



Koeponnistus

Prosessin parantaminen

Jari Mäenpää

Opinnäytetyö
Lokakuu 2011
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernien tuotantojärjestelmien suuntautumisvaihtoehto

MÄENPÄÄ, JARI: Koeponnistus prosessin parantaminen

Opinnäytetyö 39 s., liitteet 12 s.
Lokakuu 2011

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Componenta Finland Oy Nisamo. Työn aiheena oli kriittisimmän räjähdyspaineen kestävien komponenttien koeponnistusprosessin parantaminen. Koeistettavista komponenteista keskityttiin staattorinrunkoihin ja laakerikilpiin. Tarkoituksena oli työntutkimusta apuna käyttäen tunnistaa prosessin kehittämismahdollisuuksia. Tutkimuksen kohteena oli koeponnistustyövaihe ja -menetelmä. Työntutkimuksen seurauksena syntyi idea laakerikilpien koeistuksen menetelmämuutokseen. Lisäksi tarkasteltiin materiaalivirtoja ja niiden suuntia sekä järjesteltiin työpiste layout-suunnittelun avulla.

Opinnäytetyön konkreettisina tuloksina selvisivät staattorinrunkojen ja laakerikilpien nykyiset vaiheajat, jotka ovat tärkeää tietoa prosessimaiselle tuotannolle. Koeponnistustyövaiheen kehittämiseen suhtauduttiin toimeksiantajan puolelta innokkaasti. Erityisesti laakerikilpien ponnistukseen suunniteltu kulmahylly lisättiin hankelistalle työturvallisuuden parantamisen ja työnkulun yksinkertaistamisen vuoksi. Yksinkertaisen, mutta tehokkaan layout-muutoksen avulla saatiin nykyiseen koeponnistustyöpisteeseen lisää lattiapinta-alaa.

Konepajassa tilanteet ja aikataulut elävät kaiken aikaa. Tästä johtuen kaikkia parannustoimenpiteitä ei ehditty työn valmistusajankohtaan mennessä suorittamaan. Nykyisen ja parannetun prosessin vertailua ei kyetty tekemään kokonaisvaltaisesti, joten osa tuloksista selviää myöhemmässä ajankohdassa. Tulevaisuudessa tapahtuvassa kehittämisessä tulee edelleen panostaa työhön perehdyttämiseen ja ohjeistukseen. Työn suorittamiseen vaikuttavat uudet parannusehdotukset tulisi selvitystyön jälkeen ottaa jatkossakin käyttöön nopeassa aikataulussa.

ABSTRACT

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

MÄENPÄÄ, JARI: Development of pressure test process

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 12 pages
October 2011

Principal of this thesis was Componenta Finland Ltd. Nisamo. Subject of this thesis was pressure test process development. Development was focused to stator frame and bearing shield. The purpose was with help of work-study to identify development opportunities of the process. The empirical part consists of pressure test method. Work-study findings resulted in the idea to change the testing method of the bearing shield operation. In this study were also examined material stream and its travel directions. The test pressure workstation was reorganized with the help of layout planning.

A concrete result of the thesis was finding out the current cycle times of stator frames and bearing shields operation, which is important information for process-oriented production. Principal was excited from development of the pressure testing operation. Especially a new component to bearing shield pressure test method was welcome, because its improvements of the occupational safety and simplification of the workflow. Simple, but effective layout change to the current pressure test workstation made it possible to gain more floor space.

The findings indicate that there are possibilities to improve process. However, there was not enough time to compare current and improved method and the results were left off from thesis. Development in the future should be focused to initiation of work and making of clear instructions.

Key words: Pressure test, work-study, development

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 COMPONENTA FINLAND OY NISAMO	6
2.1 Historia	6
2.3 Konserni	7
3 TYÖNTUTKIMUS	8
3.1 Työntutkimuksen tarkoitus	8
3.2 Työntutkimuksen tavoitteet	9
3.3 Menetelmätutkimus	9
3.4 Työnmittaus	10
4 KOEPONNISTUS	12
4.1 Menetelmä	12
4.2 Laitteisto	14
4.3 Staattorinrungot	15
4.3.1 Staattorinrunko (GJS 500)	16
4.3.2 Staattorinrungot (GJL 250)	19
4.3.3 Parannusmahdollisuudet	20
5 LAAKERIKILVEN MENETELMÄSUUNNITTELU	25
5.1 Laakerikilven menetelmämuutos	25
5.2 Kiinnittimen suunnittelu	25
6 LAYOUT-SUUNNITTELU	31
6.1 Layout-suunnittelun strategia	31
6.2 Materiaalivirta	31
6.3 Työpiste	34
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	37
LÄHTEET	39
LIITTEET	40

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on koeponnistusprosessin parantaminen. Koeponnistusmenetelmässä materiaali koeistetaan nesteellä tietyssä ylipaineessa ja se tehdään yleensä koneistusvalmiille valukappaleille. Koeistuksen tarkoituksena on löytää sellaiset materiaalivirheet, jotka eivät täytä kriittisimmän räjähdyspaineen kestävien rakenteiden komponenttien laatuvaatimuksia.

Työn aihe on rajattu toimeksiantajan tiloissa olevan laitteiston ja sillä tehtävän koeistuksen tutkimiseen ja kehittämiseen. Koeponnistettavista tuotteista keskitytään lähinnä staattorinrunkoihin ja niiden laakerikilpiin. Työhön kuuluu myös layout-suunnittelu, joka liittyy mahdollisesti tulevaisuudessa tapahtuvaan prosessin parantamiseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on työntutkimusta apuna käyttäen kuvata koeponnistustyövaihe ja löytää prosessista mahdolliset kehityskohteet. Työn toimeksiantaja on Componenta Finland Oy Nisamo.

Tavoitteena on koeponnistustyövaiheen läpimenoajan lyhentäminen sekä työturvallisuuden ja siisteyden parantaminen. Tavoitteeseen pääseminen antaa toimeksiantajalle puhtaasti taloudellista hyötyä vaiheajan lyhentymisenä ja tätä myöten tehostuneena toimintana. Työntekijän näkökulmasta parantunut työturvallisuus ja työpisteen siisteys lisäävät työn mielekkyyttä ja viihtyvyyttä.

2 COMPONENTA FINLAND OY NISAMO

Componenta Finland Oy Nisamo on yksi Componenta Finland Oy:n konepajayksiköistä. Tehtaassa koneistetaan pääasiassa Componentan omien valimoiden toimittamia valukomponentteja koneenrakennus-, dieselmoottori- ja tuulivoimateollisuudelle. Valumateriaalit ovat useimmiten suomu- ja pallografiittivalurautoja. Tehdas on erikoistunut vaativien tuulivoimateollisuuden tuotteiden koneistukseen. Componentan omien valimoiden tuotteiden lisäksi tehtaassa koneistetaan myös asiakkaiden toimittamia valukappaleita. Yksikkö sijaitsee Lempäälässä, Tampereen rajan tuntumassa. (Componenta 2011.)

2.1 Historia

Nisamo Oy:n perustivat aprillipäivänä vuonna 1970 Tampellassa ja Lokomolla työskennelleet Jarmo Nieminen, Veikko Salonen ja Pekka Molin. Kaverukset hankkivat ensimmäisen koneensa Kokkolan Konevarastosta. Kauppahinnaksi muodostui 14 000 markkaa. Kolmessa vuorossa työskennelleet kumppanukset saivat ensimmäiset tilauksensa Lokomolta, Tampellalta ja Valmetilta. Ensimmäisen vuoden liikevaihdoksi kertyi 63 000 markkaa. (Kauppalehti 2000.)

Molin osti liiketoiminnan laajentumista vastustaneet kumppaninsa ulos vuonna 1972. Samana vuonna hän palkkasi ensimmäiset ulkopuoliset työntekijänsä ja viihtyi itsekin koneen kammissa vuoteen 1976 asti. Vuoteen 2000 mennessä Nisamoa koetteli kaksi lamaa, joista ensimmäinen oli vuonna 1983 ja toinen 1991. Jälkimmäisestä lamasta toipuminen tapahtui nopeasti, kun koko metalliteollisuus lähti nousuun. (Kauppalehti 2000.)

Nisamon historian suurin käänne tapahtui, kun Componenta osti yrityksen heinäkuun viimeinen päivä vuonna 2001. Nimi vaihtui Nisamo Oy:stä Componenta Nisamo Oy:ksi. (Componenta 2001, 23.) Molin jatkoi yksikön johtajana, mutta jättäytyi pois muutaman vuoden kuluttua. Nykyään yksikön nimi on Componenta Finland Oy Nisamo ja yksikönjohtajana toimii Jussi Mustonen. Vuonna 2008 alkanut talouden taantuma vaikuttaa edelleen Nisamon toimintaan mm. tilauskannan heikentymisenä ja henkilöstön

lomautusten muodossa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2010). Valon pilkahduksiakin tosin on havaittavissa ja odotukset paremmasta, tasaisesta tulevaisuudesta ovat korkealla.

2.3 Konserni

Componenta on globaalisti toimiva metalliteollisuuden konserni, joka valmistaa valutuotteita koneistettuna ja pintakäsiteltynä eri asiakkaiden tarpeisiin. Asiakaskunta koostuu mm. koneenrakennus-, ajoneuvo-, maatalouskone- ja tuulivoimateollisuuden parissa kansainvälisesti toimivista valmistajista. Asennusvalmiina toimitetut valukomponentit ovat usein asiakkaiden tuotteiden strategisia osia. (Componenta 2011.)

Componentan tuotantoyksiköiden toiminta jakautuu neljään maahan, jotka ovat Suomi, Ruotsi, Hollanti ja Turkki (taulukko 1). Konsernin pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Vuonna 2010 konsernin henkilöstön määrä oli noin 4400 ja liikevaihto 452 miljoonaa euroa. (Componenta 2011.)

TAULUKKO 1. Tuotantoyksiköt

	Valimo	Konepaja
Suomi	<ul style="list-style-type: none"> • Karkkila • Pietarsaari • Pori • Suomivalimo 	<ul style="list-style-type: none"> • Nisamo • Pistons
Ruotsi		<ul style="list-style-type: none"> • Främme stad • Wirsbo
Hollanti	<ul style="list-style-type: none"> • Heerlen • Weert 	<ul style="list-style-type: none"> • Weert MS
Turkki	<ul style="list-style-type: none"> • Orhangazi • Manisa 	<ul style="list-style-type: none"> • Orhangazi MS

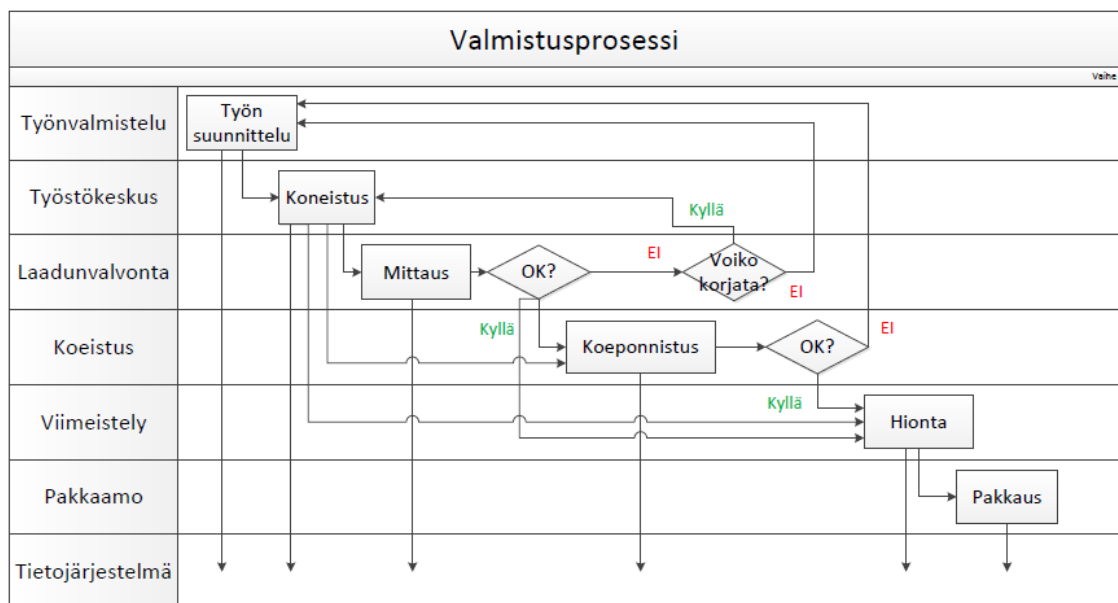
3 TYÖNTUTKIMUS

3.1 Työntutkimuksen tarkoitus

Työntutkimusta käytetään ihmisten, materiaalien, tuotantovälineiden ja työnsuorittamiseen käytettyjen menetelmien kriittiseen tarkasteluun. Työntutkimuksen tarkoituksena on kehittää työsuorituksen tehokkuutta ja taloudellisuutta tutkimushetken työtilanteessa. Oikein suoritettuna työntutkimuksella saadaan selvitettyä pullonkaulavaiheet, läpäisy aika, tahtiaika ja kustannukset. (Työpaikan suunnittelu 1988, 15.)

Työntutkimus jakautuu yleensä menetelmätutkimukseen ja aikatutkimukseen. Aikatutkimus pitää sisällään ajankäyttötutkimuksen ja työnmittauksen, jolla selvitetään varsinaiseen työhön käytettävä aika. Lisäksi käytetään erilaisia toimintojen kuvaustekniikoita tutkittaessa eri työvaiheiden liittymistä toisiinsa prosessin läpäisyn kannalta. Kuvaustekniikoita ovat mm. valmistus-, työnkulku-, toiminta- ja virtauskaavio. (Työpaikan suunnittelu 1988, 15.)

Kuviossa 1 on esitetty koeponnistustyövaiheen sijoittuminen suhteessa muihin työvaiheisiin valmistusprosessissa.



KUVIO 1. Työnkulkukaavio

3.2 Työntutkimuksen tavoitteet

Työntutkimuksen avulla tavoiteltavia hyötyjä

- Ajankäytön tehostaminen. Työaika pyritään käyttämään välittömään tuotantoprosessiin ja välttämään häviö-, odotus- ja järjestelyaikoja eli prosessihukkaa.
- Työnkulun tehostaminen. Tuotantoprosessi pyritään saamaan tehokkaaksi kokonaisuudeksi työvaiheiden, kuljetusten ja välivarastoinnin osalta.
- Työvaiheiden tehostaminen. Tavoitteena on tuottavuuden nostaminen tutkimalla työvaiheen suoritustapaa, välineitä ja työskentelyolosuhteita.
- Työliikkeiden parantaminen. Tarkoituksena määrittää työlle aika standardoitujen liikesarjojen avulla. (Työpaikan suunnittelu 1988, 15.)

Elinkeinoelämän Keskusliitto ja Suomen Ammattiliittojen Keskusliitto ovat määritelleet erillisessä rationalisointisopimuksessa järjestelmällisten toimintojen kehittämisen toimintalinjat. Yrityksen tulee hyödyntää työntutkimustoimintaa avoimesti, kiinnittää huomiota yritystoiminnan jatkuvuuteen ja henkilöstön työturvallisuuteen sekä henkiseen hyvinvointiin. (Rationalisointisopimus 1986.)

3.3 Menetelmätutkimus

Työmenetelmä on suoritustapa, jolla määrätty työvaihe toteutetaan. Työvaiheiden järjestyksen muuttaminen tai muu eroavaisuus työn suorittamisessa tarkoittaa sitä, että myös työmenetelmä on muuttunut. Nykyisen menetelmän parantamisessa tai kokonaan uutta menetelmää kehitettäessä tulisi selvittää jokaisen työvaiheen tarpeellisuus, uudelleen järjestämisen tai yhdistämisen mahdollisuus ja tehokkain suoritustapa. Menetelmäsuunnittelu kohdistuu koko tuotantoketjuun, alkaen osavalmistuksesta päättyen kokoonpanon viimeiseen työvaiheeseen. Menetelmäsuunnittelun haaste on koko tuotantoprosessin kehittäminen toimivaksi kokonaisuudeksi, eikä pelkästään yksittäisen työvaiheen optimointi. (Työpaikan suunnittelu 1988, 16; Mattila 2011.)

Menetelmätutkimuksessa tarkastellaan systemaattisesti työn, materiaalien, työvälineiden ja koneiden yhteistoimintaa. Tutkimuksen perusteella tehtävällä kehittämisellä tulee saavuttaa parempi tuottavuus, pienentyneet tuotantokustannukset sekä parantunut työ-

turvallisuus ja työergonomia. (Työpaikan suunnittelu 1988, 16; Mattila 2011.) Uuden menetelmän tulee myös kestää kritiikki edellä mainittujen seikkojen kannalta, koska joskus kehitys voi todellisuudessa jäädä näennäiseksi. Näin ollen tiedon hankinnassa tulee nojautua faktatietoon ja itse keksityt totuudet sekä arvailut tulee jättää pois selvitystyöstä.

3.4 Työnmittaus

Työnmittauksen tarkoituksena on mitata aika, joka tarvitaan työn suorittamiseen normaalisuorituksena. Työnsuoritusajoja tarvitaan mm. tuotannon suunnittelussa, menetelmäsuunnittelussa ja tarjouslaskennassa. Tärkeimpiä työnmittausmenetelmiä ovat kelloaikatutkimus, havainnointitutkimus, liikeaikatutkimus ja aikalaskelmat. Varsinainen työnmittaus suoritetaan kelloaikatutkimuksella työntutkijan toimesta. (Työpaikan suunnittelu 1988, 16.)

Kelloaikatutkimus sisältää ajankäyttötutkimuksen ja normaaliaikatutkimuksen. Ajankäyttötutkimuksessa työntutkija seuraa jatkuvasti työntekijän työskentelyä ja merkitsee muistiin tehtyyn työhön kuluneen ajan. Normaaliaikatutkimuksessa etsitään sellaisia työvaiheita, joiden tekemiseen kuluva aika riippuu työntekijän joutuisuudesta. Näiden työvaiheiden tehostamiseen pyritään työntutkimuksella. (Työpaikan suunnittelu 1988, 16.)

Havainnointitutkimuksessa tutkittavasta työstä tehdään havaintoja. Kohteena voivat olla työntekijät, työtehtävät, koneet tai työvaiheet. Havainnointitutkimuksen tarkoituksena on selvittää ajan jakautuminen tutkimuksessa valittuihin aikalajeihin. Tutkimusta voidaan käyttää pohjana siirryttäessä yksityiskohtaisempiin selvityksiin. (Työpaikan suunnittelu 1988, 16.)

Liikeaikatutkimuksessa tutkitaan työntekijän tekemää työtä etukäteen määrättyjen standardimenetelmien ja standardiaikojen perusteella. Standardiajat toimivat työnsuorituksen ohjearvoina, koska ne on laadittu etukäteen käyttäen suurta tarkkuutta ja huolellisuutta. (Työpaikan suunnittelu 1988, 16.) Tunnetuimmat liikeaikajärjestelmät ovat yhdysvaltalainen MTM eli Methods Time Measurement ja Ruotsissa kehitetty MTM2, joka on toinen kehitelmä MTM-järjestelmästä (Mattila 2011).

Aikalaskelmat kohdistuvat ainoastaan koneaikoihin. Laskelmissa selvitetään työaikaan kuuluvat todelliset koneajat. (Työpaikan suunnittelu 1988, 16.) Aikalaskelmilla ei siis ole tarkoitus mitata työsuoritukseen kuluva-aikaa. Koneaikojen mittaamiseen on kehitetty erilaisia aikalaskentaohjelmia, joista eräs on mm. ADC eli Automatic Data Collection (Mattila 2011).

4 KOEPONNISTUS

Kriittisimmän räjähdyspaineen kestävien rakenteiden komponentit on painekoeistettava standardin EN50018 mukaisesti. Tällä koeistuksella valvotaan valukappaleen laatua siten, että jokainen käytettävä osa kestää koeräjäytyksessä mitatun maksimipaineen 1,5-kertaisella varmuudella. Painekoeistettavia komponentteja ovat mm. tietyt staattorinrungot ja laakerikilvet. (Nisamo 1998.)

4.1 Menetelmä

Koeponnistus nesteen avulla edellyttää kappaleelta kotelomaista rakennetta. Koeponnistusmenetelmässä kappaleen avoimeksi jääneet koneistetut liitospinnat suljetaan sopivilla laipoilla. Kappaleen sisäpuolelle jäänyt ilmatiivis osio muodostaa koeponnistettavan tilan. Koeponnistuslaipoissa käytetään o-rengas- ja poikkipinnaltaan neliönmuotoisia kumitiivisteitä. Kappaleen fyysinen rakenne määrää ponnistusasennon, jonka takia yläosassa sijaitsevassa ponnistuslaipassa tulee olla ilmanpoistoventtiili. Kappaleen täyttö nesteellä voi tapahtua rakenteen ala- tai yläosasta.

Koeponnistajan tulee erillisen perehdyttämisen- tai koulutusjakson jälkeen ymmärtää kuinka tärkeää työturvallisuuden kannalta on nesteellä täyttämisen jälkeen saada kaikki ilma pois ennen koeponnistusta. Täytön aikana kappaleeseen voi jäädä ilmatasku, joka johtuu virheellisestä ponnistusasennosta. Tällöin syntyy vaaratilanne, kun paine nousee useamman baarin ylipaineeseen. Rakenteen rikkoutuessa, materiaalivirheen vuoksi, puristunut ilma vapautuu räjähdysmäisesti ulos ja aiheuttaa voimakkaan äänen sekä valumateriaalista irtoavien palasien sinkoutumisvaaran.

Kun on varmistettu, että ponnistettavaan tilaan ei ole jäänyt ilmaa, veden tai emulsionesteen käyttö ponnistuksessa on turvallista. Näin huomioidaan työturvallisuusnäkökohdat materiaalin rikkoutumisen kannalta. CFON:n tiloissa suoritetaan koeponnistuksia korkeimmillaan 34 baarin ylipaineessa, jolloin nesteiden kokoonpuristuvuus jää vähäiseksi.

Nestettä yleisesti tarkasteltaessa, ajatellaan se tavallisesti kokoonpuristumattomaksi, mutta esimerkiksi veden puristuvuuskerroin K_v on 2,1 GPa (Tekniikan kaavasto 2005, 178). Nesteen puristuvuuskerroin K voidaan rinnastaa kiinteiden aineiden kimmokerrotimeen E .

Veden kokoonpuristuma halutulla ylipaineella saadaan laskettua kaavalla (Pulli 2009, 90)

$$\Delta V_v = V_v \times \frac{p}{K_v} = 0,2\text{m}^3 \times \frac{34 \times 0,1\text{MPa}}{2,1 \times 10^3\text{Mpa}} = 323,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 0,32 \text{ l} \quad (1)$$

jossa ΔV_v on veden kokoonpuristuma, V_v on tilavuus normaalipaineessa, p on ylipaine ja K_v on veden puristuvuuskerroin.

Kaavan (1) mukaisesti, voidaan laskea ilman kokoonpuristuma halutulla ylipaineella

$$\begin{aligned} \Delta V_i &= V_i \times \frac{p}{K_i} = 0,2\text{m}^3 \times \frac{34 \times 0,1\text{MPa}}{1,4 \times 34 \times 0,1\text{MPa}} = 142,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ &= 142,9 \text{ l} \end{aligned} \quad (2)$$

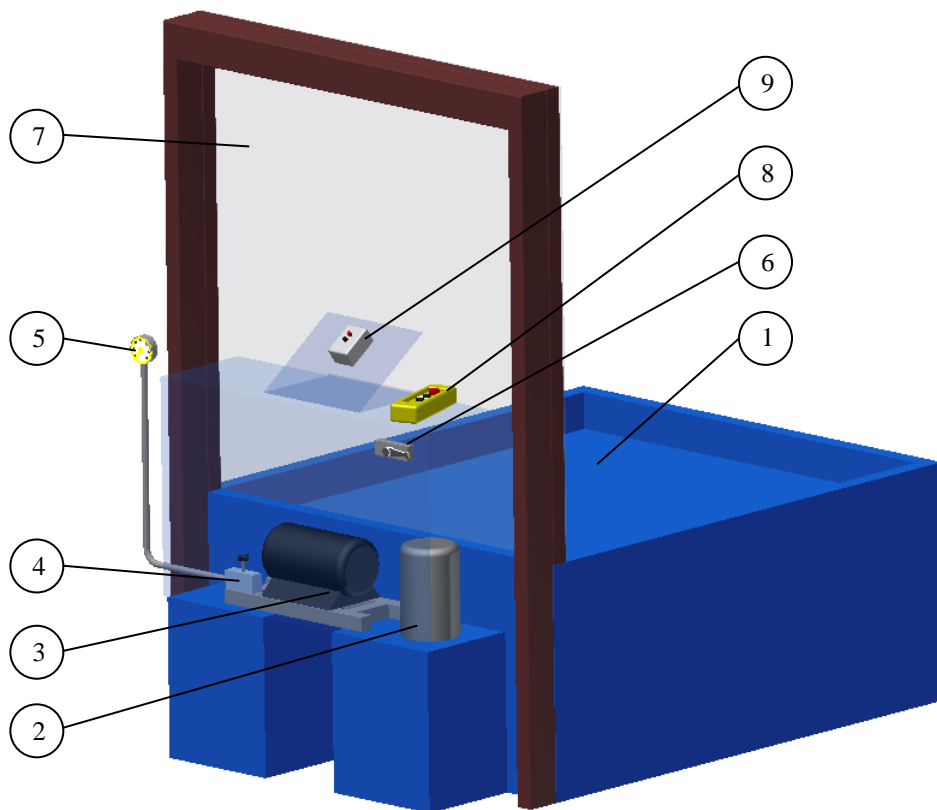
jossa ΔV_i on ilman kokoonpuristuma, V_i on tilavuus normaalipaineessa, K_i on ilman puristuvuuskerroin, joka termodynamiikan mukaan on $p\gamma$ eli paine kertaa polytrooppieksponentti. Laskennassa γ saa arvon 1,4. (Pulli 2009, 90.)

Kaavan (1) ja (2) mukaan lasketuista tuloksista nähdään veden ja ilman kokoonpuristumisen ero niiden ollessa paineenalaisina. Laskujen tarkoituksena on tuoda esille ilman ”jousivaikutuksen” merkitys koeponnistuksen ja työturvallisuuden kannalta. Esimerkin tulosten mukaan 34 baarin ylipaineella 200 l:n alkutilavuus pieneni vedellä 0,16 % ja ilmalla vastaavasti 71,45 %.

4.2 Laitteisto

Koeponnistuslaitteiston koko määräytyy ponnistettavien kappaleiden koon mukaan. CFON:n koeponnistuslaitteisto on siirrettävää mallia, jossa toimilaitteet kulkevat kätevästi mukana. Nestesäiliön tilavuus on n. 1 m³, jonka koko riittää tällä hetkellä kaikkiin ponnistettaviin kappaleisiin.

Koeponnistusnesteenä käytetään lastuavaan työstöön tarkoitettua leikkuunestettä, koska siinä on hyvät korroosion ehkäisyominaisuudet. Laitteistosta tehtiin kuvion 2 mukainen 3-D malli Autodesk Inventor Professional ohjelmistolla.



KUVIO 2. Koeponnistuslaitteisto

Laitteiston toimilaitteet ja tärkeimmät komponentit on nimetty taulukkoon 2. Laitteiston letkut ja liittimet sekä sähkökaapelit eivät sisälly 3-D malliin. Käytännössä korkeapainepumpulta (taulukko 2: osa 3) tulee letku kuulaventtiilin vasempaan reunaan (taulukko 2: osa 6), josta se jatkuu kuulaventtiilin alareunasta letkuna, joka liitetään koeponnistuslaippaan. Kuulaventtiilin oikeaan reunaan on liitetty letku, joka on yhdistetty täyttö-

pumppuun (taulukko 2: osa 2). Koestuspaine lasketaan pois kääntämällä kuulaventtiili asentoon, jossa täyttöpumpulle kulkeva linja on auki ja paine pääsee purkautumaan säiliöön (taulukko 2: osa1).

TAULUKKO 2. Laitteiston komponentit

1	Nestesäiliö
2	Täyttöpumppu
3	Korkeapainepumppu
4	Paineenalennusventtiili
5	Painemittari (60 bar)
6	Kuulaventtiili (T-liitin)
7	Suojaplexi
8	Täyttöpumpun ohjain (hidas/nopea)
9	Korkeapainepumpun kytkin (on/off)
10	Letkut ja liittimet (ei kuvassa)

Koeponnistuslaitteistossa käytettävä painemittari (taulukko 2: osa 5) on laatujärjestelmän mukaisesti kalibroitava vuosittain. Mittarissa oleva tarra kertoo seuraavan kalibroinnin ajankohdan. Kalibrointi teetetään Inspecta Oy:llä. Mittarin tarkkuusluokka on Cl 1.0, jolloin virheeksi sallitaan 1 % nimellispaineesta.

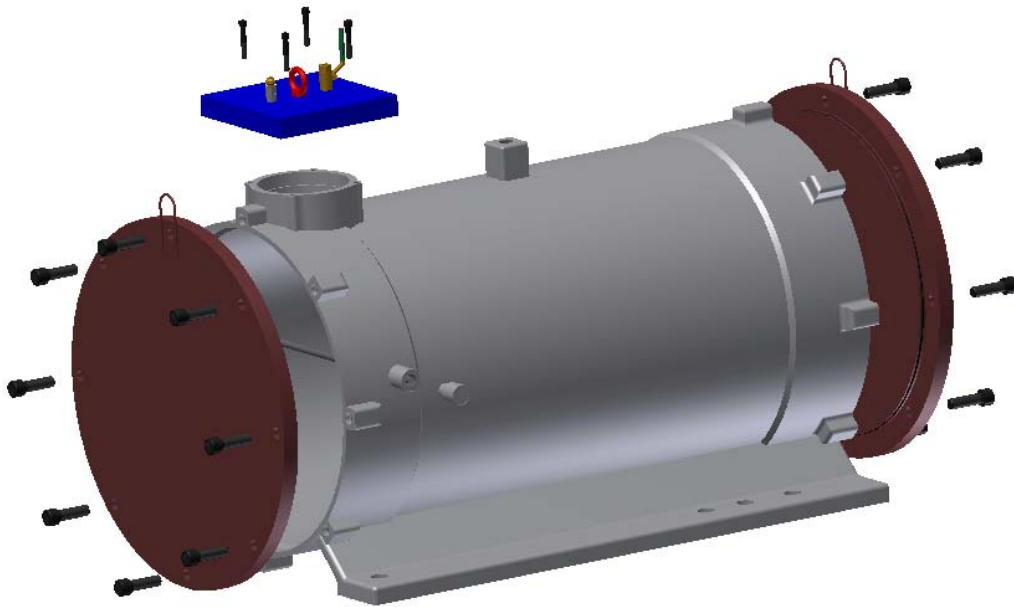
4.3 Staattorinrungot

Valamalla valmistettujen staattorinrunkojen valumateriaaleina ovat suomugrafiitti- ja pallografiittivaluraudat. Suomugrafiittivalujen (GJL 250) koeponnistuspaine on 23 baaria ja pallografiittivalujen (GJS 500) 34 baaria. Rungon kokoja on kaksi, jotka koeponnistustyötä ajatellen määriteltiin niiden sisätilavuuden mukaan. Isompi runko on tilavuudeltaan n. 480 l ja pienempi n. 330 l.

Prosessin mallintaminen aloitettiin kelloaikatutkimuksella, jolla selvitettiin koeponnistustyöhön kuluva kokonaisaika pilkkomalla työ eri vaiheisiin. Kelloaikatutkimuksen tuloksena saatiin myös kirjallinen työnkulun kuvaus. Samalla hyödynnettiin havainnointi- ja menetelmätutkimusta, joiden tavoitteena oli selvittää keskeisimmät kehitysmahdollisuudet.

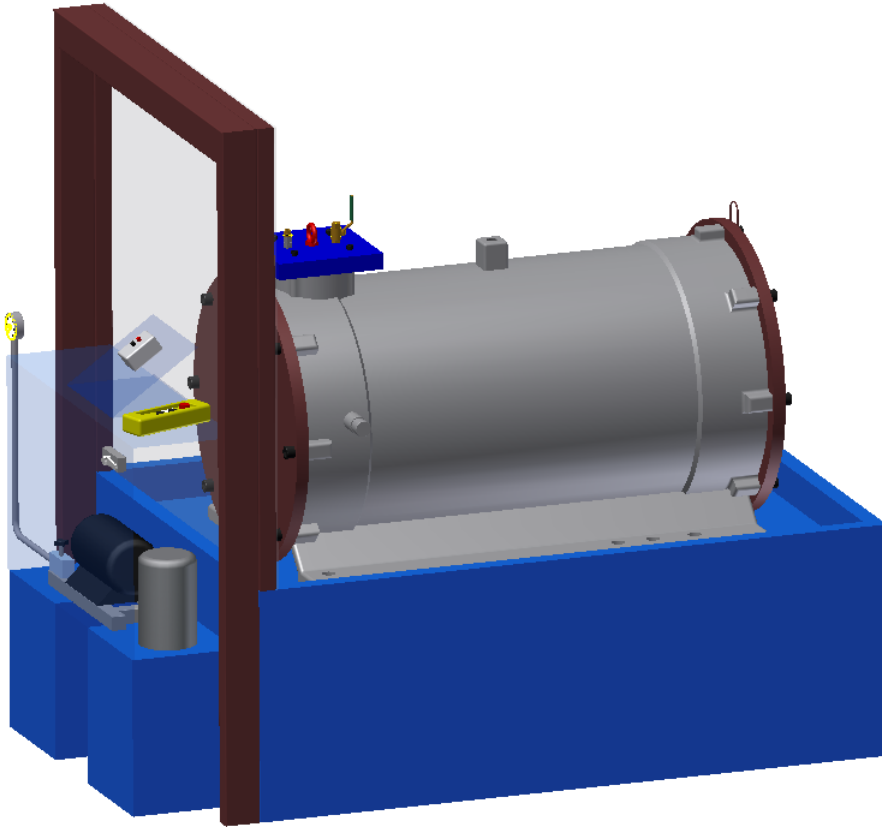
4.3.1 Staattorinrunko (GJS 500)

Pallografiittivaluraudasta valetut staattorinrungot ovat tilavuudeltaan 480 litraa. Koeponnistus suoritetaan valmiiksi koneistettuihin runkoihin. Koeistus aloitetaan asettamalla laakerikilpien paikoille päätyihin ponnistuslaipat (kuvio 3). Kytentäkotelon päädysissä sijaitsevat myös antureiden kierrereiät molemmin puolin runkoa ja ne tukitaan tulppiin ja vaarnaruuvien avulla. Runko täytetään nesteellä täyttöpumpun avulla kytentäkotelon aukosta. Täyteen pumppaamisen jälkeen luukun laippa asennetaan paikalleen. Luukunlaipassa sijaitsevat kuulaventtiili ilman poistoa varten sekä pikaliitin paineletkulle. Paineletku asetetaan luukun laippaan, minkä jälkeen korkeapainepumppu laitetaan päälle. Siinä vaiheessa, kun ilmanpoistiventtiilistä tulee nestettä, se suljetaan. Kun on varmistettu, että runkoon ei ole jäänyt ilmaa, voi koeistus alkaa.



KUVIO 3. Staattorinrunko ja ponnistuslaipat (GJS 500)

Staattorinrunko on laipat kiinnitettynä koeponnistuslaitteessa (kuvio 4). Koeponnistus suoritetaan painamalla korkeapainepumpun käyttökytkintä (taulukko 2: osa 9). Kun vaadittu paine on saavutettu mittarin (taulukko 2: osa 5) mukaan, kytkin vapautetaan ja katsotaan sekuntikellosta aika, jonka kuluessa paine ei saa laskea. Paineen aleneminen on merkki tiivistevuodosta tai rakenneviasta. Paine päästetään rungosta pois avaamalla kuulaventtiili (taulukko 2: osa 6), kun vaadittu aika on kulunut. Runko tyhjenetään nesteestä avaamalla varovasti ponnistuslaipan ruuveja.



KUVIO 4. Laitteisto ja staattorinrunko

Staattorinrunгон koeponnistustyö pilkottiin pienempiin työvaiheisiin ja työhön kuluvat vaiheajat merkittiin ylös taulukon 3 mukaisesti. Tutkimuksen lopputuotteena saatiin kirjallinen työnkulun kuvaus, jota analysoidaan myöhemmässä vaiheessa.

TAULUKKO 3. Vaiheajat

Kappaleaika (GJS 500), V=480 l						
Vaihe	Käsiäika		Koneaika		Häiriöaika	
	min	s	min	s	min	s
1. Kääntö ja puhallus (kappaleen kääntö oikeaan asentoon ja irtolastujen puhaltaminen pois kierre-istä).	5	10				
2. Laippojen kiinnitys (koeponnistuslaippojen kiinnitys kappaleeseen oikeilla pulteilla ja anturireikien tukkiminen).	8	50				
3. Nosto koneeseen (kappaleen nosto koeponnistuslaitteen pöydälle).	1	30				
4. Staattorin täyttö (kappaleen täyttäminen nesteellä kytkentäluukusta).			9	15		
5. Luukun laipan kiinnitys.	2	30				
6. Paineletkun kiinnitys.		20				
7. Ponnistus (kappaleen paineistaminen vaadittuun ylipaineeseen, sekä odotus aika, jonka aikana paine ei saa laskea).			2	20		
8. Paineletkun irrotus.		20				
9. Luukun laipan irrotus.	1	10				
10. Kappaleen tyhjennys nesteestä (kappale tyhjennetään löysäämällä päätylaipan pulteja, niin että rungon ja laipan väliin syntyy rako).			11	30		
11. Kappaleen nosto lavalle.	1	10				
12. Stanssaus (kappaleeseen stanssataan merkintä, jotta tiedetään, että koeponnistustyövaihe on suoritettu).		20				
13. Päätylaippojen ja pulttien irrotus.	5					
14. Tiivisteiden uusiminen (tiivisteitä uusitaan tarvittaessa, näin ollen vaihtotyöhön kuluva aika kappaletta kohde on vähäinen).						10
Käsiäika yhteensä	26	20				
Koneaika yhteensä			23	5		
Häiriöaika yhteensä						10
Läpimenoaika 49 min 35 s						

Kelloaikatutkimuksen mukaan koeponnistusprosessin kokonaisajaksi saatiin 49 min 35 s. Tutkimuksen tuloksista ilmenee, että käsiaika on noin 26 minuuttia koneajan ollessa reilu 23 minuuttia. Yleisesti tämän työn hitaimpana vaiheena on pidetty kappaleen täyttöä sekä tyhjennystä.

Tutkimusta tehdessä ilmeni epäkohta, joka liittyy työhön perehdyttämiseen. Kappaleen täyttämiseen käytettävän täyttöpumpun ohjaimella (taulukko 2: osa 8) voidaan käyttää pumppua kahdella eri nopeudella. Työhön perehdytettäessä koeponnistajaa oli neuvottu käyttämään ohjaimen alinta nappia. Tällöin pumpun pyörimisnopeus oli suurempi ja käyntiääni äänekkäämpi, mutta virtausnopeus putosi kavitaation vuoksi huomattavasti. Käytännön kokeen avulla todettiin ”nopeamman” pumppaamisen olevan noin puolet hitaampaa kuin pienemmällä teholla suoritettu pumppaus, jolloin kavitaatiota ei esiintynyt.

Tiedusteltaessa asiaa henkilöiltä, jotka olivat koeponnistustyötä tehneet, selvisi, että pumppua on aina käytetty ”nopeammalla” teholla, jolloin todellisuudessa virtausnopeus oli puolet hitaampi. Kappaleen läpimenoaikaan vaikutus on melko suuri, koska täyttövaiheeseen (taulukko 3: vaihe 4) kuuluva aika on ollut ennen havainnointitutkimusta kaksinkertainen. Kavitaation vaikutus epäedulliseen pumppaamiseen on kiistaton, mutta rutiinilla toistettujen toimintamallien johdosta ei aina tule ajatelleeksi mahdollista epäkohtaa.

Kavitaatio on tilanne, jossa nesteen paine on höyrystymispainetta alhaisempi, jolloin nesteestä alkaa erottua höyrykuplia ja höyryonteloita. Kun höyrykuplat ajautuvat tilaan, jossa paine jälleen kasvaa suuremmaksi kuin höyrystymispaine, ne romahtavat kasaan aiheuttaen paikallisen paineiskun. Voimakkaan kavitoinnin yhteydessä voi kuulua terävää ja kovaa ääntä, kun taas lievemässä kavitoinnissa ääni muistuttaa suhinaa. Kavitaation haittavaikutuksia ovat mm. heikentynyt pumppauksen hyötysuhde, materiaalin kuluminen, materiaalia väsyttävä värähtely ja lisääntynyt melu. (Pulli 2009, 25.)

4.3.2 Staattorinrungot (GJL 250)

Suomugrafiittivaluraudasta valettujen runkojen tilavuudet ovat 480 l ja 330 l. Isomman rungon läpimenoajassa on vain vähäinen ero verrattuna pallografiittivaluun (GJS 500),

johtuen sen pienemmästä ponnistusaineesta. Tästä syystä 480 l:n rungon läpimenoaika voidaan rinnastaa vastaavaksi, kuin samankokoisen pallografiittivalurungon.

Pienemmän rungon työvaiheet ovat samat, kuin isommissa rungoissa. Suurin ero läpimenoajassa johtuu kappaleen täytöstä ja tyhjentämisestä syntyvistä eroista, joten rungon vaiheaikoja ei mitattu kellolla, vaan tulos on puhtaasti laskennallinen (perustuen isomman rungon mitattuihin aikoihin). Isomman rungon täyttövaihe kestää 9 min 15 s, jolloin pienemmän rungon täyttöajaksi saadaan 6 min 11 s. Vastaavasti isomman rungon tyhjennysvaihe kestää 11 min 30 s, jolloin pienemmän rungon nesteestä tyhjentämiseen kuluu 7 min 54 s. Kokonaisuudessaan läpimenoaika on 6 min 40 s nopeampi, jolloin 330 l:n staattorinrunгон läpimenoaika on 42 min 55 s.

4.3.3 Parannusmahdollisuudet

Kelloaika- ja havainnointitutkimuksen työvaiheita analysoitiin vaihe kerrallaan. Liite 1 sisältää taulukon, johon kerättiin havaintojen perusteella kunkin työnosan kohdalle parannusmahdollisuus, sekä mietittiin ehdotuksen hyviä ja huonoja puolia. Seuraavissa kappaleissa esitetään staattorinrunгон ponnistustyön oleelliset parannusmahdollisuudet.

Ponnistukseen saapuvien staattorinrunkojen epäedullinen asento kuormalavalla voi aiheuttaa ylimääräistä kappaleen käsittelyä. Tästä syystä kappaleet tulisi kääntää oikeaan asentoon joko työstökoneella tai viimeistelytyöpisteessä. Tämä mahdollistaa ponnistuslaippojen asentamisen ilman kappaleen kääntämistä. Kierrereikien puhaltaminen irtolas- tuista heti koneistustyövaiheen jälkeen helpottaa ponnistuslaippojen kiinnitystä.

Ponnistuslaippojen kiinnitykseen tarvittavien työkalujen tulisi sijaita omilla paikoillaan työkalutelineessä. Kiinnitykseen tarvittavat ruuvit ja mutterit tulee järjestää omiin säilytyslokeroihin nimikkeiden mukaan niin, että niiden sekoittuminen keskenään ei ole mahdollista. Näin vähennetään etsimiseen kuluvan ajan käyttöä sekä poistetaan epävarmuustekijät ruuvien valinnan osalta.

Pumppausnopeuden kasvattaminen nopeuttaa staattorin täyttövaihetta. Staattorin suuren sisätilavuuden vuoksi täyttövaihe on yksi eniten aikaa kuluttavista vaiheista. Pumppaa-

minen on puhtaasti koneaikaa, jolloin työntekijän joutuisuus ei vaikuta siihen. Pumpausnopeutta voidaan kasvattaa liittimien ja letkun virtausvastusta pienentämällä. Täytöpumpussa ilmeni voimakasta kavitointia nopealla pumppauksella, joten sen aiheuttaja tulisi selvittää. Vaihtoehtona on myös pumppuyksikön vaihtaminen uuteen tehokkaampaan pumppuun.

Staattorinrunгон tyhjentäminen nesteestä tapahtuu nykyisin avaamalla varovasti ponnistuslaipan ruuveja, jolloin neste valuu rungon ja laipan välistä säiliöön. Avattaessa ruuveja liian paljon saattaa neste roiskua lattialle ja koeponnistajan päälle. Parannusmahdollisuutena olisi kuulaventtiilin asentaminen ponnistuslaippaan, jolloin tyhjentäminen tapahtuisi hallitusti. Tyhjennys nopeuteen voidaan vaikuttaa kuulaventtiilin koon valinnalla.

Koeponnistustyön keskeytymisen estämiseksi tulee laipoissa käytettäviä tiivisteitä olla varastossa. Laippojen tiivistemateriaali kuluu käytössä ja o-rengas tiivisteet jäävät joskus kappaleen ja laipan väliin, jolloin tiivistemateriaali voi rikkoutua. Koeponnistajan tulisi ajoissa ilmoittaa tiivisteiden loppumisesta, jotta puskurivarasto olisi riittävä.

Työpisteen järjestäminen layout-suunnittelun avulla parantaa lattiapinta-alan käyttöä sekä selkiyttää työpisteen yleisilmettä. Suunnitelmaan kannattaa sisällyttää lattiamerkintöjen tekeminen ponnistetuille ja ponnistukseen tuleville kappaleille. Ponnistettujen kappaleiden tunnettu sijainti auttaa näkemään ne jo kaukaa ja antaa impulssin viimeistelytyöpisteelle tulla noutamaan kappaleet pesuun sekä jäysteenpoistoon.

Ponnistuslaitteiston korkeapainepumpun katkaisija on sen tyyppinen, että kytkettäessä pumppu päälle ja pois pitää painaa omaa nappia. Pumppaamisen aikana voi syntyä vaaratilanne, kun pumppu jää epähuomiossa kytketyksi päälle, vaikka haluttu paine on jo saavutettu. Paineen noustessa riittävän korkeaksi kappaleen rakenne voi rikkoutua. Laitteistossa on tällaisten tilanteiden varalle paineenalennusventtiili, jolla säädetään maksimipaine, mutta sitä ei käytetä tunnollisesti. Työturvallisuuden parantamisen nimessä katkaisija tulisi vaihtaa painonappi tyyppiseksi, jolloin painetta nostettaessa nappia pitää painaa koko ajan pohjassa.

4.4 Staattorinrunkojen laakerikilvet

Laakerikilpien valumateriaalina on suomugrafiittivalurauta (GJL 250). Laakerikilpien koeistustyö aloitetaan kiinnittämällä teräksestä valmistettu laippa kilven koneistettua liitospintaa vasten ja toinen pienempi laippa laakerireikään vestiraudalla (kuvio 5). Paketti nostetaan pystyyn niin, että ilmanpoistoventtiili jää yläasentoon. Tämän jälkeen nestetila täytetään nesteellä. Täytön edetessä siihen vaiheeseen, että ilmanpoistoventtiilistä tulee nestettä, venttiili suljetaan. Tämän jälkeen laakerikilpi voidaan ponnistaa. Ponnistuksen jälkeen ylipaine poistetaan avaamalla kuulaventtiili. Kappale tyhjenetään nesteestä avaamalla kilven kiinnitysruuvit.

Paineletkun liitin sijaitsee laipan takaosassa. Ilmanpoistoon tarkoitettu kuulaventtiili näkyy ponnistuslaipan vasemmassa reunassa (kuvio 5). Nykyisellä menetelmällä on erittäin tärkeää nostaa laakerikilpi laippoineen pystyasentoon niin, että ilmausventtiili jää yläasentoon täyttövaiheessa. Tällä menettelyllä varmistetaan se, että kaikki ilma saadaan pois nestetilasta.



KUVIO 5. Laakerikilpi ja ponnistuslaipat

Laakerikilpien läpimenoajan selvittämiseksi käytettiin kelloaikatutkimusta sekä kehityskohteiden selvittämiseksi havainnointitutkimusta aivan, kuten staattorinrunkojen kanssa meneteltiin (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Laakerikilven vaiheajat

Kappaleaika (laakerikilpi)						
Vaihe	Käsiäika		Koneaika		Häiriöaika	
	min	s	min	s	min	s
1. Laakerireiän laippa asetetaan lavalle.		30				
2. Laakerikilpi nostetaan laipan päälle.		30				
3. Laippa kiinnitetään kilpeen vestiraudalla.		30				
4. Laakerikilven nosto koneeseen.	1	30				
5. Laakerikilven kiinnitys ponnistuslaippaan.	2	15				
6. Laakerikilven kääntö, jotta ilmanpoistoventtiili saadaan yläasentoon.		40				
7. Paineletkun kiinnitys.		20				
8. Laakerikilven täyttö nesteellä (täyttäminen tapahtuu paineletkun avulla).				45		
9. Ponnistus (paine 23 bar, aika 30 s).				45		
10. Paineen poisto.		5				
11. Laakerikilven laskeminen vaaka-asentoon.		15				
12. Laakerireiän laipan löysääminen tyhjentämistä varten.		10				
13. Tyhjentäminen nesteestä (ruuvien irrotus ja nosto ilmaan siltanosturilla).	3	30				
14. Laakerikilven nosto lavalle.		45				
15. Laakerireiän laipan irrotus.		20				
16. Stanssaus.		45				
17. Valmiin kappaleen nosto omaan lavapaikkaan.		30				
18. Tiivisteiden uusiminen tarvittaessa						10
Käsiäika yhteensä	12	35				
Koneaika yhteensä			1	30		
Häiriöaika yhteensä						10
Läpimenoaika 14 min 15 s						

Kelloaikatutkimuksella saatu läpimenoaika oli laakerikilvälle 14 min 15 s. Havainnointitutkimuksen perusteella saatuja kehitysmahdollisuuksia löytyi vastaavia, kuten staattorinrungoissa. Näistä päähuomio kiinnittyi ottoetäisyyksiin, työkalujen sijaintiin, lattia-merkintöihin sekä työpisteen siisteyteen. Aikaisempi työturvallisuuteen liittyvä parannus tehtiin ennen työntutkimusta sen ilmeisen tarpeen vuoksi. Laakerikilven ponnistuk-

seen käytettävässä laipassa ilmanpoistventtiilille kulkeva poraus sijaitsi väärässä paikassa, ja ponnistustilanteessa nestetilaan jäi huomattava määrä ilmaa. Porauksen sijaintia muuttamalla ilmamäärä saatiin minimoitua, ja siitä mahdollisesti aiheutuvat vaaratilanteet poistettua.

Havainnointitutkimus antoi lisäksi alkusysäyksen menetelmän tarkempaan tarkasteluun. Laakerikilven käsittely ja saattaminen ponnistusvalmiiksi on monivaiheista. Turvallisen ponnistustapahtuman vuoksi laakerikilpi laippoineen pitää nykyisellä menetelmällä nostaa erikseen pystyasentoon siltanosturilla. Tästä havainnosta innostuneena alettiin ideoida menetelmämuutosta, joka mahdollistaisi laakerikilven ponnistamisen pystyasennossa, ilman ylimääräistä kappaleen käsittelyä.

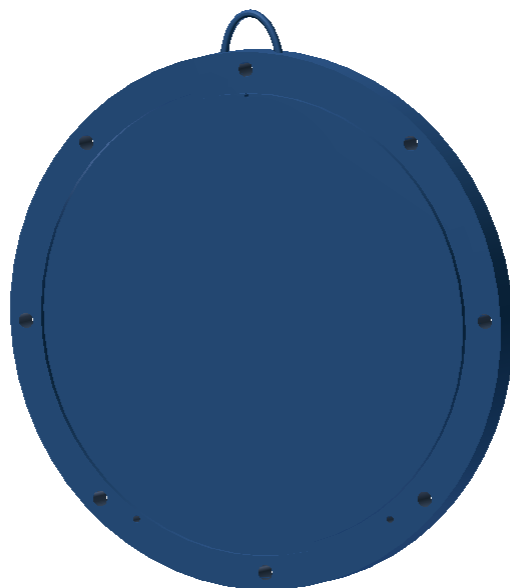
5 LAAKERIKILVEN MENETELMÄSUUNNITTELU

5.1 Laakerikilven menetelmämuutos

Laakerikilven menetelmämuutoksen tavoitteena oli jättää ylimääräisiä työvaiheita pois, työnkulun yksinkertaistaminen sekä työturvallisuuden lisääminen estämällä väärä ponnistusasento ottamalla käyttöön kiinteäasentoinen ponnistuslaippa. Uuden menetelmän käyttöönotto vaatii kuitenkin kiinnitinmuutoksen, jotta ponnistuslaippa saadaan pystyasentoon. Samaan kiinnittimeen olisi tarkoitus lisätä myös laakerireiän laippa, joka mahdollistaisi kilven nostamisen suoraan lavalta ponnistuskiinnittimeen.

5.2 Kiinnittimen suunnittelu

Laakerikilven kiinnittimen suunnittelu aloitettiin mallintamalla nykyinen ponnistuslaippa (kuvio 6). Tarkoituksena oli, että nykyistä laippaa hyödynnetään uudessa kiinnittimessä. Nykyisen teräksestä valmistetun ponnistuslaipan vahvuus on 40 mm, mutta materiaalin tarkempi koostumus jäi epäselväksi. Laippaan kohdistuva kokonaiskuorma sekä kierreryhmään aiheutuva vetokuormitus edellyttävät materiaalilta tiettyjä lujuusvaatimuksia.



KUVIO 6. Koeponnistuslaippa

Ponnistuslaipan jännitystilaa simuloitiin Autodesk Inventorin elementtianalyysillä (FEA) tilanteessa, jossa laippaan kohdistuva paine on 23 baaria (liite 2). Simuloinnin tuloksista nähdään rakenteeseen kohdistuva normaalijännitys, varmuusluku ja siirtymä. Ponnistuslaipasta tehtiin myös konepiirustus (liite 3), josta ilmenee tekniset mitat.

Maksimipaineen eli 23 baarin paineen kohdistuessa laippaan koeponnistustilanteessa, saadaan kokonaiskuorma laskettua kaavalla (Tekniikan kaavasto 2005, 99)

$$p = \frac{F}{A} \quad (3)$$

jossa p on paine, F on voima ja A on pinta-ala.

Pinta-ala saadaan ratkaistua kaavalla (Tekniikan kaavasto 2005, 18)

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times (0,592\text{m})^2}{4} = 0,275 \text{ m}^2 \quad (4)$$

jossa d on ympyrän halkaisija.

Kaavan (3) mukaan voima saadaan ratkaistua

$$F = p \times A = 2,3 \times 10^6 \text{ Pa} \times 0,275 \text{ m}^2 = 633,083 \text{ kN} \quad (5)$$

Kun voima jaetaan maan vetovoiman kiihtyvyydellä, saadaan ratkaistua kuormitus, joka vaikuttaa ponnistuslaippaan kaavalla

$$m = \frac{F}{g} = \frac{633,083 \times 10^3 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 64,534 \times 10^3 \text{ kg} \quad (6)$$

jossa m on massa ja g on maan vetovoiman kiihtyvyys.

Kierreryhmään vaikuttava vetokuormitus on samansuuruinen, mutta vastakkaissuuntainen, kuin laippaan kohdistuva kuormitus eli 633,1 kN.

Kun ulkoinen aksiaalivoima vaikuttaa kierreryhmän keskipisteen kautta kulkevalla normaalilla, saadaan yhteen kierteeseen kohdistuvaksi aksiaalikuormaksi

$$F_A = \frac{F}{z} = \frac{633,083 \times 10^3 \text{ N}}{8} = 79,135 \text{ kN} \quad (7)$$

jossa F on koko kierreryhmään kohdistuva aksiaalivoima, F_A on yhteen kierteeseen kohdistuva aksiaalivoima ja z on kierreryhmän kierteiden lukumäärä. (Airila 2003, 218.)

Kaava (7) toteutuu tässä tapauksessa hyvin, koska kyseessä on pyörähdyssymmetrinen laippaliitos (Airila 2003, 218). Lisäksi kierteiden tulee kestää laakerikilven kiinnityksestä syntyvä vetokuormitus. Maksimikiristysmomentti M24 10.9 öljytylle ja sähkösinkitylle kuusiokoloruuville on 835 Nm, kun kierteen kitkakerroin on 0,1...0,17 ja kannan kitkakerroin on 0,11...0,18. Käytännön kokeessa momenttikiristyksellä saatu aksiaalivoima on tällöin vähintään 136 kN. (Blom 1999, 73.)

Laakerikilven kiinnitysvoima määräytyy ensisijaisesti kiinnityspinnan tiiviyyden mukaan, jolloin kiristysmomentti jää huomattavasti pienemmäksi kuin raja-arvo. Nykyisellä menetelmällä laakerikilven kiinnityspultit kiristetään paineilmatoimisella pulttipysyllä, jolloin kiristysmomentti on noin 200 Nm, aksiaalivoiman jäädessä neljäsosaan maksimista. Ponnistuslaipan kierteen tulee tällöin kestää ponnistusvoima 79 kN:n sekä kiristysmomentista aiheutuvan 34 kN:n yhteisvoima, joka on noin 113 kN:a.

Standardirakenneteräksen S235JR myötöraja R_e on 235 N/mm² (Ruukki 2011). Kun käytetään kierteen pituuden mitoitukseen 10.9 lujuusluokan ruuville tarkoitettua ohjearvoa eli $1,25 \times d$ saadaan kierteen pituudeksi M24 ruuville 30 mm:ä kyseisen teräksen kohdalla (Airila 2003, 186). Toisaalta kierteen kuluminen käytöstä johtuen voi aiheuttaa kierteen leikkautumisen, joten vaarnaruuvien sekä mutterin käyttö laakerikilven kiinnitykseen olisi parempi vaihtoehto.

Laakerikilvestä mallinnettiin toiminnallisilta mitoiltaan tarkka luonnos, mutta täydelliseen muotoiluun ei pyritty (kuvio 7). Valmis 3-D malli laakerikilvestä olisi helpottanut suunnittelutyötä, mutta sitä ei työn tekohetkellä ollut saatavilla. Laakerikilven FEA-simuloinnissa kummastusta herätti materiaalin pieni varmuusluku kiinnityskorvakkei-

den kohdalla (liite 4). Työnkulussa laakerikilpi koneistetaan ensin viimeistelyvaralle, jonka jälkeen suoritetaan koeponnistus. Koeistuksen jälkeen laakerikilvälle tehdään vielä viimeistelykoneistus. Simuloinnin tuloksista voi päätellä, että kappaleessa tapahtuu plastinen muodonmuutos, jolloin erillinen viimeistelyvaihe on tarpeellinen.

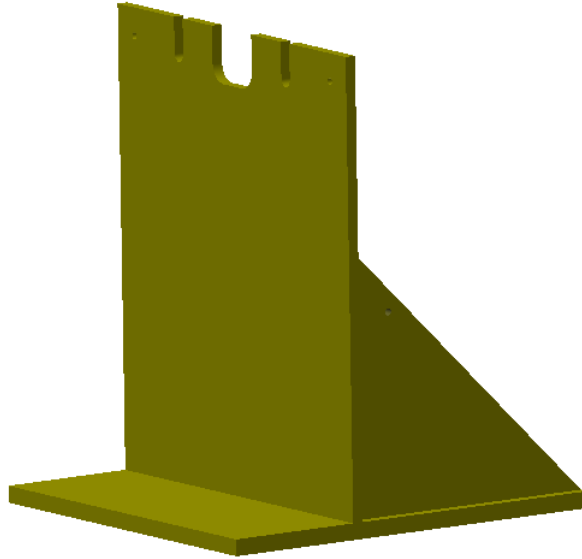


KUVIO 7. Laakerikilpi

Kokonaan uutena komponenttina suunniteltiin kulmahyllytyyppinen kiinnitin, johon pystyy kätevästi asettamaan laakerikilven ponnistuslaippoineen (kuvio 8). Massakeskiön sijainnin vuoksi painoa pyrittiin saamaan ala- ja takaosaan lisäämällä levyrakenteen aineenvahvuutta. Pohjalevy ja kolmion malliset takatuet tehtiin 30 mm:n ja etutaso 20 mm:n rakenneteräksestä. Pohjalevy jatkuu 250 mm yli etuseinämän, jolla estetään kulmahyllyn kaatuminen eteenpäin, koska laakerikilpi ja ponnistuslaipat tuovat massakeskiön lähelle kulmahyllyn tasoa.

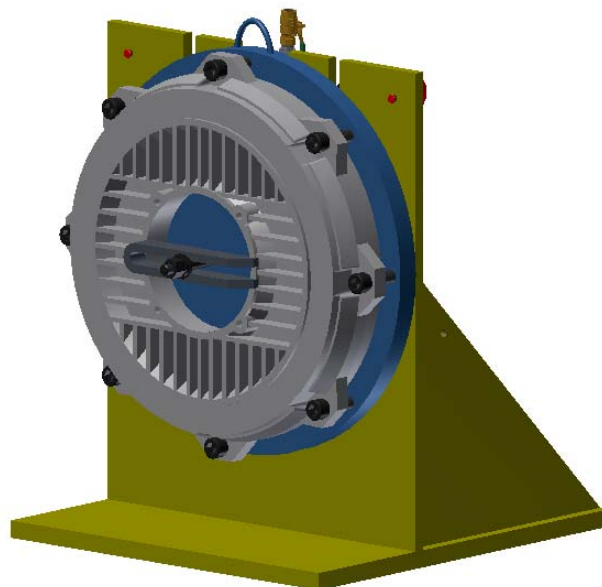
Tason yläkulmiin tehtiin kaksi kappaletta nostosilmukan reikiä kiinnittimen nostamiseen asetuksen kanssa ja samoin takatukiin kiinnittimen nostamiseen tyhjänä. Yläreunaan tehtiin kaksi kappaletta 26 mm:n uraa ponnistuslaipan nopeaa kiinnittämistä varten. Keskelle etutason yläreunaa tehtiin kolo, jonka tarkoituksena on väistää ponnistuslaipan takaosassa sijaitseva kuulaventtiili.

Koeponnistuslaitteiston pöydällä ei ole kulmahyllyn kiinnittämiseen tarvittavia kiinnitysreikiä, joka huomioitiin rakenteen suunnittelussa sen saamiseksi riittävän vakaaksi ilman erillistä kiinnitystä. Kulmahyllyn mitoitus löytyy konepiirustuksesta (liite 5).



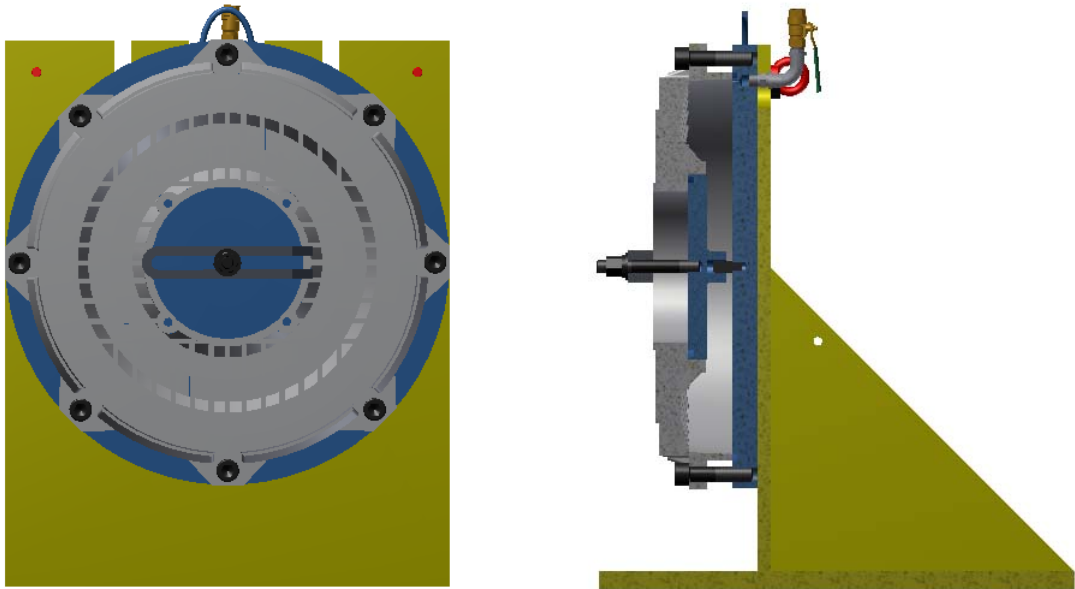
KUVIO 8. Kulmahylly

Laakerikilven ja koeponnistuskiinnittimen komponenteista tehtiin kuvion 9 mukainen kokoonpano kokonaisuuden havainnollistamiseksi.



KUVIO 9. Asetus kokoonpano

Ponnistuslaippaan tehtiin M16-kierre ohjaustapin kiinnityksen vuoksi (kuvio 10). Laakerireiän laippaan suunniteltiin hitsattavaksi sylinterinmuotoinen vastakappale ohjaustappia varten (kuvio 10). Ohjaustappi ja vastakappale pitää ankkuroida toisiinsa, ettei laakerireiän laippa pääse putoamaan laakerikilpeä irrotettaessa, kuitenkin niin, että laipassa säilyy liikevara sen kiinnitystä varten.



KUVIO 10. Etu- ja leikkauskuvanto

6 LAYOUT-SUUNNITTELU

6.1 Layout-suunnittelun strategia

Layout-suunnittelun tarkoituksena oli kuvata koeponnistettavien tuotteiden materiaali-
virrat nykyhetkellä sekä olemassa olevien mahdollisuuksien tunnistaminen ja hyödyn-
täminen layoutin osalta. Tavoitteena oli materiaalivirtojen tehostaminen lyhentämällä
kappaleiden siirtoetäisyyksiä ja vaikuttamalla materiaalivirtojen suuntiin.

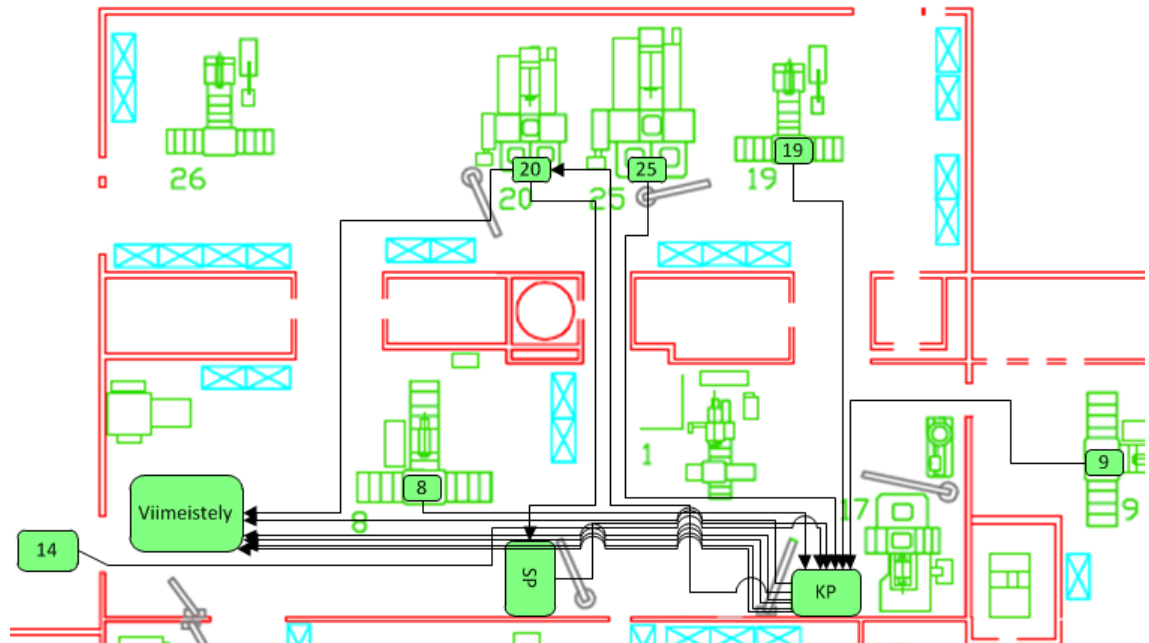
Layout-suunnittelun tavoitteeksi asetettiin myös nykyisen työpisteen järjestäminen niin,
että käytävä olisi esteetön varaamalla koeponnistusvalmisteluille enemmän lattiapinta-
alaa, korkeus-dimensiota unohtamatta. Layout-suunnittelun kannalta tulisi aina tehdä
useampia suunnitelmia, mutta kokonaan uudeksi koeponnistustyöpisteen sijainniksi
nousi ainoastaan yksi tilantarpeille sopiva vaihtoehto. Layout-suunnittelussa keskityttiin
näiden kahden sijainnin vertailuun materiaalivirtojen avulla.

Koeponnistustyöpiste sijaitsee käytävän välittömässä läheisyydessä, jolloin toisinaan
joudutaan työskentelemään käytävällä. Erityisesti staattorinrunkojen koeponnistuksessa
laippon asetaminen tehdään käytävällä, jolloin käytävä tukkeutuu poikkeuksetta ja
estää muun liikenteen. Koeponnistusnesteestä johtuva käytävän likaantuminen ja liuk-
kaus tekevät alueesta epäsiistin sekä hankaloittaa ja vaarantaa sähkötrukilla liikkumista.
Sähkötrukin kuljettaminen kuormattuna liukkaalla pinnalla voi aiheuttaa kiinni juuttu-
misen tai yllättävän pidon menettämisen, jonka seurauksena trukki ”spinnaa” kontrollin
pettäessä ja voi aiheuttaa vaarallisen törmäyksen.

6.2 Materiaalivirta

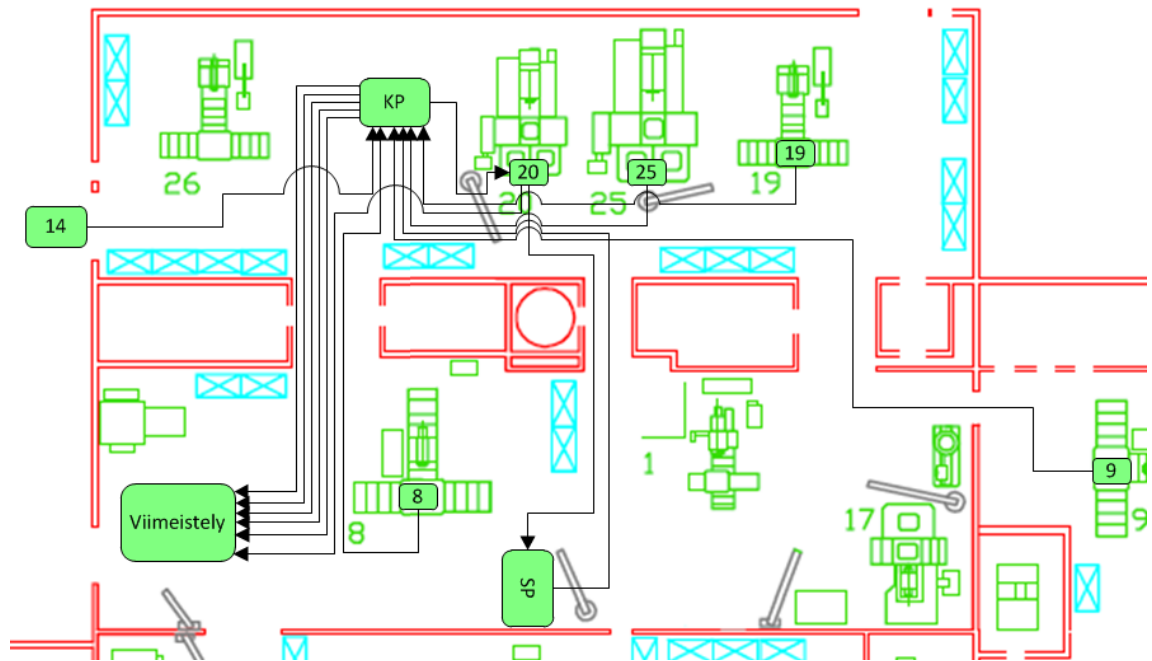
Tehtaasta löytyi aikaisemmin piirretty layout-kuva, jossa hyllyköt ovat turkoosin ja
työstökoneet vihreän värisiä. Pohjakuvaan merkittiin mustilla nuolilla koeponnistettavi-
en kappaleiden materiaalivirta nykytilanteessa (kuvio 11). Kone nro 14 sijaitsee toisessa
hallissa, joten se merkittiin kuvaan seinien ulkopuolelle.

Valmiiseen layout-kuvaan pystyi merkitsemään myös todelliset kulkureitit, jolloin kuviota voidaan pitää työnkulkupiirroksena tilanteessa, jossa kappaleet odottavat koneella koeponnistustyövaihetta. Lyhenne SP tarkoittaa säteisporakonetta ja KP tarkoittaa koeponnistustyöpistettä (kuvio 11).



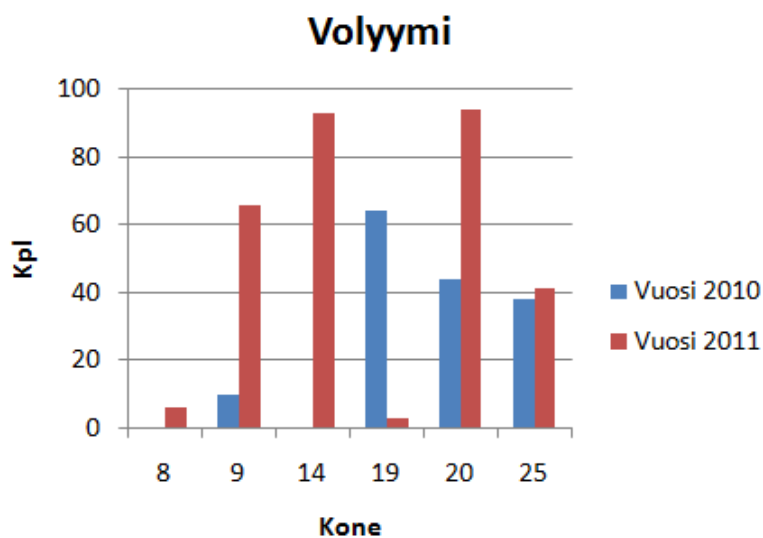
KUVIO 11. Nykyinen materiaalivirta (Componenta Finland Oy Nisamo)

Nykyiselle koeponnistustyöpisteelle vaihtoehtoinen sijainti löytyi koneen 26 ja 20 välisistä. Paikalla sijaitsi aikaisemmin työstökone, joka myytiin ylikapasiteettina pois. Tämän sijainnin hyvänä puolena on selkeästi suurempi lattiapinta-ala, joka antaa tilan suunnittelulle enemmän vapauksia. Materiaalivirta muuttui kuvioita 11 ja 12 vertaamalla hieman jouheammaksi, erityisesti koneen 14 kappaleiden materiaalivirtaa vastaan kuljettaminen poistui kokonaan ja kuljetusetäisyydet lyhenivät.



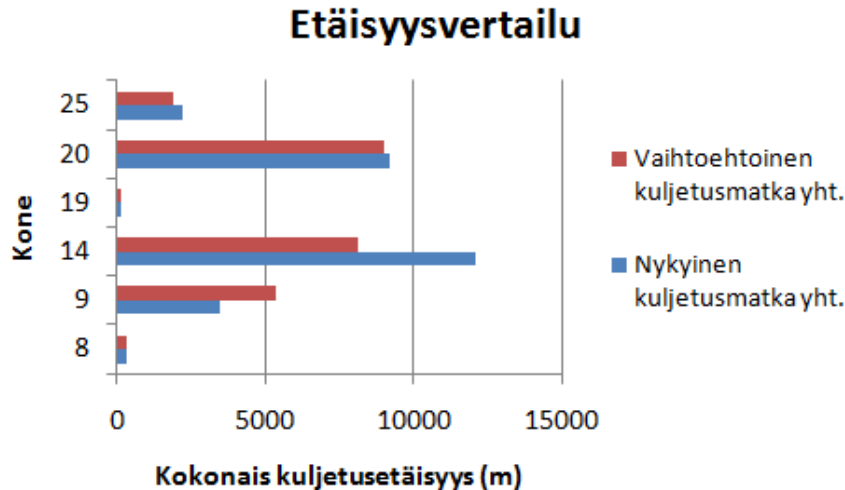
KUVIO 12. Vaihtoehtoinen materiaalivirta (Componenta Finland Oy Nisamo)

Koeponnistettavien kappaleiden volyyymi vuonna 2010 ja ennuste vuodelle 2011 on esitetty kuviossa 13. Ennusteesta nähdään, että kappalemäärä on kasvussa, tosin vuonna 2010 tuotantomäärät olivat huomattavasti pienemmät verrattuna taantumaa edeltävään aikaan. Tällä hetkellä trendi on kasvava lukuun ottamatta koneen 19 kuormaa, joka on romahtanut.



KUVIO 13. Konekohtainen volyyymi

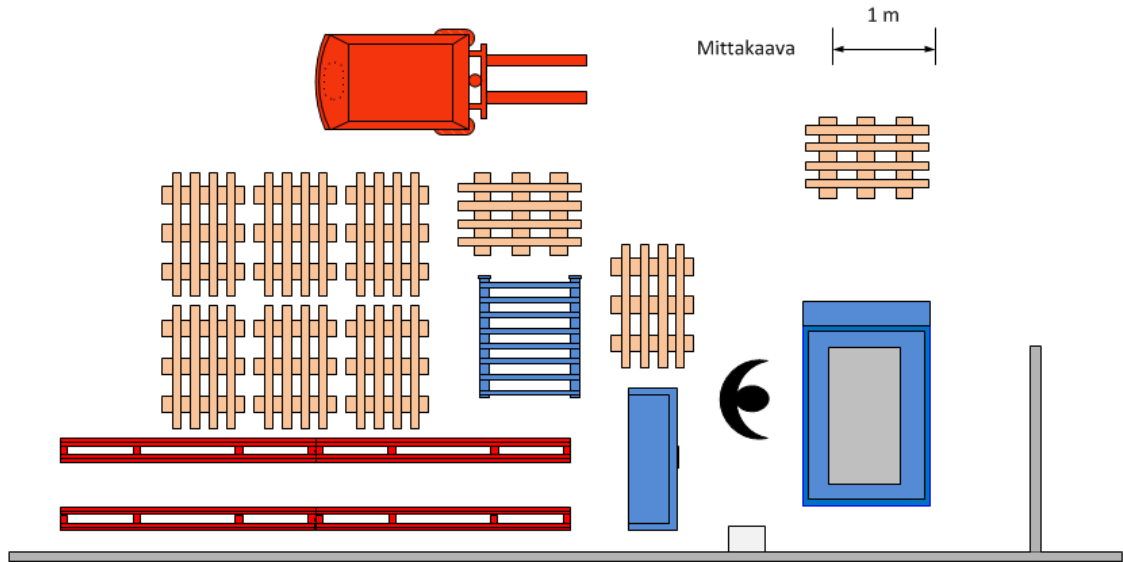
Koeponnistettavien tuotteiden kuljetusetäisyyksien vertailu nykyisen ja vaihtoehtoisen layoutin välillä vuoden 2011 volyymin mukaan (kuvio 14). Etäisyysvertailun mukaan vaihtoehtoisen layoutin kuljetusetäisyydet putoaisivat vuositasolla hieman. Vertailussa käytetyt etäisyydet ovat minimimatkoja työpisteeltä toiselle materiaalivirtojen mukaisesti (kuvio 11 ja kuvio 12).



KUVIO 14. Kuljetusetäisyydet

6.3 Työpiste

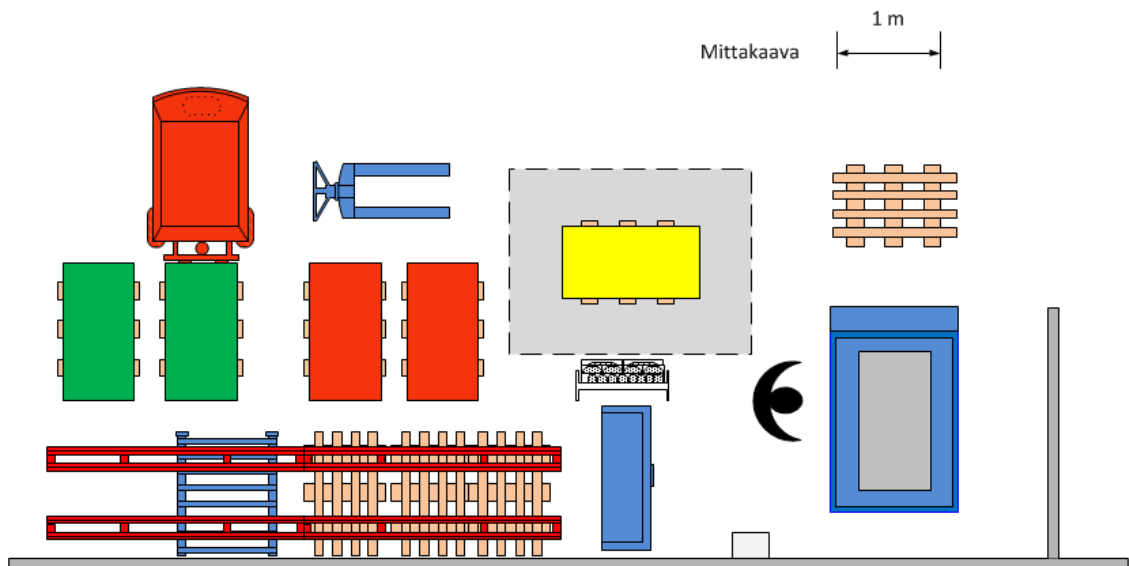
Koeponnistustyöpisteen tilantarve laitteiston ja kulkureittien osalta on noin 13 m² (kuvio 15). Tilantarvetta lisää huomattavasti ponnistuslaippojen säilytys ja varastointi FIN- ja EUR-lavoille, jotka vaativat lattia pinta-alaa yhteensä noin 16 m² (kuvio 15). FIN-lavan koko on (1000 × 1200) mm ja EUR-lavan (800 × 1200) mm (Kuormalavakeskus 2011). Todellisuudessa lavojen säilytys ei vaadi lattiapinta-alaa kuin muutamana neliön, koska työpisteen vieressä on hyllykkö. Hyllykön käyttö laippojen varastointiin tosin kangertelee, koska sen eteen on jätetty lavoja. Pääsy sähkötrukilla hyllyn viereen ilman työlästä siirtelyä on mahdotonta. Hyllyköiden käyttöongelmia on havaittu myös muissa työpisteissä, koska niiden tielle on kasaantunut esteitä.



KUVIO 15. Nykyinen työpiste

Koeponnistustyöpiste on esitetty järjesteltynä kuviossa 16. Työpiste järjesteltiin tilantarpeiden mukaan niin, että punaiset kappaleet ovat ponnistusjonossa, keltainen kappale on valmistelualueella ja vihreät kappaleet ovat hyväksytysti ponnistettuja valmiita kappaleita. Koneessa on harmaa kappale, jota ponnistetaan parhaillaan. Sinisen kaapin etupuolelle on sijoitettu siirrettävä työkaluteline, jossa ovat kaikki ponnistustyössä tarvittavat työkalut. Tarvittavat pultit meneillään olevaan työhön sijaitsevat myös työkalutelineessä. Työkalutelineen edessä on harmaa alue, joka suunniteltiin valmistelualueeksi. Tämä alue on käytössä meneillään olevan työn valmisteluun.

Koeponnistustyöpisteen lattiapinta on nykyisellään pinnoittamatonta betonia ja näin ollen pinttynyt mustaksi. Olisi täysin perusteltua pinnoittaa lattia maalaamalla tai jollakin muulla menetelmällä siisteyden ylläpitämiseksi. Vaaleassa pinnassa näkyvä epäpuhtaus pistäisi silmään eri tavalla kuin tummassa ja antaisi syyn pitää työpiste siistimpänä. Toiseksi lastan käyttö olisi huomattavasti helpompaa maalatulla pinnalla, jos tulee tarvetta puhdistaa tippunutta ponnistusnestettä.



KUVIO 16. Järjestely työpiste

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Toimeksiantajan laitteistolla nesteen avulla suoritettava koeponnistus eli painekoeistus on turvallista, jos nestekammioon ei täytön yhteydessä jää ilmaa. Työssä vertailtiin ilman ja veden kokoonpuristumista ja tulosten mukaan vesi puristui kasaan 0,16 % ja ilma 71,45 % verrattuna alkutilavuuteen 34 baarin ylipaineessa. Tuloksista ilmenee se, että materiaalin rikkoutuessa nesteen ”jousivaikutus” jää vähäiseksi verrattuna ilman räjähdysmäiseen purkautumiseen.

Prosessimaisen tuotannon kannalta laitteiston tunteminen on tärkeää. Koeponnistuslaitteistosta ja työssä käsiteltävistä komponenteista tehtiin 3-D mallit. Koeponnistuslaitteiston tärkeimmät komponentit nimettiin, mistä on hyötyä mm. ohjeistuksen luomisessa.

Staattorinrungon (GJS 500, $V=480$ l, $p=34$ bar) ja laakerikilven läpimenoajat selvitettiin kelloaikatutkimuksella. Staattorinrungon läpimenoajaksi saatiin 49 min 35 s ja laakerikilven läpimenoajaksi 14 min 15 s. Rungon (GJL 250, $V=480$ l, $p=23$ bar) läpimenoajaksi määriteltiin sama kuin isompipaineisessa eli 49 min 35 s. Pienemmän rungon (GJL 250, $V=330$, $p=23$ bar) laskennalliseksi läpimenoajaksi saatiin 42 min 55 s. Kelloaikatutkimuksen ohella työvaiheita tarkasteltiin menetelmätutkimuksen keinoin ja havaintojen perusteella saadut parannusehdotukset kirjattiin taulukkoon.

Laakerikilvelle suunniteltiin kulmahyllytyyppinen kiinnitin nykyiselle ponnistuslaipalle, tarkoituksena menetelmän tehostaminen. Laakerikilven ponnistuslaipan toiminnallista soveltuvuutta tutkittiin laskemalla laippaan kohdistuva kokonaisvoima sekä kierteisiin kohdistuva aksiaalivoima. Laippaan kohdistuvaksi kokonaisvoimaksi saatiin 633 kN ja yhteen kierteeseen vaikuttavaksi aksiaalivoimaksi 113 kN. Laskelmien tueksi ponnistuslaipan jännitystilaa tutkittiin myös FEA-simuloinnin avulla.

Layout-suunnittelu tehtiin kuvaamalla materiaalivirtoja kahden eri työpisteen sijaintia vertaamalla. Havaintojen perusteella vaihtoehtoinen työpisteen sijainti olisi parempi sekä materiaalivirran että etäisyyksien kannalta. Työpisteen järjestely tuotti tehokkaan ratkaisun lattiapinta-alan lisäämiseksi nykyisessä työpisteessä, edellyttäen työntekijältä aktiivista otetta ylläpitoon.

Työn luotettavuutta työntutkimuksen kannalta arvioitaessa olisi nostanut tutkimuserien lisääminen, koska pienissä erissä tilastollinen heilunta on suurempaa. Lisäksi työntutkimuksen suorittajan tulee olla koulutettu henkilö, koska tutkijan tulee huomioida työntekijän työturvallisuus sekä henkinen hyvinvointi.

Koeponnistusprosessi parani yllättävällä tavalla työn kuluessa. Pienimmällä työmäärällä saatiin suurin vaikutus läpimenoaikaan. Äänekäs pumppaus olikin kavitaation johdosta puolet hitaampaa verrattuna ääneltään hiljaiseen pumppaamiseen. Työturvallisuus parani laakerikilven ponnistuslaipan ilmanpoistoreiän sijainnin muuttamisen jälkeen huomattavasti. Pelkästään näiden kahden konkreettisen asian huomaaminen ja muuttaminen riitti pääsemään työn tavoitteeseen.

Työstä saatuja kehitysehdotuksia päästiin toteuttamaan rajallisesti aikataulun puitteissa ja kokonaisvaltainen prosessin parantaminen jäi tekemättä. Paras mahdollinen tilanne olisi ollut se, että nykyistä ja parannettua prosessia olisi päässyt vertaamaan keskenään, jolloin konkreettiset tulokset olisivat kertoneet paraniko prosessi.

Mahdollisesti tulevaisuudessa tapahtuvaan parantamiseen antaa eväitä varsinainen työnosuus. Siinä esiteltiin kehitysmahdollisuuksia staattorinrunгон työvaiheiden tehostamiseksi, laakerikilpien menetelmämuutokseen työturvallisuuden parantamiseksi, layout-suunnitteluun toiminnan tehostamiseksi ja työpisteen järjestelyyn siisteyden kohentamiseksi.

Jatkotutkimuksen kannalta esiin nousi täyttöpumpun kavitoinnin syyn selvittäminen sekä suurempana projektina laakerikilven ponnistusmenetelmään liittyvä tutkimus, jossa selvitettäisiin mahdollisuus suorittaa painekoeistus valmiiksi koneistettuun kappaleeseen. Nykyisellä menetelmällä laakerikilpeen suoritetaan viimeistelykoneistus painekoeistuksen jälkeen, mikä lisää työvaiheiden lukumäärää.

LÄHTEET

Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja, S., Kleimola, M., Martikka, H., Miettinen, J., Niemi, E., Ranta, A (toim.) 2003. Koneenosien suunnittelu. 4. painos. Porvoo: WSOY.

Blom, S., Lahtinen, P. & Nuutio, E. (toim.) 1999. Koneenelimet ja mekanismit. 4. uudistettu painos. Helsinki: Edita.

Componenta. 2011. Kotisivut. Luettu 2.4.2011.

<http://www.componenta.com/?pageid=129&parent0=34&parent1=61&parent2=63&LangID=1>.

Componenta. 2001. Vuosikertomus. Luettu 25.4.2011.

<http://web.lib.hse.fi/FI/yrityspalvelin/pdf/2001/Fcompone.pdf>.

Kauppalehti. 2000. Avoinarkisto. Luettu 25.4.2011.

<http://www.kauppalehti.fi/5/i/talous/uutiset/avoinarkisto/trindex.jsp?xid=6463&date=2000/04/07>.

Kuormalavakeskus. 2011. Tuotteet. Luettu 20.8.2011.

<http://www.kuormalavakeskus.fi/tuotteet.html>.

Mattila, M. Opettaja. TAMK. 2011. Menetelmäsuunnittelun luentomateriaali.mika.mattila@tamk.fi. Tulostettu 20.1.2011.

Nisamo Oy. Työohje painekoestukseen. 1998.

Tekniikan kaavasto. 2005. 5. uudistettu painos. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammer-teknikka.

Paperiliitto. 1986. Rationalisointisopimus. Luettu 23.4.2011.

http://www.paperiliitto.fi/www/fi/edunvalvonta/tyohtosopimukset/tes/Keskusjarjestojen_sopimukset/rationalisointisop.php.

Pulli, M. 2009. Virtaustekniikka. Vedensiirtojärjestelmien toiminnallinen suunnittelu nykyaikaisin menetelmin. Tampere: Tammertekniikka.

Ruukki. 2011. Standarditeräkset. Luettu 1.8.2011.

<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Kuumavalssattut-terakset/Standarditerakset/EN-10025-2-Seostamattomat-rakenneterakset#tab0>.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2010. Tiedote. Luettu 27.4.2011.

http://www.tem.fi/index.phtml?101881_m=98606&s=4265.

Työpaikan suunnittelu. Tekninen tiedote 2/88. 1988. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto.

LIITTEET

LIITE 1: 1(3)

Staattorinrunko (GJS 500), V=480 l	
Vaihe nro, H = Havainnointi, P = Parannusmahdollisuus	
1. Kääntö ja puhallus.	
H	Staattori pitää kääntää kuormalavalle oikeaan asentoon, jotta ponnistuslaippojen asennus on mahdollista. Koneistuksen jälkeen kappaleeseen on jäänyt lastuja, jotka täytyy puhalttaa pois kierrerei'istä.
P	Kappaleet puhalletaan irtolastuista ja käännetään oikeaan asentoon, joko työtökoneella tai viimeistelytyöpisteessä. + Nopeuttaa laippojen kiinnitystä + Työpiste pysyy siistimpänä + Vaihe jää kokonaan turhana pois - Kuormittaa, joko viimeistelyä tai koneistusta
2. Laippojen kiinnitys.	
H	Ponnistuslaipat kiinnitetään M24 (12.9) kuusiokoloruuveilla. Työn alkaessa tulee varmistua oikeiden pulttien käytöstä ja todeta kierteiden kunto. Työpisteestä löytyi sekalainen valikoima pultteja eri lujuudella ja pituudella. Laippojen asetus kiinnitystä varten vaatii huolellisuutta, jotta o-rengas tiiviste ei vaurioidu. Menetelmä vaatii fyysisiä ponnisteluja. Kiinnitysruuvien momentti varmistetaan pulttipyssyllä, joka on tarkoitukseen sopiva.
P	Eri töissä käytettävät ruuvit ja pultit tulisi järjestää nimikekohtaisiin omiin säilytyslokeroihin ja merkitä ne selvästi. + Ei enää ruuvien sekaantumisriskiä + Nopeuttaa työn aloittamista Laippoja varten asetetaan staattorin ylimpään kierrereikään M24 vaarnaruuvi, johon laippa ohjataan. Laipan asetuksessa painetaan jalalla laipan alaosa paikalleen, jonka jälkeen painetaan yläpää päätä vasten ja kiinnitetään vaarnaruuviin mutteri sekä loput kiinnitysruuvit. + Vähentää ponnisteluja laippojen asetuksessa. - Ylimääräinen hylsynvaihto kiinnitettäessä.
3. Nosto koneeseen.	
H	Kappale nostetaan siltanosturilla koneeseen. Koeponnistuslaitteiston ja tarvikekaapin väli on ahdas, joten liikuttelu vaatii tarkkuutta, ettei törmäilyä tapahdu. Ottoetäisyydet vaihtelevat, koska rungot ovat lattialla tulojärjestyksen mukaisesti.
P	Layout-suunnittelun avulla työpiste järjestykseen. Lattiamerkinnät valmiille ja seuraavaksi koneeseen menevälle kappaleelle. + Lattian pinta-ala hyötykäyttöön. + Ponnistetut kappaleet heti löydettävissä. + Järjestyksen ylläpito - Edellyttää työntekijää siirtämään kappaleita työn edetessä omille paikoilleen.

4. Staattorin täyttö.	
H	Kappale täytetään kytkentäluukusta nesteellä. Täyttöpumpun pikaliitin irrotetaan venttiilistä (taulukko 2: osa 6) ja liitetään täyttöletkuun. Letkun sisähalkaisija on 20 mm. Pumpulta lähtevä liitin sekä pikaliitin aiheuttavat virtausvastusta pienen halkaisijan vuoksi. Pumpun nykyinen kunto ja kavitoinnin syy epäselvä.
P	Liittimien ja letkun virtausvastuksen tarkastelu mahdollisen virtausnopeuden lisäämiseksi. Pumpun kunnan tarkistaminen ja kavitoinnin syyn selvittäminen ajankohtaista. + Staattorin nopeampi täyttö.
5. Luukunlaipan kiinnitys.	
H	Luukunlaippa kiinnitetään, kun staattori on täytetty nesteellä. Laipalla ei ole omaa paikkaansa, vaan se sijaitsee siellä, mihin se on viimeksi jätetty. Laippa nostetaan lattialta puomi- tai siltanosturilla. Laipan mukana kulkevat 4 kpl M12 (12.9) kiinnitysruuveja. Ruuvien kiinnitystä varten paineilmaletku vaihdetaan pienempään pulttipyssyyn. Pulttipyssyllä ei ole omaa paikkaansa, vaan se lojuu lattialla.
P	Laipalle ja käytettäville työkaluille oma paikkansa, huomioiden mahdollisimman pieni ottoetäisyys ja käytettävyys. Pienemmälle pulttipyssylle oma paineletku. + Nopeampi laipan kiinnitys. + Ei paineilmaletkun vaihtoa.
6. Paineletkun kiinnitys.	
H	Korkeapainepumpunletku kiinnitetään pikaliittimellä luukun laippaan. Letku roikkuu seinällä omalla paikallaan.
P	Ei ehdotusta.
7. Ponnistus.	
H	Kappale ponnistetaan suojapleksin takana. Korkeapainepumpun katkaisija on sen tyyppinen, että päälle ja pois kytkettäessä pitää painaa omaa nappia. Tämän tyyppinen katkaisija voi aiheuttaa vaaratilanteen, koska pumppu pitää sammuttaa omasta napista. Paineenalennusventtiiliä, jolla säädetään maksimipaine, ei käytetä tunnollisesti. Ponnistuksen jälkeen paine lasketaan kääntämällä kuula-venttiiliä.
P	Tapaturmariskien minimoimiseksi tulisi katkaisija vaihtaa painonappityyppi- seksi, jolloin painetta nostettaessa täytyy painaa nappia koko ajan pohjassa. Vastaavasti pumppu sammuu, kun nappi vapautetaan. + Työturvallisuus
8. Paineletkun irrotus.	
H	Ponnistetun kappaleen paineettomuus varmistetaan avaamalla ilmanpoistoventtiili luukun laipasta. Paineletku irrotetaan laipasta ja laitetaan omalle paikalleen.
P	Ei ehdotusta.

9. Luukun laipan irrotus.	
H	Luukun laippa irrotetaan, jotta kappaletta tyhjennettäessä korvausilman saanti ei esty. Laippa siirretään silta- tai puominosturilla ottopaikalleen.
P	Vaiheen 5 mukaiset toimenpiteet. + Nopeampi irrotus.
10. Kappaleen tyhjennys nesteestä.	
H	Paineilmaletku vaihdetaan takaisin isoon pulttipyssyyn. Kappale tyhjenetään nesteestä avaamalla suojaileksiä vastapäätä sijaitsevan laipan kuusioruuveja varovasti, niin että neste valuu laipan ja rungon välistä säiliöön. Liian paljon kerrallaan avatut ruuvit aiheuttavat laipan ja rungon välisen raon kasvamisen liian suureksi, jolloin neste roiskuu lattialle ja koeponnistajan päälle. Staattorin tyhjentymisaika vaihtelee paljon, riippuen siitä, kuinka paljon ruuveja on löysätty.
P	Laippaan asennetaan sopivan kokoinen kuulaventtiili, jotta haluttu tyhjentymisnopeus saavutetaan. + Prosessin vaiheajan tunteminen. + Ei enää märkiä työvaatteita. + Työpisteen siisteys paranee.
11. Kappaleen nosto lavalle.	
H	Kappale nostetaan siltanosturilla takaisin lavalle. Kappaleesta saattaa valua vielä sisälle jäänyttä nestettä lattialle.
P	Vaiheen 3 mukaiset toimenpiteet.
12. Stanssaus.	
H	Kappale merkitään stanssaamalla kirjain ”A” koneistettuun pintaan, jotta tiedetään ponnistustyövaihe hyväksytysti suoritetuksi.
P	Stanssausvälineille omat paikkansa, huomioiden ottoetäisyydet. + Ei turhaa välineiden etsimistä.
13. Päätylaippojen ja pulttien irrotus.	
H	Ponnistuslaipat ja kiinnityspultit irrotetaan valmiista kappaleesta siltanosturia apuna käyttäen. Tilanteen mukaan laipat kiinnitetään seuraavaan kappaleeseen tai siirretään telineeseen. Seuraavan ponnistettavan kappaleen sijainti vaihtelee.
P	Lattiamerkinnät valmiille ja seuraavalle kappaleelle. + Lyhentyneet ponnistuslaippojen liikuttelu etäisyydet.
14. Tiivisteiden uusiminen.	
H	Ponnistuslaippojen tiivisteet kuluvat käytössä. O-rengastiiviste on helppo vaihtaa, mutta neliön muotoisen tiivisteiden asennus uraan on työlästä. Toisinaan tiivistemateriaalin loppuminen aiheuttaa turhaa odotusaikaa, koska työtä ei voida aloittaa.
P	O-rengastiivisteitä sekä tiivistemateriaalia oltava varastossa. Sopiva kappale- ja metrimäärä sovittava hälytysrajaksi. Tiivisteiden kunto tarkistetaan työn päättyessä, ettei seuraavan sarjan aloituksessa jouduta tekemään tiivistehuoltoa. + Työn keskeytykset vähenevät. + Työn aloittaminen sujuvampaa.

LIITE 2: 1 (6)

☐ **Simulation:1**

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	24.8.2011, 19:21
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

Advanced settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

☐ **Material(s)**

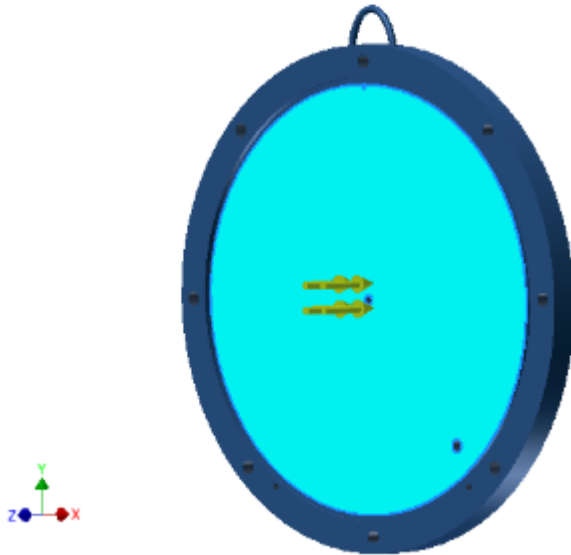
Name	Steel	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	345 MPa
	Ultimate Tensile Strength	550 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	80,7692 GPa
Stress Thermal	Expansion Coefficient	0,000012 ul/c
	Thermal Conductivity	56 W/(m K)
	Specific Heat	460 J/(kg c)
Part Name(s)	Laakerikilven ponnistulaippa	

☐ **Operating conditions**

☐ **Pressure:1**

Load Type	Pressure
Magnitude	2,300 MPa

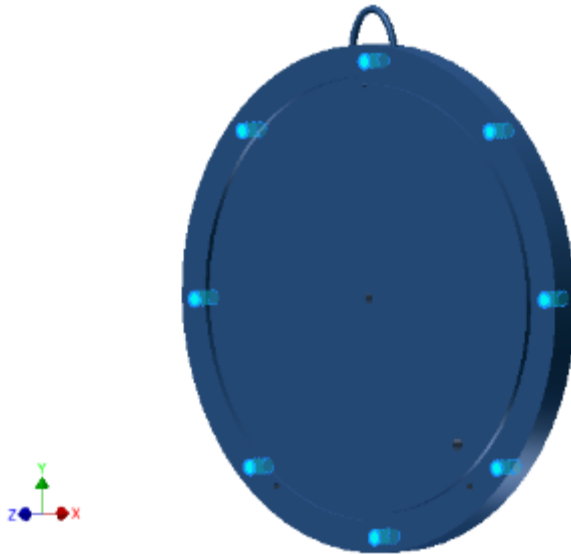
☐ **Selected Face(s)**



☐ **Fixed Constraint:1**

Constraint Type	Fixed Constraint
-----------------	------------------

☐ **Selected Face(s)**



☐ Results

☐ Reaction Force and Moment on Constraints

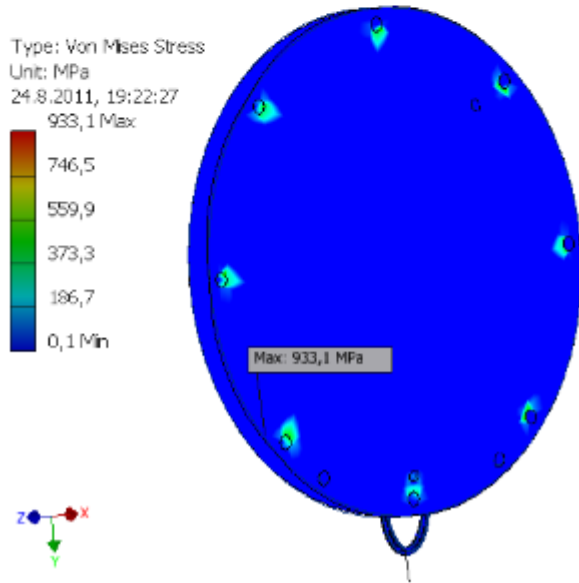
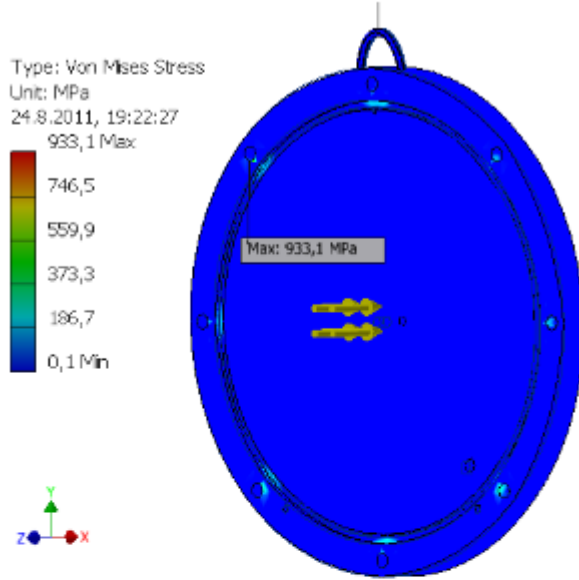
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	632052 N	0 N	0 N m	0 N m
		0 N		0 N m
		632052 N		0 N m

☐ Result Summary

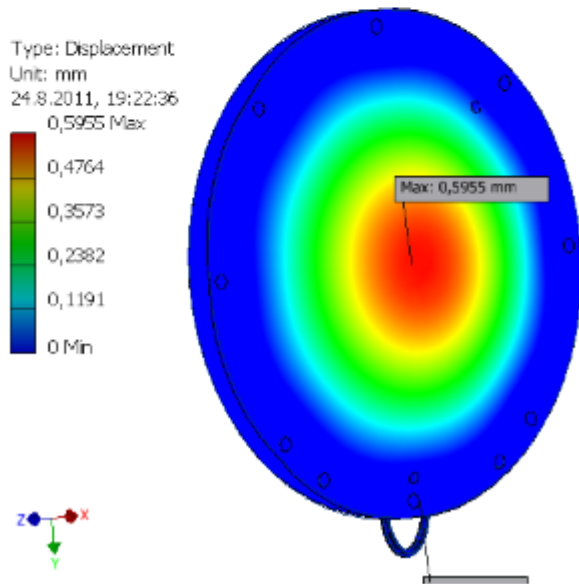
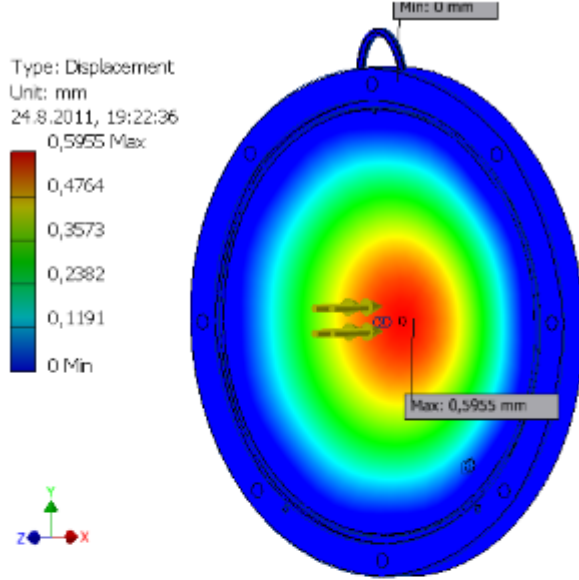
Name	Minimum	Maximum
Volume	15098200 mm ³	
Mass	118,521 kg	
Von Mises Stress	0,0788857 MPa	933,102 MPa
1st Principal Stress	-293,527 MPa	970,731 MPa
3rd Principal Stress	-1050,5 MPa	147,64 MPa
Displacement	0 mm	0,595548 mm
Safety Factor	0,369735 ul	15 ul
Stress XX	-927,782 MPa	428,77 MPa
Stress XY	-302,73 MPa	293,966 MPa
Stress XZ	-203,624 MPa	212,057 MPa
Stress YY	-934,041 MPa	777,968 MPa
Stress YZ	-227,825 MPa	290,655 MPa
Stress ZZ	-396,805 MPa	307,208 MPa
X Displacement	-0,0533368 mm	0,0531007 mm
Y Displacement	-0,0524528 mm	0,0532807 mm
Z Displacement	-0,595548 mm	0,0760938 mm
Equivalent Strain	0,000000342671 ul	0,00398492 ul
1st Principal Strain	0,000000156472 ul	0,00437888 ul
3rd Principal Strain	-0,00400704 ul	-0,000000389377 ul
Strain XX	-0,00338041 ul	0,0015886 ul
Strain XY	-0,00187404 ul	0,00181979 ul
Strain XZ	-0,00126053 ul	0,00131273 ul
Strain YY	-0,00337917 ul	0,00318559 ul
Strain YZ	-0,00141035 ul	0,00179929 ul
Strain ZZ	-0,00121859 ul	0,00116562 ul

▣ **Figures**

▣ **Von Mises Stress**

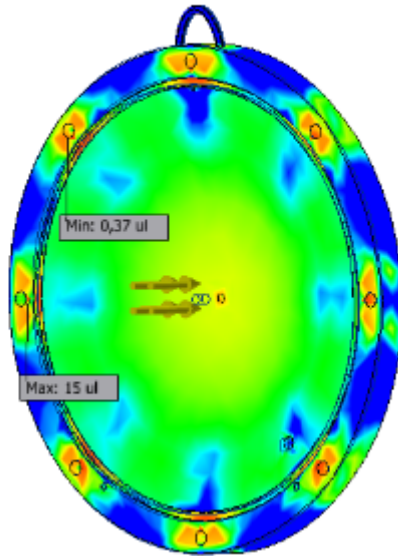
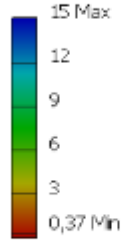


Displacement

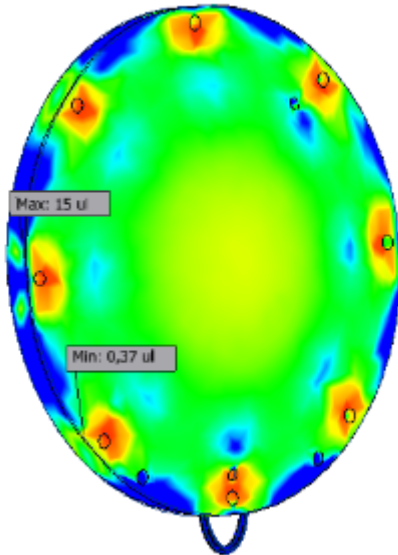
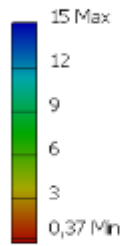


☐ Safety Factor

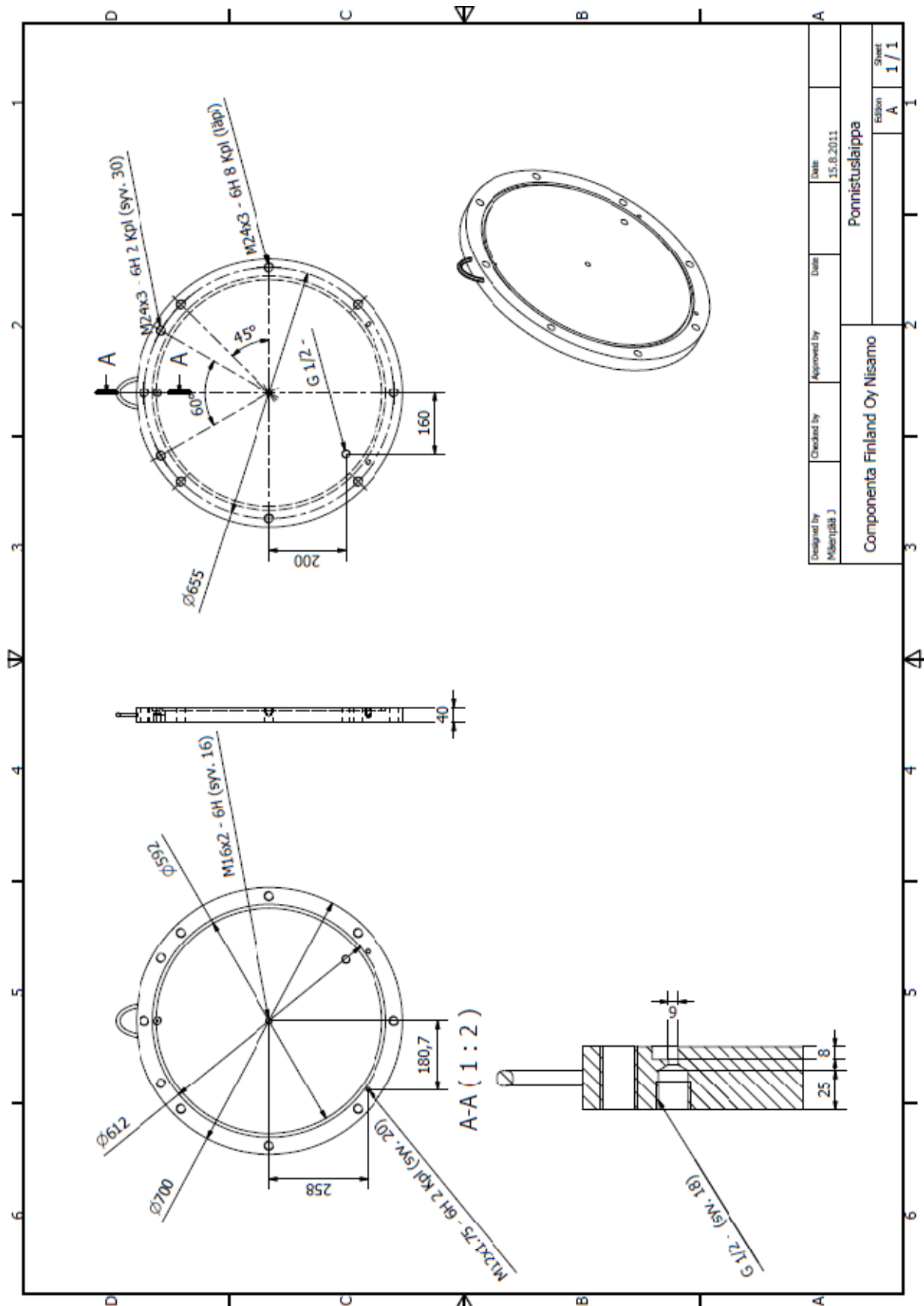
Type: Safety Factor
Unit: ul
24.8.2011, 19:22:35



Type: Safety Factor
Unit: ul
24.8.2011, 19:22:35

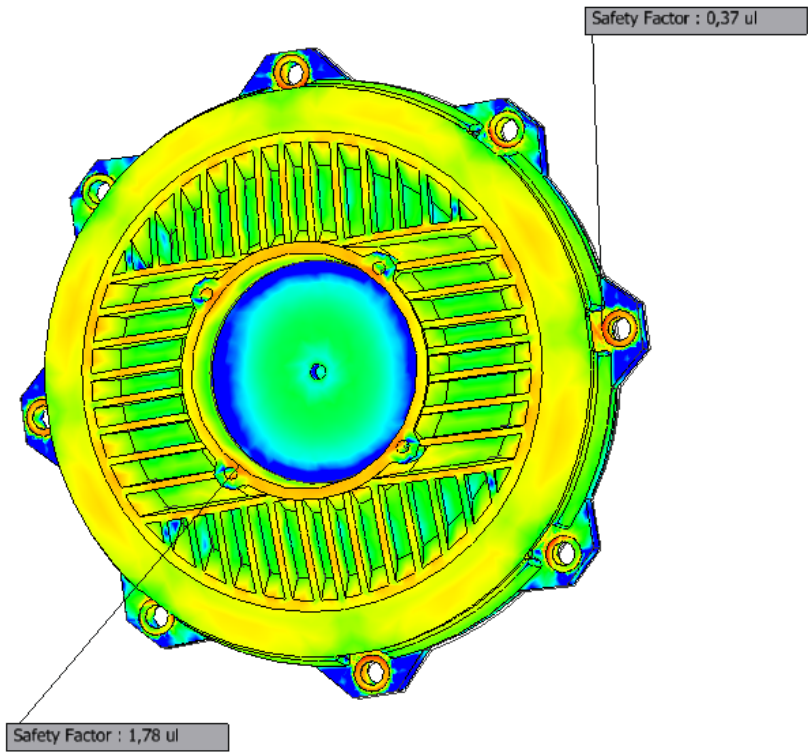
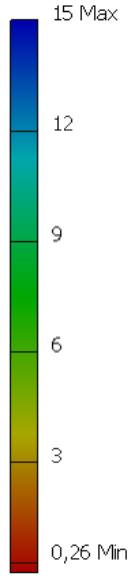


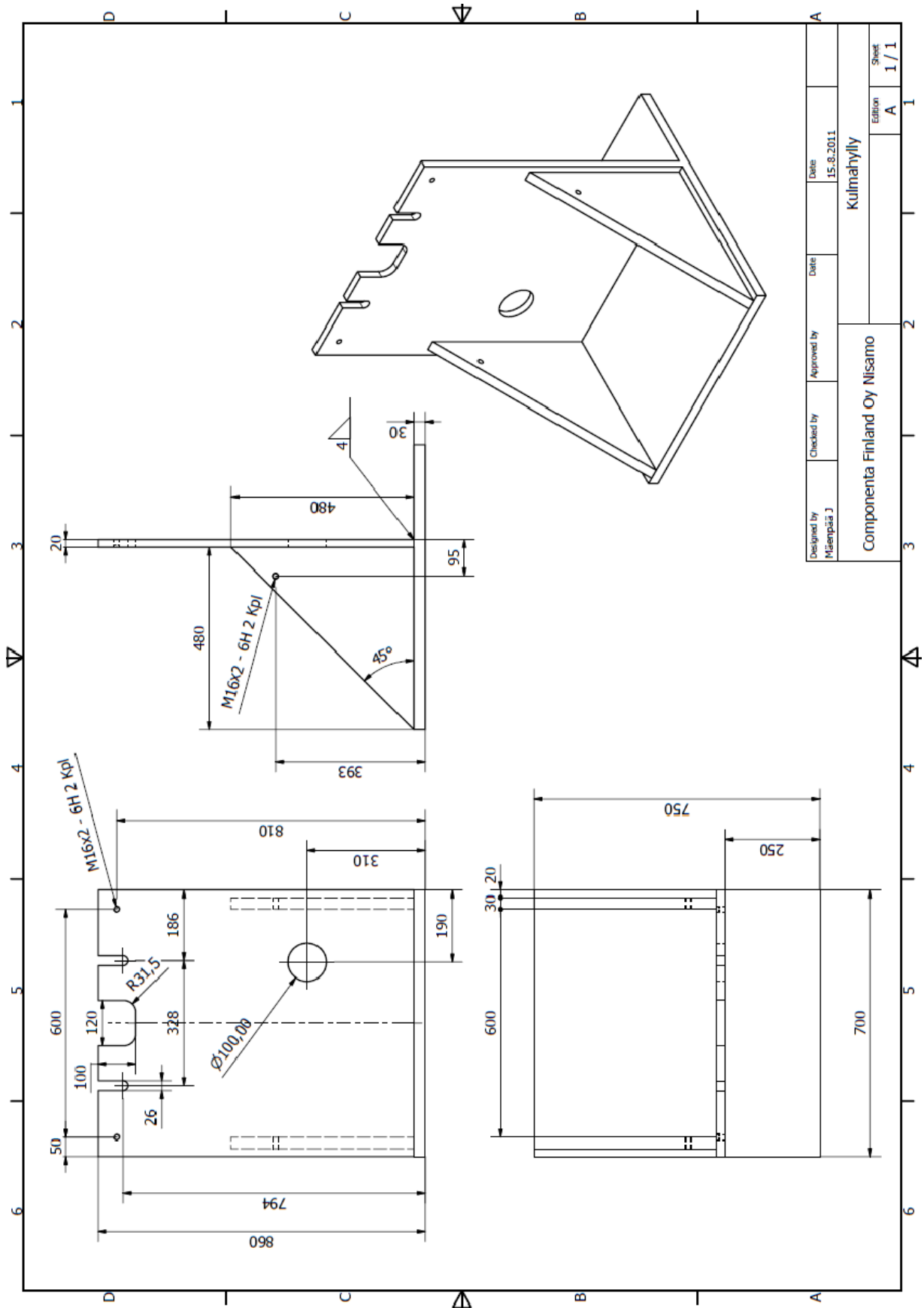
LIITE 3



Designed by Mäsimäki J	Checked by	Approved by	Date 15.8.2011
Componenta Finland Oy Nisamo			Date
Ponnistuslaippa			Date
Edition A			Sheet 1/1

Type: Safety Factor
Unit: ul
24.8.2011, 20:36:14





Designed by Mäenpää J	Checked by	Approved by	Date 15.8.2011	Date	Date
Componenta Finland Oy Nisamo			Kulmahylly		
			Edition A	Sheet 1 / 1	