

Lasse Harjula

LAAKERIPESÄKONSEPTINKEHITYS

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2010



LAAKERIPESÄKONSEPTINKEHITYS

Harjula, Lasse
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2010
Salonen, Markku
Sivumäärä: 46

Asiasanat: laakerointi, lujuuslaskenta, tuotekehitys

Työn tavoitteena oli selvittää Raumaster Paper Oy:n vakiokomponenttien taustat, havaitut viat sekä parannusmahdollisuudet. Työssä oli myös tarkoitus selvittää valmiiden vastaavien komponenttien saatavuus ja verrata valmiiden komponenttien hintatasoa omiin vakiokomponentteihin. Näihin vakiokomponentteihin kuului kuusi erikokoista laakeripesää sekä kolme pneumatiikkasyylinterin kiinnikettä.

Työssä selvitettiin omien vakiokomponenttien taustat haastattelemalla Raumaster Paper Oy:n suunnittelijoita ja ostoista vastaavia henkilöitä. Näin saatujen alkutietojen pohjalta etsittiin parannuksia havaittuihin vikoihin sekä yritettiin etsiä nykyiselle laakeripesä konseptille monikäyttöisempiä ja valmistettavuudelta helpompia sekä halvempia ratkaisuja. Laakeripesät lujuuslaskettiin käyttäen FEM–menetelmää. Valmiiden komponenttien saatavuus selvitettiin niitä valmistavien ja myyvien toimittajien kautta sekä Internetiä hyväksi käyttäen. Sen hetkiset hintatiedot selvitettiin hintojen vertailemiseksi.

Työssä selvisi, että laakeripesät ovat konseptiltaan niin yksinkertaisia ja selkeitä, että niissä ei juuri ole parannettavaa paria asiaa lukuun ottamatta. Kestävyydeltään laakeripesät olivat valurautaisiin laakeripesiin nähden yli kaksi kertaa kestävämpiä. Pneumatiikkatarvikkeissa oli kaksi kohtaa, joihin haettiin parannuksia ja ratkaisuja. Hintatasoltaan löytyneet laakeripesä vaihtoehdot olivat hyvin lähellä omien komponenttien hintatasoa, mutta kuormankantavuudeltaan heikompia. Pneumatiikkatarvikkeissa lähes sopivia komponentteja löytyi neljältä valmistajalta. Hintatasoltaan valmis sylinterinperänkiinnike oli noin tuplasti kalliimpi verrattuna Raumaster Paper Oy:n omaan. Männänvarren kiinnikkeet olivat hyvin samanhintaisia oman kiinnikkeen kanssa, mutta mitoiltaan hieman erilaisia.

DEVELOPMENT OF BEARING HOUSINGS

Harjula, Lasse

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

March 2010

Salonen, Markku

Number of pages: 46

Key words: bearing, strength calculation, product development

The objective of this thesis was to determine the background, discovered defects and improvement opportunities of the standard components of Raumaster Paper Ltd. The work was also intended to identify the availability of similar components and compare the price level to their own standard components. These standard components included six bearing housings of a different size and three pneumatic cylinder mountings.

In the thesis the background of own standard components was determined by interviewing Raumaster Paper Ltd designers and the people responsible for purchasing. Based on the received initial information improvements on the identified faults were searched for. The aim was to find more versatile, easily manufactured and inexpensive solutions to the current bearing housing concept. The strength of the bearing housings was calculated by using the FEM method. The availability of ready-made components was examined from the producers and suppliers and via the internet. Current price information was clarified in order to compare prices.

The conclusion was that the bearing housings are conceptually so simple and clear that there is little room for improvement with the exception of a few matters. Bearing housing resistance was more than twice stronger than cast iron bearing housings. Pneumatics supplies had two points where improvements and solutions were looked for. The price level of the found bearing housing options was very close to the component prices of Raumaster Paper Ltd but the load-carrying capacity was weaker. Nearly suitable pneumatics components were found from four manufacturers. The price level of the ready cylinder-end clip was approximately twice more expensive compared to the clip of Raumaster Paper Ltd. Piston rod brackets were of a similar price compared to the own clip but with slightly different dimensions.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	RAUMASTER PAPER OY	6
3	LAAKERIPESÄT	7
3.1	Käyttökohteet.....	7
3.1.1	Työnnin-pysäytin/ Työnnin-vastaanotin	7
3.1.2	Kehtopysäytin.....	8
3.1.3	Pyörityslaite.....	9
3.1.4	Päätypuristin.....	9
3.1.5	Pystyynnostin	9
3.2	Omien laakeripesien taustat	10
3.3	Rakenne ja valmistus	10
3.4	Laakeri	11
3.5	Hyvät ja huonot puolet.....	12
3.6	Havaitut viat.....	13
4	PNEUMATIIKKATARVIKKEET	15
4.1	Männän varrenpää.....	15
4.2	Sylinterin takapää	15
4.3	Nykytilanne.....	16
5	KEHITTELY	18
5.1	Vaihtoehtoisia konstruktioita nykyiselle laakeripesälle.	18
5.1.1	Neliskulmainen laakeripesä.....	18
5.1.2	Hitsattu aihio.	20
5.2	Laakeripesän lujuuslaskenta	21
5.2.1	Alkutarkastelu	22
5.2.2	Cosmos lujuuslaskenta	23
5.2.3	Tulokset.....	32
5.3	Kevennetty laakeripesä	34
5.4	Aluslevyn vaikutuksen tutkiminen	37
5.5	Pneumatiikkasyylinterin kiinnikkeet	38
6	VALMIIT VAIHTOEHDOT	40
6.1	Valurautainen UCP laakeripesä	40
6.2	Teräksinen UCP laakeripesä	40
7	HINTOJEN VERTAILU	42
8	LOPPUPÄÄTELMÄT	43

LÄHTEET

LIITELUETTELO

1 JOHDANTO

Työn tarkoitus on selvittää Raumaster Paper Oy:n tämän hetkiset omavalmistelaakeripesäkonstruktiot ja niiden taustat. Alkututkimuksen pohjalta on tarkoitus etsiä parempia vaihtoehtoja sekä tutkimalla valmiit kaupalliset tuotteet, että kehittää vanhaa konstruktiota. Työssä on myös tarkoitus tutkia omavalmistepneumatiikkasyylinterin kiinnikkeiden mahdolliset havaitut viat ja parannuskohdat, sekä selvittää niitä vastaavien valmiiden kiinnikkeiden saatavuus. Työllä halutaan tutkia, onko kannattavaa valmistaa omia komponentteja vai löytyykö nykyään valmiista tuotteista niille korvaavat komponentit. Korvaavien komponenttien tulisi käydä suoraan nykyisten tilalle. Työssä on tarkoitus myös selvittää mahdollisten valmiiden komponenttien hintataso ja vertailla sitä Raumaster Paper Oy:n omiin komponentteihin.

Työssä käydään ensimmäiseksi läpi tutkimuksen kohteena olevat Raumaster Paper Oy:n laakeripesät ja pneumatiikkatarvikkeet. Kysymyksiin, mitä ne ovat ja missä niitä käytetään, etsitään vastatauksia sekä pohditaan nykyisiä konstruktioita ja taustoja. Tätä osiota varten haastatellaan pääsuunnittelijoita sekä suunnittelijoita. Seuraavaksi haetaan nykyiselle konstruktiolle vaihtoehtoja ja pohditaan taustatietojen pohjalta parannusmahdollisuuksia. Työssä selvitetään valmiiden tuotteiden saatavuus ja nykyisten komponenttien kuormankantokyky lujuuslaskennalla.

2 RAUMASTER PAPER OY

Raumaster Paper Oy on Raumaster Oy:n tytäryhtiö. Työssä käytetään Raumaster Paper Oy:stä lyhennettä RMP. Raumaster Paper Oy on erikoistunut paperiteollisuuden kuljetin-, pakkaus-, sekä hylsynkäsittelyjärjestelmien toimituksiin. Raumaster Paper Oy irtautui omaksi yritykseksi Raumaster Oy:stä vuonna 2003. Yrityksellä on toimipisteet Raumalla ja Porissa. Porissa sijaitsee varasto ja kokoonpanoyksikkö. Raumaster Oy:llä on Raumalla konepaja ja varasto. Konserniin kuuluu myös Raumalla sijaitseva Ketjurauma Oy sekä Virossa sijaitseva A/S Rauameister. Ketjurauma Oy tuotteita ovat erilaiset ketjut. A/S Rauameister on konepaja. Työntekijöitä Raumaster Paper Oy:llä on noin 40. /9/

Tuoteryhmiä ovat paperirullan käsittely ja pakkaus, hylsyn käsittely, hylkyrullien käsittely sekä pallettien käsittely ja käärintä. Päätuotteita ovat lamelliketjukuljetin ja muut rullan siirrossa käytetyt laitteet. /9/

3 LAAKERIPESÄT

Raumaster Paper Oy:llä on käytössä omaa suunnittelua olevia laakeripesiä. Näitä RMP:n vakio-osina pidettyjä laakeripesiä on kuutta eri kokoa ja nämä koot ovat seuraaville akselihalkaisijoille 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm, 100 mm ja 120 mm (Liite 1). Neljä pienemmän pään laakeripesää on suunniteltu korvaamaan UCP 200 sarjan pystylaakeripesiä. UCP 200 sarjan laakeripesät ovat yleisimpiä valuraudasta valmistettuja pystylaakeripesiä. Tässä työssä tutkitaan näitä neljää vaihtoehtoa.

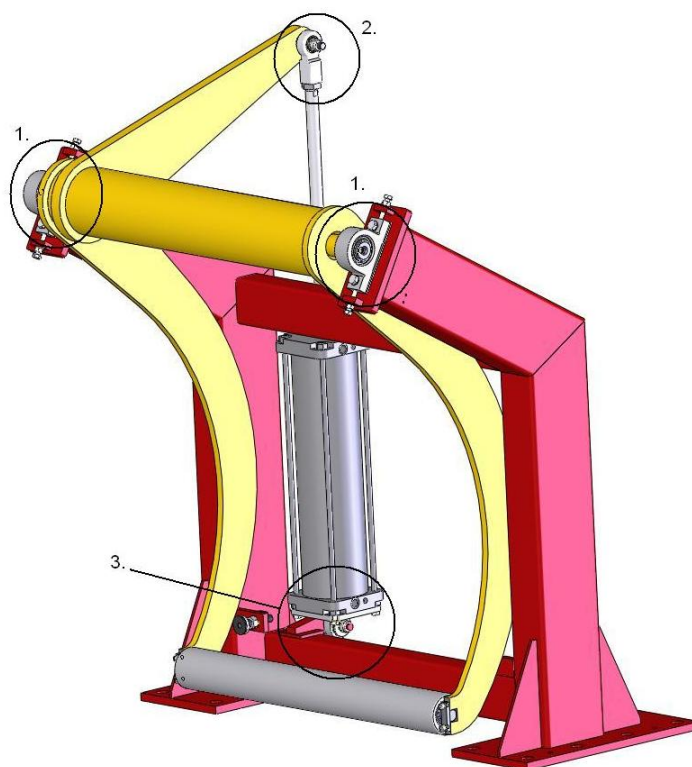
3.1 Käyttökohteet

RMP:n omia laakeripesiä on käytössä laajalti ja niiden käyttöä on suosittu. Eräitä laakeripesän käyttökohteista ovat kehtopysäytin, pyörityslaite, työnnin-pysäytin/työnnin-vastaanotin lattian ylä- sekä alapuolisena, päätypuristin ja pystyynnostin. Näistäkin laitteista on olemassa monia eri konstruktioita. Seuraavassa on esitelty laakeripesien käyttökohteita hieman tarkemmin. Tässä työssä keskitytään tarkastelemaan laakeripesiä rasiitetuimman käyttökohteen kannalta, joka on työnnin-pysäytin/ työnnin-vastaanotin.

3.1.1 Työnnin-pysäytin/ Työnnin-vastaanotin

Työnnin-vastaanotin (kuva 1) tai työnnin-pysäytin ovat laakeripesien käyttökohteista ne, joissa laakeripesä joutuu rasiitetuimmaksi ja alttiiksi erittäin suurelle iskumaiselle kuormitukselle. Laitteesta on sekä lattian päällä oleva että lattiaan upotettu malli. Laitteet ottavat vastaan sekä työntävät liikkeelle maksimissaan 6000 kg painoisia paperirullia. Laitteiden konstruktioissa on kaksi RMP:n omaa D60 laakeripesää (D = akselinhalkaisija jolle laakeripesä on tarkoitettu [mm]), jotka ottavat vastaan rasiituksen. Lattian yläpuolisessa mallissa on pitkä varsi, jota käytetään pneumatiikkasyntereillä. Varren päässä on tela, joka ottaa rullan vastaan. Lattian alapuolisessa mallissa varsi on mitoiltaan hieman pienempi ja laite on suunniteltu sijoitettavaksi lattian alle.

Työnnin-tilassa kuormitus on hyvin tiedossa ja rasitus jakaantuu hyvin molemmille laakeripesille. Vastaanotinkäytössä kuormitus on suurempaa ja ennalta arvaamattomampaa. Paperirulla voi tulla hieman vinossa vastaanottimelle. Tällöin toinen laakeri joutuu ottamaan vastaan suuremman osan paperirullan massasta. Rulla voi tulla suurella vauhdilla vartta päin, joten laakeripesiin kohdistuu välillä suuria iskumaisia kuormia. Tätä pyritään pienentämään ajamalla vartta sisäänpäin, samalla kun otetaan rulla vastaan. Lattian yläpuolisessa työnnin-vastaanotimessa valurautainen laakeripesä on aikanaan pettänyt.



Kuva 1. Työnnin-vastaanotin, lattian yläpuolinen. 1. laakeripesä D60 2. männänvarren kiinnike 3. sylinterintakapään kiinnike

3.1.2 Kehtopysäytin

Kehtopysäytin on laite, jonka päälle paperirulla pyörii tasoa pitkin ja sillä rulla pysäytetään hallitusti ja luovutetaan eteenpäin. Konstruktiossa on käytössä RMP:n D60 sekä D80 laakeripesät. Laitteen käyttönä on sähkömoottori. Kehtopysäyttimessä kuormitus voimat eivät ole monimutkaisia. Paperirullan koko massa on pysäyttimen

päällä, jolloin kuormitus on suoraan alaspäin. Rullaa vastaanotettaessa momenttivartret eivät ole suuria, joten rasitukset sitä kautta eivät ole kriittisen suuria.

3.1.3 Pyörityslaite

Pyörityslaitetta käytetään esimerkiksi rullan käärimässä ja rullan suuntauksessa. Laitte on rakenteeltaan sellainen, että siinä on kaksi nostoakselia, jotka epäkeskopyörien avulla nostavat rullan irti kuljettimelta. Akseleita pyörittää sähkömoottori. Näiden akselien laakeroinnissa on käytössä 2 kappaletta RMP:n D60 laakeripesää. Voima, joka kohdistuu laakeripesiin, on pystysuuntainen ja selkeä. Laakeripesien kuormitus nousee laitetta käytettäessä kohtalaisen lineaarisesti ja hallitusti.

3.1.4 Päätypuristin

Päätypuristin on osa rullien pakkauslinjaa. Päätypuristimella kuumennetaan suojaperiiniin käärittyyn rullaan päätylaput kiinni. RMP:n omat D70 laakeripesät ovat käytössä laitteen kallistuksessa. Kun laite on kallistettuna puristusta varten laakeripesät joutuvat rasitetuimmiksi, joten laakereihin kohdistuva rasitus on pääosin selkeä. Suuria iskumaisia voimia ei esiinny. Rullaa puristettaessa laitteen runkoon ja sitä kautta pesiin tulee lisärasituksia.

3.1.5 Pystyynnostin

Pystyynnostimella nostetaan kyljellään oleva rulla pystyyn kuljetusta ja/tai varastointia varten. Samaa laitetta voidaan käyttää myös toisin päin rullien kaatamiseen kyljelleen. Laitetta voidaan käyttää joko sähkömoottorilla tai hydraulisesti. Kääntöakselin laakeroinnissa on käytössä kaksi RMP:n omaa isoa D120 laakeripesää. Paperirullien koosta ja massasta johtuen laite on rakenteeltaan iso ja painava. Paperirullaa nostettaessa laakeripesiä rasittaa kääntöakselin kautta koko rullan sekä laitteen massa. Laitteen tekemä liike on hyvin hallittu. Vaikka laakeripesiin kohdistuvat voimat ovat suuria, ne ovat tasaisesti nousevia ja selkeitä. Iskumaista kuormitusta ei ole.

3.2 Omien laakeripesien taustat

Haastattelemalla selvisi omaan laakeripesään johtaneet syyt ja suunnitteluperusteet. Aikaisemmin työntimissä ja pysäyttimissä on ollut hydraulikkakäytöt. Tässä käytössä valurautaiseen UCP pystylaakeripesään on kohdistunut niin suuret iskumaiset kuormat, että se ei ole kestänyt. Tästä johtuen valmiin pesän tilalle on suunniteltu oma teräksinen laakeripesä. Mitoitus tälle laakeripesälle on valittu siten, että se on sama toiminnallisilta mitoiltaan kuin standardin mukainen valurautainen UCP pystylaakeripesä. Eroavaisuutta on kuitenkin laakerin leveydessä. Laakeripesää ei ole aikanaan lujuuslaskettu, vaan ulkomitat leveyttä lukuun ottamatta on myös otettu valurautaisesta UCP laakeripesästä. Leveydet on valittu nivellaakerin ja sen kiinnityksen vaatiman mitoituksen mukaan vakiolevyn vahvuuksista. Aikanaan tämä itse valmistettu laakeripesä on ollut hinnaltaan kilpailukykyinen huomioiden paremmat ominaisuudet. Tosin itse suunniteltu laakeripesä oli hinnaltaan noin puolet kalliimpi kuin valmiit valurautaiset laakeripesät.

3.3 Rakenne ja valmistus

Laakeripesä koostuu itse suunnitellusta rungosta ja nivellaakerista sekä pidätinrenkaista. Nivellaakerin malli on esimerkiksi GE 80 UK-2RS. Käytetyt pidätinrenkaat ovat standardin DIN 472 mukaisia. Laakeripesän rungon aihio polttoleikataan levystä, joka on ohuimmillaan 50mm ja vahvimillaan suurimmassa laakeripesässä 140mm. Levyn materiaali on rakenneteräs S355K2G3, jonka tarkempia tietoja on taulukoissa yksi ja kaksi. Seuraava vaihe on aihion jännitystenpoistohehkus, jotta laakeripesä olisi mittatarkka koneistamisen jälkeen. Ilman hehkutusta koneistettaessa polttokeikkauspintaa vapautuu jännityksiä, joista johtuen koneistetun reiän muoto ja mitat voivat muuttua. Tämän jälkeen aihioon koneistetaan laakeria varten toleroitu reikä, laakerin kiinnittämistä varten lukkorenkaille urat, kiinnitysreiät sekä tasataan pohja ja pulttien kiristyspinnat. Laakeria varten koneistettavan reiän toleranssiksi on määriteltä H8. Laakeripesien pintakäsittelyä käytetään sähkösinkitystä.

Taulukko 1. Materiaalin S355K2G3 myötölujuudet. /4, s.3/

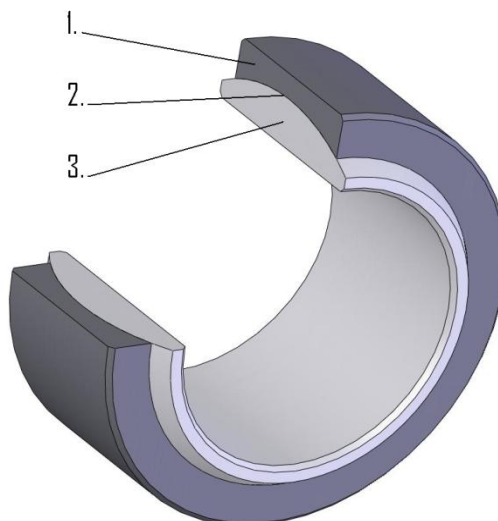
Levyn vahvuus, mm	2-16	(16)-40	(40)-63	(63)-80	(80)-100	(100)-150
Myötölujuus R_{eH} , N/mm ²	355	345	335	325	315	295

Taulukko 2. Materiaalin S355K2G3 murtolujuudet. /4, s.3/

Levyn vahvuus, mm	2-(3)	3-100	(100)-150
Murtolujuus R_m , N/mm ²	510-680	470-630	450-600

3.4 Laakeri

Käytetty laakeri on nivellaakeri (kuva 2). Laakerin malliesimerkki on GE 80 UK-2RS, joka on 80mm halkaisijaltaan olevalle akselille tarkoitettu. Tämä malli merkin-
tä on laakerivalmistaja INA:n /6/. Laakeri on rakenteeltaan nivellaakeri, jossa ulompi- ja sisempi rengas liukuu toistensa suhteen. Sisemmän ja ulomman renkaan välissä on pallomainen pinta. Tämä rakenne sallii akselin ja laakeripesän välille löysemmät yhdensuuntaisuustoleranssit, jolloin laakeripesän asennuspintojen sekä akselin suuntauksen ei tarvitse olla niin tarkkoja. Teräsholkkien välissä on vielä muovikalvo, joka vähentää kitkaa ja tekee laakerista huoltovapaan. Tässä nivellaakeri mallissa on vielä lisänä pyyhinrengassuojat estämässä lian pääsyä liukupinnalle/6, s.40/.



Kuva 2. Nivellaakerin perusrakennemalli. 1. Ulompirengas, 2. Liukupinta, 3. Sisempirengas

Laakerin asennusreiälle suositeltu toleranssi on K7 /6, s.37/. Käytössä oleva GE mallinen laakeri eroaa leveyden suhteen UCP laakeripesissä käytettävästä UC 200 sarjan vierintälaakereista. GE-laakeri on hieman kapeampi, joten jos laite on suunniteltu käyttäen omanlaakeripesän mittoja, ei vaihto UC-laakeriin välttämättä onnistu suoraan. GE-laakerin rakenteesta johtuen sitä voidaan kuormittaa erittäin paljon. Kuormitukset on esitetty taulukossa kolme.

Taulukko 3. Käytettyjen GE laakerien valmistajan antamat maksimi kuormitukset säteen suunnassa. /6, s.77/

Laakerin malli	C_r , Dynaaminen [N]	C_{0r} , Staattinen [N]
GE 50 UK-2RS	442000	737000
GE 60 UK-2RS	690000	1150000
GE 70 UK-2RS	885000	1475000
GE 80 UK-2RS	1125000	1875000

3.5 Hyvät ja huonot puolet

Nykyinen teräksestä valmistettu pesä on erittäin lujaa tekoa. Sitä pystytään kuormittamaan vapaammin eri suuntiin verrattuna valurautaiseen laakeripesään. Valurauta materiaalina kestää huonosti vetokuormitusta, joten voiman tulisi kohdistua aina laa-

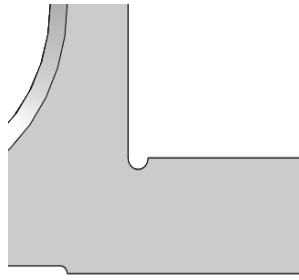
keripesän kiinnityspintaa kohti. Teräksellä on taas suhteellisen hyvä murtolujuus ja se antaa tässä suhteessa joustavuutta laakeripesän asennukseen. Laakerina käytettävä nivellaakeri kestää moninkertaisia kuormia verrattuna vierintälaakereihin. Nivellaakeri on myös huoltovapaa, mikä on erittäin hyvä ominaisuus, koska rasvankäytöstä tulisi vain lisää harmia laitteiden käyttöpaikassa paperitehtaalla. Nivellaakeri sallii myös asennuspinnan ja akselin välille kulmaheittoa, joten asennuspintoja ei tarvitse koneistaa.

3.6 Havaitut viat

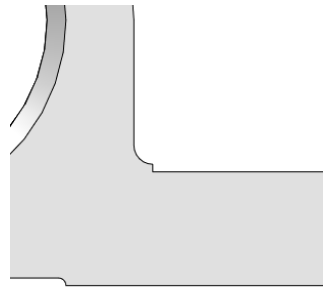
Haastatteluissa tuli ilmi seuraavat omissa laakeripesissä havaitut viat. Valmistuksessa on ollut vaikeuksia laakerille työstettävän reiän muodon kanssa. Kun polttoleikkattuun aihioon on koneistettu reikä laakeria varten, on ahiosta vapautunut polttoleikkauksen aiheuttamat jännitykset ja reiän muoto samalla vääristynyt. Tästä viasta on selvitty aihion jännityspoistohehkutuksella ennen työstöä.

Reiän koon kanssa on ollut myös ongelmia. Laakerille työstetty reikä on ollut joissain yksilöissä liian pieni valmiissa pintakäsittelystä pesässä. Tätä vikaa on korjattu reiälle määriteltyä toleranssia muuttamalla. Alkuun laakeria varten tehtävän reiän sovite on ollut K7, joka on pienennetty H8:n sovitteeksi. Eli esimerkiksi D60 laakeripesän kohdalla laakerin reiänhalkaisijan rajat ovat olleet +0,010mm ja -0,025mm. Nykyiset rajamitat ovat +0,058mm ja 0mm. Tähän päälle tulee 0,010-0,015mm paksu sähkösinkkikerros pienentämään reiän halkaisijaa.

Laakeripesän ahiota polttoleikkattaessa kiinnityspintojen reunaan piirretty kevennys jää joissain tapauksissa pois (kuvat 3 ja 4). Tämä johtuu kevennyksen liian pienestä säteestä. Jotkut polttoleikkauksilaitteet eivät kykene leikkaamaan niin pienisäteistä muotoa. Tästä seuraa, että pinnan reunaan tulee koneistamisen jälkeen terävä kulma, joka on rakenteen kannalta huono.



Kuva 3. Kevennyksen oikea muoto.



Kuva 4. Kevennys on jäänyt aiheista pois ja pultinkiinnityspinnan koneistuksen jälkeen on syntynyt terävä nurkka.

4 PNEUMATIIKKATARVIKKEET

Sylinterin kiinnikkeet on tarkoitettu isoille pneumatiikkasyylintereille. Sylinterin koot ovat 160 mm ja 200 mm. Luku tarkoittaa sylinterin männän halkaisijaa. Käytettävät sylinterit ovat ISO 6431 standardin mukaisia.

4.1 Männän varrenpää

Männänvarrenpään kiinnikkeenä käytetään RMP:n itse suunnittelemaa ja teräksestä valmistettavaa kiinnikettä. RMP:n tunnus tälle kiinnikkeelle on P304102. Siinä käytetään laakerina nivellaakeria, joka on malliltaan GE 35 UK-2RS. Tämä malli merkintä on laakerivalmistaja INA:n /6/. RMP:n oman kiinnikkeen käyttöön on aikanaan päädytty valmiin tuotteen hinnan sekä huoltovapauden takia. Kiinnike eroaa valmiista vastaavaan tarkoitukseen tehdystä nivellaakerin osalta. Valmiissa käytetään leveämpää nivellaakerimallia ja laakeri on kiinnitetty eri tavalla runkoon. Ongelmia on ollut pintakäsittelynä käytettävän sinkityksen kanssa. Kierre sekä lukkorengas ura ovat olleet ahtaita käsittelyn jälkeen.

4.2 Sylinterin takapää

Sylinterin takapään kiinnikkeenä käytetään RMP:n itse suunnittelemaa kiinnikettä, joka valmistetaan teräksestä hitsaamalla ja koneistamalla. Sitä on kahta kokoa joiden RMP:n tunnuksset ovat P260705 ja P260266. P260705 on suunniteltu pneumatiikkasyylinterille jonka männän halkaisija on 160mm. P260266 on suunniteltu pneumatiikkasyylinterille jonka männän halkaisija on 200mm. Laakerina käytetään samaa nivellaakeria kuin männänvarrenpäässä. Sen malli on GE 35 UK-2RS. Tämän konstruktion käyttöön on aikanaan päädytty valmiin tähän tarkoitukseen olevan kiinnikkeen hinnan ja sylinterien kiinnitysreikien erilaisten mitoitusvaihtelujen vuoksi. Ostokomponentti ei ole ollut myöskään huoltovapaa. Eri valmistajilla on ollut hieman erilaisilla kiinnikkeen kiinnitysreikien paikat ja pohjan paikoitustapin muoto.

Valmiissa peränkiinnikkeessä laakerikin on yleensä leveydeltään eri kuin omassa kiinnikkeessä.

4.3 Nykytilanne

Männänvarrenpään kiinnikkeitä löytyy eri valmistajilta hyvin, mutta nämä eivät käy suoraan oman kiinnikkeen tilalle laakerien mittaerojen vuoksi. Hinnaltaan nämä ovat halvimmillaan hyvin samaa luokkaa kuin oma kiinnike. Jos otetaan huomioon välilliset kustannukset kuten varastointi ja kiinnikkeen kokoonpano, niin ostettu komponentti on halvempi. Valmiin kiinnikkeen käyttöönotto vaatisi laitteisiin pieniä muutoksia, mutta pitkällä juoksulla varastoinnista ja kokoonpanosta tulisi säästöä. Nykyisin tätä kiinnikettä saa huoltovapaana.

Taulukko 4. Oman männänvarrenpään kiinnikkeen ja osto-osan päämittojen vertailu.

	Omavalmiste	Osto-osa
Kierre	M36x2	M36x2
Laakerin reiän halkaisija	35mm	35mm
Laakerin leveys	25mm	43mm

Sylinterintakapään kiinnikettä vastaavilla tai edes lähelle osuvilla mitoilla ei löydy kuin yhdeltä valmistajalta. Tässäkin on laakerin osalta eroa, osto-osassa laakeri on hieman leveämpi (taulukko 4). Muilla valmistajilla tämän muotoisen kiinnikkeen koot loppuvat pykälää pienempään sylinteriin. Tähän kokoluokkaan on saatavilla kiinnikeratkaisu, jossa nivellaakeri on sijoitettu laitteen runkoon kiinni tulevaan osaan. Hinnaltaan nämä valmiit ovat yli kaksi kertaa kalliimpia kuin oma kiinnike, vaikka huomioitaisiin välilliset kustannukset (Liite 3).

Nykyisin eri valmistajien sylintereissä kiinnitysreiät ovat saman standardin ISO 6431 mukaisia, joten reikäjaon puolesta samat kiinnikkeet sopii kaikkien tässä vertailussa olleiden valmistajien pneumatiikkasyntereihin. Ainut vaihtelu on sylinterinperässä olevan paikoitustapin korkeudessa (taulukot 5 ja 6). Tämä seikka on huomioitu tekemällä kiinnikkeessä oleva paikoitusreikä niin syväksi, että korkeinkin paikoitustappi mahtuu siihen.

Taulukko 5. Sylinteri D160 /2/,/7, s.7/,/8, s.3/

	Reikäjako [mm]	Paikoitustappi	
		halkaisija [mm]	korkeus [mm]
Festo	140	65	6
Rexroth	140	- (ISO 6431) 65 (ISO 15552)	- 5
Pimatic	140	65	4/6

Taulukko 6. Sylinteri D200 /2/,/7, s.7/,/8, s.3/

	Reikäjako [mm]	Paikoitustappi	
		halkaisija [mm]	korkeus [mm]
Festo	175	75	6
Rexroth	175	- (ISO 6431) 75 (ISO 15552)	- 7
Pimatic	175	75	5/6

5 KEHITTELY

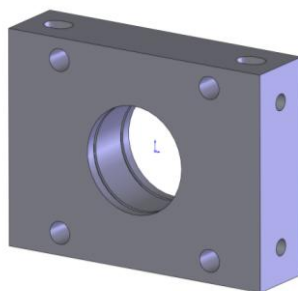
Kehittelyllä on haettu ratkaisuja havaittuihin ongelmiin ja vikoihin komponenteissa. Tässä osiossa on tutkittu myös laakeripesien kestävyyttä käyttämällä lujuuslaskentaohjelmaa. Tämän avulla on saatu määriteltyä omien laakeripesien kuormankantokykyä. Työssä on tutkittu myös mahdollisia vaihtoehtoisia konstruktioita. Vaihtoehtoisilla konstruktioilla on yritetty etsiä laakeripesille monipuolisempia käyttömahdollisuuksia sekä parantaa niiden valmistettavuutta. Uusien vaihtoehtoisten konstruktioiden rajoituksena on, että niiden tulee käydä suoraan vanhan laakeripesän tilalle.

5.1 Vaihtoehtoisia konstruktioita nykyiselle laakeripesälle.

5.1.1 Neliskulmainen laakeripesä.

Neliskulmaisen laakeripesäkonstruktion idea lähtee laakeripesän käyttömahdollisuuksien monipuolistamisesta. Tämä konstruktio mahdollistaa kahdensuuntaisen kiinnityksen. Toiset kiinnitysreiät ovat nykyistä pystykiinnitystä varten ja lisäksi toiset kiinnitysreiät ovat akselin suunnassa, eli laakeripesän voi kiinnittää kylkipinnasta laippalaakerin tapaan. Tähän muotoon voisi vielä lisätä puskuruuveja varten kylkiin kierrereiät. Tämä helpottaisi monessa paikassa laakeripesän puskuruvien asennusta. Pesän muodosta johtuen pystykiinnityksessä kiinnityspulttien pituus tulee kohtalaisen suureksi.

Hahmotelma 1

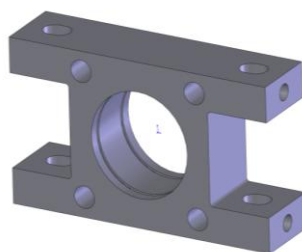


Kuva 5. Suorakaide laakeripesän malli

Tässä ensimmäisessä hahmotelmassa (kuva 5) on mitoitettu kiinnitysreiät vakio UCP pystylaakerin ja UCF laippalaakerin mukaan. UCF laippalaakerin runko on valmistettu valuraudasta ja siinä on sama UC vierintälaakeri kuin UCP pystylaakerissa. Tästä seuraa, että laakerin keskiö suhteessa kiinnityspintaan nousee korkeammalle kuin vakio pystylaakerissa. Koska halutaan, että toiminnalliset mitat pysyisivät samoina tämän hetkisen pystylaakeripesän kanssa, niin tämä vaihtoehto täytyy hylätä. Jotta laakerin kiinnitysreikää saadaan alaspäin, täytyy laippakiinnityksen reikien jalkoa supistaa.

Hahmotelmassa on myös laitteen sivuille pusku/vetopulttien kiinnittämistä varten kierriereiät. Näiden avulla on mahdollista hieman yksinkertaistaa laakerin sivuttais säädön toteuttamista. Nykyisin yleensä puskupulttia varten täytyy laittaa laitteen runkoon erillinen lattaraudan pala kierriereiällä. Tätä lattaraudan palaa voisi näin yksinkertaistaa, koska siihen riittäisi pelkkä vapaareikä. Ratkaisu toimisi siten, että puskupultti kierrettäisiin laakeripesän kierteseen ja säätö tapahtuisi pulttiin kiertäystä mutterista, joka olisi päin lattarautaa. Toinen vaihtoehto on, että pultti olisi kierrettynä laakeripesään ja pultin kanta olisi päin esimerkiksi lattarautaa tai muuta pintaa, johon ei tarvitsisi tehdä reikää. Tässä vaihtoehdossa laakeripesässä olevien kierreiden tulisi olla tarpeeksi syviä, jotta pultit pääsisivät uppoamaan säädön vaatiman määrän laakeripesän sisään. Yllä olevassa hahmotelmassa tämä ei ole mahdollista. Ainut vaihtoehto, että tämä ratkaisu toimisi, olisi laittaa kierriereikä toiseen reunaan eli sen pitäisi väistää kiinnitystä varten oleva reikä. Puskupultit olisivat tässä mallissa laakerin keskilinjaan nähden epäkeskeisesti. Kiinnitysreiän vieressä on ahdas paikka. Koska kierriereikä tulisi kiinnityspultin kannan alle, se voisi heikentää laakeripesän rakennetta siltä kohtaa kriittisesti.

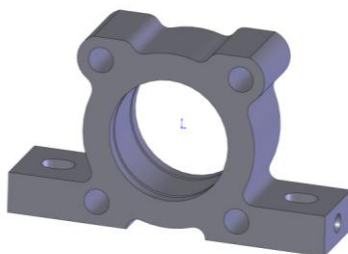
Hahmotelma 2



Kuva 6. Hahmotelma kaksi.

Hahmotelmassa kaksi (kuva 6) laakerin kiinnitysreikä on oikeassa korossa pohjaan nähden. Laippa kiinnityksen pulttijako on supistettu sopimaan tähän muotoon. Hahmotelmaan on lisätty myös kevennykset laakerin sivuille, jotta pysty-laakeripesä käytössä kiinnityspultit olisivat käytännöllisemmän pituiset. Tässä vaihtoehdossa olevat ylemmät kiinnityskorvat ovat suurelta osin tarpeettomat. Koska laakeripesä on keskitason suhteen symmetrinen, niin sen kiinnityspintana oleva pohja voidaan pysty-laakeripesä käytössä kääntää aina oikeaan suuntaan. Laippalaakeripesäkäytössä ylemmissä ja alemmissä kiinnityskorvissa olevat pusku/vetoruuvien paikat mahdollistavat tasaisen säädön sivusuunnassa.

Hahmotelma 3



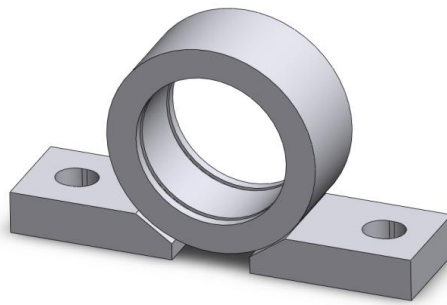
Kuva 7. Lopullinen rakenne ratkaisu.

Hahmotelmassa kolme (kuva 7) on laakeripesästä karsittu ylemmät kiinnityskorvat. Tällä saadaan laakeripesästä yksinkertaisempi. Lisäsin rakenteeseen myös kevennykset. Nämä mahdollistavat aihion kiinnityksen nelileukapakkaan laakeripesän koneistusta varten.

5.1.2 Hitsattu aihio.

Tällä konstruktiolla haettiin aihiolle helpompaa valmistettavuutta. Laakeripesän aihio on tässä konstruktiossa hitsaamalla kasattu ainesputken palasta sekä pohjan muodostavasta teräslevystä. Tämä ratkaisu pienentäisi aihion valmistuksessa käytettäviä ainevahvuuksia. Hitsaus tuo tosin lisää työtä ja se on vaativa. Hitsaus täytyy tehdä myös ennen koneistusta.

Hahmotelma.



Kuva 8. Hahmotelma konstruktiosta.

Rakenne täytyisi muodostua ainesputken palasta ja kahdesta levyn palasesta (kuva 8). Näistä levyistä olisi kulmat, jotka tulevat ainesputkea päin, viistetty. Tällä rakenteella keskiökorkeus säilyisi haluttuna ja saataisiin tarpeeksi vahvat laakeripesän kiinnityskorvat.

Huono puoli on, että hitsausliitoksen onnistuminen täytyisi tarkistaa, koska hitsausseuraus tulee konstruktiossa jännitysten kannalta kriittiseen kohtaan. Hitsauksesta johtuvat jännitykset täytyisi myös poistaa. Kaikesta ylimääräisestä työstä johtuen valmistusaikaa tämä konstruktio ei vähennä.

5.2 Laakeripesän lujuuslaskenta

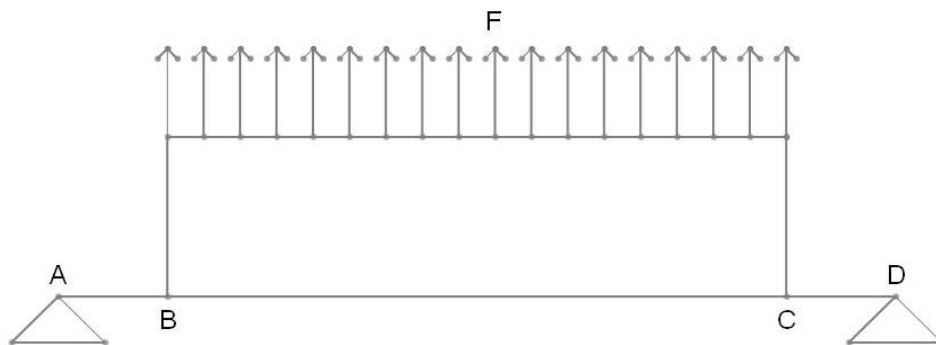
Ensimmäiseksi on lähdetty tarkastelemaan yleisimmässä ja rasitetuimmassa käyttökohteessa olevaa laakeripesää. Tämä käyttökohde on lattian yläpuolinen pysäytin/vastaanotin ja siinä käytetään RMP:n omaa D60 laakeripesää. Tämän laakeripesän RMP:n tunnus on P360114. Kuten edellä on kerrottu, siinä on käytetty aikanaan valmista valurautaista laakeripesää, joka on hajonnut. Täten valurautalaakeripesän maksimikuormituksen kesto on hyvä lähtökohta teräspesän kuormituksen keston lähtöarvolle. Koska käytössä oleva nivellaakeri kestää rakenteensa ansiosta erittäin suuria kuormia, on työssä aluksi laskettu pesän kestävyyttä käyttämällä valurautaisen pesän maksimi radiaalikuormitusta. Tämä maksimi radiaalikuorma on 3700kg /1, s. 44/. Laskennassa on käytetty suoraan arvoa 37000N. Todellinen on hieman pienempi, mutta tässä tapauksessa ollaan varmemmalla puolella, jos laakeripesä kestää tämän kuorman. Tähän samaan voiman kokoluokkaan on päästy laskemalla /5/. Tämä

laskemalla saatu arvo on tasan molemmille laakereille jakautuvalla kuormalla 36500N.

Työssä on laskettu myös muiden pesien jännitykset käyttämällä vastaavan kokoisen valurautalaakeripesän maksimikuormituksia. Näitä arvoja käyttämällä on saatu likimääräinen kuva teräspesän kestävydestä ja mahdollisista heikoista kohdista. Voima on kohdistettu kohtisuoraan ylöspäin laakeripesän pohjaan nähden sekä akseliin nähden kohtisuoraan sivulle. Nämä suunnat on valittu siksi, että ne rasittaa laakeripesää eniten.

5.2.1 Alkutarkastelu

Jännitysten suuruusluokan selvittämiseksi on laskettu yksinkertaistetusta mallista jännityksiä. Tarkastelukohdaksi on valittu rakenteen kannalta kriittisimmän kohdan, kiinnityskorvan reunassa olevan kevennyksen kohdat B ja C. (kuva 9). Tämä kohta on tarpeeksi yksinkertainen käsin laskentaa varten. Mitoitus on otettu RMP:n D60 laakeripesästä ja kuormituksena on käytetty 37000N, joka on kohtisuoraan ylöspäin.



Kuva 9. Rasituskuvio.

$$l_{AD}=184\text{mm} \quad F=37000\text{N}$$

$$l_{AB}=l_{CD}=24\text{mm}$$

Tukivoimat

$$F_A+F_D=37000\text{N} \quad \text{Koska kuormitus on symmetrinen niin } F_A=F_D$$

$$F_A = \frac{37000\text{N}}{2} = 18500\text{N}, \text{ Alaspäin}$$

Momentit kohdissa B ja C. Momentit ovat samansuuruiset, mutta vastakkaisuuntaiset.

$$M_B = -M_C$$

$$M_B = F_A \cdot l_{AB} = 18500\text{N} \cdot 24\text{mm} = 444000\text{Nmm}$$

Laakeripesän kiinnityskorvan mitat kohdissa B ja C.

$$b = 60\text{mm} \quad h = 27\text{mm}$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{60\text{mm} \cdot (27\text{mm})^2}{6} = 7290\text{mm}^3$$

Jännityksen laskenta.

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W} = \frac{444000\text{Nmm}}{7290\text{mm}^3} = 60\text{N/mm}^2$$

Käsin laskemalla saatu jännityksen arvo 60 N/mm^2 on suuruudeltaan erittäin hyvä. Tämä jännityksen arvo on tosin todellisuudessa jonkin verran suurempi johtuen laakeripesän muodosta ja kyseisessä kohdassa olevasta kulmasta. Laskennassa on käytetty myös erittäin pelkistettyä mallia laakeripesästä, joten tästäkin johtuen tulee virhettä jännityksen suuruuteen.

5.2.2 Cosmos lujuuslaskenta

Työssä on kokeiltu valmiiden pesien lujuuksia käyttämällä Cosmos-lujuuslaskentaohjelmaa. Lujuuksien laskennassa on käytetty valmiita Solidworks malleja.

Laskennan nopeuttamiseksi malleja on yksinkertaistettu joiltain osin. Laskennassa on poistettu kaikki lujuuden kannalta tarpeettomat nurkanpyöristykset ja viisteet sekä kaikki lujuuslaskentaan vaikuttamattomat kokoonpanon osat, kuten lukitusrenkaat. Laskennassa käytetty malli on kokoonpano. Kokoonpanoon on lisätty vielä pätkä akselia ja kiinnityspultteja esittävät mallit. Koska laakeripesä on symmetrinen sekä leveyssuuntaisen, että poikittaissuuntaisen tason suhteen, on siitä leikattu leveyssuunnassa toinen puoli pois. Tämä pienentää laskenta-aikaa ja tuloksissa nähdään jännitykset laakeripesän keskellä.

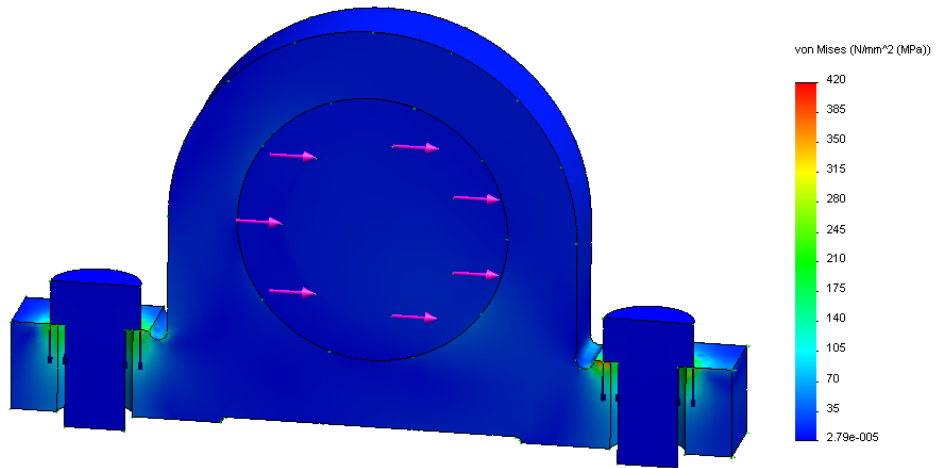
Cosmoksen puolella on määritelty ensimmäiseksi yleiskontakti vapaaksi. Tämä toimenpide purkaa kaikki mallissa valmiina olleet kiinnitykset ja osien sidokset toisiinsa. Tämän jälkeen on määritelty yksitellen kaikki kontaktit uudestaan, joko bonded eli täysin kiinni toisissaan tai no benetration eli kappaleet eivät voi mennä toistensa sisään. Akseli tuli täysin kiinni laakeriin, mutta laakerin ja pesän väliseksi kontaktiksi valitsin no benetration. Työssä on määritelty myös symmetriataso. Voimat on määritelty laakerivoimana. Tämä tapa on tarkoitettu juuri akselin kautta tulevien voimien mallinnukseen. Laakeripesän kiinnityksen määrittelin pulttikiinnityksenä, jossa laakeri on pulttimalleilla kiinni virtuaalisessa. Virtuaalisena toimii oikean seinän tavoin eikä salli laakeripesän upota sisään. Myös pulttien esijännitykset on määritelty. Esijännityksiksi on valittu käytettyjen pulttikokojen suositellut esijännitysmomentit. Ohessa on esitetty laskennassa käytetyt arvot (taulukko 7).

Taulukko 7. Käytetyt arvot, /1, s. 44/, /3, s. 565/.

	Pesä D60	Pesä D70	Pesä D80
C_{0r} , Kuormitus, todellinen max [N]	36297	44145	52974
C_{0r} , Kuormitus, käytetty [N]	37000	45000	54000
Esikiristysmomentti [Nm]	395	680	680
Pulttikoko	M20	M24	M24

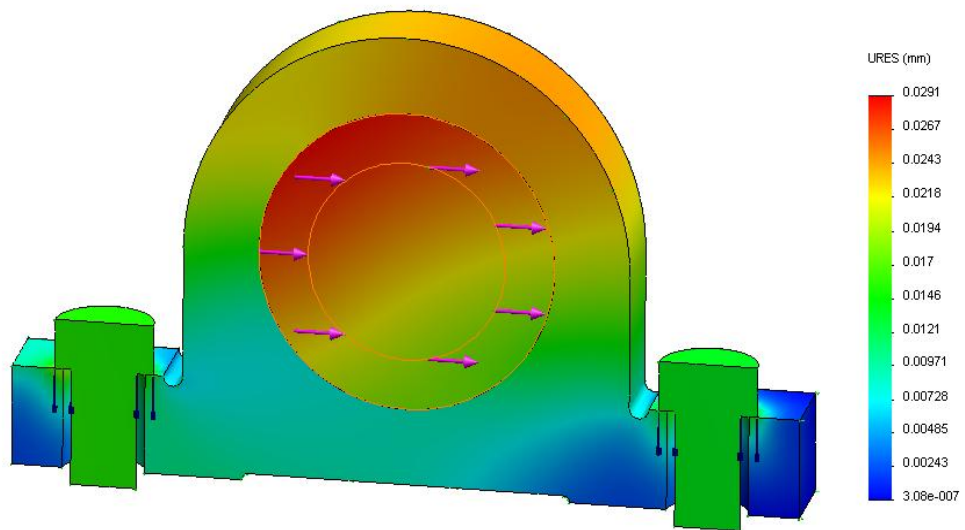
Pystylaakeri D60. RMP:n tunnus on P360114.

Model name: Pystylaakeri d60_2
 Study name: sivulle
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



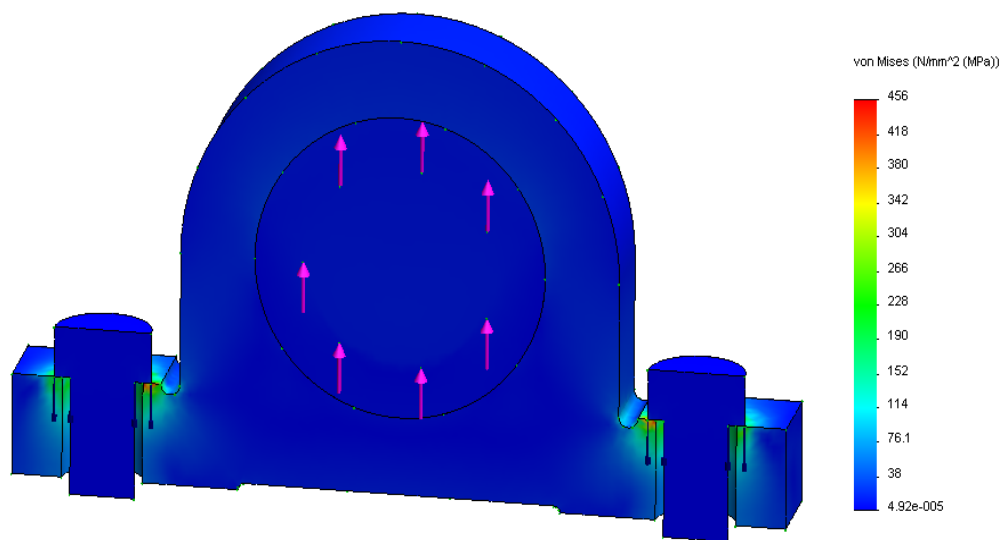
Kuva 10. Pystylaakeri D60:n jännitykset. Laakerikuorma on kohtisuoraan sivulle.

Model name: Pystylaakeri d60_2
 Study name: sivulle
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



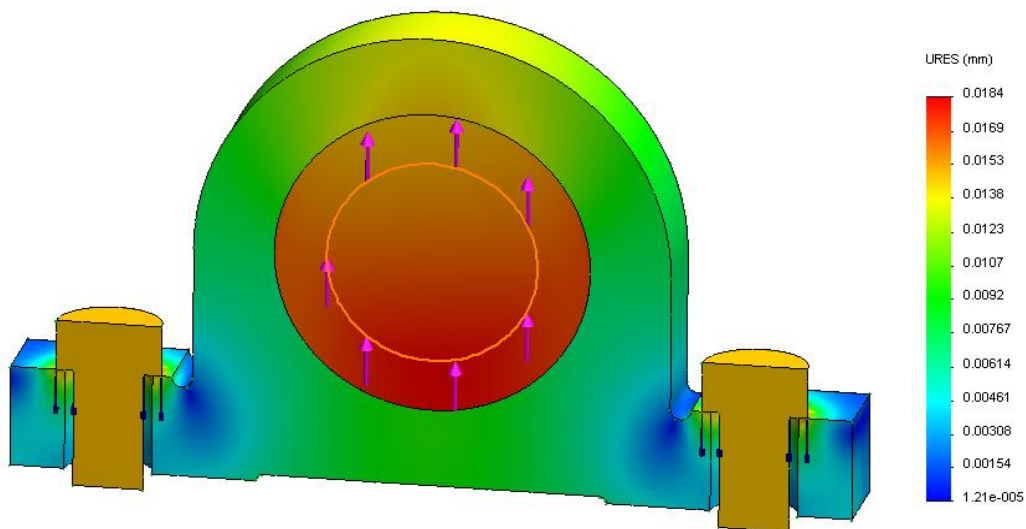
Kuva 11. Pystylaakeri D60:n siirtymät. Laakerikuorma on kohtisuoraan sivulle.

Model name: Pystylaakeri d60_2
 Study name: ylös
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



Kuva 12. Pystylaakeri D60:n jännitykset. Laakerikuorma on kohtisuoraan ylös.

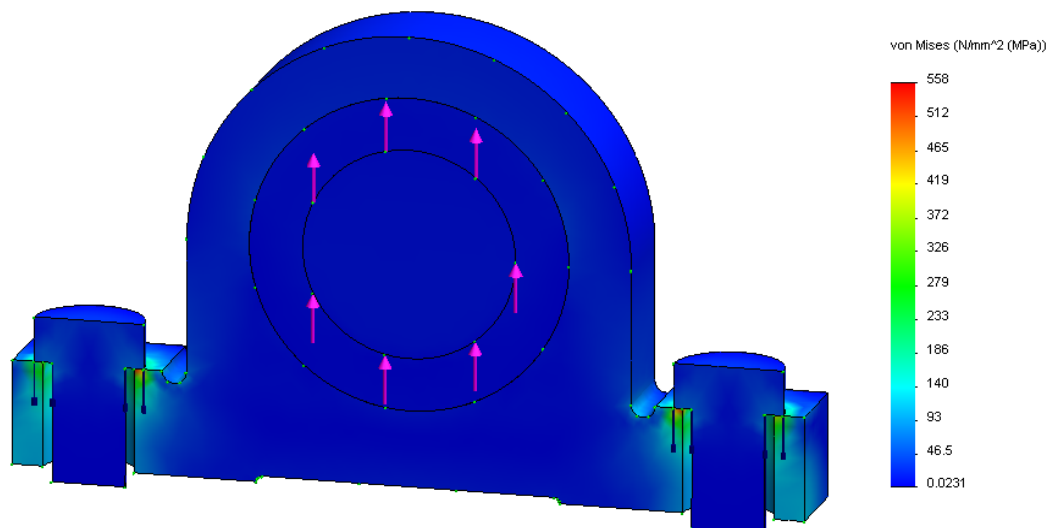
Model name: Pystylaakeri d60_2
 Study name: ylös
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



Kuva 13. Pystylaakeri D60:n siirtymät. Laakerikuorma on kohtisuoraan ylös.

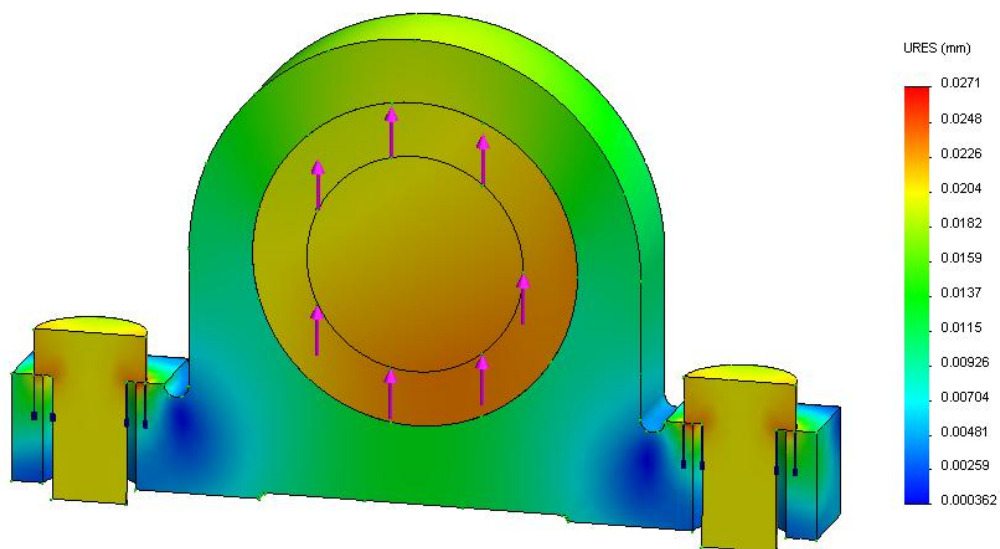
Pystylaakeri D70. RMP:n tunnus on P301564.

Model name: Pystylaakeri d70
 Study name: ylös
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



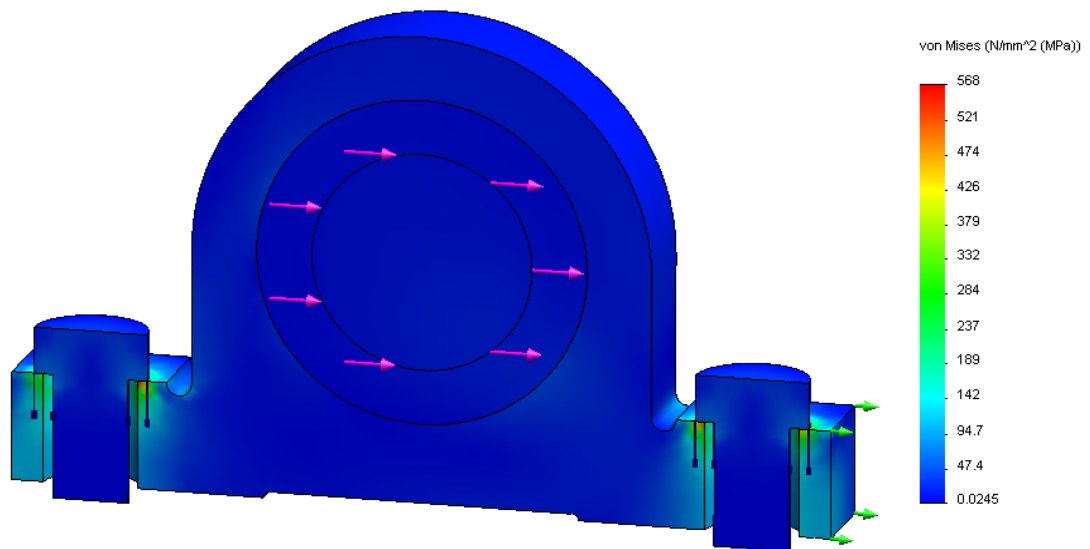
Kuva 14. Pystylaakeri D70:n jännitykset. Laakerikuorma on kohtisuoraan ylös.

Model name: Pystylaakeri d70
 Study name: ylös
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



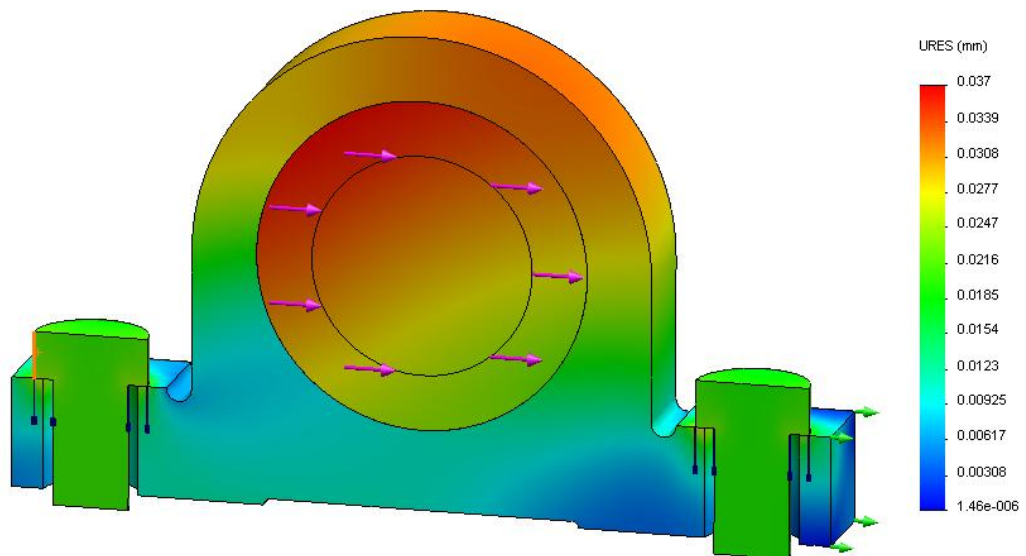
Kuva 15. Pystylaakeri D70:n siirtymät. Laakerikuorma on kohtisuoraan ylös.

Model name: Pystylaakeri d70
 Study name: sivulle
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



Kuva 16. Pystylaakeri D70:n jännitykset. Laakerikuorma on kohtisuoraan sivulle.

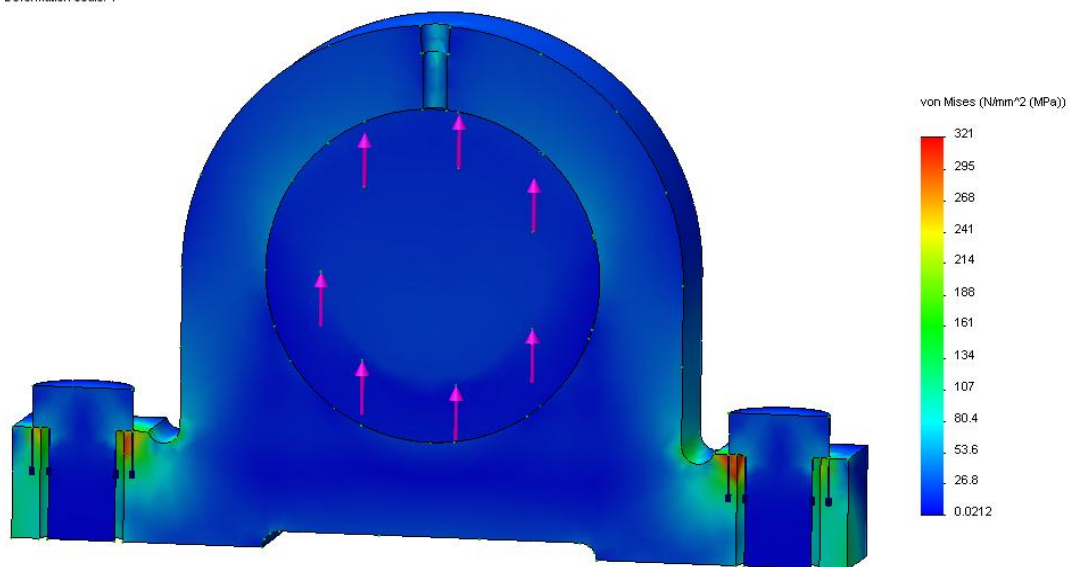
Model name: Pystylaakeri d70
 Study name: sivulle
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



Kuva 17. Pystylaakeri D70:n siirtymät. Laakerikuorma on kohtisuoraan sivulle.

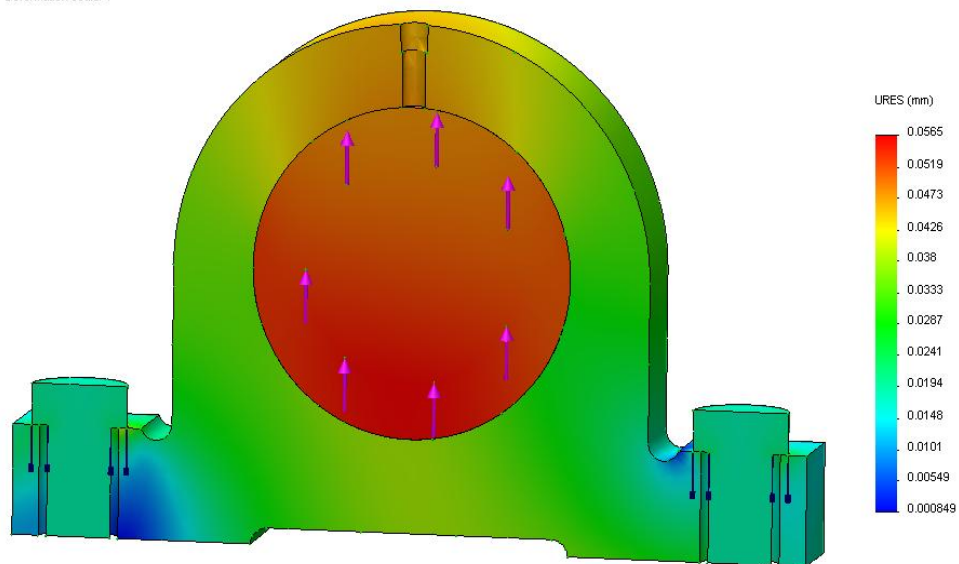
Pystylaakeri D80. RMP:n tunnus on P360068.

Model name: Pystylaakeri d80
 Study name: ylös
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



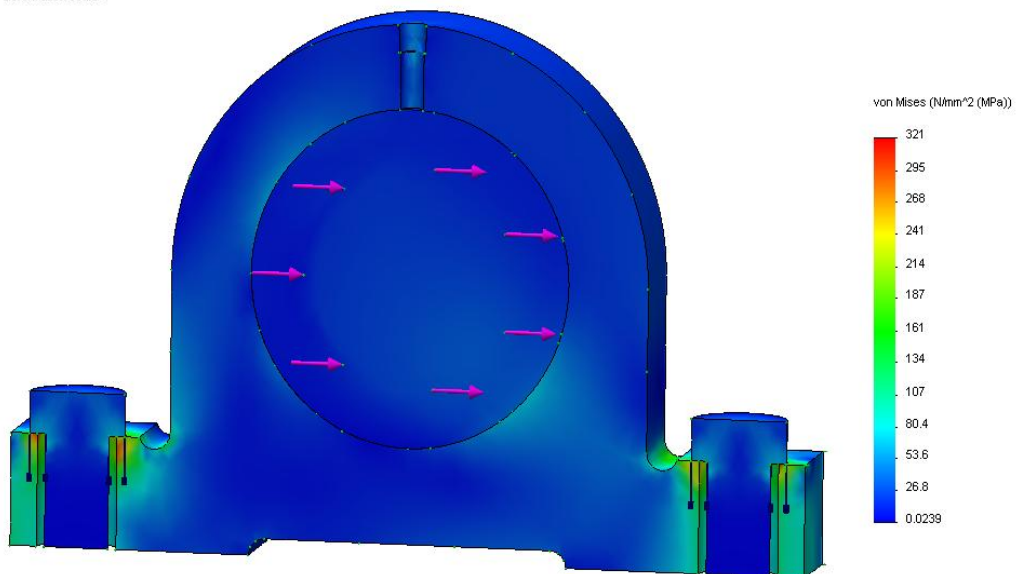
Kuva 18. Pystylaakeri D80:n jännitykset. Laakerikuorma on kohtisuoraan ylös.

Model name: Pystylaakeri d80
 Study name: ylös
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



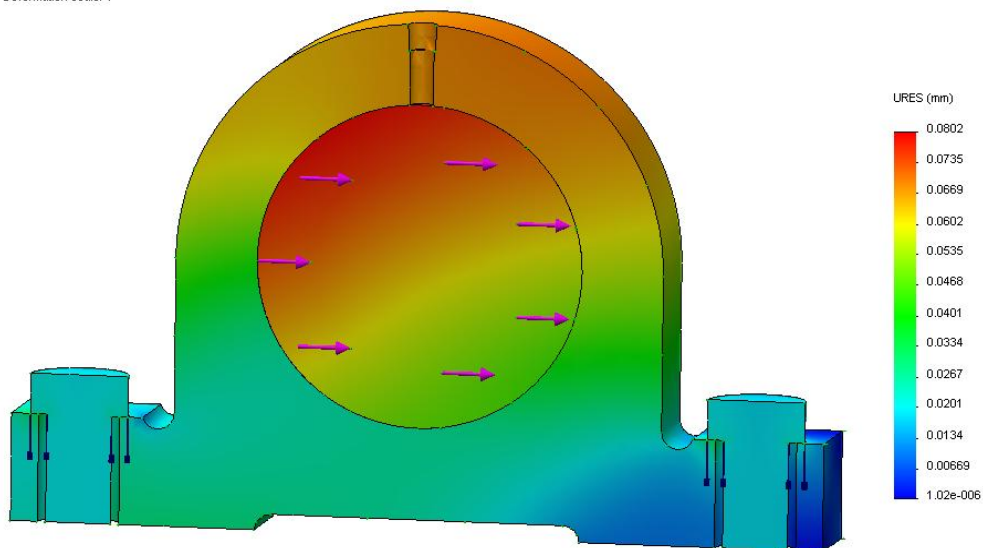
Kuva 19. Pystylaakeri D80:n siirtymät. Laakerikuorma on kohtisuoraan ylös.

Model name: Pystylaakeri d80
 Study name: sivulle
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



Kuva 20. Pystylaakeri D80:n jännitykset. Laakerikuorma on kohtisuoraan sivulle.

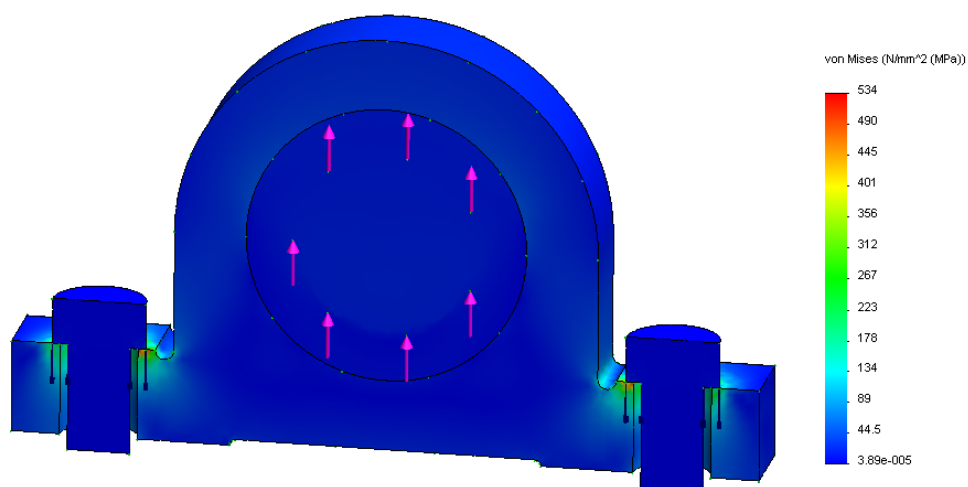
Model name: Pystylaakeri d80
 Study name: sivulle
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



Kuva 21. Pystylaakeri D80:n siirtymät. Laakerikuorma on kohtisuoraan sivulle.

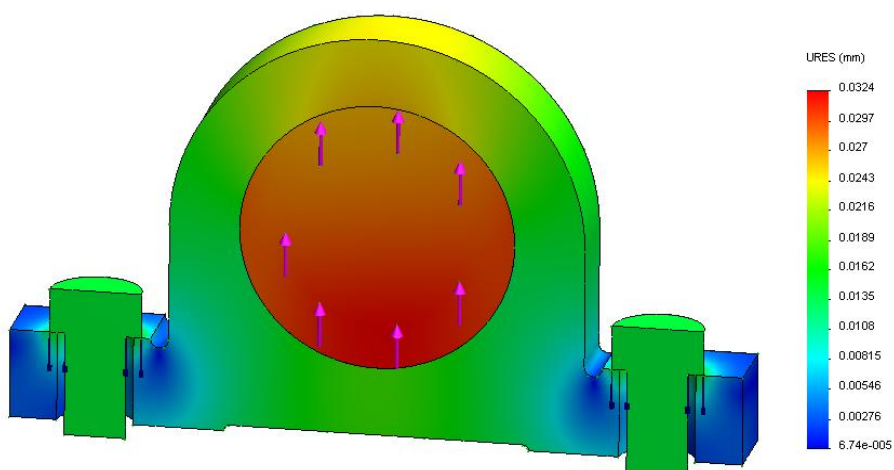
Työssä on laskettu RMP:n D60 laakeripesän jännitykset myös sellaisessa tilanteessa, että maksimi paperirullan paino 6000 kg osuu suoraan yhdelle pesälle. Tämä on ääri-tilanne esimerkiksi työnin-vastaanotin käytössä. Todellisuudessa tällaista tilannetta ei pitäisi tässäkään käyttökohteessa tapahtua. Eli voimaksi on määritelty 60000N. Pulttien esikivistysmomentit on pidetty samoina.

Model name: Pystylaakeri d60_2
Study name: Ylös_rulla
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 1



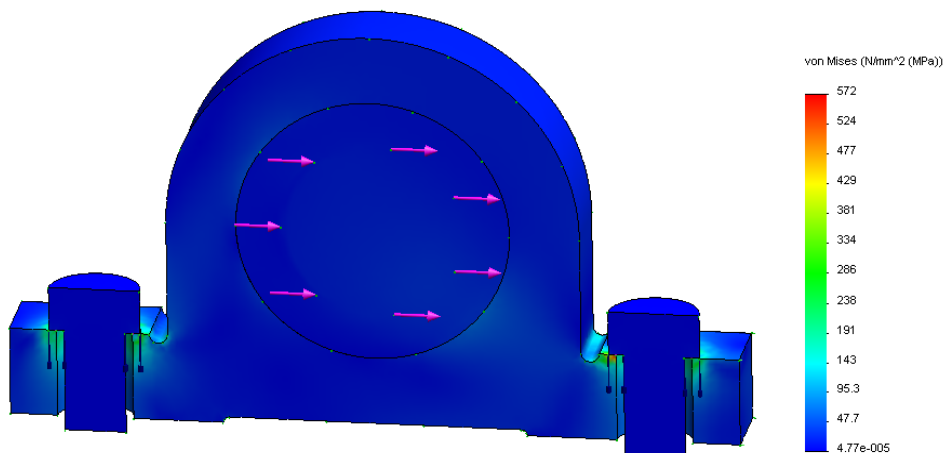
Kuva 22. Pystylaakeri D60:n jännitykset. Laakerikuorma on kohtisuoraan ylös.

Model name: Pystylaakeri d60_2
Study name: Ylös_rulla
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1



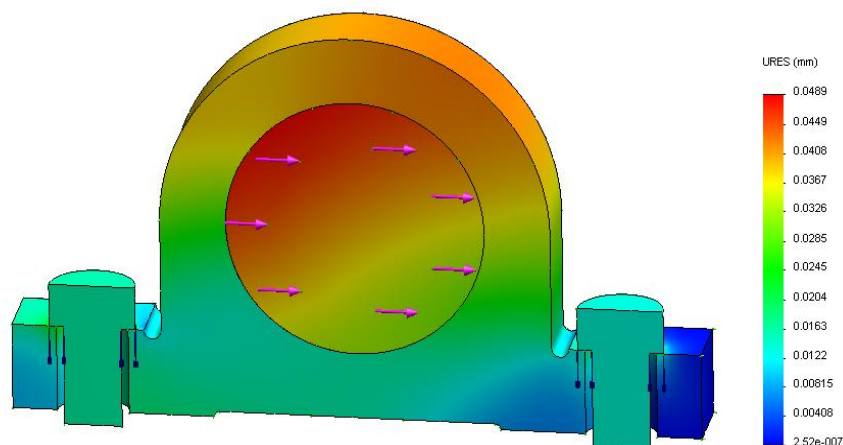
Kuva 23. Pystylaakeri D60:n siirtymät. Laakerikuorma on kohtisuoraan ylös.

Model name: Pystylaakeri d60_2
 Study name: sivulle_rulla
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



Kuva 24. Pystylaakeri D60:n jännitykset. Laakerikuorma on kohtisuoraan sivulle.

Model name: Pystylaakeri d60_2
 Study name: sivulle_rulla
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



Kuva 25. Pystylaakeri D60:n siirtymät. Laakerikuorma on kohtisuoraan sivulle.

5.2.3 Tulokset

Laakeripesän D60 maksimijännitys sivuttaisvoimalla on 420 MPa (Kuva 10.) ja ylös olevalla voimalla 460 MPa (Kuva 12.). Korkein siirtymä sivuttaisvoimalla on 0.03mm (Kuva 11.) ja ylös suunnatulla voimalla 0.02mm (Kuva 13.). Suurin jännitys esiintyy pulttinkantojen alla. Muualla laakeripesässä jännitys on maksimissaankin vain noin 80 MPa.

Laakeripesän D70 maksimijännitys sivuttaisvoimalla on 570 MPa (Kuva 14.) ja ylös olevalla voimalla 560 MPa (Kuva 16.). Korkein siirtymä sivuttaisvoimalla on 0.037mm (Kuva 15.) ja ylös suunnatulla voimalla 0.027mm (Kuva 17.). Suurin jännitys esiintyy pultinkantojen alla. Muualla rakenteessa jännitys on maksimissaankin kuitenkin noin 100 MPa.

Laakeripesän D80 maksimijännitys sivuttaisvoimalla on 320 MPa (Kuva 18.) ja ylös olevalla voimalla 320 MPa (Kuva 20.). Korkein siirtymä sivuttaisvoimalla on 0.08mm (Kuva 19.) ja ylös suunnatulla voimalla 0.057mm (Kuva 21.). Suurin jännitys esiintyy pultinkantojen alla. Muualla rakenteessa jännitys on maksimissaankin vain noin 80MPa.

Laakeripesän D60 paperirullan kuormituksella maksimijännitys sivuttaisvoimalla on 570 MPa (Kuva 22.) ja ylös olevalla voimalla 540 MPa (Kuva 24.). Korkein siirtymä sivuttaisvoimalla on 0.049mm (Kuva 23.) ja ylös suunnatulla voimalla 0.032mm (Kuva 25.). Suurin jännitys esiintyy pultinkantojen alla. Muualla laakeripesän rakenteessa jännitys on maksimissaankin vain noin 100MPa.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että suurimmassa osassa laakeripesien rakenteita jännitykset ovat alle materiaalin myötörajan 355MPa. Jännitykset pulttien kiinnitys kohdissa menevät reilusti yli sallitun osassa pesistä, mutta tämäkin jännitys on vain aivan rakenteen pinnassa. Sivulle olevissa kuormituksissa jännitykset nousevat jonkin verran korkeammalle. Todellisuudessa pultin alla on myös aluslevy, joka jakaa kuormitusta suuremmalle alueelle ja täten laskee maksimi jännitystä. Rakenteen kriittisin kohta on pultinkiinnityspinnan reunassa olevan kevennyksen kohdalla.

Koska laakeripesien runkojen jännitykset näyttävät pääosin olevan paljon alle sallitujen arvojen, niin runkoja voisi vähiten rasitetuimmista kohdista keventää. Näitä paikkoja voisi olla laakeri ympärillä oleva kaari sekä laakeripesän kiinnityskorvat. Nämä molemmat kevennykset siten toteuttaen, että akselin korko ja kiinnitys pulttien etäisyydet eivät muutu.

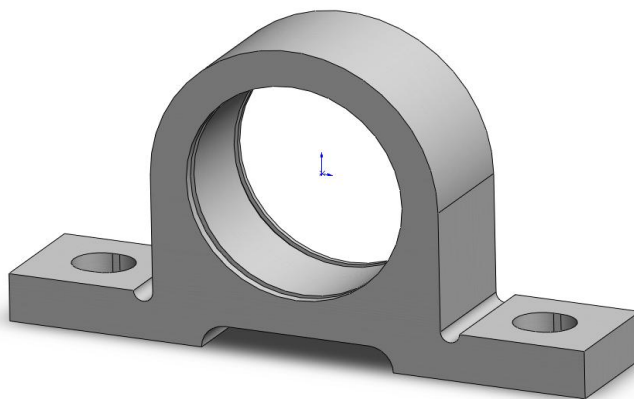
5.3 Kevennetty laakeripesä

Laskennassa on pienennetty laakerin ympärillä olevan kaaren vahvuutta 23mm:stä 15mm:iin, sekä kiinnityspulttien alla olevan osan vahvuutta 30mm:stä 20mm:iin. Myös aihion leveyttä on pienennetty 60mm:stä 50mm:iin sekä kiinnityspulttien vieressä olevien kevennyksien sädettä suurennettu 3mm:stä 4mm:iin (LIITE 3).

Aihion leveyttä rajoittaa laakerin kiinnitykseen tarkoitettujen pidätinrenkaiden urien mitoitus. Käytetty pidätinrenkas on standardin DIN 472 mukainen. Standardi DIN 472 määrittää, että pidätinrenkaan uran ja reiän reunan välille on minimissään jätävä 5,3mm leveä kaistale /3, s.526/. Jos valitaan 50mm leveä aihio ja siitä vähennetään laakeri ja lukitusrenkaiden leveys jäljelle jää reunaan varten vain vajaa 4mm per puoli. Laakeripesien käyttökohteissa sivuttaisvoimat ovat pieniä. Jos otetaan huomioon pesien käytössä, että pesää ei voi rasittaa akselin suunnassa normaalisti, niin silloin voitaisiin valita tämä ohuempi materiaali.

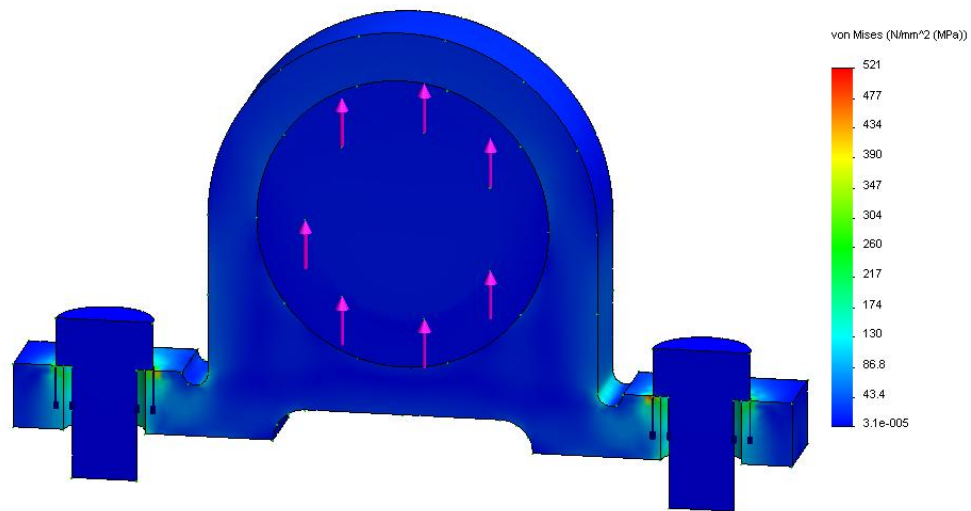
Kaaren vahvuuden pienentäminen tuo tilaa pulteille sekä pienentää laakeripesän korkeutta. Kiinnityspulteille tullut tila mahdollistaa laakeripesän sivuttaissäädön suurentamisen pidentämällä reikiä. Korkeuden pieneminen parantaa laakeripesän käytettävyyttä ahtaissa paikoissa. Työstökiinnitystä varten täytyy pohjan keskellä olevaa kevennystä suurentaa saman mitan verran kuin kaari oheni. Näin aihion saa kiinni kolmi- tai nelileukapakkaan reiän työstöä varten.

Kaikesta tästä tulee painosäästöä. Oman D60 laakeripesän paino putoaa noin 6kg:sta 3.5kg:oon. Kevennetty laakeripesä on esitetty kuvassa 26.



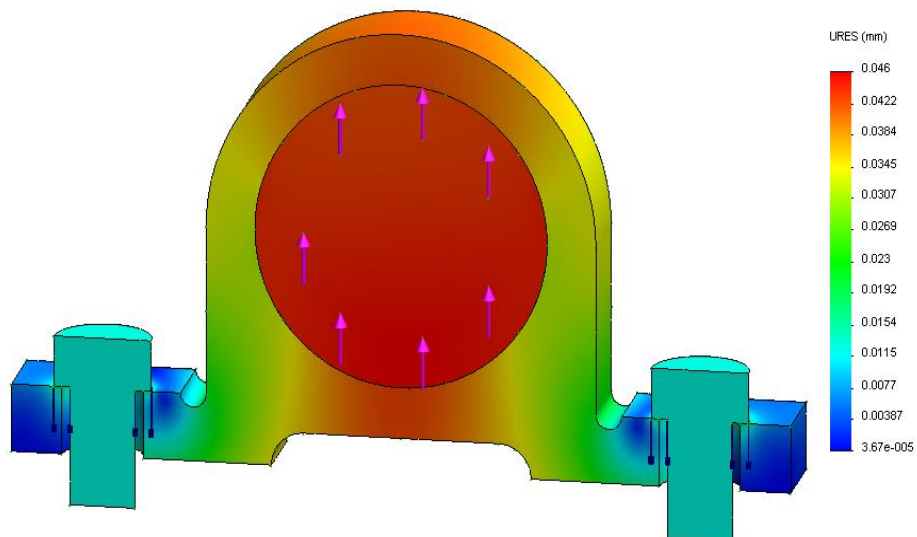
Kuva 26. Kevennetty laakeripesä D60.

Model name: Pystylaakeri d60_kevennetty
 Study name: ylös
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



Kuva 27. Jännitykset, voima ylös, laakeripesä D60 kevennetty.

Model name: Pystylaakeri d60_kevennetty
 Study name: ylös
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



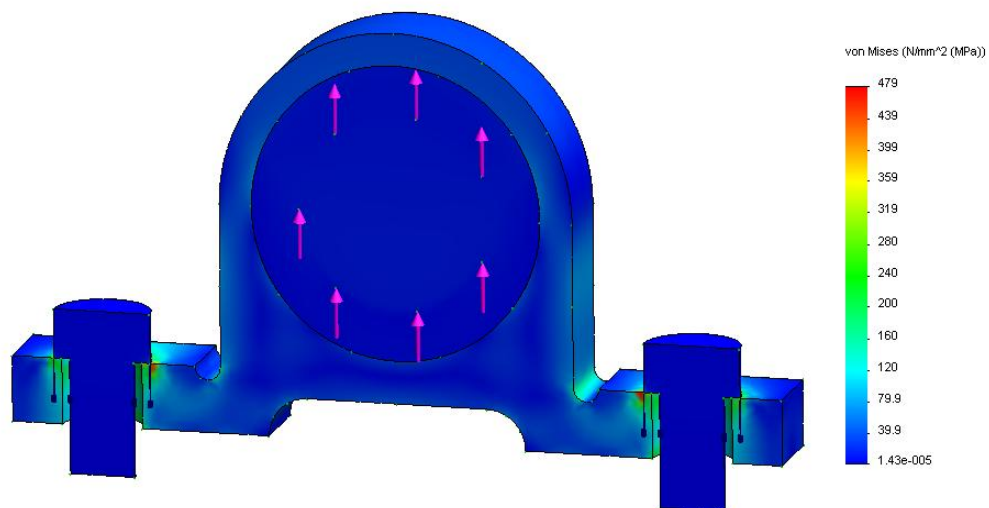
Kuva 28. Siirtymät, voima ylös, laakeripesä D60 kevennetty.

Kevennetyssä laakeripesässä maksimi jännitys pultinkantojen alla on noin 520 MPa (Kuva 19.). Tässä kevennetyssä mallissa pulttien kiinnityspintojen reunoissa olevissa kevennyksissä alkaa erottua suurempaa jännitystä. Tämä jännitys on silti vain noin 130MPa, mutta muualla jännitys on alle 100MPa. Jännitysten arvoista päätellen run-

koa voisi edelleen keventää. Laakerin yläpuolella olevassa kaaressa jännitykset ovat noin 20-30MPa, joten siinä on yksi paikka mistä rakennetta voisi vielä keventää.

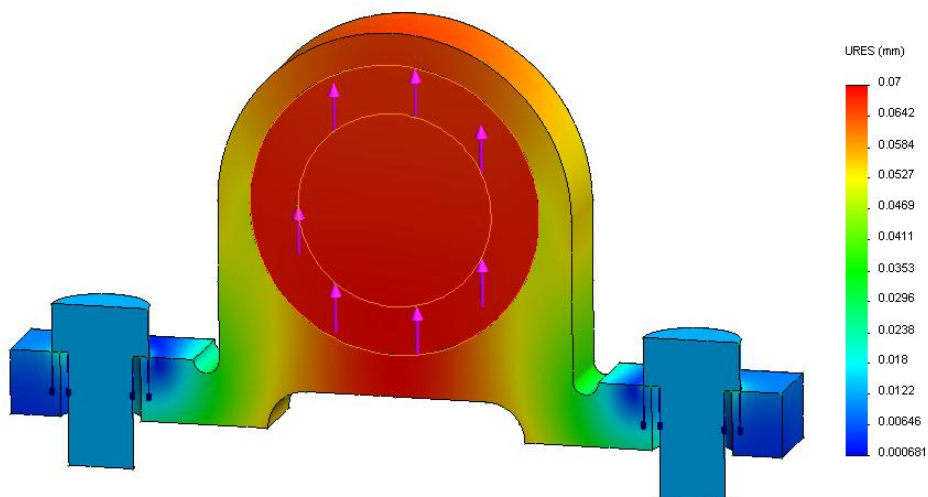
Kaari kevennetty(10mm).

Model name: Pystylaakeri d60_kevennetty2
Study name: ylös
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 1



Kuva 29. Laakeripesä D60 kaaresta lisää kevennettynä, jännitykset.

Model name: Pystylaakeri d60_kevennetty2
Study name: ylös
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1



Kuva 30. Laakeripesä D60 kaaresta lisää kevennettynä, siirtymät.

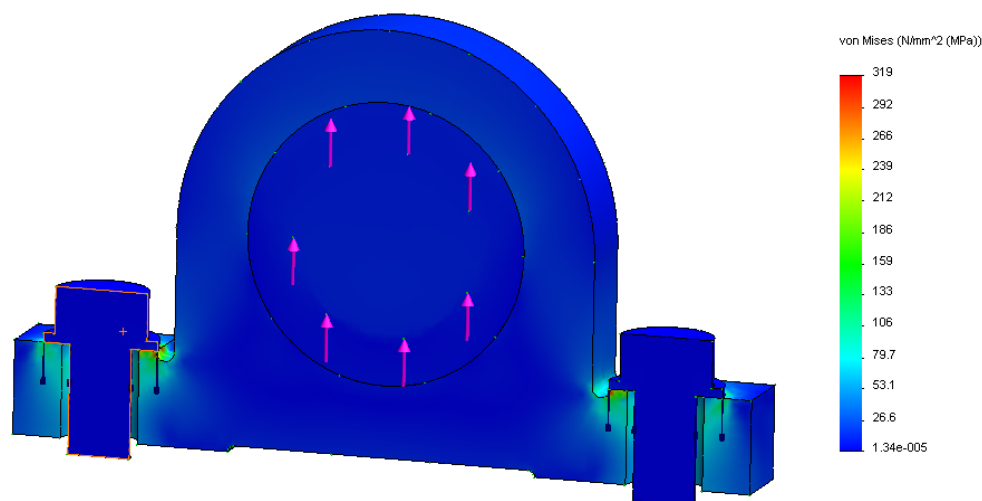
Kaaren keventäminen 10mm:iin nostaa kaaren jännitykset noin 30-60MPa:liin. Jännitykset kaaressa kaksinkertaistuvat, mutta ovat silti alhaiset. Laakeripesän maksimi jännitys on nyt hieman alle 500MPa ja kaaressa sekä muussa rakenteessa alle 100MPa:ssa.

5.4 Aluslevyn vaikutuksen tutkiminen

Seuraavaksi on kokeiltu miten paljon aluslevyn lisääminen vaikuttaa jännityksiin. Aluslevyn ulkohalkaisija on suurempi kuin pultin kiristyspinnan ulkohalkaisija, joten se jakaa jännityksen suuremmalle alueelle ja siten pienentää jännityshuippua.

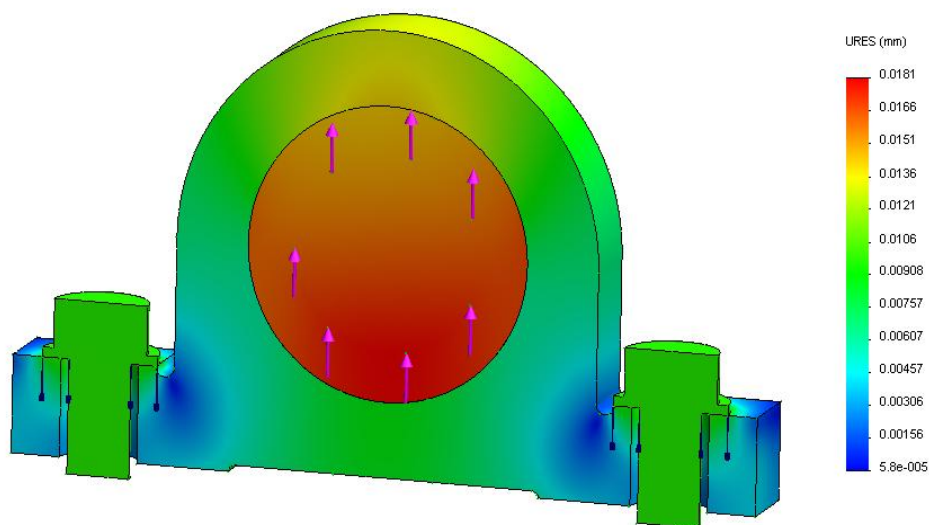
Aluslevyn vaikutusta on kokeiltu D60 laakeripesällä. Kyseisen pesän kinnityksessä käytetään yleisimmin Nord Lock NL20 lukitusaluslevyä tai ISO 7089-standardin mukaista aluslevyä. Nord Lock NL20:n ulkohalkaisija on 30,7mm ja vahvuus on 3,4mm. ISO 7089 aluslevyn ulkohalkaisija on 37mm ja vahvuus on 3mm. Nord lock NL 20 käytettäessä kontaktipinta-ala kasvaa vain vähän, mutta jos käytetään ISO 7089 aluslevyä pinta-ala kasvaa huomattavammin. Käytettyä pulttimallia on muokattu lisäämällä siihen ISO 7089 aluslevyn. Mallissa aluslevy ja pultti ovat samaa osaa.

Model name: Pystylaakeri d60_3
Study name: ylös
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 1



Kuva 31. Jännitykset, voima ylös, laakeripesä D60 aluslaatat lisättynä kiinnityspultin malliin.

Model name: Pystylaakeri d60_3
 Study name: ylös
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1



Kuva 32. Siirtymät, voima ylös, laakeripesä D60 aluslaatat lisättynä kiinnityspultin malliin.

Muokattua pulttimallia käyttäen maksimijännitykseksi tuli 320 MPa, kevennyksissä jännitys on noin 80 MPa ja muun rungon jännitys on alle 50 MPa. Aluslevyn käyttö laski tässä tapauksessa maksimijännitystä 100 MPa:lla ja kevennyksen alueen jännitystä noin 20 MPa:lla. Eli aluslevyllä on huomattava merkitys jännitysten kannalta.

5.5 Pneumatiikkasynterinin kiinnikkeet

Nykyisissä kiinnikkeissä ei ole paljoa kehitettävää. Ne ovat rakenteeltaan ja toiminnaltaan toimivia. Pientä hiomista löytyi parista kohdasta. Ensimmäinen asia on laakerin kiinnitys runkoon. Laakeri kiinnitetään nykyisin lukitusrenkailla, mutta laakeri voisi olla kevyemminkin kiinni. Kiinnikkeisiin kohdistuvat akselin suuntaiset voimat ovat vähäisiä. Laakerin elinikä on pitkä, eikä laakerin irrottamiselle ole näin ollen suurta tarvetta. Laakeri voisi olla kiinni pesässä samalla tavalla kuin kaupallisissa tuotteissa. Kiinnitysreiän reunaan lyötäisiin meillä muutama piste, jotka pitäisivät laakerin sivusuunnassa paikallaan. Toisessa reunassa asennusreikää voisi olla pykälä, jota vasten laakeri asennettaisiin. Tosin pykälän tekeminen luultavasti nostaa kiinnikkeen hintaa, koska reiän tekemiseen voidaan tarvita lisätyökaluja. Tämäkin vaihtoehto ei sulje kokonaan pois laakerin irrottamismahdollisuutta. Meistatut pisteet voi hioa pois tai muulla tavalla poistaa ja laakerin vaihdon jälkeen lyödä uudet pisteet.

Pintakäsittelyn kanssa esiintyneisiin ongelmiin kierteen ja lukitusrenkaan uran tuk-
keutumisen kanssa ratkaisu voisi olla suojata ne sinkiltä. Kierrereikään voisi kiertää
pultin sinkityksen ajaksi ja lukitusrenkaat laittaa paikoilleen. Tämä työ täytyisi sopia
sinkitysfirman kanssa. Koska näistä kohdista jää sinkitys pois, täytyy ne muistaa
muulla tavalla suojata korroosiota vastaan varastoinnin ja kuljetusten ajaksi.

6 VALMIIT VAIHTOEHDOT

Työssä etsittiin nykyisen laakeripesäkonstruktion tilalle käyviä valmiita komponentteja eri toimittajilta ja valmistajilta. Komponenttien tuli olla mahdollisimman hyvin nykyisen kaltaisia asennus- ja päämitoiltaan. Täsmälleen samalla konstruktiolla olevaa tuotetta ei löytynyt, missä olisi käytetty nivellaakeria ja teräksistä pesää. Työssä löydettiin kaksi lähellä olevaa tuotetta valurautaisen UCP laakeripesä ja tätä ensimmäistä vastaavan teräksisen laakeripesän.

6.1 Valurautainen UCP laakeripesä

Tämä on yleisesti käytetty pystylaakeripesä ja löytyy monen valmistajan tekemänä. Laakeripesän runko on valmistettu valuraudasta valamalla. Laakeri on malliltaan UC kuulalaakeri, jonka ulkopinta on pallomainen. Laakeripesään on työstetty sama pallomainen pinta, joka pitää laakerin kiinni pesässä. Tämä rakenne on nivellaakerin tavoin itseasentoituva. Asennettaessa mahdollisesti syntyvät suuntausvirheet korjautuvat itsestään. Laakerissa on myös pidätinruuvit akselin paikallaan pitämistä varten. UCP-laakeripesiä on kolmea sarjaa, UCP 200, UCP X00 ja UCP 300. Laakeripesäsarjat eroavat mittojen ja kuorman keston suhteen. UCP 200 on kantavuuksiltaan pienin ja UCP 300 on suurin.

Laakeripesän heikko ominaisuus on sen materiaalina käytetty valurauta, jolla on huono vetomurtolujuus. Myös iskusitkeydeltään se on huono. Puristusta se kestänee melko hyvin. Tässä työssä olevien omien laakeripesien mitoitus on otettu UCP 200-sarjan laakeripesistä.

6.2 Teräksinen UCP laakeripesä

Nämä laakeripesät ovat mitoitukseltaan ja käytettävältä laakerilta samat kuin edellä esitellyt UCP-laakeripesät. Näissä runko on valmistettu teräksestä, jolla on saatu kar-

sittua UCP laakeripesien heikot ominaisuudet pois. Tämä konstruktio kestää isku-
maista kuormitusta ja asennusasento ei ole niin tarkka, koska runko kestää myös ve-
tokuormitusta. Tämän konstruktion heikompi osa on laakeri.

Näitä teräksisiä laakeripesiä ei ole paljon markkinoilla ja työssä löydettiin vain yksi
valmistaja. Valmistustavasta ja valmistajien määrästä johtuen tämä on kallis vaihto-
ehto.

7 HINTOJEN VERTAILU

Hintojen vertailemiseksi on kerätty kaikkien tuotteiden hinnat taulukkoon (LIITE 4). Omille komponenteille ja niissä käytetyille laakereille on kerätty viimeisimmät hintatiedot Raumaster Paper Oy:n toiminnanohjausjärjestelmästä. Valmiiden tuotteiden toimittajilta on pyydetty tämän hetkiset tarjoukset. Kevennetylle ja kahdesta suunnasta kiinnitettävälle laakeripesälle pyydettiin tarjoukset konepajalta jolta RMP on tilannut vakio laakeripesiään. Taulukkoon on lisätty vielä muutama vertailua helpottava tieto, kuten komponenttien huoltovapaus ja tieto siitä, että sopiiko komponentti suoraan nykyisen tilalla.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Omat laakeripesät ovat konstruktioltaan ja rakenteeltaan melko varmoja. Lujuuslaskennassa selvisi, että käytettävän nivellaakerin maksimikuormituksen kestoihin ei näillä rakenteilla päästä, mutta ei ole tarvettakaan päästä. Laakeripesät kestävät valurautaisiin vastineisiinsa verrattuna yli kaksinkertaisen kuormituksen. Eli vastaavan kuormituksen kestävä valurautapesän käyttö vaatisi myös huomattavasti suuremman akselin. Laakeripesän valinta riippuu aina kulloisestakin käyttökohteesta.

Valurautapystylaakeria tulisi käyttää kohteissa, joissa voimat ovat selkeitä ja laakeri pystytään asentamaan siten, että voima kulkee mahdollisimman kohtisuoraan kiinnityspintaa kohti. Tämä on edullisin vaihtoehto.

Teräksinen pystylaakeripesä UC laakerilla on hyvä valinta, kun laakeripesää ei pystytä asentamaan niin että kuorman suunta olisi valupesälle suotuinen. Tämä on hyvä valinta myös silloin, kun kuormitus on iskumaista, mutta huomioiden UC vierintä laakerin kuormituksen keston.

Omassa laakeripesässä käytetty rakenne antaa joustavuutta laakeripesän sijoituksessa. Se on kohtalaisen pieni kooltaan ja kestää kokoonsa nähden suuria kuormia. Oman laakeripesän käyttökohteita ovat vaativat kohteet, jossa laakeripesä joutuu alttiiksi suurille ja iskumaisille kuormille, tai että tilan puolesta ei ole mahdollista laittaa sellaista valurautalaakeripesää, joka kestäisi vaaditut kuormat.

Nykyisissä oman laakeripesän käyttökohteissa, joissa kuormituksen suuruuden ja selkeyden puolesta voisi käyttää valmista valurautaista laakeripesää, ei vaihto ole ihan mutkatonta. Laakeripesä konstruktioiden mitoitus eroaa laakerien osalta hieman ja tästä johtuen se ei sovi kaikkiin paikkoihin suoraan. Tästä sovituksen muutoksesta tulee työtä ja sitä kautta kustannuksia.

Oman laakeripesän käyttömahdollisuuksien ja -ominaisuuksien monipuolistamisessa ei ole yhtä selkeää vaihtoehtoa. Siihen on mahdollista tehdä pieniä parannuksia. Sitä voisi hieman keventää. Jos esimerkiksi RMP:n D60 laakeripesälle kuormankeston vaatimuksena olisi maksimi rullan massa, niin tämän pohjalta siitä voisi keventää.

Kaksoiskiinnitysmahdollisuus on toteutettavissa, mutta onko sille todellista tarvetta. Laippakiinnityksessä pystylaakeripesän kiinnityskorvat ovat kohtalaisen leveällä ja näin ollen ne ovat todennäköisesti laakeripesän asennuksessa tiellä. Mallikonstruktiossa jouduttiin laippakiinnityksen reikäjako laittamaan aika pienelle jakohalkaisijalle (LIITE 2). Tästä johtuen pesän kiinnitys laitteen rungossa olevia vapaareikiä käyttäen ei todennäköisesti onnistu tai hankaloituu huomattavasti.

Pneumatiikkatarvikkeissa sylinterinperän kiinnikkeelle löytyy muutamia valmiita vaihtoehtoja. Nämä ovat kuitenkin hinnaltaan niin kalliita, että ei kannata vaihtaa niihin. Omat peränkiinnikkeet ovat toimivia ja kestäviä, joten suurta vaihtotarvetta ei ole. Männänvarren kiinnikkeelle ei löytynyt yhtään suoraan vaihtokelpoista valmista vastinetta. Valmiissa kiinnikkeissä oli laakerin osalta mittaeroja, mutta muuten varteen otettavia vaihtoehtoja. Jotta valmiiseen tuotteeseen voitaisiin siirtyä, täytyisi nykyisiä käyttökohteita muokata sille sopiviksi. Hinnaltaan valmiskomponentti on hieman halvempi. Joten pitkällä juoksulla vaihto siihen on kannattavaa ainakin nykyisellä hintatasolla.

LÄHTEET

- 1: ASAHI, Laakeriyksiköt, Kraftmek, 2005, 112 s.
- 2: FESTO, Volume1, Pneumatic drives Proximity switches, 2004/2005
- 3: Valtanen, Tekniikan taulukkirja, 15. painos, Jyväskylä, Genesis-Kirjat Oy, 2007, 1042 s.
- 4: Ruukki [verkkodokumentti], 08.2009, Kuumavalssatut teräslevyt ja –kelat Raken-
neteräkset, [Viitattu 2.12.2009], Saatavissa:
[http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/949539F73B07D245C225761C002C8FB5/\\$File/Multisteel_HR_08.2009_FI.pdf?openElement](http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/949539F73B07D245C225761C002C8FB5/$File/Multisteel_HR_08.2009_FI.pdf?openElement)
- 5: Pohjolainen, A0047 pos101, työnnpysäyttimen rungon P7023259 ja varren P7023293 lujuus. Pori, RMP, 21.11.08
- 6: INA [verkkodokumentti], 02.2008, Spherical plain bearings, plain bushes, rod
ends, [Viitattu 7.12.2009], Saatavissa:
http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/library/downloads/238_de_en_1.pdf
- 7: PMCPolarteknik [verkkodokumentti], 1.2009, Pneumatiikkasyylinterit, [Viitattu
16.12.2009], Saatavissa:
http://www.pmcpolarteknik.com/files/price_lists/Pneumatiikka_sylinterit_2009.pdf
- 8: Bosch Rexroth AG [verkkodokumentti], 8.12.2009, Männänvarrelliset sylinterit,
Sideankkurisylinterit, [Viitattu 16.12.2009], Saatavissa:
http://www.boschrexroth.com/pneumatics-catalog/content/allplatforms/vornavigation/xmedia/internet/fi/pdf/PDF_p8748_fi.pdf
- 9: Raumater Paper Oy Introduction, Powerpoint, 7.7.2008

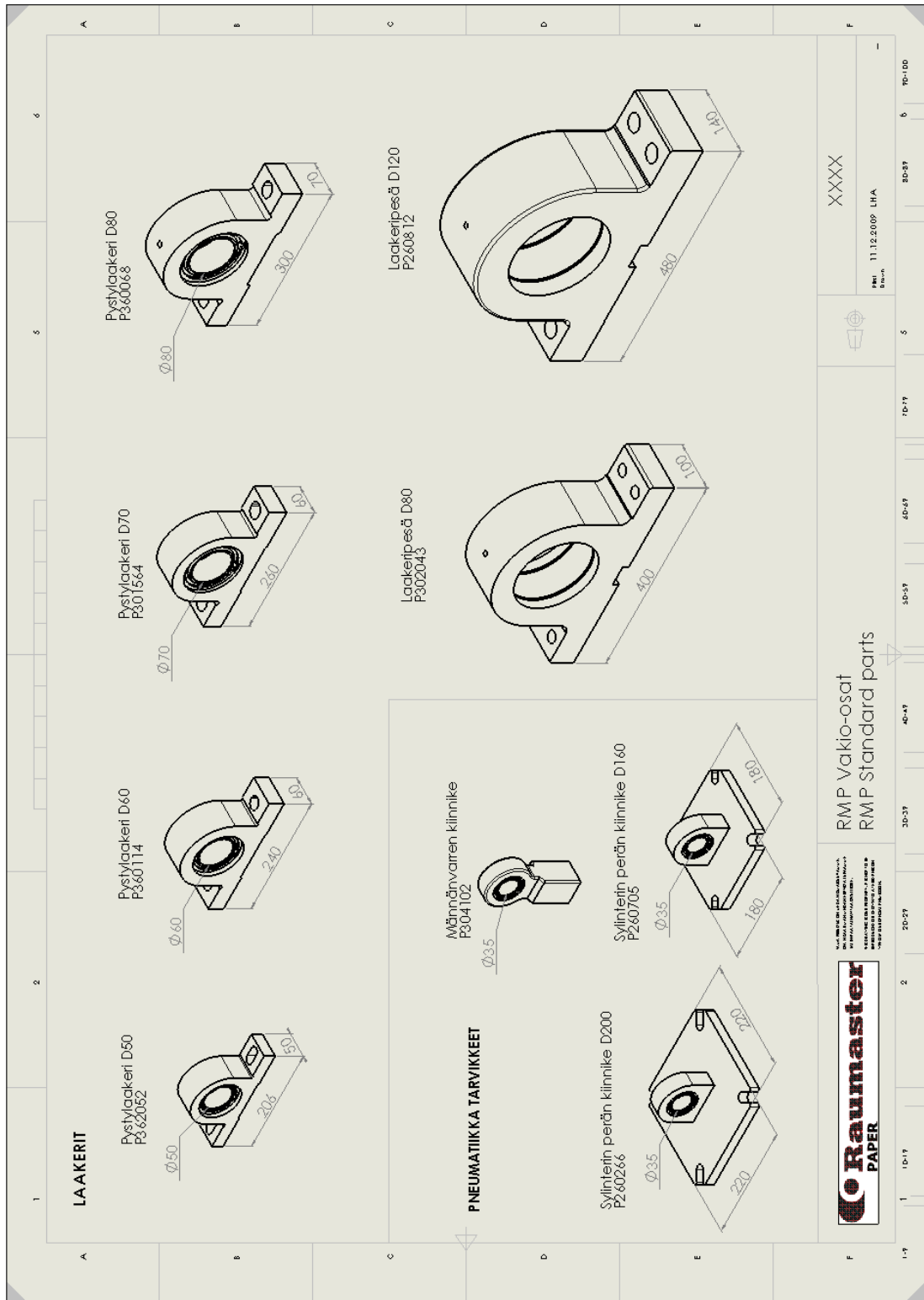
LIITELUETTELO

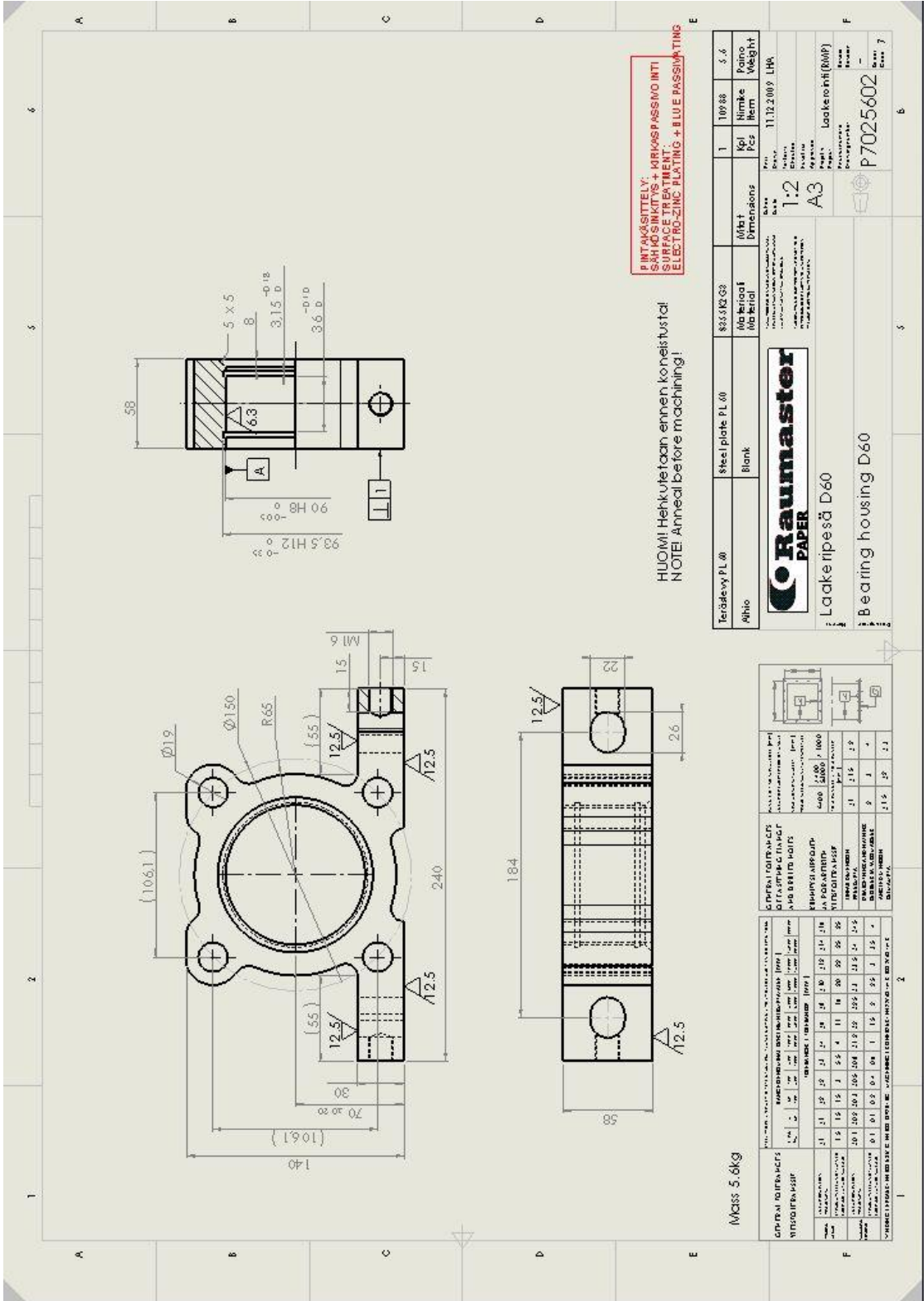
Liite 1 RMP Vakio-osat

Liite 2 Muokatun laakeripesän piirustus

Liite 3 Kevennetyn laakeripesän piirustus

Liite 4 Vertailutaulukko





PINTAKÄSITTELY:
SAHKO-SINKITYS + KIRKOS-PASSIVOINTI
SURFACE TREATMENT:
ELECTRO-ZINC PLATING + BLUE PASSIVATING

HUOMI! Hehkuleitaan ennen koneistusta!
NOTE! Anneal before machining!

Tuotteen PL. nro	Steel plate PL. nro	825532.00	Määrä / Qty	1	10988	5.6
Muoto / Shape	Blank		Kpl / Item			
Raumaster PAPER			Mittakaava / Scale	1:2		
Laake ripesä D60			Materiaali / Material	A3		
Bearing housing D60			Valmistaja / Manufacturer	Laake toimitus (RMP)		
			Asennus / Assembly			
			Part number	P7025602		
			Version			Rev. 7

Mass 5.6kg

MÄÄRÄT / QUANTITIES		MÄÄRÄT / QUANTITIES		MÄÄRÄT / QUANTITIES	
Yks.	Määrä	Yks.	Määrä	Yks.	Määrä
Kpl	1	Kpl	1	Kpl	1
kg	5.6	kg	5.6	kg	5.6
mm	119	mm	119	mm	119
mm	184	mm	184	mm	184
mm	58	mm	58	mm	58
mm	12.5	mm	12.5	mm	12.5
mm	6.3	mm	6.3	mm	6.3
mm	10.61	mm	10.61	mm	10.61
mm	70.00	mm	70.00	mm	70.00
mm	30	mm	30	mm	30
mm	15	mm	15	mm	15
mm	12.5	mm	12.5	mm	12.5
mm	5	mm	5	mm	5
mm	1.5	mm	1.5	mm	1.5
mm	0.1	mm	0.1	mm	0.1
mm	0.05	mm	0.05	mm	0.05
mm	0.02	mm	0.02	mm	0.02
mm	0.01	mm	0.01	mm	0.01

Laakeripesä vertailu				
Syksy 2009				
Malli	Laakeri	Lisätieto	Kantavuus	
			dynaami- nen, C _r [N]	staatti- nen, C _{0r} [N]
P362052	GE50-2RS	RMP:n oma, D50	442000	737000
P360114	GE60-2RS	RMP:n oma, D60	690000	1150000
P301564	GE70-2RS	RMP:n oma, D70	885000	1475000
P360068	GE80-2RS	RMP:n oma, D80	1125000	1875000
P7025553	GE60-2RS	Kevennetty, D60		
P7025602	GE60-2RS	Kahd.suun.kiin., D60		
UCP 210	UC 210	D50	35316	23250
UCP 212	UC 212	D60	52484	36297
UCP 214	UC 214	D70	62294	44145
UCP 216	UC 216	D80	72594	52974
Teräs UCP 212	UC 212	BRI-MAC		36297
Teräs UCP 214	UC 214	BRI-MAC		44145
Teräs UCP 216	UC 216	BRI-MAC		52974
SCF 60 ES		SKF	245000	530000
GF60-DO		INA	245000	558000
Pneumatiikkasyylinterin kiinnikkeet				
P260705	GE35 UK-2RS	Peränkiinnike D160*		
P260266	GE35 UK-2RS	Peränkiinnike D200*		
P304102	GE35 UK-2RS	Varrenkiinnike		
1827001626, Rexroth		Perä 160		
1827001627, Rexroth		Perä 200		
1822124008, Rexroth		Varrenkiinnike		
SGS-M36x2, Festo		Varrenk. D35 10775		
BS, Pimatic		Varrenkiinnike D35		
KI 35-D, Askubal		Varrenkiinnike D35		
*Pneumatiikka sylinterin männähalkaisijan mitta.				

Malli	Hinta (viimeisin hintatieto)			Sopi- vuus nykyisen tilalle***	Lean ko- konais- kulutus**	
	Pesä (tilausmäärä)	Laake- ri	Yhteen- sä			
P362052, H	19,5 (4)		23,93	43,43	K	36
P360114, H	63,14 (50)		30,38	93,52	K	426
P301564, H	84,1 (20)		17,85	101,95	K	41
P360068, H	117,7 (10)		25	142,7	K	46
P7025553, H	58,0 (50)		30,38	88,38	K	
P7025602, H	70,0 (50)		30,38	100,38	K	
UCP 210				16,66	K	
UCP 212				26,6	K	
UCP 214				45,83	K	
UCP 216				67,27	K	
Teräs UCP 212	135,65 (1)	78,94 (10)			K	
Teräs UCP 214	148,99 (1)	87,84 (10)			K	
Teräs UCP 216	170,12 (1)	103,4 (10)			K	
SCF 60 ES				87,3	E	
GF60-DO				47,16	E	
Pneumatiikkasyylinterin kiinnikkeet						
P260705, H			3,99	3,99	K	9
P260266, H	62		3,99	65,99	K	219
P304102, H	48		3,99	51,99	K	282
1827001626, Rexroth, H				121,31	E	
1827001627, Rexroth, H				146,38	E	
1822124008, Rexroth, H				70,5	E	
SGS-M36x2, Festo, H				55,55	E	
BS, Pimatic, H				50	E	
KI 35-D, Askubal, H				57,65	E	
**Lean toiminnanohjausjärjestelmästä katsotut kokonais käyttö määrät.						
***Muodon puolesta						
H = huoltovapaa				K=kyllä, E=ei		