

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HYDRAULISYLINTERIN AUTOMA- TISOITU SUUNNITTELU

TEKIJÄ Toni Aarni

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Toni Aarni			
Työn nimi Hydraulisynterinin automatisoitu suunnittelu			
Päiväys	23.3.2022	Sivumäärä/Liitteet	34/1
Toimeksiantaja Norrhydro Oy			
Tiivistelmä Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia toimiva logiikka Norrhydro Oy:n hydraulisynterinin automatisoidulle suunnittelulle. Suunnittelun automatisointia kehitettiin suunnitteluosaston avuksi karsimaan rutiininomaiset sylinterisuunnittelun työvaiheet. Työn tavoitteita toimivan logiikan lisäksi oli automatisoitu päämitta- ja kokoonpanokuvien teko, sekä automaation tuli toimia yrityksen käyttämässä tiedonhallintajärjestelmässä. Automatisointi toteutettiin konfiguraattorin, automaatiotyökalun sekä mekaniikkasuunnitteluohjelmiston avulla. Konfiguraattorina toimi Microsoft Excel, mihin automatisoinnin logiikka laadittiin. Logiikan laadinnassa käytettiin hyväksi erilaisia funktioita. Excel-tiedostoon listattiin myös automatisoinnissa käytettävät hydraulisynterineiden osat sekä laadittiin käyttöliittymä. Yrityksen käytössä oli SolidWorks-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto. Ohjelmistossa toteutettiin hydraulisynterinin automatisoitu suunnittelu ja kuvien teko. Automaatiotyökaluna käytettiin CadWorksin kehittämää AutomateWorks-lisäosaa. Lisäosa luki Excel-tiedoston komentojonoa ja toteutti komennot SolidWorks-ohjelmistossa. Opinnäytetyön tuloksena kehitettiin toimiva logiikka sylinterin automatisoidulle suunnittelulle, joka toimi yrityksen käyttämässä tiedonhallintajärjestelmässä. Kolmen käytössä olevan ohjelman avulla kyettiin automatisoidusti suunnittelemaan hydraulisynterinin 3D-malli sekä päämitta- että kokoonpanokuva. Opinnäytetyön valmistuttua automatisoinnille jäi jatkokehittämistä. Automatisointia tulee laajentaa useampaan hydraulisynterinin kokoluokkaan, sillä opinnäytetyö sisälsi kaksi eri kokoluokkaa. Konfiguraattorin sääntöjä tulee myös laajentaa. Konfiguraattoriin valintoihin laadittiin sääntöjä, joilla pyrittiin estämään valmistavuudeltaan mahdottomien hydraulisynterineiden suunnittelu. Kaikkia sääntöjä ei kyseiseen työhön saatu toteutettua, kuten nurjahdustarkastelua.			
Avainsanat AutomateWorks, konfiguraattori, hydraulisynterini, automatisoitu suunnittelu			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author Toni Aarni	
Title of Thesis Automated Design Tool for Hydraulic Cylinder	
Date 23 March 2022	Pages/Appendices 34/1
Client Organisation Norrhydro Oy	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to create a working logic for Norrhydro Oy's automated cylinder design tool. The aim of the automated design tool was to help the design department cut down routine cylinder design work phases. In addition to creating the logic, the aim was to automate the creation of main and assembly images. Also, the automation had to work in the data management application used by the company.</p> <p>The automation was implemented using a configurator, an automation tool, and a 3D design program. The configurator was Microsoft Excel, for which the automation logic was created. Various functions were used to compile the logic. The parts of the hydraulic cylinders used in automation were also listed in the Excel file and the user interface was created also on the file. The company used SolidWorks 3D design software. The program implemented automated design and imaging of the hydraulic cylinder. The AutomateWorks add-on developed by CadWorks was used as the automation tool. The add-in read the script from an Excel file and executed the commands in SolidWorks.</p> <p>As a result of the thesis, a functional logic was developed for the automated cylinder design tool, which operated in the data management application used by the company. With the three programs in use, it was possible to automatically design a 3D model of the hydraulic cylinder and both the main dimension and the assembly view.</p> <p>Further development for automation was left after the completion of the thesis. Automation should be extended to all hydraulic cylinder sizes. Configurator rules should also be extended. The rules were drawn up for the configurator selections to prevent the design of manufacturability impossible hydraulic cylinders. Not all the rules could be implemented within the thesis, such as a buckling examination.</p>	
<p>Keywords</p> <p>AutomateWorks, configurator, hydraulic cylinder, automated design</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTAJA JA TYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	7
3	AUTOMAATIO SUUNNITTELUSSA.....	8
3.1	Konfiguraattori.....	8
3.2	API	8
3.3	Makro	8
4	OHJELMISTOT HYDRAULISYLINTERIN SUUNNITTELUN AUTOMATISOINNISSA	9
4.1	SolidWorks	9
4.2	AutomateWorks	10
4.3	Excel.....	11
5	HYDRAULISYLINTERI JA SEN RAKENNE	12
6	KONFIGURAATTORIN LOGIIKAN LAADINTA.....	15
6.1	Konfiguraattorin funktiot osien valinnoissa	15
6.1.1	Mäntä ja ohjain	17
6.1.2	Pääty ja laakeripesät.....	18
6.1.3	Paineliitin ja männänvarsi.....	19
6.2	Komentojono	21
7	3D-MALLIEN VALMISTELU AUTOMAATIOLE SOPIVIKSI	23
7.1	Osien mitoitus.....	23
7.2	Osien kokoonpanot	23
7.3	Pääkokoonpanon ja piirustuksen suunnittelu.....	25
8	AUTOMAATION TESTAUSPROSESSI JA TULOKSET	28
9	YHTEENVETO.....	30
10	POHDINTA JA JATKOKEHITYSIDEAT	31
	LÄHDELUETTELO.....	32
	LIITE 1: EXCEL-TIEDOSTON SOLIDWORKS-VÄLILEHDEN KOMENTOJONO	34

KUVALUETTELO

Kuva 1. Havainnekuva Rovaniemen uudesta tuotantolaitoksesta. (Norrhydro Oy, 2021)	7
Kuva 2. Hydraulisynterinin pääkokoonpano (Aarni, 2022)	9

Kuva 3. AutomateWorksin käyttöliittymä SolidWorks-ohjelmistossa (Aarni, 2022).....	10
Kuva 4. Kaksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri (Salhydro, 2006, s. 9)	12
Kuva 5. Uppomäntäsyylinteri (Salhydro, 2006, s. 2)	13
Kuva 6. Teleskooppisyylinteri (Salhydro, 2006, s. 10).....	13
Kuva 7. Hydraulisyylinterin rakenne (Ravaltso, 2017)	14
Kuva 8. Hydraulisyylinterin osien vaikutus toisiinsa (Aarni, 2022)	15
Kuva 9. Sylinteriputken ulkohalkaisijan ohjausobjekti-pudotusvalikko (Aarni, 2022)	16
Kuva 10. INDEKSI-funktio (Aarni, 2022)	16
Kuva 11. Mäntien listauksessa käytettävä JOS.JOUKKO-funktio ja männän valinta (Aarni, 2022)	17
Kuva 12. G7-solun arvo ohjaimen XHAKU-funktiota varten (Aarni, 2022)	17
Kuva 13. Listattuja ohjaimia (Aarni, 2022)	18
Kuva 14. XHAKU-funktio ohjaimen haussa (Aarni, 2022).....	18
Kuva 15. Vasemmalla sovitteellinen laakeripesä, oikealla pyöreä laakeripesä (Aarni, 2022)	19
Kuva 16. Laakeripesien jaottelu (Aarni, 2022)	19
Kuva 17. Ohjaimen puoleisen paineliittimen valinta (Aarni, 2022).....	20
Kuva 18. Männänvarren valinnan JOS-funktio (Aarni, 2022).....	20
Kuva 19. Männän mittojen nimet (Aarni, 2022)	20
Kuva 20. Männänvarren pyöristyksen JOS-funktio (Aarni, 2022).....	21
Kuva 21. Komentojonon lue mitan arvo-komento (Aarni, 2022).....	21
Kuva 22. Männän kokoonpano (Aarni, 2022).....	24
Kuva 23. Laakeripesän kokoonpano (Aarni, 2022)	24
Kuva 24. Hydraulisyylinterin pääkokoonpano (Aarni, 2022).....	25
Kuva 25. Kokoonpanokuva (Aarni, 2022)	26
Kuva 26. dimensions-luonnos (Aarni, 2022)	26
Kuva 27. Päämittakuva (Aarni, 2022)	27
Kuva 28. Excel-tiedostoon tehty käyttöliittymä (Aarni, 2022).....	29

1 JOHDANTO

Yrityksille on tärkeää kyetä vastaamaan asiakkaiden kysyntään ja säilyttämään hyvä palvelukyky ilman ylimääräisiä kustannuksia tai tinkimällä laadusta. Prosessin automatisointi vaatii monesti investointeja ja tarkkoja kustannusarvioita, mutta isommassa kuvassa katsottuna automaatiolla on muita hyötyjä kuin pelkkä kustannuksissa säästäminen. Automaatiolla saadaan laadukas prosessi ja yleisesti automatisoitu prosessi on nopeampi kuin ihmisen suorittama prosessi. Ihmisellä on myös taipumusta inhimillisiin virheisiin, mutta automaatiolla nämä virheet kyetään karsimaan pois prosesseista.

Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia toimiva logiikka hydraulisyylinterin automatisoidulle suunnittelulle. Automatisoitu prosessi suunnittelee hydraulisyylinterin olemassa olevista osista tehtyjen valintojen mukaan. Automatisoinnin tarkoitus on karsia rutiininomaiset suunnittelutyöt. Rutiininomaisilla töillä sylinterisuunnittelussa tarkoitetaan uusien sylinterien suunnittelua, joihin käytetään olemassa olevia osia. Tavallisesti uusi sylinteri kopioidaan vanhasta saman kokoluokan sylinteristä, jonka jälkeen siihen tehdään tarvittavat muutokset, kuten pituuden muutos. Tämän työvaiheen karsiminen keventäisi suunnitteluosaston työkuormaa ja jättäisi enemmän aikaa tuotekehitykselle, vaativien asiakaspyyntöjen täyttämiseksi sekä vähentäisi virheen mahdollisuutta.

Tavoitteita työlle on laatia toimiva logiikka sylinteriautomaatiolle, automaation tulee toimia yrityksen käyttämässä tiedonhallintajärjestelmässä sekä tehdä päämitta- ja kokoonpanokuva. Näiden lisäksi työ sisältää osat kahdelle eri männän halkaisijalle, jotta toiminta eri hydraulisyylinterin kokoluokkien välillä on nähtävissä.

Työn konfiguraattorina toimii Microsoft Excel. Excel-tiedostoon listataan käytössä olevat osat ja laaditaan logiikka, funktiot sekä käyttöliittymä. Käyttöliittymässä tehtyjen valintojen mukaan Excel-tiedoston solujen arvot muuttuvat. Automaatiotyökalu lukee Excel-tiedoston soluja ja näiden mukaan toteuttaa komennot 3D-suunnitteluohjelmaan.

Keskeisimpiä työvaiheita on hahmottaa sylinterikokoonpanon osien vaikutukset toisiinsa, laatia yksinkertainen logiikka Excel-tiedostoon ja mekaniikkasuunnitteluohjelmiston 3D-mallien muokkaaminen automaatiolle sopiviksi. Osien vaikutusten mukaan lähdetään laatimaan logiikkaa, jolla konfiguraattori toimii. Logiikan tulee olla mahdollisimman yksinkertainen, jotta seuraavan käyttäjän olisi helppo sitä ymmärtää ja muokata. 3D-malleihin pitää tehdä koordinaattipisteitä, joista osat saadaan kiinnitettyä ja muokkauksia mittoihin, jotta automaatio ymmärtää 3D-mallien mittoja.

2 OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTAJA JA TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Norrhydro Oy on rovaniemeläinen hydraulisylinterien valmistaja, joka on perustettu vuonna 1985. Yhtiön perustivat viisitoista entisen Rova-Tekno Ky:n työntekijää. Aluksi hydraulisylinterien rinnalla valmistettiin nostimia ja nostinten kouria, mutta 2000-luvulle siirryttäessä yhtiö luopui nostimista ja keskittyi sylinterivalmistukseen. (Alma Media Oyj, 2020)

Vuodesta 2007 lähtien yhtiön toimitusjohtajana on toiminut Yrjö Trög. Liikevaihto vuonna 2020 oli 19,9 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos 2 miljoonaa euroa. Työntekijöitä on yhteensä noin 160 henkilöä, yhtiön pääkonttorilla Rovaniemellä, tuotekehityksyksikössä Tampereella sekä suunnittelutoimistossa Kuopiossa. Vuonna 2021 joulukuussa yhtiö listautui Helsingin pörssiin, ja on ainoa lappalainen pörssiyhtiö. (Fonecta, 2021) (Yleisradio Oy, 2021)

Uuden tuotantolaitoksen rakennustyöt Rovaniemellä oli aloitettu vuonna 2021 ja tuotannon siirto uuteen tuotantolaitokseen olisi määrä tapahtua vuonna 2022. Uusi tuotantolaitos kasvattaa 30 % tuotantokapasiteettia, mutta suunnitelman mukaisten koneinvestointien jälkeen tuotannon kapasiteetti olisi mahdollista kaksinkertaistaa. (Norrhydro Oy, 2021)



Kuva 1. Havainnekuva Rovaniemen uudesta tuotantolaitoksesta. (Norrhydro Oy, 2021)

Suunnitellusti uuden tuotantolaitoksen myötä kapasiteetti kasvaa, joka tarkoittaa myös suunnittelutöiden määrän kasvua. Tätä työmäärän lisäystä voidaan hallita näin karkeasti ajateltuna joko kasvattamalla työntekijöiden määrää tai poistamalla työvaiheita. Automaatiolla saataisiin poistettua yksi suurimmista työvaiheista, sillä suurin osa uusista sylintereistä pohjautuvat vanhoihin sylintereihin, eli ne tehdään olemassa olevista osista. Tämä muutaman tunnin työn kutistaminen minuutteihin säästää suuremmissa kuvassa aikaa ja vaivaa.

Vuoden 2021 alussa Norrhydro Oy päätti aloittaa kehittämistyön suunnittelun avuksi. Työtä aloitettiin listaamalla Excel-tiedostoon käytössä olevia osia ja tutustumalla konfiguraattorin toimintaan. Asiakasprojektien paljouden takia kehittämistyö jäi taka-alalle. Kesällä 2021 asiakasprojektien laantuaessa työ käynnistyi uudestaan.

3 AUTOMAATIO SUUNNITTELUSSA

On yrityksiä, jotka tarjoavat suunnittelun automatisointia tai osittaista automatisointia. Perusteluja automatisoinnille on suunnitteluprosessin virtaviivaistaminen, rutiinomaisten suunnittelun minimoiminen sekä inhimillisten virheiden karsiminen (Remodel Oy, 2022; Symetri Oy, 2022). Nämä kolme asiaa voidaan kiteyttää ajan säästämiseksi, joka on tärkeää, jotta yritys kykenee vastaamaan asiakkaiden kysyntään ja säilyttämään hyvän kilpailukyvyn.

Tässä opinnäytetyössä suunnittelun automatisoinnilla tarkoitetaan konfiguraattorin ja automaatio-työkalun käyttöä. Konfiguraattorilla käyttäjä voi tehdä mielivaltaisesti valintoja, mutta kaikki valinnat ovat työkalun tekijän antamia ja rajaamia. Automaatiotyökalu toimii kuin sovellusohjelmointirajapinta kommunikoiden ohjelmien välillä. Työkalu toimii myös osittain kuin makro, toteuttaen manuaalisia komentoja automatisoidusti.

3.1 Konfiguraattori

Konfiguraattori on työkalu, joka määrittelee lopputuotteen vaadittujen valintojen, laskemien ja sääntöjen perusteella. Työkalu ohjaa käyttäjää määrittämään tuotteen ominaisuuksia ja vaihtoehtoja. Ominaisuuksilla ja vaihtoehtoilla voi olla suhteita toisiinsa, jolloin yhden ominaisuuden valinta voi vaikuttaa toisiin valintoihin. Tehtyjen valintojen perusteella syntyy käyttäjän vaatimusten mukainen tuote. (Oracle, 2016)

Vaikka konfiguraattori vaatii yksityiskohtaista laatimista, käyttöliittymän tekoa ja huoltoa tuotemuutoksien tullessa, sen edut tekevät siitä kannattavan työkalun. Työkalun, jolla voidaan toteuttaa monia tehtäviä, kuten määrittellä ominaisuuksia ja vaihtoehtoja sekä, luoda suhteita ominaisuuksien ja vaihtoehtojen välille. (Oracle, 2016)

3.2 API

Suunnittelun automatisointia on toteutettu API (Application Programmin Interface) rajapinnan kautta (Pronor Group, 2018; Remodel Oy, 2022). API on lyhenne sovellusohjelmointirajapinnasta ja se tarkoittaa ohjelmointiliitäntää, joka mahdollistaa kommunikoimisen ja tiedon siirtämisen eri ohjelmien välillä (Visma Group, 2022).

3.3 Makro

Makro tarkoittaa tietotekniikassa automatisoitua näppäinten tai hiiren painalluksien yhdistelmää. Makroa käytetään usein korvaamaan ja nopeuttamaan toistuvia näppäin ja hiiri yhdistelmiä. Makrot voivat myös sisältää funktioita, kuten Microsoft Excelin makroissa. (Interactive, 2020)

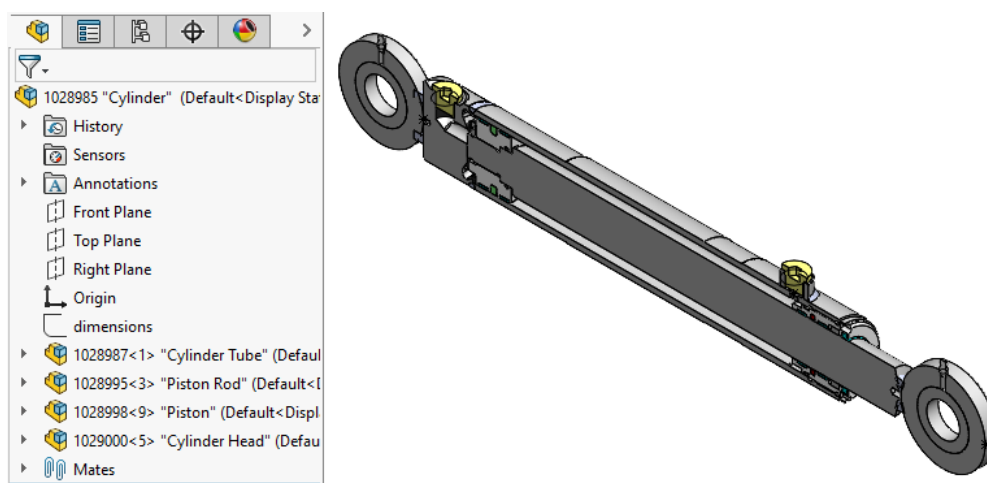
4 OHJELMISTOT HYDRAULISYLINTERIN SUUNNITTELUN AUTOMATISOINNISSA

Tässä kappaleessa käydään läpi opinnäytetyössä käytettäviä ohjelmistoja ja ohjelmiston lisäosaa. Keskeisin ohjelmisto opinnäytetyössä on SolidWorks-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto, jossa automaatio tapahtuu. Suuressa osassa on myös Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelma, joka toimii konfiguraattorina. Excel-tiedostoon laaditaan säännöt ja valinnat. AutomateWorks toimii Excelin tietojen lukijana sekä SolidWorks-ohjelmistossa makrona, joka ajaa komentoja.

4.1 SolidWorks

SolidWorks on Dassault Systemes:in kehittämä CAD mekaniikkasuunnitteluohjelmisto, jonka avulla suunnittelija kykenee nopeasti luomaan malleja ja piirustuksia sekä kokeilemaan erilaisia ominaisuuksia ja mittoja. SolidWorks luo 3D-mallin erilaisista piirteistä. Piirre lähdetään luomaan 2D-luonnoksesta, ohjelmistossa nimellä sketch. 2D-luonnosta voidaan tämän jälkeen esimerkiksi pursottaa, jolloin siitä syntyy 3D-malli. 3D-mallin luotua, siitä voi tehdä 2D-piirustuksen tai kokoonpanon. Suunniteltaessa mallia, sen pystyy havainnoimaan kolmessa ulottuvuudessa, kuin katselisi oikeaa kappaletta. (DS SolidWorks Corp., 2015, ss. 9,11)

3D-mallinnetut osat ovat ohjelmiston perus rakennuspalasia. Kokoonpanot sisältävät osia tai muita kokoonpanoja, joita kutsutaan alikokoonpanoiksi. Kuvassa 2 on hydraulisynterinin pääkokoonpano, joka koostuu alikokoonpanoista. Neljän alikokoonpanon nimikkeet näkyvät kuvan 2 vasemmassa alareunassa. Yksi ohjelmiston tehokkaimmista ominaisuuksista on se, että osaan tehty muutos peilautuu kaikkiin kokoonpanoihin ja piirustuksiin, joihin osa liittyy. (DS SolidWorks Corp., 2015, ss. 11-12)



Kuva 2. Hydraulisynterinin pääkokoonpano (Aarni, 2022)

SolidWorks Enterprise Product Data Management (EPDM) on tiedonhallintajärjestelmä, joka toimii suoraan Windows Explorer-käyttöliittymässä. EPDM:n avulla voi hallita ja synkronoida dataa ympäri maailman kaikkien käyttäjien helposti löydettäväksi. Järjestelmä on integroitu SolidWorks-ohjelmis-

toon, josta se on helposti käyttöönotettavissa. Järjestelmän avulla on helppo hallita tiedostojen versioita, tehdä yhteistyötä suunnittelussa ja turvallisesti tallettaa tiedostot. (DS SolidWorks Corp., 2012)

4.2 AutomateWorks

AutomateWorks on automaatiotyökalu, joka on CadWorksin kehittämä lisäosa SolidWorksiin. Työkalu käyttää Microsoft Excel-tiedostoa toiminnan pohjana. AutomateWorks lukee Excel-tiedoston komentojonoa (liite 1) ja tekee näin annetut käskyt SolidWorks 3D-malliin. 3D-mallin muokkaaminen tapahtuu samaan tapaan kuin manuaalisesti, mutta AutomateWorks toteuttaa muutokset huomattavasti nopeammin. Komentojonoon voidaan antaa myös käsky AutomateWorksille tuomaan SolidWorks 3D-mallista tietoa, kuten jokin mitta. Työkalulla voidaan myös tuottaa piirustukset ja tallentaa 3D-malli sekä piirustukset eri tiedostomuotoon, kuten PDF- tai STEP-muotoon. AutomateWorksin käyttöliittymä on sisällytetty SolidWorks-ohjelmaan, joten uusien komentojen laatiminen onnistuu vaivattomasti vaihtamatta ohjelmistoa (Kuva 3). (CadWorks, 2022)



Kuva 3. AutomateWorksin käyttöliittymä SolidWorks-ohjelmistossa (Aarni, 2022)

AutomateWorks automaatiotyökalua pystyy käyttämään etänä serverin avulla. Tämä on mahdollista AutomateWorks Server -webbiportaalin sekä AutomateWorks Worker – ohjelmistorobotin avulla. Worker-ohjelmistorobotti on asennettuna yrityksen työasemalle päästäkseen käsiksi konfiguraattorin tarvitsemiin tietoihin. Server – webbiportaaliin pääsee webbiselaimella, jossa voi luoda töitä jonoon. Worker-ohjelmistorobotti ottaa työn jonosta ja ajaa sen käyttäen konfiguraattoria. Ohjelmistorobotti voi lähettää tiedostoja webbiportaaliin, josta tiedostoja voidaan katsella ja ladata webbiselaimen avulla. (CadWorks Software Oy Ltd., 2019, ss. 17-19)

4.3 Excel

Microsoft Excel on taulukkolaskentaohjelma, joka kuuluu Microsoft Office-pakettiin. Ohjelmaa tavallisesti käytetään laskentaan, numeerisen datan hallintaan ja datan visualisointiin erilaisten kuvaajien avulla. Excel kykenee suorittamaan myös makroja ja Excelin tietoja voidaan lukea ulkoisella ohjelmalla.

5 HYDRAULISYLINTERI JA SEN RAKENNE

Hydraulisyylinteri muuntaa nesteen paineen ja virtauksen liikkeeksi ja voimaksi. Tämän lisäksi, että hydraulisyylinteri tuottaa voimaa, tulee sen monesti ottaa voimia vastaan ja toimia osana kantavaa rakennetta. Hydraulisyylinterin tulee myös kestää erilaisia ympäristöolosuhteiden tekijöitä, kuten lämpötiloja, kosteutta ja korroosiota. (Heavy Movable Structures, 2017, s. 1)

Hydraulisyylinterit suunnitellaan yleisesti toimimaan 350–400 baarin paineessa, mutta erikoistapauksissa työpaine voidaan suunnitella jopa 600 baarin paineeseen. Yleisesti hydraulisyylinterit voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin, yksi- ja kaksitoimisiin. Yksitoiminen sylinteri liikkuu paineen avulla vain toiseen suuntaan, tehden joko työntävän tai vetävän liikkeen. Paluuliike tapahtuu joko ulkoisen voiman tai jousen vaikutuksesta. Yksitoimisessa sylinterissä paineliitin on sylinterin toisessa päässä ja ilmasuodatin toisessa. Kaksitoimisessa sylinterissä paineliittimet ovat molemmissa päissä, ja näin sylinterin liike tapahtuu molempiin suuntiin paineen avulla. (Heavy Movable Structures, 2017, s. 1)

Hydraulisyylinterin malleja on erilaisia, mutta yleisin on yhden männänvarren sylinteri. Muita malleja on muun muassa kaksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri, uppomäntäsyylinteri sekä teleskooppisyylinteri. Yhden männänvarren sylinterissä männänvarsi on kiinni männässä ja mäntä jakaa sylinterin sisätilan kahteen tilaan. Näin mäntää voidaan liikuttaa luomalla paine männän eripuolilla oleviin tiloihin. Jos käyttöpaine pysyy vakiona, on vetävä voima pienempi kuin työntävä, sillä vedettäessä paine kohdistetaan männänvarren puoleiseen tilaan, jolloin paine pääsee vaikuttamaan pienempään pinta-alaan. Tässä tapauksessa vetävä liike on nopeampi, sillä hydraulineesteellä on pienempi tilavuus täytettävänä. (Heavy Movable Structures, 2017, ss. 1-2)

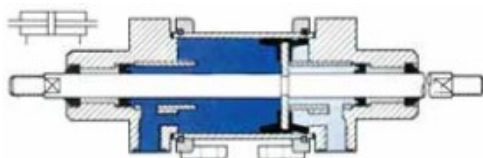
Hydraulisyylinterin tuottama voima F voidaan laskea kaavalla 1,

$$F = A * P \quad (1)$$

missä A on männän pinta-ala ja P paine.

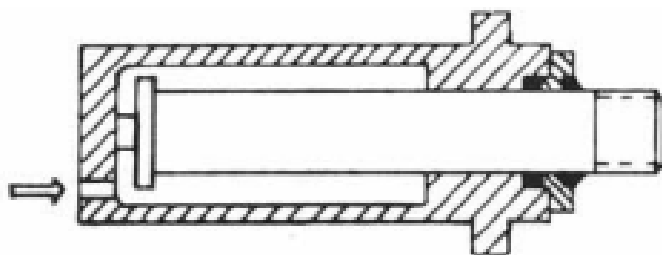
Työntövoimaa laskettaessa voidaan käyttää männän koko pinta-ala, mutta vetovoimaa laskettaessa männän pinta-alasta tulee vähentää männänvarren pinta-ala. Laskennassa paineen arvona käytetään suunnittelupainetta.

Kaksipuolisella männänvarrella varustettua sylinteriä (Kuva 4) voidaan käyttää, kun halutaan työntävän ja vetävän liikkeen olevan yhtä nopeita. Tämä mahdollistaa myös vetävän ja työntävän liikkeen tapahtuvan samanaikaisesti sylinterin eri puolilla. Syntyviin voimiin ja nopeuksiin voi myös vaikuttaa suunnittelemalla männän eripuolilla olevat männänvarret erikokoisiksi. (Heavy Movable Structures, 2017)



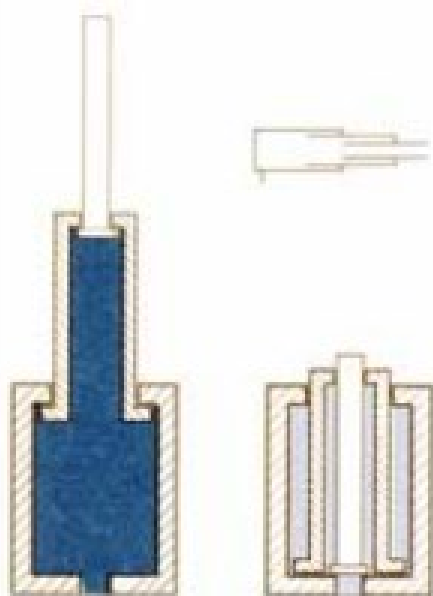
Kuva 4. Kaksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri (Salhydro, 2006, s. 9)

Uppomäntäsyylinteri (Kuva 5) on yksitoiminen sylinteri, jossa männänvarsi toimii samalla mäntänä (Heavy Movable Structures, 2017).



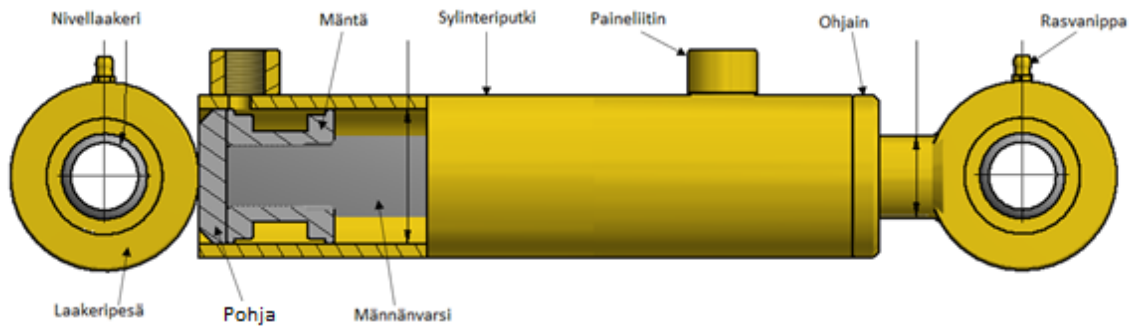
Kuva 5. Uppomäntäsyylinteri (Salhydro, 2006, s. 2)

Teleskooppisyylinteri (Kuva 6) voi olla yksi- tai kaksitoiminen. Sylinterissä on sisäkkäin kaksi tai useampia mäntiä, jotka mahdollistavat pitkän iskunpituuden, mutta pienen kokonaispituuden. (Salhydro, 2006, s. 10)



Kuva 6. Teleskooppisyylinteri (Salhydro, 2006, s. 10)

Perinteisesti hydraulisyylinterin rakenne on kuvan 7 kaltainen, joka on yhden männänvarren kaksitoimisyylinteri. Hydraulisyylinterin rakenne voi olla yksinkertaisimmillaan uppomäntäsyylinterin kaltainen, koostuen vain sylinteriputkesta, männänvarresta, päädyistä ja ohjaimesta. Tämän opinnäytteen konfiguraattori käsittelee vain yhden männänvarren kaksitoimistasyylinteriä, koska tämän tyyppiselle hydraulisyylinterille on suurin kysyntä.



Kuva 7. Hydraulisyylinterin rakenne (Ravaltso, 2017)

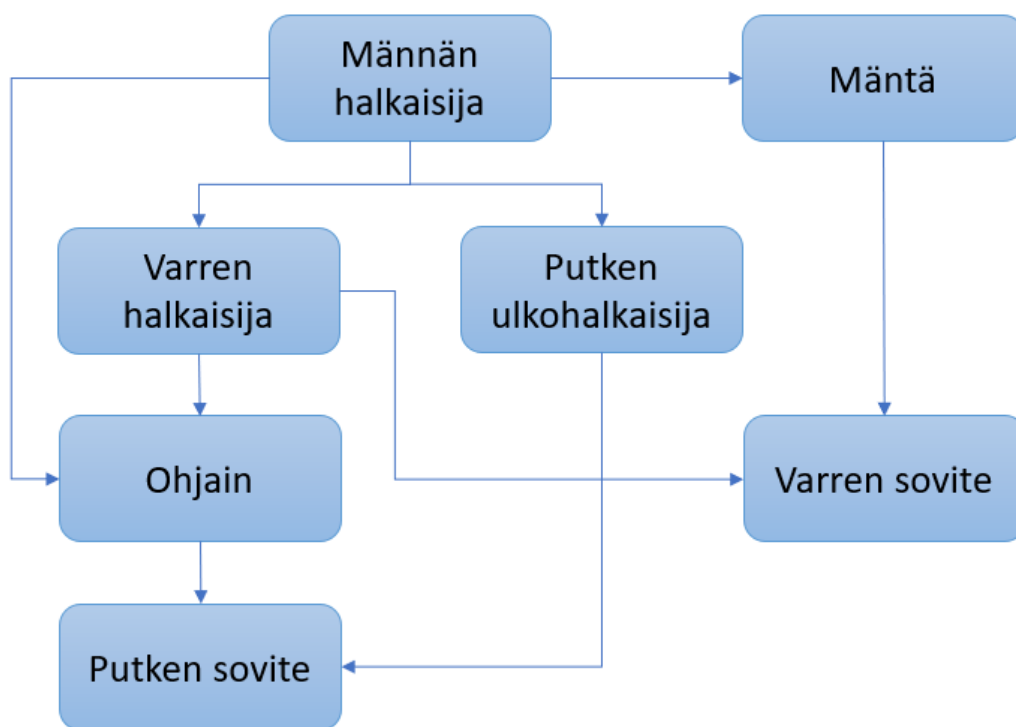
Asiakkaan valitsemaan hydraulisyylinterin perustietoihin kuuluu männän halkaisija sekä iskunpituus. Näiden tietojen perusteella asiakas saa sylinteristä halutun tuottavan voiman sekä liikeradan. Asennusmittaan, nivellaakereihin, paineliittimiin, sylinteriputken ulkohalkaisijaan sekä männänvarren paksuuteen asiakas voi antaa ehdotuksia, mutta on suunnittelijan vastuulla tehdä lopulliset päätökset.

6 KONFIGURAATTORIN LOGIIKAN LAADINTA

Tässä kappaleessa kerrotaan tarkemmin konfiguraattorin logiikan laadinnan vaiheista ja kuinka konfiguraattorin tulisi toimia. Logiikan laadinta tässä opinnäytetyössä tarkoittaa erilaisten funktioiden käyttöä Excel-tiedostossa.

Excel-tiedostoon oli aiemmin listattu mäntiä, ohjaimia, päätyjä sekä laakeripesiä. Komentojonoa, jonka AutomateWorks-lisäosa toteuttaa, oli laadittu hyvin niukasti. Komentojonolla oli testannut kuinka kokoonpanon avaaminen ja osan vaihtaminen onnistui AutomateWorksin avulla.

Työn alussa hahmoteltiin (Kuva 8), mitkä hydraulisynterinin osat vaikuttavat toisiinsa, jotta saataisiin parempi käsitys siitä, kuinka automaation logiikkaa kannattaisi lähteä laatimaan. Logiikan laadinta aloitettiin samasta asiasta kuin hydraulisynterinitä suunniteltaessa, männän halkaisijan valinnalla.



Kuva 8. Hydraulisynterinin osien vaikutus toisiinsa (Aarni, 2022)

6.1 Konfiguraattorin funktiot osien valinnoissa

Konfiguraattorin tuli palauttaa haluttu arvo, sille annettujen ehtojen perusteella. Näiden ehtojen valintoihin käytettiin ohjausobjekti-pudotusvalikkoja. Halutun arvon palautukseen käytettiin INDEKSI-, JA-, JOS.JOUKKO- ja XHAKU-funktioita. Näitä funktioita käyttämällä ja yhdistelemällä saatiin haluttu arvo palautettua, jota voitiin käyttää komentojonoon.

Kaikki valinnat toteutettiin ohjausobjekti-pudotusvalikoilla. Käytetään esimerkkinä kuvan 9 sylinteriputken ulkohalkaisijan pudotusvalikkoa. Pudotusvalikon syöttöalueeksi valittiin kuvan 9 keltaiset solut ja solulinkiksi C3-solu. C3-solu kertoi, monesko solu syöttöalueesta oli valittuna pudotusvalikossa.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Männän Ø	Putken ulko Ø	Muotoile ohjausobjektia		
3		4	1	Koko Suojaus Ominaisuudet Vaihtoehtoinen		
4		60	70	Syöttöalue: \$C\$10:\$C\$12 ↑		
5		60 ▼	70 ▼	Solulinkki: \$C\$3 ↑		
6				Avattavat rivit: 8		
7				<input type="checkbox"/> Kolmiulotteinen säilytys		
8						
9		Putken sisä Ø	Putken ulko Ø			
10		32	70			
11		40	75			
12		50	80			

Kuva 9. Sylinteriputken ulkohalkaisijan ohjausobjekti-pudotusvalikko (Aarni, 2022)

C3-solun arvoa käytettiin hyväksi INDEKSI-funktiossa. INDEKSI-funktio palautti arvon valituista soluista annetun arvon mukaan. Kuvassa 10 INDEKSI-funktion valitut solut olivat keltaiset solut ja annettu arvo oli C3-solun arvo.

		TULO		=INDEKSI(C10:C12;C3)	
	A	B	C	D	E
1					
2		Männän Ø	Putken ulko Ø		
3		4	1		
4		60	C12;C3)		
5		60 ▼	70 ▼		
6					3
7					
8					
9		Putken sisä Ø	Putken ulko Ø		
10		32	70	35	75
11		40	75	40	85
12		50	80	50	
13		60		55	85

Kuva 10. INDEKSI-funktio (Aarni, 2022)

JOS-funktio tarkastaa täyttykö ehto ja palauttaa arvon, jos ehto täyttyy. JOS.JOUKKO-funktio toimii samoin kuin JOS-funktio, mutta se on helpommin luettavissa, jos on useampia lauseita. Jos halutaan useampia lauseita, tulee JOS-funktioita kirjoittaa sisäkkäin, mutta JOS.JOUKKO-funktio vain kerran ja lauseet erotellaan puolipistein.

JA-funktiolla voidaan lisätä ehtoja esimerkiksi JOS-funktioon. JOS-funktiossa olisi normaalisti yksi ehto, jonka funktio tarkastaa ja palauttaa sitten arvon, jos ehto täyttyy. JA-funktiota käytettäessä tulee kaikkien JA-funktiossa olevien ehtojen täytyä.

6.1.1 Mäntä ja ohjain

Männän halkaisija valittiin ohjausobjekti-pudotusvalikosta, jonka jälkeen INDEKSI-funktio palautti saman arvon haluttuun soluun. Solun arvoa käytettiin JOS.JOUKKO-funktioon, joka listasi ehtoon sopivat käytössä olevat männät. Käytössä olevat männät listattiin Excel-tiedoston välilehdelle halkaisija koon mukaan. Kuvassa 11 JOS.JOUKKO-funktio listasi männät valitun halkaisijan perusteella ja listan yläpuolella oli pudotusvalikko, mistä pystyi valitsemaan männän sille annetun nimen mukaan, esimerkiksi mäntä 1. Valitun männänhalkaisijan perusteella JOS.JOUKKO-funktio listasi myös sopivat sylinteriputken ulkohalkaisijat sekä männänvarren halkaisijat.

	A	B	C	D	E	F	G	H
33								
34		Mäntä						
35		1						
36		PI060030201	mäntä 1	1029050.SLDASM				
37		mäntä 1						
38								
39								
40		Mäntä						
41		PI060030201	mäntä 1	1029050.SLDASM				
42		PI060030202	mäntä 2	1029160.SLDASM				
43		0	-	-				
44		0	-	-				
45			0	0				
46			0	0				
47			0	0				
48			0	0				

Kuva 11. Mäntien listauksessa käytettävä JOS.JOUKKO-funktio ja männän valinta (Aarni, 2022)

Valitun männän ja männänvarren halkaisijan avulla laadittiin arvo, jolla haettiin sopivaa ohjainta. Tässä tapauksessa arvo oli 60–36. (Kuva 12)

	E	F	G	H
1				
2		Varren Ø	1028996	C:\EPDM\EPDM\Designed components\
3		4	1029006	C:\EPDM\EPDM\Designed components\
4		36	1028996	signed components\1028995.SLDASM
5			Mäntä	Varsi
6		36	60	36
7			60-36	
8				

Kuva 12. G7-solun arvo ohjaimen XHAKU-funktiota varten (Aarni, 2022)

Samanlaiset arvot laadittiin toiselle välilehdelle, jonne männät ja ohjaimet oli listattu. Arvo kertoi mille männän ja männänvarren halkaisijalle kyseinen ohjain oli sopiva. Kuvassa 13 ohjaimet olivat sopivia männän halkaisijan ollessa 32 mm ja männänvarren halkaisijan ollessa 12 tai 16 mm.

	G	H	I
1			
2	Männän ja varren koko	Varsi Ø	Ohjari nimike
3	32-12	12	TN032012101
4	32-16	16	TN032016101

Kuva 13. Listattuja ohjaimia (Aarni, 2022)

XHAKU-funktio hakee sarakkeesta haluttua arvoa ja palauttaa saman rivin tulokset toisista sarakkeista. Tässä tapauksessa haluttu arvo oli G7-solun arvo, 60–36, ja valittu sarake oli Männät ja ohjarit-välilehdeltä G-sarake. XHAKU palautti Männät ja ohjarit-välilehdeltä sarakkeiden I-L arvot (Kuva 14). XHAKU-funktio voi palauttaa vain yhden rivin, joten jos ehdon täyttäviä rivejä on useita, palauttaa XHAKU ensimmäisen ehdon toteuttavan rivin. Jos ohjaimia haluaisi valittavaksi useampia, tulisi listaus toteuttaa JOS.JOUKKO-funktiolla, kuten mäntien kohdalla. Ohjaimia oli harvoin useampia samankokoisia, joten XHAKU-funktio riitti tässä tapauksessa.

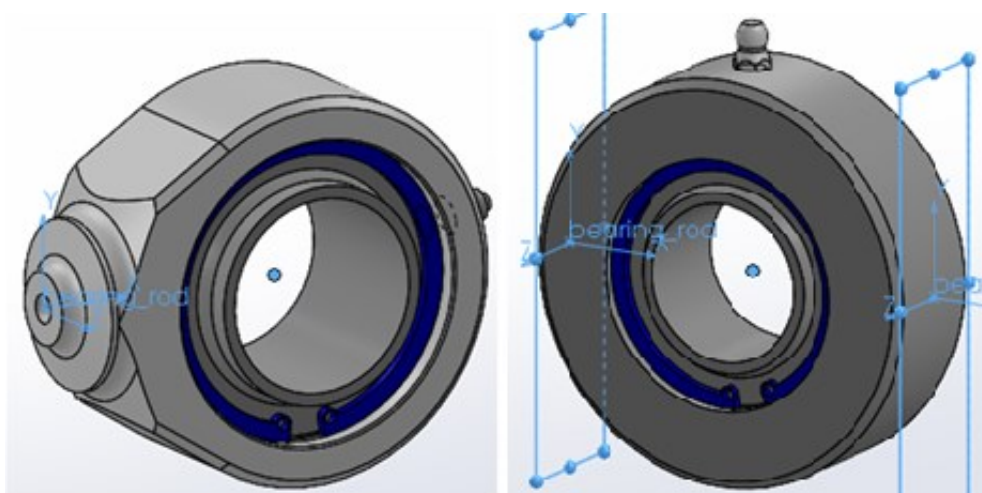
F36		=XHAKU(G7;'Männät ja ohjarit'!G:G;'Männät ja ohjarit'!L:L)	
E	F	G	H
33			
34	Jos ohjareita haluaa enemmän, tulee tehdä samoin kuin männissä		
35	Ohjari, haku	Ohjari, osoite	Kokoonpanon milj. numero
36	TN060036101	0036101.SLDPRT	1029134 34.SLDASM

Kuva 14. XHAKU-funktio ohjaimen haussa (Aarni, 2022)

6.1.2 Pääty ja laakeripesät

Pääty koostuu usein pohjasta ja laakeripesästä, jotka hitsataan yhteen. Pääty voi olla myös yhtenäinen koneistettu osa. Tässä työssä käytössä oli vain hitsattu päätykokoonpano, koska koneistettu osa tuotti ongelmia mitoituksessa.

Pohjat oli listattu niiden halkaisijoiden mukaan. JOS.JOUKKO-funktio listasi sopivat pohjat valitun männän halkaisijan mukaan. Listatuista pohjista valittiin haluttu paineliittimen koon perusteella. Päädyn ja männänvarren laakeripesille tehtiin omat listat, koska kaikki päädyn laakeripesät olivat pyöreitä laakeripesiä, mutta jotkin männänvarren laakeripesät olivat sovitteellisia (Kuva 15).



Kuva 15. Vasemmalla sovitteellinen laakeripesä, oikealla pyöreä laakeripesä (Aarni, 2022)

Laakeripesien valintaa rajoitetaan valitun männänvarren halkaisijan mukaan. Laakeripesän minimikoko laskettiin Norrhydro Oy:n laskentapohjalla. Valitun männänvarren halkaisijan kanssa suurimman sopivan männän avulla laskettiin sylinterin tuottama voima ja tätä käytettiin laskentapohjaan. Laakeripesän maksimikoko valittiin silmämääräisesti. Esimerkiksi kuvasta 16 nähdään kuinka männänvarren halkaisijoille 12–20 mm on valittavissa laakerit GE15-GE35, mutta männänvarren halkaisijoille 30 ja 32 mm valittavat laakerit ovat GE30-GE60. Laakeripesän valinta tapahtui valitsemalla laakerin koko ja sen tyyppi, esimerkiksi GE30ES tai GE30DO.

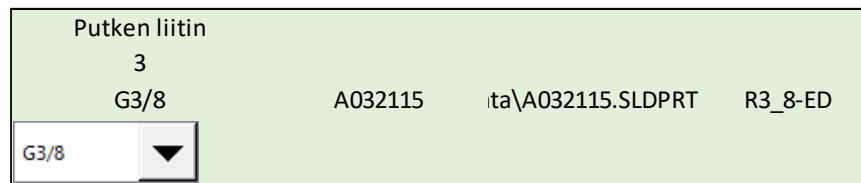
	B	C	D	E	F	G
2	Varsi Ø	Varren laakeripesä	Laakeripesä osoite	Kokoonpanon Milj. numero	Kokoonpanon osoite	Laakeri
3	12	A0250451.Part	acy Data\A0250451.Part	1029054	\1029054.SLDASM	GE15
4	14	12705-40.Part	acy Data\12705-40.Part	1029056	\1029056.SLDASM	GE20
5	16	42502-41.Part	acy Data\42502-41.Part	1029166	\1029166.SLDASM	GE25
6	18	16577-41.Part	acy Data\16577-41.Part	1029008	\1029008.SLDASM	GE30
7	20	A0630451.Part	acy Data\A0630451.Part	1028991	\1028991.SLDASM	GE35
8						
20						
21	30	16577-41.Part	acy Data\16577-41.Part	1029008	\1029008.SLDASM	GE30
22	32	A0630451.Part	acy Data\A0630451.Part	1028991	\1028991.SLDASM	GE35
23		025597-41.Part	acy Data\025597-41.Part	1029177	\1029177.SLDASM	GE40
24		A0800451.Part	acy Data\A0800451.Part	1029178	\1029178.SLDASM	GE45
25		A0900451.Part	acy Data\A0900451.Part	1029179	\1029179.SLDASM	GE50
26		43147-40.Part	acy Data\43147-40.Part	1029180	\1029180.SLDASM	GE60

Kuva 16. Laakeripesien jaottelu (Aarni, 2022)

6.1.3 Paineliitin ja männänvarsi

Ohjaimen puoleisessa päässä oli paineliitin, jonka koon pystyi valitsemaan mielivaltaisesti (Kuva 17). Usein liittimet olivat sylintereissä samankokoisia, joten tähän olisi voinut tehdä ehdon, että päädyn ja ohjaimen pään liittimet olisivat automaattisesti samankokoiset. Valinta jätettiin, jos tulee tilanne, joka vaatii erikokoiset liittimet. Liittimet tarvitsevat myös tulpat, jotka olivat päädyn kokoonpanossa

laitettu valmiiksi, mutta ohjaimen puolen liittimen tulppa oli riippuvainen liittimen koon valinnasta. Tulpan koko muuttui automaattisesti valitun liittimen mukaan.

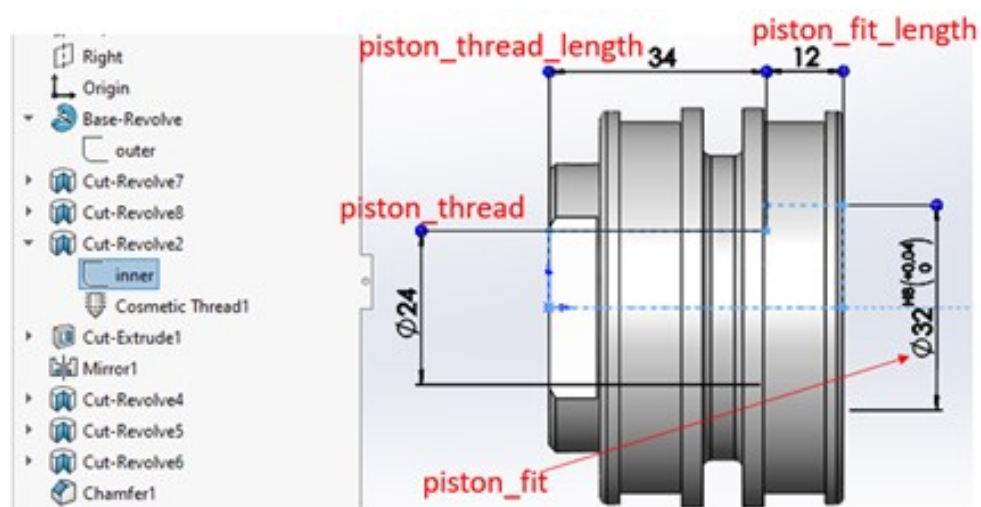


Kuva 17. Ohjaimen puoleisen paineliittimen valinta (Aarni, 2022)

Konfiguraattoria varten tuli tehdä kaksi erilaista männänvartta. Toisessa männänvarressa oli yksi kevennys vähemmän, joten tätä valintaa varten tuli laatia JOS-funktio (Kuva 18). JOS-funktio vertasi valittua männänvarren halkaisijaa SolidWorks-välilehden C33-soluun, jossa oli männän piston_fit-mitan arvo (Kuva 19). JOS-funktion toteuduttua, valinta oli männänvarsi, jossa oli yksi kevennys vähemmän, jos funktio ei toteutunut, valinta oli niin sanottu normaali männänvarsi.

F	G	H	I	J
Varren Ø	1028996	IC:\EPDM\EPDM\Designed components\1028995.SLDASM		
4	1029006	IC:\EPDM\EPDM\Designed components\1029005.SLDASM		
36	Toiminnaat!G2)	IC:\EPDM\EPDM\Designed components\1028995.SLDASM		
36	Mäntä	Varsi		
	60	36		
	60-36			

Kuva 18. Männänvarren valinnan JOS-funktio (Aarni, 2022)



Kuva 19. Männän mittojen nimet (Aarni, 2022)

Männänvarsisissa oli pyöristyksiä, jotka eivät tietyissä männänvarren halkaisijoissa toiminut. Tätä varten tuli laatia JOS.JOUKKO-funktio, jonka sisällä oli JA-funktio (Kuva 20). Jos molemmat ehdot JA-funktiossa toteutuivat, palautti JOS.JOUKKO-funktio arvon TOSI. Tätä arvoa käytettiin SolidWorks-välilehdellä komentoon, joka lakkauttaa männänvarsiensa pyöristykset.

=JOS.JOUKKO(JA(B4=B14;F4=G21);TOSI;JA(B4=B13;F4=G20);TOSI;JA(Putken_sis			
F	G	H	I
Varren pyöristys			
EPÄTOSI)			
Lisätään ehtoja, kun tulee uusia määntä kokoja, jotka saavat varren mitat erroriin.			

Kuva 20. Männänvarren pyöristyksen JOS-funktio (Aarni, 2022)

6.2 Komentojono

Excel-tiedoston SolidWorks-välilehdelle oli laadittu komentojono, jota AutomateWorks-lisäosa luki. Komentoja oli erilaisia, joista tärkeimpiä olivat:

- Open, joka avasi tiedoston annetusta tiedostopolusta.
- PdmGetFileVersionCopy, joka haki EPDM-järjestelmästä valitun osan uusimman version. Ilman tätä komentoa jokainen osa olisi tullut avata etukäteen, jotta konfiguraattori toimisi.
- ReplaceAll, jolla vaihdettiin kokoonpanossa osa toiseen osaan.
- ReadValue, jolla luettiin mitan arvo ja kirjoitettiin se komentojonoon.
- Dimension, joka määrittä mitan arvoksi komentojonoon kirjoitetun arvon.
- SuppressFeature, jolla voitiin lakkauttaa 3D-mallin piirre.

Komennot kirjoitettiin usein kuvan 21 B33-solun tapaisesti. Näin komennossa oleva mittaan viittaus oli aina sama, kuvan 21 tapauksessa piston_fit@inner@. Komennossa olevan 3D-mallin nimi, johon viitattiin, muuttuu sen mukaan mikä arvo Toiminnat-välilehden B36-solussa on. Toiminnat-välilehden B36-solun arvo tässä tapauksessa oli PI060030201, joka oli myös kuvan 21 B34-solun komennossa.

TULO		="piston_fit@inner@"&Toiminnat!B36&".Part"	
A		B	
32	Rebuild		
33	ReadValue		="piston_fit@inner@"&Toiminnat!B36&".Part"
34	ReadValue		piston_fit_length@inner@PI060030201.Part

Kuva 21. Komentojonon lue mitan arvo-komento (Aarni, 2022)

Komentojonon (liite 1) oli tarkoitus antaa AutomateWorks-lisäosalle kyseiset komennot ja toteuttaa seuraavat asiat:

1. Kirjaudu EPDM-järjestelmään.
2. Avaa SolidWorks-ohjelmistossa männänvarren kokoonpano ja vaihda laakeripesä.
3. Avaa päädyn kokoonpano ja vaihda pohja sekä laakeripesä.
4. Avaa sylinterinputken kokoonpano ja vaihda liitin, tulppa sekä pääty (päädyn vaihto ei ole käytössä, tällä testattiin koneistetun päädyn käyttöä).
5. Avaa hydraulisynterinin pääkokoonpano ja vaihda varsi, mäntä sekä ohjain.
6. Hydraulisynterinin pääkokoonpanossa lue seuraavien osien mitat:
 - Männän
 - Päädyn laakeripesän
 - Männänvarren laakeripesän
 - Paineliittimen
 - Ohjaimen
 - Pohjan
7. Hydraulisynterinin pääkokoonpanossa määritä seuraavien osien mitat:
 - Pohjan ja laakeripesän välisen hitsin
 - Männänvarren hitsin
 - Männänvarren
 - Sylinterinputken
 - Päädyn ja sylinterinputken välisen hitsin
 - Paineliittimen hitsin
8. Määritä oikeat laakereiden tyypit.
9. Määritä asennusmitta, iskunpituus, männänvarren halkaisija ja laakereiden mitat.
10. Määritä attribuutit.
11. Avaa hydraulisynterinin pääkokoonpanon piirustus ja numeroi osat.
12. Päivitä päivämäärä ja tekijä.
13. Sulje männänvarren, päädyn ja sylinterinputken kokoonpanot.

7 3D-MALLIEN VALMISTELU AUTOMAATIOLE SOPIVIKSI

Tässä kappaleessa kerrotaan tarkemmin mitä SolidWorks-ohjelmistossa on pitänyt tehdä, jotta automaatio toimii halutulla tavalla. Pääasiassa 3D-mallien mittoja nimettiin, jotta ne olisivat aina yhtenevät. Toinen merkittävä työ oli käytettyjen osien kokoonpanojen laatimisessa.

7.1 Osien mitoitus

Aikaisemmin mainitussa hahmotelmassa (Kuva 8) nähdään, kuinka mäntä vaikuttaa männänvarren soviteeseen ja ohjain sylinteriputken soviteeseen. Tämä pätee myös normaalisti hydraulisyliintereitä suunniteltaessa. Männänvarsi sekä sylinteriputki ovat muutettavia elementtejä, mutta muut hydraulisyliinterin osat ovat vakioita, joiden mukaan männänvarrtta ja sylinteriputkea muokataan. Tämä tarkoittaa sitä, että vakio osista tulee hakea mitat ja näiden mittojen mukaan muokataan männänvarsi ja sylinteriputki osille sopiviksi.

AutomateWorks-lisäosa lukee mitan arvon aukinaisesta SolidWorks 3D-mallista. Se etsii 3D-mallista mitan nimeä, joka on kirjoitettu Excel-tiedoston komentojonoon. Mittojen nimet ovat alkuperäisiltä nimiltään käyttökelvottomat automaation kannalta, sillä nimi kertoo, monesko mitta se on ja missä luonnoksessa, esimerkiksi D3@Sketch1. Alkuperäiset nimet luovat virheen mahdollisuuden, sillä jos osien piirteitä ja mittoja ei ole luotu samassa järjestyksessä, voi täysin samanlaisissa osissa olla sama mitta eri nimellä.

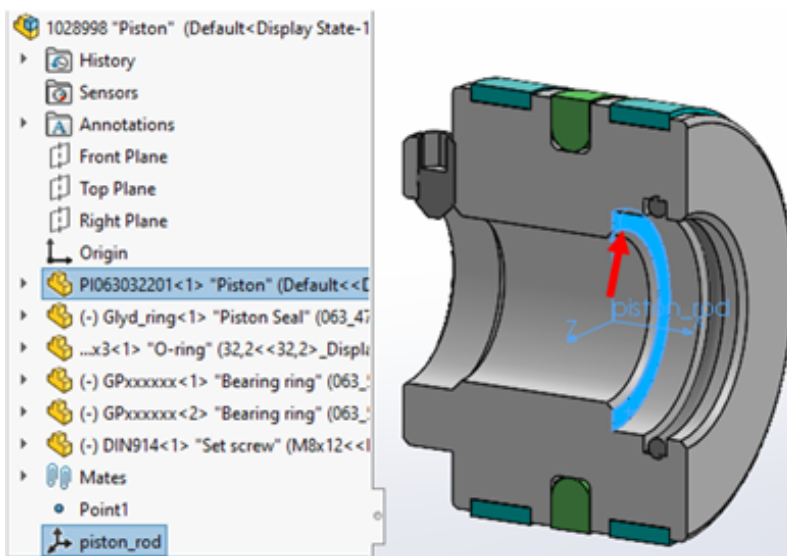
Jotta mittojen arvojen lukeminen olisi ollut luotettavaa, tuli kaikkien käytettyjen osien piirteiden luonnokset ja mitat nimetä yhtäläisesti. Esimerkiksi männän kierteen mitta nimetään nimellä piston_thread ja luonnos missä mitta on, nimetään nimellä inner. Excel-tiedoston komentojonoon kirjoitettiin piston_thread@inner ja AutomateWorks luki männän kierteen mitan ja palautti mitan arvon komentojonoon. Aikaisemmin esiintyneessä kuvassa 19 on männän mittojen nimiä. Mittojen nimiä ja luonnoksia muokattiin männistä, ohjaimista, laakeripesistä, pohjista sekä paineliittimistä. Excel-tiedostoon luotiin oma välilehti, josta löytyvät kaikkien osien mittojen sekä luonnosten nimeämishohje.

Kun AutomateWorks oli lukenut mitan arvon ja palauttanut sen komentojonoon, käytettiin arvoa hyödyksi toisaalla. Esimerkiksi männän kierteen mitta peilattiin Excel-tiedoston komentojonossa suoraan männänvarren kierteen mitaksi. Näin tehtiin kaikille osista luetuille mitoille ja tuloksena oli yhteensopivat sovitteet kaikkien hydraulisyliinterin osien välillä. Komentojonon rakenteesta nähdään (liite 1), kuinka ensin osista luetaan mitat ja samalla mitat peilataan Excel-tiedostossa mittojen määritysten komentoihin, jonka jälkeen mitat määritetään muuttuviin osiin.

7.2 Osien kokoonpanot

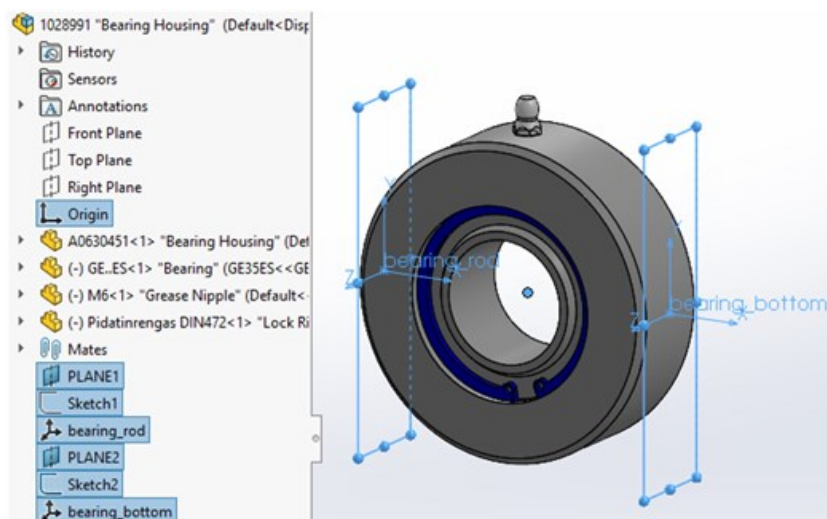
Hydraulisyliinterissä on monenlaisia muuttuvia pieniä osia, kuten tiivisteitä ja tulppia. Nämä normaalisissa suunnittelussa laitettaisiin hydraulisyliinterin pääkokoonpanoon, mutta automaatiota varten ne tuli sisällyttää kulkemaan osien mukana. Jos tiivisteet ja muut pienet osat eivät kulkisi osien mukana, tulisi niille laatia funktiot Excel-tiedostoon ja oma logiikka pääkokoonpanoon, jotta ne olisivat oikeilla paikoilla. Tämä olisi ollut vaikeampaa ja työläämpää kuin kokoonpanojen luominen, sillä vain paikoitusta varten olisi pitänyt luoda kaikkiin osiin koordinaattipisteet.

Päädyttiin ratkaisuun, jossa osista tehtiin kokoonpanot. Kokoonpanoissa oli osiin liittyvät tiivisteet sekä muut pienet osat ja kokoonpanoihin tehtiin nimetyt koordinaattipisteet paikoitusta varten. Kokoonpanot tuli tehdä kaikista automaatioissa käytettävissä osista, mutta tätä työtä varten kokoonpanot tehtiin vain kahden eri kokoluokan hydraulisylinlerin osille. Kokoonpanot tehtiin männistä, ohjaimista, pohjista ja laakeripesistä. Esimerkiksi männästä tehtiin kokoonpano ja siihen lisättiin tiivisteet ja lukitusruuvi (Kuva 22). Koordinaattipiste tehtiin pinnalle, joka oli kosketuksessa männänvarren kanssa. Näin männän paikoitus onnistui helposti pääkokoonpanossa.



Kuva 22. Männän kokoonpano (Aarni, 2022)

Osista tehtiin kokoonpanot, joissa yhdelle pinnalle tehtiin koordinaattipiste. Pääkokoonpanossa tämä pinta oli kosketuksessa toiseen kokoonpanoon. Laakeripesät olivat poikkeus, joihin tehtiin kaksi eri koordinaattipistettä, sillä samaa laakeripesää voitiin käyttää sekä männänvarressa että päädyssä (Kuva 23).

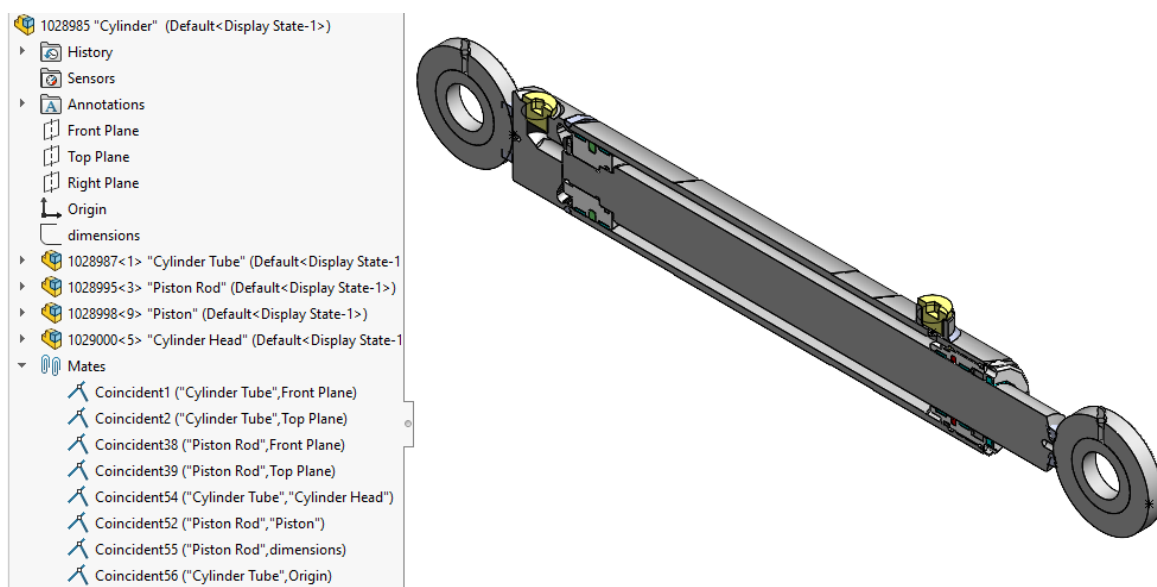


Kuva 23. Laakeripesän kokoonpano (Aarni, 2022)

7.3 Pääkokoontalon ja piirustuksen suunnittelu

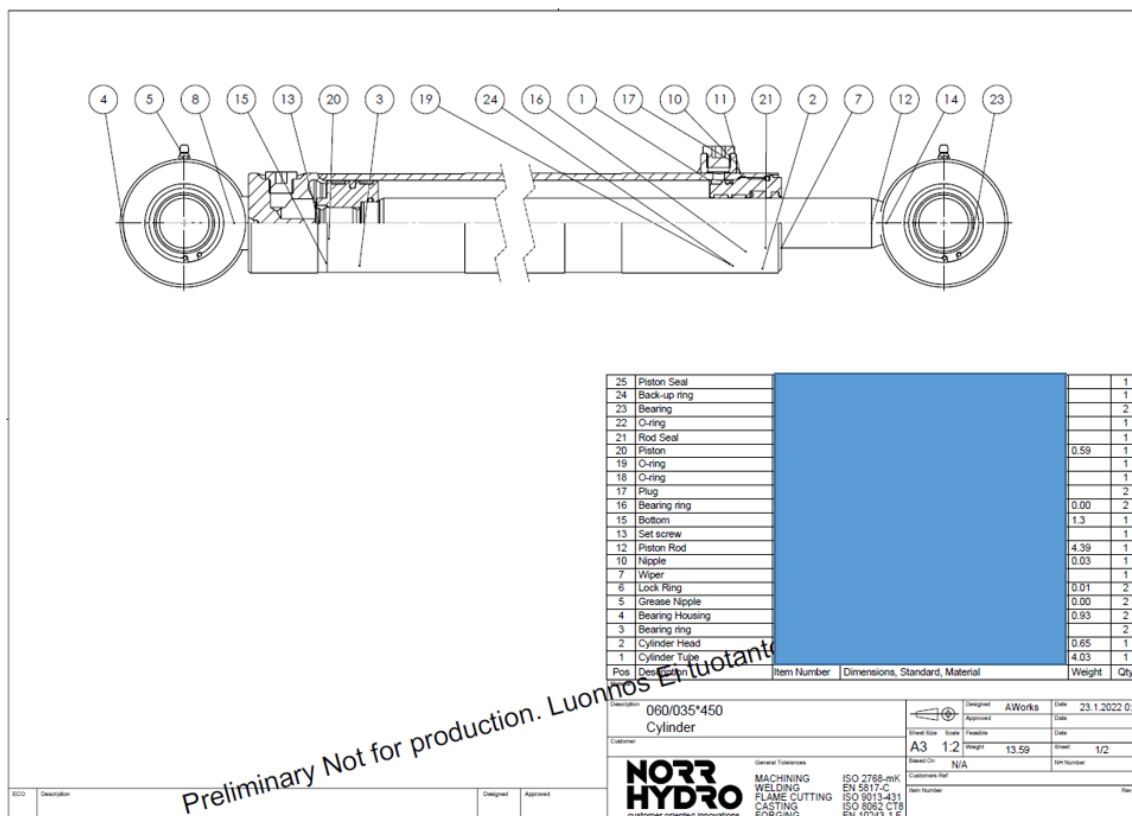
Pääkokoontalon on manuaalisesti luotu hydraulisynterinin 3D-malli, joka toimi pohjana automaation kasaamalle hydraulisynterille. Pääkokoontalon lähti aina samasta tilanteesta ja lopulta sen tuli palata lähtötilanteeseen, jotta automaatio toimi. Aikaisemmin kappaleessa 6.2 mainitussa komentojonoossa pääkokoontalon oli suuressa osassa. Suurin osa komentoista tapahtui pääkokoontalon ollessa auki. Pääkokoontalon on vain luku-tilassa, jotta sitä ei voida tallentaa muuhun tilanteeseen.

Pääkokoontalon koostui sylinteriputken, männänvarren, männän sekä ohjaimen alikokoontaloista. Alikokoontalon olivat kiinni toisissaan koordinaattipisteistä, joita luotiin jokaiseen kokoontaloon. Sylinteriputki ja männänvarsi poikkisivat muista alikokoontaloista kiinnittämisessä. Sylinteriputki kiinnitettiin pääkokoontalon origoon ja männänvarsi dimensions-luonnokseen. Dimensions-luonnoksen mitat olivat muuttuvia, jotka muuttuivat käytettyjen osien pituuksien mukaan. Luonnoksessa oli myös asennusmitta, joka sijoitti männänvarren oikealle paikalle. Kuvassa 24 kiinnitykset näkyvät Mates-osiossa Coincident-komentoina. (Kuva 24.)



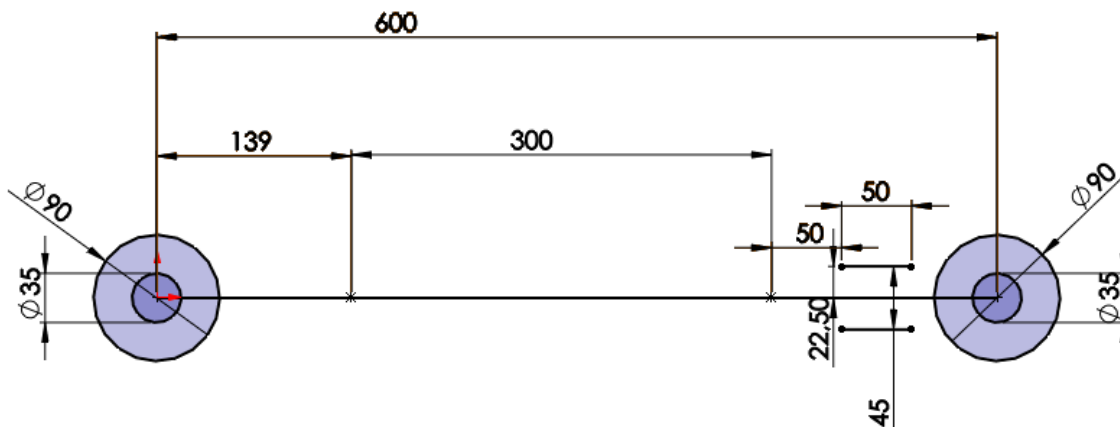
Kuva 24. Hydraulisynterinin pääkokoontalon (Aarni, 2022)

Kun pääkokoontalon valmistui automaation muokkauksilta, aukesi pääkokoontalon kokoontalon kuva. Kokoontalon- ja päämittakuva ovat ihmisen luomia valmiita piirustuksia. Piirustuksiin SolidWorks automaattisesti päivitti AutomateWorks luoman hydraulisynterinin. Kokoontalon kuvan avattuaan AutomateWorks ajoi autoballoon-makron, joka teki piirustuksen kuvannolle osapallot. Osaluettelon SolidWorks päivitti automaattisesti. Lopuksi AutomateWorks muokkasi hydraulisynterinin tiedon, tekijän ja päivämäärän attribuutteja. (Kuva 25.)

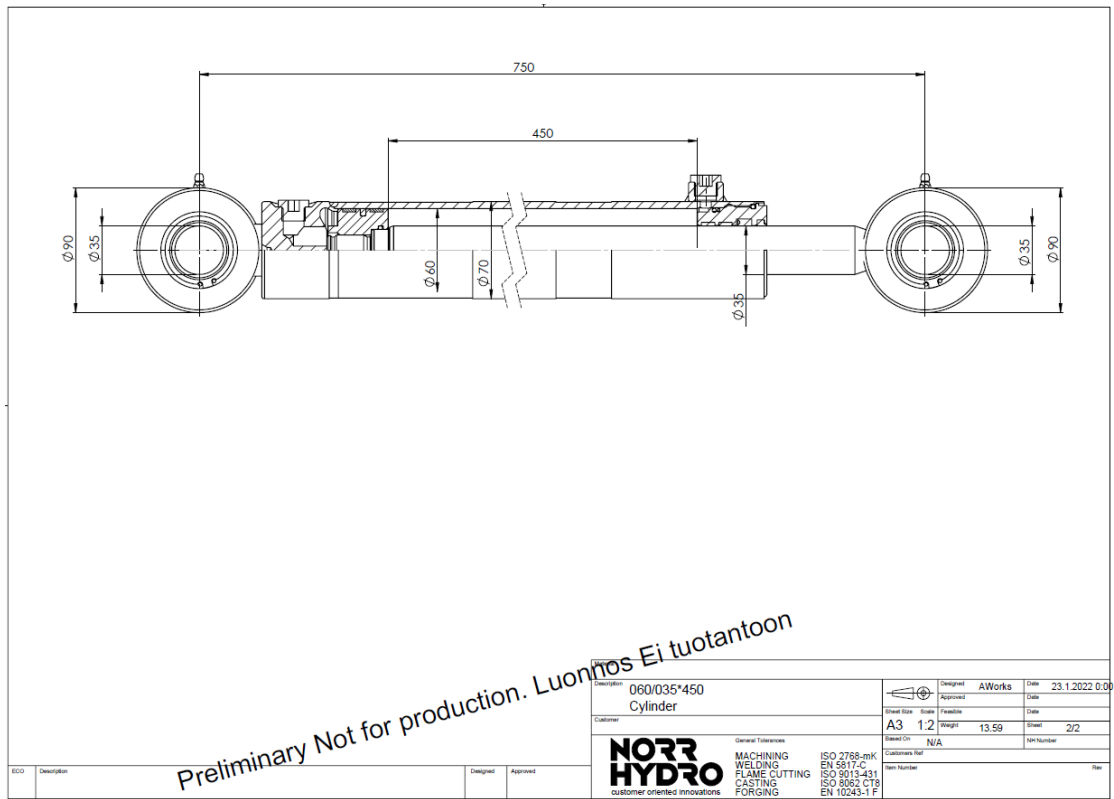


Kuva 25. Kokoonpanokuva (Aarni, 2022)

Päämittakuva ei tarvinnut avautumisvaiheessa AutomateWorksin apua, toisinkuin kokoonpanokuva. Päämittakuva käytti dimensions-luonnosta mittojen ilmaisemiseen. Dimensions-luonnokseen piirrettiin kaikki tarpeelliset muodot, joiden mitat AutomateWorks määrittä ennen kokoonpanokuvan avaamista. Tämä luonnos piilotettiin päämittakuvassa, mutta mitat olivat näkyvillä. Näin saatiin aina luotettavat mitat, sillä SolidWorksin normaali piirustuksen mitoitus ei toiminut osien vaihtuessa. (Kuva 26.)(Kuva 27.)



Kuva 26. dimensions-luonnos (Aarni, 2022)



Kuva 27. Päämittakuva (Aarni, 2022)

8 AUTOMAATION TESTAUSPROSESSI JA TULOKSET

Työn alussa komentojonoa tuli ajettua ja testattua käytännössä jokaisen lisätyn komennon jälkeen. Pian syntyi luotto siihen, että ohjelma tekee mitä sen kuuluu tehdä ja komentojonoa laati hieman suurempina paloina. Jos jokin ei toiminut, ongelma oli näppäimistön ja tuolin välissä.

Ensin testattiin sylinteriputken mittojen muutokset ja sen jälkeen männän mittojen lukeminen. Tämän jälkeen nämä laitettiin komentojonoon peräkkäin, ensin mittojen lukeminen ja sitten mittojen muutos. Tämän yhdistelmän sujuttua mutkattomasti, lähdettiin toteuttamaan muihin osiin samaa periaatetta. Ensin mitataan ja sitten ajetaan mitat toiseen osaan.

Toinen asia mitä tuli testata oli osien vaihtaminen kokoonpanoissa. Osien vaihtaminen oli melko mutkatonta nimettyjen koordinaattipisteiden avulla, koska SolidWorks ymmärsi nimetyn koordinaattipisteen, vaikka se olisikin eri osassa. Esimerkiksi koordinaattipisteet piston_rod ja rod_piston kiinnittyvät aina toisiinsa, oli kyse mistä tahansa osista, joissa oli sen nimiset koordinaattipisteet.

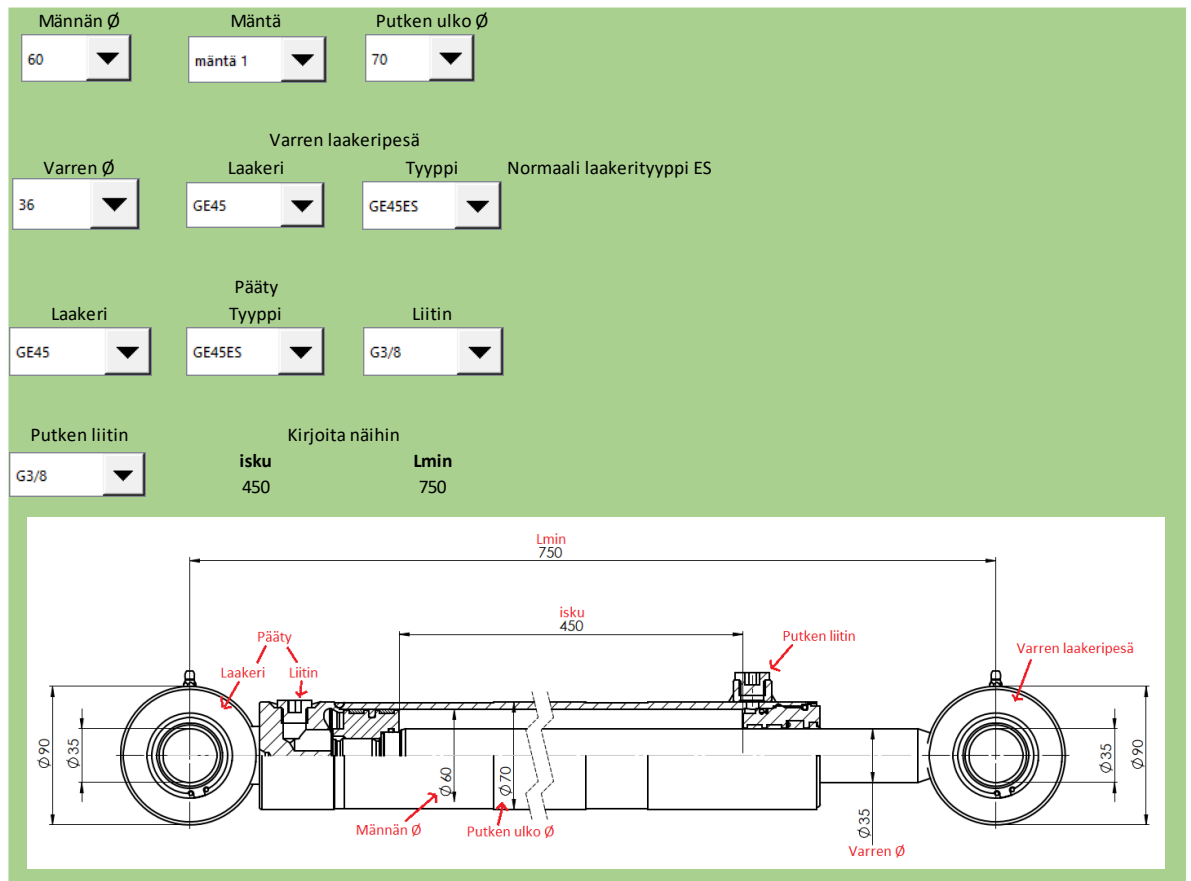
Kun osien mitoitus ja vaihtaminen onnistui muutamilla testauksessa käytettävillä osilla, aloitettiin mittojen nimeäminen ja kokoonpanojen luominen muista osista. Kun kahden eri kokoluokan sylinterin osat oli muokattu automaatiolle sopiviksi, aloitettiin koeajo. Koeajossa testattiin yhtä osaa kerrallaan muuttamalla, että automaatio toimii. Pian tuli ilmi ongelma pohjien kanssa.

Pohjien kiinnityskohdissa oli eroavaisuuksia, jonka takia männänvarsi ja pohja eivät kohdanneet toisiaan halutulla tavalla. Käytössä olevissa pohjissa oli sekaisin vanhempia ja uudempia 3D-malleja, mutta kaikille kokoluokille uudempia versioita ei vielä ollut tehty. Niinpä päädyimme ratkaisuun, että konfiguraattorissa käytettäisiin vain uudempaa pohjan versiota, joten puuttuviin kokoluokkiin tuli tehdä uudemman version 3D-mallit.

Koeajo alkoi uusien pohjien kanssa alusta ja homma näytti toimivan kuten sen pitikin. Uusi ongelma tuli eteen, kun lähdettiin tekemään piirustuksia. Pohjaksi tehtiin valmiiksi kokoonpano- ja päämittakuva, jotka sisälsivät kaiken mitä kuvissa tuli olla. Automaatiossa pohjaksi tehdyt kuvat eivät toimineet ollenkaan. Osapallot ja mitat eivät pysyneet vaihtuvissa osissa kiinni. Tähän emme keksineet ratkaisua, joten otimme CadWorksin konsulttiin yhteyttä.

CadWorksin konsultti teki meille makron, joka ajoi autoballoon-komennon SolidWorks-ohjelmistossa. Näin osapallot saatiin aina ajan tasalle osien vaihtuessa. Konsultti neuvoi myös, kuinka päämittakuvassa saatiin mitat näyttämään aina ajan tasaisia mittoja. Tähän oli ratkaisu pääkokoonpanon puolella, jonne tehtiin luonnos, joka sisälsi kaikki tärkeät muodot. Nämä muodot voitiin mitata päämittakuvassa, jonka jälkeen luonnoksen muodot voitiin peittää kuvasta.

Nyt kaikki toimivat kuten niiden oli tarkoitus. Excel-tiedostoon tehdystä käyttöliittymästä pystyi vetovalikoista valitsemaan tarvittavat hydraulisynterin ominaisuudet (Kuva 28). Valittaessa oli vain kaksi eri männän halkaisijaa ja niiden kokoonpanoihin kuuluvat osat. Komentojonon solujen arvot muutettiin valittujen ominaisuuksien mukaan, jonka jälkeen AutomateWorks suoritti komentojonosta komennot. Tuloksena oli valmis yhden männänvarren kaksitoiminensylinteri sekä kokoonpano- ja päämittakuva.



Kuva 28. Excel-tiedostoon tehty käyttöliittymä (Aarni, 2022)

Kun kaikki toimi kuten piti ja koeajoa oli suoritettu useita kertoja eri valintojen yhdistelmillä, testattiin automaatiota toisella tietokoneella. Mikään ei toiminut. Otimme taas yhteyttä CadWorksin konsulttiin, joka kertoi ongelmaan ratkaisun. Aina ennen 3D-mallin avaamista, tuli käyttää PdmGetFileVersionCopy-komentoa. Tämä komento käski AutomateWorks-lisäosaa hakemaan aina uusimman version 3D-mallista, joka löytyi EPDM-järjestelmästä. Tämän komennon ajettua AutomateWorks osasi avata kyseisen 3D-mallin SolidWorks-ohjelmistossa. Komentojonoon lisättiin myös PdmLogin-komento, jolla varmistettiin, että AutomateWorks oli aina kirjautunut EPDM-järjestelmään. Näiden komentojen lisäysten jälkeen automaatio toimi jokaisella tietokoneella.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia toimiva logiikka Norrhydro Oy:n hydraulisylinterin automatisoidulle suunnittelulle. Suunnittelun automatisointia kehitettiin suunnitteluosaston avuksi karsimaan rutiinomaiset sylinterisuunnittelun työvaiheet. Automatisoinnin tuli sisältää osat kahdelle eri männän halkaisijalle, sen tuli toimia yrityksen käyttämässä tiedonhallintajärjestelmässä sekä tehdä päämitta- ja kokoonpanokuva.

Hydraulisylintereitä suunnitellaan moniin eri käyttökohteisiin, jonka takia sylintereitä on monia eri malleja. Yleisin malli on yhden männänvarren kaksitoiminen sylinteri. Tämän työn automatisointi käsitti kyseisen mallin automatisointia.

Automatisointi toteutettiin konfiguraattorin, mekaniikkasuunnitteluohjelmiston sekä automaatiotyökalun avulla. Konfiguraattorina toimi Microsoft Excel, mihin automatisoinnin logiikka laadittiin. Logiikan laadinnassa käytettiin hyväksi erilaisia funktioita. Excel-tiedostoon listattiin myös automatisoinnissa käytettävät hydraulisylintereiden osat sekä laadittiin käyttöliittymä. Yrityksen käytössä oli SolidWorks-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto. Ohjelmistossa toteutettiin hydraulisylinterin automatisoitu suunnittelu ja kuvien teko. Automaatiotyökaluna käytettiin CadWorksin kehittämää AutomateWorks-lisäosaa. Lisäosa luki Excel-tiedoston komentojonoa ja toteutti komennot SolidWorks-ohjelmistossa.

Opinnäytetyön tuloksena kehitettiin toimiva logiikka sylinterin automatisoidulle suunnittelulle, joka toimi yrityksen käyttämässä tiedonhallintajärjestelmässä. Kolmen käytössä olevan ohjelman avulla kyettiin automatisoidusti suunnittelemaan hydraulisylinterin 3D-malli sekä tekemään päämitta- että kokoonpanokuva. Kehitystyöhön kului noin 300 tuntia.

Hydraulisylinterin automatisoitu suunnittelu alkaa Excel-tiedostosta, mihin on laadittu käyttöliittymä. Käyttöliittymässä valitaan halutut sylinterin ominaisuudet, kuten laakereiden sekä männän koko ja iskun pituus. Valittujen arvojen mukaan komentojonon solujen arvot muuttuvat. Kun valinnat on tehty Excelissä, varmistetaan että SolidWorks-ohjelmisto on auki ja ajetaan komentojono, joko Excel-tiedoston välilehdeltä tai SolidWorks-ohjelmistosta. Molempiin on olemassa AutomateWorks-käyttöliittymä.

10 POHDINTA JA JATKOKEHITYSIDEAT

Työn lopputulos on onnistunut ja työssä saavutettiin se mitä tavoiteltiin. Laadittu logiikka toimii pohjana jatkokehitystä varten. Työn aikana kasvoi tietämys hydraulisylinterin osista sekä Excel-ohjelman ominaisuuksista. Työssä myös huomasi, että kannattaa usein kysyä kuin jäädä itsekseen miettimään ja tutkimaan asiaa. Monesti jollain on jo kysymykseen vastaus valmiina.

Yhdessä kohtaa työtä jouduttiin oikomaan asiassa, jotta työssä päästäisiin eteenpäin. Kappaleessa 6.1.2 mainittiin koneistetun päädyn tuottavan ongelmia mitoituksessa, jonka johdosta koneistetut päädyt jätettiin pois työstä. Päädyn eli tämän työn tapauksessa päädyn laakeripesän ja pohjan mitat vaikuttavat männänvarren mittaan. Jotta koneistetun päädyn mittaa voitaisiin käyttää pitäisi tällöin laakeripesän ja pohjan mitat saada pois komentojonosta. Yksinkertaisempaa olisi laatia oma komentojono sylinterille, jossa käytetään koneistettu päätyä. Alkuperäisen komentojonon alkuun laitettaisiin komento, että AutomateWorks siirtyy lukemaan toista komentojonoa, jos tehtyjen valintojen mukaan sylinterissä olisi koneistettu pääty.

Toinen työstä huomautettava asia on autoballoon-komennon laittamat osapallot. Komento saatiin käyttöön työn loppupuolella eikä tähän haluttu käyttää sen enempää aikaa. Osapallot eivät ole kaikista kauneimmin aseteltu, mutta tärkeintä on, että ne ovat kuvassa ja niitä voi manuaalisesti liikutella. Työstä jäi myös uupumaan automatisoinnilla suunnitellun sylinterin tallennus. AutomateWorks konsultilla oli tähän keino, kuinka tallennus saadaan tehtyä EPDM-järjestelmään. Pääkokoospanolle, sylinteriputkelle ja männänvarrelle tulee laatia uusi järjestelmän mukainen numero aina muokattua sylinteriä tallentaessa. Sen jälkeen numero pitäisi saada talteen, vaikka Excel-tiedostoon, ettei se huku järjestelmään. Konsultoinnin aikana oli muita, työn etenemisen kannalta tärkeämpiä asioita, joten jätimme tallennuksen taka-alalle.

Jatkokehittämistä automatisoinnille jäi. Automatisointia tulisi laajentaa useampaan eri kokoluokkaan, jonka jälkeen automatisointi tulisi ottaa käyttöön. Käytössä huomattaisiin, onko automatisoinnissa puutteita tai syntykö joissain tilanteissa ongelmia ja näihin voidaan puuttua ja korjata ennen suurempaa jatkokehittämistä.

Sääntöjä voidaan laatia samalla kun konfiguraattori on käytössä. Yrityksellä on olemassa laskentapohja, jota voisi hyödyntää sääntöjen laatimisessa. Laskennan avulla voitaisiin esimerkiksi rajoittaa sylinterin maksimipituutta tai varmistaa, että sylinteriputken seinämävahvuus on riittävä.

Automatisointia tulee laajentaa sekä kokoluokkien että sääntöjen ohella. Automatisointi tulisi ottaa koekäyttöön, jotta mahdolliset käytössä tulevat virheet tulevat ilmi ja ne voidaan korjata. Sylinteristä tulisi suunnitella uusi kokoonpano koneistetulla päädyllä ja laatia sille oma komentojono. Tallentamiselle tulee kysyä konsultointia ja laatia tallentamiselle komennot. Näiden jälkeen automatisointi olisi valmis siirrettäväksi serverille, jonka kautta myynti voisi käyttää työkalua ja tehdä tarjouskuvat nopeasti ilman suunnittelijoiden työpanosta.

LÄHDELUETTELO

Aarni, T. (2022).

Alma Media Oyj. (6. 10. 2020). *Uutiset: Konepörssi*. (Alma Media Oyj) Haettu 20. 12. 2021 osoitteesta <https://koneporssi.com/tyokoneet-2/norrhydro-tayttaa-35-vuotta/>

CadWorks. (2022). *Tuote-esite*. (CadWorks) Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta <https://cadworks.fi/fi/products/automateworks>

CadWorks Software Oy Ltd. (6. 9. 2019). *Tuote-esite*. (CadWorks Software Oy Ltd.) Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta <https://docplayer.fi/163583812-Automateworks-mita-uutta.html>

DS SolidWorks Corp. (2012). *Tuote-esite*. (Dassault Systemes SolidWorks Corporation) Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta https://www.solidworks.com/sw/docs/sw_epdm_ds_2013.pdf

DS SolidWorks Corp. (2015). *Tuote-esite*. (Dassault Systemes SolidWorks Corporation) Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_EN.pdf

Fonecta. (2021). *Yrityksen tiedot: Finder*. Haettu 21. 12. 2021 osoitteesta <https://www.finder.fi/Hydrauliikka+ja+hydrauliset+laitteet/Norrhydro+Oy/Rovaniemi/yhteystiedot/160047>

Heavy Movable Structures. (2017). *Artikkeli*. Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta <https://heavymovablestructures.org/wp-content/uploads/2017/12/0025.pdf>

Interactive, J. (24. 4. 2020). *Sanakirja: Techopedia*. (Janalta Interactive Inc.) Haettu 30. 1. 2022 osoitteesta <https://www.techopedia.com/definition/3833/macro>

Norrhydro Oy. (26. 4. 2021). *Norrhydro News*. Haettu 21. 12. 2021 osoitteesta <https://www.norrhydro.com/fi/uutiset/norrhydro-investoi-uuteen-tuotantolaitokseen-rovaniemelle>

Oracle. (2016). *Ohjekirja*. (Oracle) Haettu 30. 1. 2022 osoitteesta https://docs.oracle.com/cd/E16582_01/doc.91/e15086/und_configurator.htm#EOABC00003

Pronor Group. (2018). *Pronor Group palvelut*. Haettu 1. 2. 2022 osoitteesta <http://pronor.fi/suunnittelu/>

Ravaltsu. (2017). *Kuva*. (Ravaltsu Oy) Haettu 7. 1. 2022 osoitteesta <https://www.ravaltsu.com/wp-content/uploads/2017/03/mittakuva-sylinteri.png>

Remodel Oy. (2022). *Palvelun esite*. Haettu 1. 2. 2022 osoitteesta <https://www remodel.fi/suunnittelun-automatisointi/>

Salhydro. (2003). *Ammattilehden artikkeli*. Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta <https://www.salhydro.fi/files/PDF/11.sylinterit.pdf>

Salhydro. (2006). *Ammattilehden artikkeli*. Haettu 6. 1. 2022 osoitteesta <https://www.salhydro.fi/files/PDF/13.pneumatiikan-perusteita-toimilaitteet.pdf>

Symetri Oy. (2022). *Palvelun esite*. Haettu 1. 2. 2022 osoitteesta <https://www.symetri.fi/tuotesuunnittelu-ja-tuotteen-elinkaaren-hallinta/tuotekonfigurointi-ja-suunnittelun-automatisointi/suunnittelun-automatisointi>

Visma Group. (2022). *Sanakirja: Visma Group*. Haettu 1. 2. 2022 osoitteesta
<https://www.visma.fi/epasseli/kirjanpidon-sanakirja/a/api/>

Yleisradio Oy. (1. 12. 2021). *Uutiset: Yle*. Haettu 20. 12. 2021 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-12211167>

LIITE 1: EXCEL-TIEDOSTON SOLIDWORKS-VÄLILEHDEN KOMENTOJONO

Command	SolidWorks Object	Value	Status	Comment
PdmLogin	Password=testitalasana;UserName=testi.suunnittelu;Vault=EPDM		Ok	Kirjautuminen EPDM
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028995.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		-	
Open	C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028995.SLDASM		Ok	Varren kokoonpano
Orientation	HideFeatureManager=False;ZoomIn=False;ZoomInTimes=0;ZoomToFit=F*Trimetric		Ok	
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029178.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		Ok	
ReplaceAll	1028991 C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029178.SLDASM		Ok	Laakeripesän vaihto
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028989.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		-	
Open	C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028989.SLDASM		Ok	Päädyn kokoonpano
Orientation	HideFeatureManager=False;ZoomIn=False;ZoomInTimes=0;ZoomToFit=F*Trimetric		Ok	
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029642.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		Ok	
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029178.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		-	
ReplaceAll	1029585 C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029642.SLDASM		Ok	Pohjan vaihto
ReplaceAll	1028991 C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029178.SLDASM		-	Laakeripesän vaihto
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028987.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		-	
Open	C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028987.SLDASM		Ok	Putken kokoonpano
Orientation	HideFeatureManager=False;ZoomIn=False;ZoomInTimes=0;ZoomToFit=F*Trimetric		Ok	
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Legacy Data\A032115.SLDPRJ;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		Ok	
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		-	
ReplaceAll	A050115 C:\EPDM\EPDM\Legacy Data\A032115.SLDPRJ		Ok	Liittimen vaihto
ReplaceAll	1028989 0		-	Päädyn vaihto
Configuration	Rx_x_ED-1@1028987 R3_8-ED		Ok	Tulpan vaihto
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028985.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		-	
Open	C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028985.SLDASM		Ok	Pääkokoonpano
Orientation	HideFeatureManager=False;ZoomIn=False;ZoomInTimes=0;ZoomToFit=F*Trimetric		Ok	
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028995.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		-	
ReplaceAll	1028995 C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028995.SLDASM		-	Varsi
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029050.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		Ok	
ReplaceAll	1028998 C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029050.SLDASM		Ok	Mäntä
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029134.SLDASM;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		Ok	
ReplaceAll	1029000 C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1029134.SLDASM		Ok	Ohjari
Rebuild		TOSI	Ok	
ReadValue	piston_fit@inner@PI060030201.Part	25	Ok	Männän sovite
ReadValue	piston_fit_length@inner@PI060030201.Part	12	Ok	Männän sovite pituus
ReadValue	piston_thread@inner@PI060030201.Part	18,5	Ok	Männän kierre
ReadValue	piston_length@outer@PI060030201.Part	45	Ok	Männän pituus
ReadValue	piston_thread_length@inner@PI060030201.Part	33	Ok	Männän kierre pituus
ReadValue	bearing_fit@fit@A0800451.Part	30	Ok	Päädyn laakeripesän paksuus
ReadValue	bearing_diameter@diameter@A0800451.Part	90	Ok	Päädyn laakeripesän halkaisija
ReadValue	bearing_length@diameter@A0800451.Part	45	Ok	Päädyn laakeripesän pituus
ReadValue	bearing_length@diameter@A0800451.Part	48	Ok	Varren laakeripesän pituus
ReadValue	laakeripesä_sovite@sovite@A0800451.Part	15	-	Varren laakeripesän sovite
ReadValue	bearing_fit@fit@A0800451.Part	32	Ok	Varren laakeripesän paksuus
ReadValue	bearing_diameter@diameter@A0800451.Part	96	Ok	Varren laakeripesän halkaisija
ReadValue	diameter@outer@A032115.Part	22	Ok	Liittimen halkaisija
ReadValue	head_thread@outer@TN060036101.Part	55	Ok	Ohjarin kierre
ReadValue	head_length@outer@TN060036101.Part	50	Ok	Ohjarin pituus
ReadValue	head_diameter@outer@TN060036101.Part	57	Ok	Ohjarin halkaisija
ReadValue	head_fit@outer@TN060036101.Part	51	Ok	Ohjarin sovite
ReadValue	bottom_distance@bottom@1029641.Part	3	Ok	Pohjan etäisyys putkesta
ReadValue	bottom_length@bottom@1029641.Part	34	Ok	Pohjan pituus
Dimension	leveys@Sketch1@1028992.Part	28	Ok	Päädyn kok. hitsin mitat
Dimension	pituuus@Sketch1@1028992.Part	38	Ok	Päädyn kok. hitsin mitat
Dimension	hitsi_ip_halkaisija@päämitat@1028997.Part	30	Ok	Varren hitsin mitat
Dimension	hitsi_varren_halkaisija@päämitat@1028997.Part	36	Ok	Varren hitsin mitat
Dimension	rod_fit@Sketch1@1028996.Part	25	Ok	Varren sovite
Dimension	rod_fit_length@Sketch1@1028996.Part	13	Ok	Varren sovite pituus
Dimension	rod_length@Sketch1@1028996.Part	623	Ok	Varren pituus
Dimension	rod_thread@Sketch1@1028996.Part	18,5	Ok	Varren kierre
Dimension	rod_diameter@Sketch1@1028996.Part	36	Ok	Varren paksuus
Dimension	rod_piston_length@Sketch1@1028996.Part	-	-	2. Varren männän sovite pituus
Dimension	rod_thread_length@Sketch1@1028996.Part	34	Ok	Varren kierteen pituus
Dimension	rod_bearing_fit@Sketch1@1028996.Part	10	Ok	Varren laakeripesän sovite
SuppressFeature	Fillet3@1028995-3@1028985\1028996-6@1028995	EPÄTOSI	Ok	Varren pyöristys
SuppressFeature	Fillet4@1028995-3@1028985\1028996-6@1028995	EPÄTOSI	Ok	Varren pyöristys
Dimension	tube_thread@Sketch1@1028988.Part	53	Ok	Putken kierre
Dimension	tube_outer@Sketch1@1028988.Part	70	Ok	Putken ulkohalkaisija
Dimension	tube_inner@Sketch1@1028988.Part	60	Ok	Putken sisähalkaisija
Dimension	tube_head_diameter@Sketch1@1028988.Part	58	Ok	Putken ohjarin sovite
Dimension	tube_machined_diameter@Sketch1@1028988.Part	51	Ok	Putken koneistettu halkaisija
Dimension	tube_head_length@Sketch1@1028988.Part	49	Ok	Putken ohjarin pituus
Dimension	tube_length@Sketch1@1028988.Part	549	Ok	Putken pituus
Dimension	tube_chamfer@Sketch2@1028988.Part	60	Ok	Putken kevennys viiste
SuppressFeature	Cut-Revolve1@1028987-1@1028985\1028988-1@1028987	TOSI	Ok	Putken kevennys
Dimension	D5@Sketch1@1028993.Part	3	Ok	Päädyn hitsin mitat
Dimension	D4@Sketch1@1028993.Part	62	Ok	Päädyn hitsin mitat
Dimension	D3@Sketch1@1028993.Part	69	Ok	Päädyn hitsin mitat
Dimension	halkaisija@Sketch1@1028994.Part	22	Ok	Liittimen hitsin mitat
Dimension	leikkaus@Sketch2@1028994.Part	35	Ok	Liittimen hitsin mitat
Configuration	1028987@1028985\1028989@1028987\C:\EPDM\EPDM\Desigined comp	GE45ES	Ok	Päädyn laakeripesä
Configuration	1028995@1028985\1029178@1028995\GE_ES@1029178	GE45ES	Ok	Varren laakeripesä
Dimension	Lmin@dimensions@1028985.Assembly	750	Ok	Lmin
Dimension	stroke@dimensions@1028985.Assembly	450	Ok	lsku
Dimension	bearing_bottom_piston@dimensions@1028985.Assembly	125	Ok	Männän etäisyys
Dimension	bearing_out_bottom@dimensions@1028985.Assembly	90	Ok	Pohjan laakeripesä, ulko
Dimension	bearing_in_bottom@dimensions@1028985.Assembly	45	Ok	Pohjan laakeripesä, sisä
Dimension	bearing_out_rod@dimensions@1028985.Assembly	96	Ok	Varren laakeripesä, ulko
Dimension	bearing_in_rod@dimensions@1028985.Assembly	45	Ok	Varren laakeripesä, sisä
Dimension	rod_diameter@dimensions@1028985.Assembly	36	Ok	Varren halkaisija
Dimension	half_rod@dimensions@1028985.Assembly	18	Ok	
Attribute	Piston Diameter	60	Ok	Männän tieto
Attribute	Rod Diameter	36	Ok	Varren tieto
Attribute	Stroke	450	Ok	lskun tieto
Attribute	Author Initials	AWorks	Ok	Tekijän tieto
Attribute	Cylinder Model	060/036*450	Ok	Sylinterin tieto
Dimension	tube@Sketch1@1028987.Assembly	82	Ok	Putken paikka
PdmGetFileVersionCopy	PdmPath=C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028985.SLDRW;Refs=True;RefsLatestVersion=True;Vault=EPDM		-	
Open	C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028985.SLDRW		Ok	Piirustus
run	C:\EPDM\EPDM\Swddata\autoballoon.swp	main.balloon_Drawing_View4	Ok	Numeroinnin teko
Attribute	Author Initials	AWorks	Ok	Tekijän tieto
Attribute	Date	29.1.2022	Ok	Päivämäärä
Close	C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028995.SLDASM		Ok	Varren kokoonpano
Close	C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028989.SLDASM		Ok	Päädyn kokoonpano
Close	C:\EPDM\EPDM\Desigined components\1028987.SLDASM		Ok	Putken kokoonpano