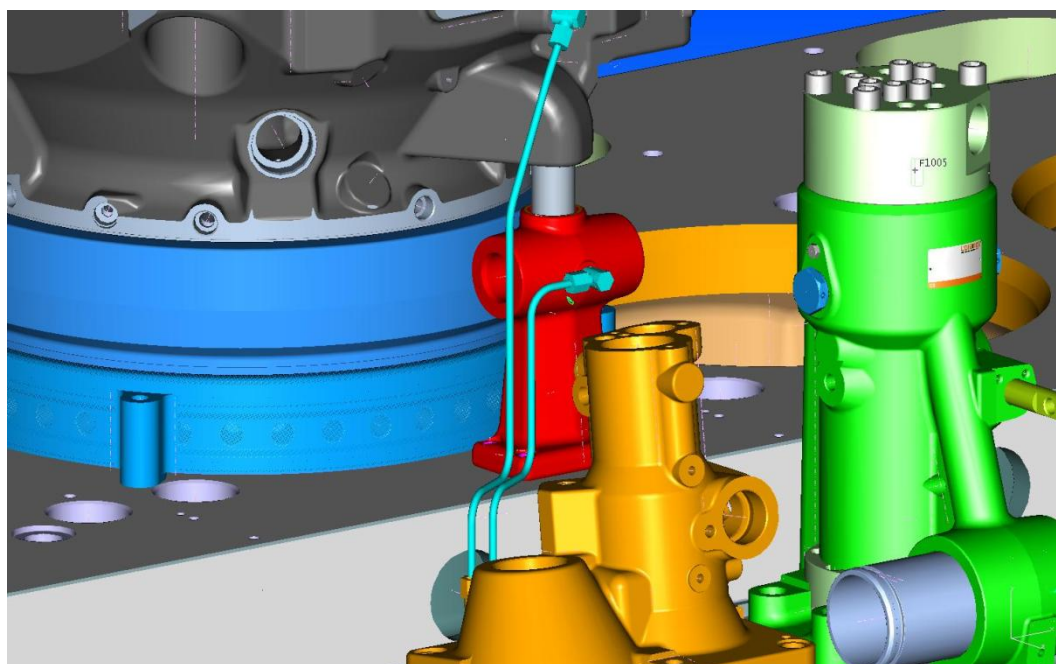
Liituskappaleiden väliin asennetaan saumattomat teräspuikket. Saumaton teräspuikket kokoa 35x3mm on valmistettu 0.15mm toleranssilla. Puikket tulee olla 440mm pitkä ja sen molempiin päihin on koneistettava 34 mm kavennus 30 mm matkalle. Kavennusosan toleranssi on f7



Kuva 38. Saumattoman teräspuikket piirustus.

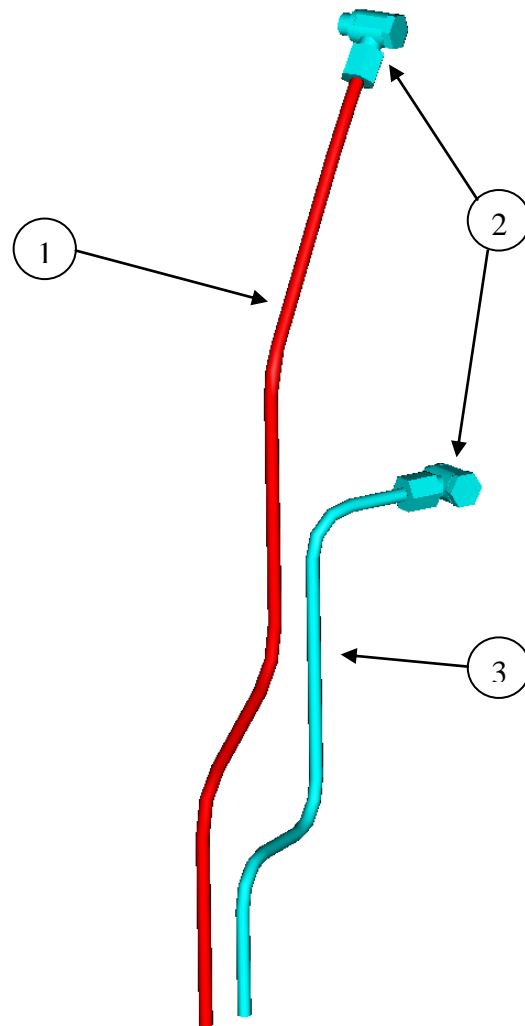
5.8 Ohjausilman putkisto

Ohjausilma liitoskappaleelta VIC- yksikköön tullaan ottamaan teräsputkella kappaleen nokka-akselin puoleiselta sivulta. Kappaleeseen asennetaan kierteillä 90 asteen liitoskappale, jossa on helmipuristus. Liitoskappaleeseen asennetaan ulkohalkaisijaltaan 6mm vahvuinen saumaton teräsputki joka taitellaan kiertelemään esteet. Putki viedään VIC- yksikön venttiilille. VIC- yksiköstä sylinterinkanteen asennetaan toinen 6mm teräsputki, joka niin ikään kiinnitetään ja kiristetään helmiliitoksilla.



Kuva 39. Ohjausilman putkisto.

Kuvasta 39 käy ilmi ohjausilmaputkien sijoittelu. Sylinterinkannen päässä käytetään helpommin huollettavaa 90 asteen liitosta.



Kuva 40. Ohjausilman putket.

441mm pitkä putki (1) on tarkoitettu Vicin ja sylinterinkannen väliin. 300mm pitkä putki (3) on tarkoitettu kannakeliitoksen ja Vicin väliin. Putket on asennettu säädettävillä kulmaliitoksilla (2).

6 Kustannuksien vertailu

6.1 Alkuperäinen

Alkuperäisen ratkaisun suurimmat kustannukset tulevat kalliista alumiiniprofiilista, nokka-akselin päädyssä sijaitsevasta ilmanjakajasta sekä jakajan tukilevystä, eli multicoverista.

Alkuperäinen järjestelmä	
Multicover + jakaja	1663.4
Starttinokka	101.17
Profiili	792.59
Ohjausilman liittimet	6x6
Ryntösuoja liittimet	6x6

Taulukko 1.

Taulukossa 1 on eritelty järjestelmän kustannukset euroina. Yhteensä järjestelmälle kertyy hintaa 2630 euroa. Taulukossa ei ole otettu huomioon profiilin ja sylinterin kannen välistä ohjausilmaputkea, koska sen hinta on vain muutamia senttejä.

6.2 Uudelleen suunniteltu profiili

Uudelleen suunnitellussa profiilissa säästetään profiilin pursotuksessa. Säästöä tuo myös jakajan pois jääminen.

Uudelleen suunniteltu profiili	
multicover ilman jakajaa	550
profiili	511.5
Liittimet kanavan ja vicin väliin	6x6
Liittimet vicin ja kannen väliin	6x6
Ryntösuojan liittimet	6x6

Taulukko 2.

Taulukossa 2 on näkyvillä pääkustannukset. Kustannukset ovat yhteensä noin 1170 euroa. Pieniä teräsputkia ei ole otettu vielä huomioon. Näiden kustannukset ovat kuitenkin vain joitain euroja.

6.3 Kannakeliitin ja teräsputket

Viimeisen vaihtoehdon kustannukset koostuvat kannake- liitinkappaleen valusta ja koneistuksesta. Myös hieman kustannuksia syntyy kappaleiden välisistä teräsputkista.

Kannakeliittimet + teräsputket	
Valu	6x10
Koneistus	6x11.39
Teräsputket + koneistus	6x 9
Ryntösuojan liittimet	6x3.5
Putkisto Vicille ja kanteen	6x12

Taulukko 3.

Taulukossa 3 on eritelty kustannuksien eri osa-alueet. Yhteensä kustannuksia syntyy noin 276 euroa. Hinnoissa ei ole otettu huomioon pieniä teräsputkia.

7 Yhteenveto

Voidaan todeta että paineilman siirtäminen kansille sekä ohjausilman jakaminen on toteutettavissa halvemmalla kuin nykyinen ratkaisu. Suurin säästö saataisiin korvaamalla alumiiniprofiili valukappaleilla, mutta myös nykyisen profiilin keventäminen ja yksinkertaistaminen toisi säästöä.

Rakenne jossa ohjausilmaputkisto on jokaisen sylinterinkannen kohdalla paikallinen ja lyhyt, vähentää merkittävästi viivettä, joka on aiheuttanut ilmankulutusta. Tarkkuutta on mahdollista mitata Wärtsilän testilaboratoriossa rig- moottorilla.

Työssä on ollut lähtökohtana suunnitella kaksi uutta variaatiota käynnistysilma- profiilista, sekä myös yksi kokonaan uusi ratkaisu. Uutena ratkaisuna valurautainen kannakeliitos yhdistettynä saumattomaan teräsputkeen on osoittautunut edulliseksi ratkaisuksi. Kappaleen painekestävyyttä on simuloitu ja myös ominaistajuus värinälle on laskettu.

LÄHTEET

Bernard Challen, Rodica Baranescu (1999) *Diesel engine reference book*

Prof. Jouko J. Vuorinen (VKS 1997) *Hitsatun rakenteen muuttaminen valettavaksi.*

Meskanen, Seija (Valuatlas) – *Valimotekniikan perusteet.*
<URL:<http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/valimotekniikanperusteet/index.html>>.

Tukes (1997) *Painelaitedirektiivi, konedirektiivi*