

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka

2022

Mikko Jokinen

KOKOONPANO TYÖVÄLINEEN
SUUNNITTELU
ROBOTISOITUUN
LAAKERIPESÄN
PRÄSSÄYKSEEN

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2022 | 32 sivua, 11 liitesivua

Mikko Jokinen

KOKOONPANO TYÖVÄLINEEN SUUNNITTELU ROBOTISOITUUN LAAKERIPESÄN PRÄSSÄYKSEEN

Opinnäytetyössä tavoitteena oli suunnitella työväline, joka mahdollistaa robotisoidun kokoonpanon laakerista ja sille sorvatusta laakeripesästä muodostuvalle tuotteelle. Työssä tutustutaan ensin varsinaiseen kokoonpantavaan osaan sekä sen kokoonpanossa hyödynnettävään hydraulipuristimeen. Sen jälkeen käsitellään työvälinesuunnittelun perusperiaatteita ja työvälineiden sekä kiinnittimien suunnittelussa huomioitavia asioita.

Työssä mallinnettiin ensin tarvittavan työvälineen eri komponentit, kehitettiin niitä yhteistyössä asianomaisten henkilöiden palautteen perusteella ja lopullisten mallinnosten perusteella luotiin valmistuspiirustukset komponenttien tekemiseksi. Lopputulemana saatiin toteuttamiskelpoiset valmistuspiirustukset työvälineen tekemistä varten. Opinnäytetyö on suunnitelma, joka mahdollisesti toteutetaan, mutta aikataulusta ei vielä opinnäytetyön tekohetkellä ole täyttä varmuutta.

Asiasanat:

Työvälinesuunnittelu, kokoonpano, kiinnitin, robotiikka, tuotanto

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2022 | 32 pages, 11 pages in appendices

Mikko Jokinen

ASSEMBLY TOOL DESIGN FOR THE PRESSING OF ROBOTIZED BEARING HOUSING

In this thesis the objective was to design a tool which makes it possible to assemble a bearing and a bearing housing together with a robot. First, the thesis focuses on the part being assembled itself and on the hydraulic press used to attach the parts. Next, the thesis deals with the basic principles of tool design and introduces some essential matters that have to be taken into account when designing a tool or clamping system.

After the theoretical part of the thesis the actual tool was first roughly modelled. The tool was then developed forward with the assistance of competent persons. When the final models were ready the manufacturing drawings for the tool components were made based on the models. The result of the thesis contains viable manufacturing drawings for making the tool. The thesis is a plan that may be implemented, but there is no complete certainty about the schedule at the time of doing the thesis.

Keywords:

Tool design, assembly, clamping device, robotics, production

Sisältö

KÄYTETYT LYHTENTEET TAI SANASTO	6
1 Johdanto	7
2 Laakerit ja puristimet	9
2.1 Laakerin kiinnittäminen	9
2.2 Puristimet	10
3 Kiinnittimet ja työvälineet	12
3.1 Kiinnittimen valinta	13
3.2 Kokoonpanotyövälineen suunnittelu	14
4 Robotisoitu kokoonpano	16
5 Kokoonpanotyövälineen suunnittelu Kone-Tuomi Oy:lle	18
5.1 Lähtötilanne	18
5.2 Sivuttaiskelkan ja paineilmasyylinterin kiinnitysjalustan mallinnus	19
5.3 Paininvaste	21
5.3.1 Paininvasteen jatkokehitys	25
5.3.2 Keskitapin jousi ja loppukonsepti	27
6 Lopuksi	30
Lähteet	32

Liitteet

Liite 1. Paineilmasyylinterin tekniset tiedot.

Liite 2. Jousen tekniset tiedot.

Liite 3. Luisti eli sivuttaiskelkka.

Liite 4. Ohjain.

Liite 5. Ohjaintappi.

- Liite 6. Pienempi ohjaintappi.
Liite 7. Paininvaste.
Liite 8. Pienempi paininvaste.
Liite 9. Prässin koneistuskuva.
Liite 10. Sylinterijalusta.
Liite 11. Vinotuki.

Kuvat

Kuva 1. Erilaisia laakerin kiinnitystapoja. (Blom ym. 2001, 149.)	9
Kuva 2. Hydraulipuristin. (Lakeuden Hydro Oy n. d.)	11
Kuva 3. Sivuttaiskelkka, joka hyödyntää prässin työpöydän valmiita uria sekä keskelle mallinnettu tarkempi ohjausura ja ohjauspala.	20
Kuva 4. Paineilmasyylinterin kiinnitysjalusta.	21
Kuva 5. Paininvasteen ensimmäinen mallinnos, jossa näkyy keskitappi (musta viiva). Vihreillä viivoilla merkittynä keskityshuuli ja vasteen sisimmäinen ulkokehä.	23
Kuva 6. Laakeri (punainen viiva) ja laakeripesä (sininen viiva) ladattuna paininvasteeseen.	24
Kuva 7. Paininvasteen jatkokehityksen lopputulos.	26
Kuva 8. Havainnekuva jouselle jäävästä tilasta keskitapin ja keskireiän sisällä.	27

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Prässi	Hydraulipuristin
Jigi	Apuväline, jolla voidaan pitää työstettävä kohde halutussa asennossa työskentelyn ajan
CNC-sorvi	Computer Numerical Control eli tietokoneohjattu sorvi
Siemens NX	3D-suunnitteluohjelmisto
Konstruktio	Rakenne
mm/s	Millimetriä sekunnissa

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella ja tehdä valmistuspiirustukset sellaisesta kiinnitintyövälineestä, jonka avulla nykyinen käsin tehtävä laakerin prässäys laakeripesään voitaisiin robotisoida. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Turkulainen Kone-Tuomi Oy. Tarve tämänkaltaisen työvälineen kehittämiseen syntyi siitä, että yrityksessä nykyisin käsin tehtävä, monotoninen ja huonosti ihmiselle soveltuva prässäystyö saataisiin tulevaisuudessa ehkä automatisoitua. Tämä tarjoaisi myös mahdollisuuden yritykselle hyödyntää osaavaa työvoimaa niillä osa-alueilla, joilla sitä todella tarvittaisiin. Työvälineen valmistaminen luotujen piirustusten pohjalta mahdollistaisi täten lopputuotteen tehokkaamman ja mielekkäämmän valmistamisen nykyaikaisemmillä menetelmillä. Työvälineen mallinnuksessa sekä suunnittelussa hyödynnetään Siemens NX 3D-mallinnus- ja suunnitteluohjelmaa. Aiheen valintaan vaikutti oma mielenkiintoni ja suuntautumiseni opinnoissa tuotantotekniikkaan ja automatisoituun tuotantoon.

Ensin työssä selostetaan itse päätuotteen eli laakerin toimintaperiaate ja kiinnitystapoja, jotta ymmärretään minkälaisesta lopputuotteesta on kyse. Samalla kerrotaan puristimesta, eli laitteesta, jolla tuote kokoonpannaan. Tämän jälkeen siirrytään kiinnittimiin ja työvälineisiin sekä niiden suunnittelun peruseräpäätteisiin. Tässä yhteydessä esitetään myös kiinnittimien ja työvälineiden valintaan vaikuttavia tekijöitä sekä muita teknisiä seikkoja, joiden perusteella suunnittelutyö tehdään. Viimeisessä teoriaosuudessa käsitellään robotisoitua kokoonpanoa, sen tuomia hyötyjä ja haasteita sekä kiinnittimien ja työvälineiden käyttäytymistä robotisoidussa tuotannossa. Viimeisenä selostetaan vielä itse työvälineen suunnittelu ja sen kehitysprosessi raa'asta mallinnoksesta kohti mahdollisesti toteutuvan työvälineen piirustuksia.

Suunnitteluprosessissa pyritään askel askeleelta kehittämään työvälinettä vaatimuksia vastaavaksi ottaen samalla huomioon valmistettavuus sekä tietynlainen yksinkertaisuus, jotta työvälineestä ei tule liian monimutkaista ja vaikeasti toteutettavaa. Onnistuneena työn päätöksenä voidaan pitää sitä, että

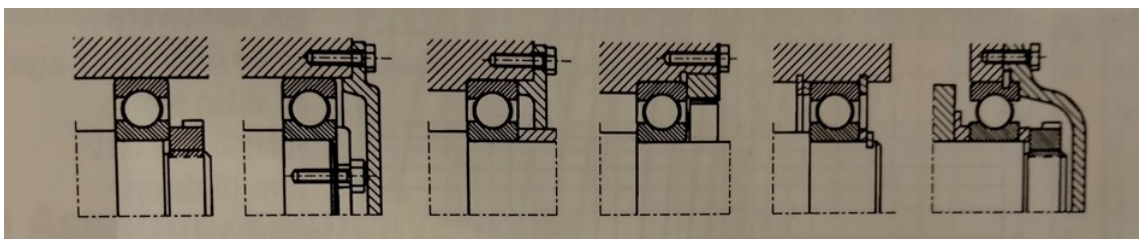
toimeksiantajalla on mahdollisuus piirustusten pohjalta toteuttaa kriteerit täyttävä työväline tuotannon robotisoimiseksi.

2 Laakerit ja puristimet

Laakeri on hyvin yleinen koneenrakennuksen peruskomponentti, jonka pääsääntöinen tehtävä koneessa on pyörivien tai edestakaisin kiertyvien koneenosien tukeminen ja ohjaaminen. Laakerit voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin rakenteensa perusteella – liukulaakereihin ja vierintälaakereihin. Kun liukulaakerissa laakerin kautta akseliin siirtyvät voimat kulkeutuvat laakerin ja akselin välisen voitelukalvon kautta, vierintälaakerissa voimat välittyvät laakerin sisältämien vierivien osien, kuten kuulien ja rullien, kautta. Vierintälaakerissa pinnat koskettavat toisiaan teoriassa vain pisteen tai viivan kautta, kun taas liukulaakerissa akselin ja laakerin välinen kosketuspinta voi jakaantua laajalle alueelle. (Airila ym. 1987, 155.)

2.1 Laakerin kiinnittäminen

Laakereiden kiinnityksessä hyödynnetään standardoituja toleransseja, joiden avulla laakerin ja akselin välisestä sovitteesta saadaan riittävän tiukka tarpeen mukaan. Laakerireiän toleranssin yläraja on 0, toleranssiasteen ollessa tyypillisesti noin 5. Laakerikehälle taas on vastaavasti akselikantainen toleranssi, esimerkiksi $h5$. Akselille ja navalle valitaan sellaiset toleranssit, että sovitteesta tulee halutunlainen. Mikäli halutaan, että laakeri pääsee liikkumaan aksiaalisesti akselin suunnassa mahdollisimman vähän, on sovitteen oltava tiukka. Sovitteen ahtaus tai väljyys myös määrittelee, miten helposti asentaminen onnistuu.

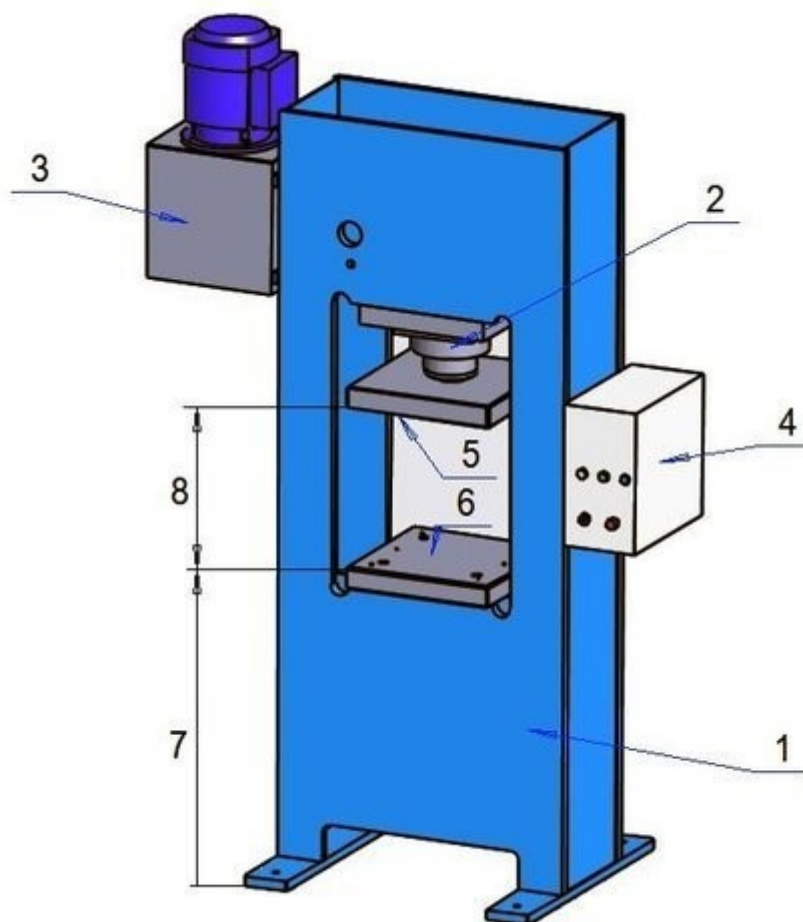


Kuva 1. Erilaisia laakerin kiinnitystapoja. (Blom ym. 2001, 149.)

Pelkkä sovite kuitenkin harvoin riittää kiinnittämään siirtymättömäksi tarkoitettua laakerikehää, joten yleensä on myös käytettävä jotain toistakin menetelmää laakerin pitämiseksi paikoillaan. (Blom ym. 2001, 145–149.)

2.2 Puristimet

Puristin eli hydraulipuristin on puristusvoimaa hydrauliiikan avulla tuottava laite. Hydraulipuristimessa hydraulinesteen paine saa aikaan sylinteriin voiman, joka puolestaan toimii puristuksen aikaansaavana osana. Kun hydrauliiikkaa aikoinaan alettiin kehittää ja soveltaa, hydraulipuristin oli keksinnöistä aikaisimpia. Hydraulipuristimia on sekä käsikäyttöisiä että konevoimalla toimivia. Modernit hydraulipuristimet hyödyntävät esimerkiksi sähköistä logiikkaohjausta, mikä mahdollistaa niiden integroimisen suurempiinkin valmistusjärjestelmiin. (Lakeuden Hydro Oy n.d.)



Kuva 2. Hydraulipuristin. (Lakeuden Hydro Oy n. d.)

Hydraulipuristimet ovat tänä päivänä toimintavarmoja laitteita, joissa myös nopeus on kohdillaan. Kuvassa 2 on esitelty hydraulipuristimen tärkeimmät osat:

1. Runko
2. Sylinteri
3. Koneikko
4. Ohjaimet
5. Puskin
6. Pöytä
7. Työkorkeus
8. Avauma

Hydraulipuristimen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat täyden iskuvoiman saavuttaminen kaikissa työliikkeen kohdissa, turvallinen ja luotettava voim rajoitus (käyttäjä ei pysty asetuksia muuttamalla ylittämään suurinta puristusvoimaa), perusrakenteen yksinkertaisuus, suuren voiman aikaansaaminen pienelläkin puristimella, hiljaisuus, mittojen vapaus sekä erittäin suuri mahdollisten sovellusten määrä sähköistä ohjausta hyödyntämällä. Suurimpana rajoitteena voidaan pitää hydraulipuristimen työliikkeen hitautta mekaaniseen puristimeen verrattuna, vaikka hydraulipuristimenkin sylinterin nopeus saattaa olla yli 100 mm/s. Puristimien kanssa työskenneltäessä on aina olemassa myös vakavan puristumisen riski. (Lakeuden Hydro Oy n.d.)

3 Kiinnittimet ja työvälineet

Ihminen on käyttänyt erilaisia työkaluja jo hyvin varhaisessa vaiheessa, esimerkkinä lyömä-, veisto-, pora- ja sahausvälineet. Työkaluja suuresti muistuttavien työvälineiden historia taas alkaa teollistumisen aikakaudelta, jolloin konepajat alkoivat tarvita erilaisten tuotteiden koneellisessa valmistuksessa koneiden käyttämiä työkaluja – työvälineitä. Työvälineitä ovat muun muassa erilaiset lastuavat työkalut (kuten terät, teränpitimet ja teränvarret), leikkaus- ja lävistystyökalut, ohjaimet ja kiinnittimet sekä muotit. Työvälineet eivät välttämättä aina ole sidoksissa koneisiin, kuten käsityökalut, mutta yleisesti ottaen työvälineet kuitenkin liittyvät koneiden käyttöön. (Aaltonen ym. 1991, 9–10.)

Kiinnitin on työväline, joka paikoittaa työkappaleen oikeaan asentoon työstökoneen ja sen työkalun suhteen siten, että kappale pystytään tukevasti ja tarkasti pitämään paikoillaan monta kertaa peräkkäin samalla tavalla. Kiinnittimen tulee myös kestää työkappaleen työstämisestä siihen aiheutuvat voimat ilman muutoksia. (Lehtimäki 2020, 17.) Koneet ja työvälineet liitetään toisiinsa esimerkiksi koneen pöydän tai vastaavan rajapinnan kautta, jolloin työväline on suoraan kosketuksissa työkappaleeseen. Kone taas koskettaa työkappaletta työstövaiheen aikana karansa, puskimensa tai esimerkiksi robotin käsivarren kautta koneen pöytään liitetyn kiinnittimen tai työvälineen pitäessä kappaleesta kiinni. (Aaltonen ym. 1991, 10.) Osa työvälineistä voidaan hankkia ostamalla työvälinevalmistajalta, mutta sellaiset työvälineet, joita ei voida ostaa suoraan kaupasta, on joko valmistettava itse tai tilattava työvälineiden valmistukseen erikoistuneesta yrityksestä. Työvälineet ovat tyypillisesti kalliita, etenkin mitä monimutkaisemmasta työvälineestä on kyse, joten on suotavaa käyttää ja käsitellä niitä varoen ja huolella sekä vältettävä niiden hukkaan joutumista. (Aaltonen ym. 1991, 19.)

3.1 Kiinnittimen valinta

Kiinnittimen valintaan vaikuttaa useita eri tekijöitä, jotka voidaan jakaa määrällisinä ja ei-määrällisinä ilmaistavina tekijöinä. Määrällisinä ilmaistavia tekijöitä ovat sellaiset tekijät, jotka voidaan suoraan mitata, katsoa taulukosta tai muutoin määrittää, jolloin niiden kustannusvaikutukset voidaan huomioida kiinnittimen taloudellisessa arvioinnissa. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi:

- tilakustannukset
- sarjansuuruudet
- sarjan toistuvuus
- hyväksikäyttöaika
- investointikustannukset
- kiinnityspaikkojen lukumäärä
- kiinnitysaika
- valmisteluaika
- kiinnitystapahtuman muut kustannukset (esim. koneen seisonta-aika)

Sellaiset kiinnittimen valintaan vaikuttavat tekijät, joita ei voida mitata rahassa, kuvataan kiinnitysvälineiden selvitykseen ja arvostukseen vaikuttavina tekijöinä.

Tällaisia ovat muun muassa:

- työturvallisuusmääräykset
- työkohtaiset määräykset
- kiinnitysvälineen ergonominen muotoilu
- työkappaleen ominaisuudet
- työkappaleen muodonmuutosalttius

Kiinnittimen kustannuksia arvioitaessa tarkastellaan varsinkin niitä suureita, jotka ovat yhteisiä kaikille kiinnittimille. Näin voidaan asettaa eri kiinnittimet arvojärjestykseen valinnan tekemistä varten. Esimerkiksi käsitoimisten ja laitetoimisten kiinnittimien kiinnitysaikojen suhde on 10:1 ja investointikustannusten suhde 1:15. Tällaisten teknisten kustannustekijöiden

lisäksi arvioinnissa on syytä ottaa huomioon työntekijään kohdistuvia vaikutuksia, kuten väsyminen ja palautumisaika. (Leppäaho 1982, 124–125.)

3.2 Kokoonpanotyövälineen suunnittelu

Kokoonpanotyöväline eli kokoonpanokiinnitin on työväline, jonka avulla tuotteen kokoonpanoa helpotetaan tai mahdollistetaan vaikkapa koneellinen kokoonpano. Sen tarkoitus on kiinnittää ja asemoida työkappale kokoonpanoa varten. Kokoonpanokiinnitintä voidaan kutsua myös ”jigiksi” (engl. jig, assembly fixture). (Aaltonen ym. 1991, 278.) Suunniteltaessa työvälineitä on suurta etua, mikäli työvälineen suunnitteleva taho sekä valmistava taho ovat mahdollisimman lähellä toisiaan. Näin ei kuitenkaan usein ole, vaan on yleistä, että työvälineen suunnittelu ja valmistus tapahtuvat eri paikoissa. Tämä vaikeuttaa tyypillisesti työvälineen valmistusta. (Aaltonen ym. 1991, 13.)

Työvälineet valmistetaan ja suunnitellaan erikseen jokaista tuotetta kohtaan. Kaikista osista, joista työväline valmistuu, on oltava piirustus, joka on virheetön ja jonka mukaan työväline voidaan valmistaa. Koska työvälinevalmistus on yksittäiskappaleiden valmistusta, johtaa virhe suunnittelussa tai valmistuksessa susikappaleeseen, joka huomataan todennäköisesti vasta työvälinettä kokoonpantaessa. (Aaltonen ym. 1991, 49.)

Tuotteen valmistusvolyymi määrittää sen, kannattaako kokoonpano tehdä käsin vai automaattisesti. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että yli 250 000 kappaleen valmistusmäärän ylittävä tuote kannattaa jo kokoonpanna automaattisesti. Automaattinen kokoonpano koostuu kolmesta eri vaiheesta; osien syötöstä, käsittelystä ja pois viemisestä. Automaattisen kokoonpanon käyttäminen edellyttää aina paikoittamiseen käytettävää kiinnitintä. Kun kokoonpanokiinnitin on hyvin suunniteltu ja prosessi automatisoitu, esimerkiksi virheellinen kokoonpano voidaan estää. (Aaltonen ym. 1991, 278–280.) Kiinnittimen teknisiä vaatimuksia ovat yleensä muun muassa työkappaleen asemoinnin helppous, kiinnityksen luotettavuus, nopea asetus aika, pieni koko ja mahdollisuuksien mukaan joustavuus. Joustavuudella tarkoitetaan tässä sitä, että yhdellä ja samalla kiinnittimellä pystytään verrattain pienin muutoksin myös kiinnittämään

vaikkapa muita saman tuoteperheen tuotteita, jotka eroavat toisistaan esimerkiksi vain koon perusteella. Kiinnitintyövälineen tulee myös kestää työkappaleen työstämisestä aiheutuvat voimat ilman muodonmuutoksia. (Lehtimäki 2020, 58.)

4 Robotisoitu kokoonpano

Kokoonpanotyöt ovat usein itseään toistavia töitä, joissa ihminen helposti tylsistyy, mutta joissa kuitenkin tarvitaan ihmiselle ominaisia kykyjä, kuten tunne siitä, milloin kokoonpantava osa menee oikein paikoilleen tai miten osan asentoa pitää kulloinkin muuttaa, jotta se menisi oikein paikoilleen. Näistä automatisoinnin vaativuustasoa nostavista seikoista huolimatta kokoonpanotöissä voidaan kuitenkin nykyään hyödyntää robotiikkaa. (Groover 2015, 238.) Robotilla voidaan sekä liittää että sovittaa osia toisiinsa, mutta sitä voidaan myös käyttää pelkästään kappaleenkäsittelyyn. Tällöin robotti palvelee varsinaisen työn tekevää konetta tuomalla sille aihioita ja viemällä valmiit kappaleet pois, eli ”panostaa” sitä. (Aaltonen & Torvinen 1997, 156–160.)

Robotiikka soveltuu erityisesti sellaisten tuotteiden kokoonpanoon, jotka muistuttavat hyvin läheisesti toisiaan, mutta joiden koossa, geometriassa tai muissa ominaisuuksissa on pienehköjä eroja ja joita kootaan säännöllisesti tietyn kokoisissa erissä. Tällaisten tuotteiden automatisointi kiinteillä automaattioratkaisuilla, kuten yhden tuotteen tuottamiseen soveltuvalla tuotantolinjalla, ei ole mielekäästä. Kokoonpanorobotille tyypillisiä ominaisuuksia ovat yleensä melko pieni koko, verrattain pieni nostokyky sekä liikkeiden tarkkuus, sillä kokoonpanotyöt saattavat usein vaatia suurempaa liikkeiden toistotarkkuutta kuin muut robotiikan sovellukset. (Groover 2015, 238–239.)

Kiinnittimet ja työvälineet automatisoidussa tuotannossa.

Kun tuotanto pyritään automatisoimaan, on jo suunnitteluvaiheessa oltava käsitys siitä, miten työkappale vaihdetaan, ohjataan paikoilleen tai paikoitetaan, tuetaan sekä miten siihen tartutaan tai muutetaan tartuntaotetta. Myös prosessin yleinen luotettavuus täytyy olla tiedossa. Automatisoitaessa työkappaleen vaihto täytyy kiinnittimen suunnittelussa ottaa huomioon robotin tarttujan mahtuminen kiinnittimeen kappaletta tuotaessa tai pois vietäessä, sillä

robotti ei pysty samalla tavalla joustamaan työliikkeissä, käsivarren asennoissa tai tartuntaotteessa kesken prosessin kuin ihminen. (Lehtimäki 2020, 21.)

Kiinnittimen konstruktion miettiminen oikeanlaiseksi ja luotettavasti toimivaksi korostuu automatisoidussa tuotannossa entisestään, sillä esimerkiksi lika ja epäpuhtaudet saattavat aiheuttaa työkappaleen asemoitumisen kiinnittimeen väärin. Näin ollen on huolehdittava edellä mainittujen seikkojen riittävän tehokkaasta poistumisesta kiinnittimestä sekä kiinnittimen muotoilulla että myös mahdollisesti jonkin muun tekijän, kuten paineilman, avulla. (Lehtimäki 2020, 58.) Automatisoidun kokoonpanon kiinnittimissä ja työvälineissä on syytä välttää liian tiukkoja sovitteita eri osien kesken sekä hyödyntää mahdollisuuksien mukaan viisteitä ja pyöristyksiä osien reunoissa niiden itseohjautuvuuden parantamiseksi (Aaltonen & Torvinen 1997, 173).

5 Kokoonpanotyövälineen suunnittelu Kone-Tuomi Oy:lle

Kone-Tuomi Oy on keskiraskaaseen ja raskaaseen koneistukseen erikoistunut yritys, jolla on toimipisteet sekä Turun Runosmäessä että Euran Kauttualla. Vuonna 1945 perustettu Kone-Tuomi Oy tarjoaa nykyisin muun muassa jyrsintää, sorvausta, aarporausta, höyläystä, telahuoltoa ja tasapainotusta. Turun konepajalla tuotantotilaa on 3200m² ja Kauttualla viimeisimmän vuonna 2021 valmistuneen hallilaaajennuksen jälkeen 4300m². Työstökoneita Kone-Tuomi Oy:llä on nykyisin noin 30 kappaletta ja henkilökuntaa noin 65. (Kone-Tuomi Oy 2022.)

Kone-Tuomi Oy:n asiakkaat ovat pääsääntöisesti kotimaisia vientiyrityksiä, jotka tarvitsevat toiminnassaan erilaisia koneistuspalveluja. Tämän lisäksi Kone-Tuomi Oy tarjoaa esimerkiksi erilaisten teollisuuslaitteiden kunnossapitopalvelua, kuten modernisoitavien tai remontissa olevien työstökoneiden johteiden oikaisuhöyläystä. (Kone-Tuomi Oy 2022.)

5.1 Lähtötilanne

Kokoonpanotyövälineen suunnittelu liittyy yrityksen tuotteeseen, joka sisältää laakerin, siihen sorvattavan laakeripesän sekä näiden yhteen liittämistä prässäämällä muodostuvan lopputuotteen. Itse laakeripesä sorvataan nykyisin CNC-sorvilla, jota palvelee siihen hankittu Fanuc-merkkinen 6-akselinen nivelvarsirobotti. Sorvia ei siis jouduta enää ihmistyönä palvelemaan, mutta laakeri joudutaan kuitenkin edelleen prässäämään laakeripesään käsin. Tavoitteena on suunnitella sellainen kokoonpanotyöväline, joka mahdollistaa laakerin prässäämisen laakeripesään robotisoidusti, sillä nykyinen käsityönä tehtävä prässääminen on monotonista, pitkäväteistä ja samaa liikesarjaa toistavaa työtä. Tällainen työ soveltuu huonosti ihmiselle, sillä se ei tarjoa riittävää vaihtelua ja virikettä, kun taas robotit ovat tällaisessa työssä parhaimmillaan. (Groover 2015, 238.)

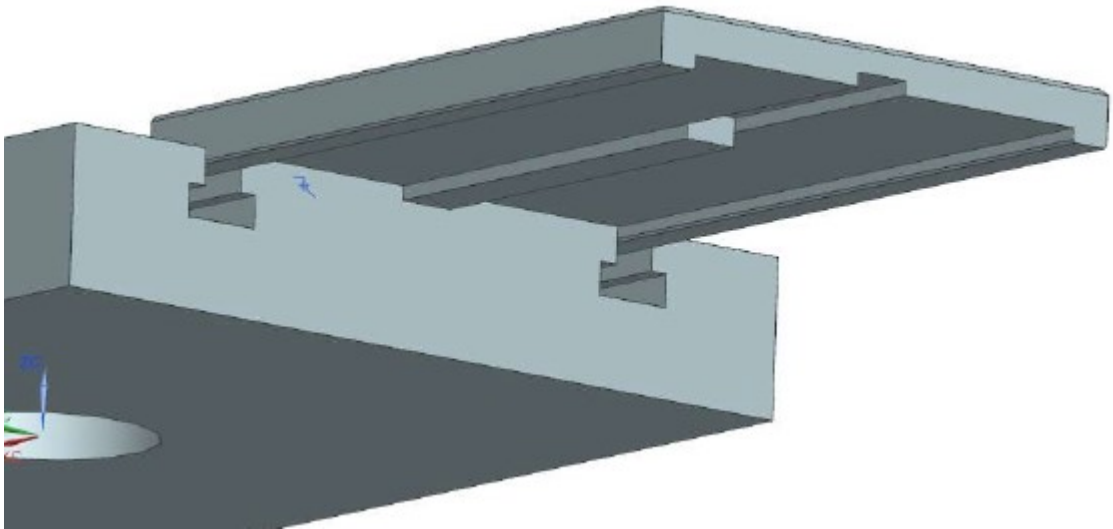
Suunnittelun pohjana käytettiin prässin työpöydän muotoja ja uritusta sekä nykyistä paininvastetta, jota vasten laakeri prässätään laakeripesään. Työ alkoi näiden perusmittojen mittaamisella ja prässin työpöydän sekä nykyisen paininvasteen mallintamisella mallinnusohjelmaan. Jotta työväline pystyttiin suunnittelemaan oikean kokoiseksi, mitattiin samalla myös prässin maksimityöliikkeen pituus. Työliikkeen pituus tarvittiin, sillä kokoonpanotyövälineen täytyy mahtua prässin sylinterin sekä sylinteriin kiinnitetyn ohjausvasteen alle laakerin ja laakeripesän kanssa. Tästä päästiin myös samalla toteamaan, että laakeria ja laakeripesää ei mahduta suoraan robotilla viemään sylinterin alle prässin työpöydälle. Näin ollen vaihtoehdoksi jäi suunnitella työväline niin, että se liikkuu prässin työpöydällä jossakin suunnassa siten, että kappaleen käsittelyvaiheessa laakeri ja laakeripesä ovat poissa sylinterin alta toisin kuin käsin prässätessä. Muita vaihtoehtoja olisivat olleet muun muassa osien syöttäminen jonkinlaista liukumäkeä pitkin prässin alle omalla painollaan tai robotin tarttujan muokkaaminen täysin erilaiseksi, mutta nämä hylättiin turhan monimutkaisina, epävarmoina sekä vaikeina toteuttaa.

5.2 Sivuttaiskelkan ja paineilmasylinterin kiinnitysjalustan mallinnus

Ensimmäisenä suunniteltiin sivusuunnassa liikkuva ”kelkka” (liite 3), jonka avulla paininvaste saataisiin pois prässin työsylinterin alta kappaleenvaihdon ajaksi, koska aikaisemmin oli todettu, ettei robotti mahdu vaihtamaan kappaletta suoraan sylinterin alla. Kelkka mallinnettiin siten, että se hyödyntää liikkeessään prässin työpöydässä olevia kahta sivuttaissuunnassa kulkevaa T-uraa. Nämä valmiit urat antaisivat kelkan sivuttaisliikkeelle asemoinnin ja liikesuunnan karkean liikepinnan. Tämän jälkeen kelkkalevyn pohjaan mallinnettiin ura ja siihen sopiva ohjauspala (liite 4). Prässin pöytään mallinnettiin koneistettavaksi kolmas ura vastinpinnaksi kelkan pohjassa olevalle ohjauspalalle. Ideana olisi, että tämä kolmas ura ja ohjainpala muodostaisivat niin sanotun tarkan ohjauspinnan kelkan sivuttaisliikkeelle.

Ohjainpalan on tarkoitus myös tukea kelkkaa alapuolelta sen ollessa poissa prässin työpöydältä kappaleenvaihdon aikana. Ilman ohjainpalaa kelkka pysyisi

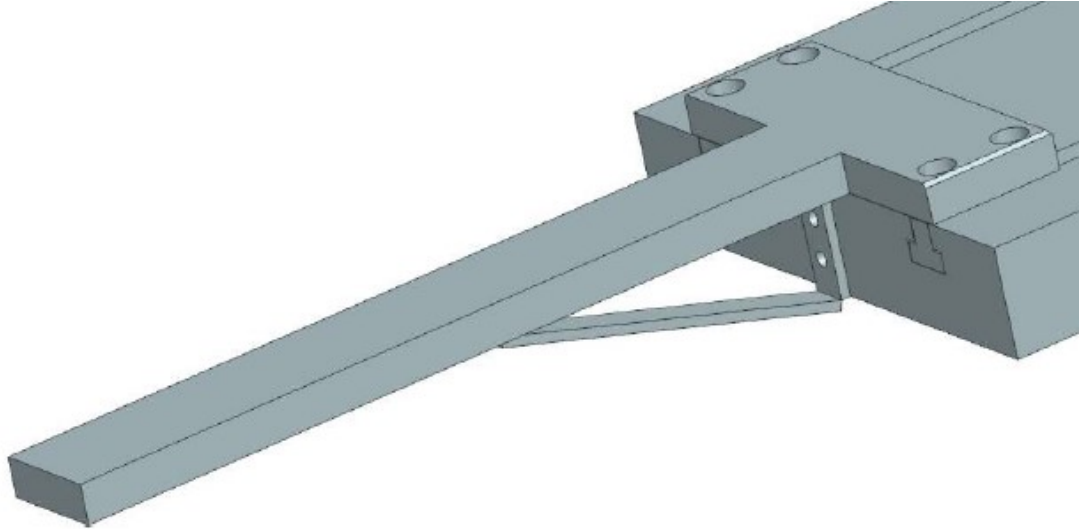
prässin työpöydällä ainoastaan sitä sivusuunnassa liikuttavan sylinterivarren varassa ja vääntäisi sylinterivartta, sillä yli puolet kelkan pituudesta tulee prässin pöydän yli kappaleenvaihtoasemassa. Ohjainpalan koneistuskuvasa toleranssin yläraja osan leveydelle on osan nimellismitta ja alaraja 0,05 mm alle nimellismittan. Sivuttaiskelkan urassa ja prässiin koneistettavassa urassa uran leveyden toleranssin alaraja on nimellismitta ja yläraja 0,05 mm yli nimellismittan. Näin ollen ohjainpalalla on urassa enintään 0,1 mm välys, joka mahdollistaa sivuttaiskelkan jouhevan ja kevyen liikkeen olematta kuitenkaan liian väljä.



Kuva 3. Sivuttaiskelkka, joka hyödyntää prässin työpöydän valmiita uria sekä keskelle mallinnettu tarkempi ohjausura ja ohjauspala.

Kelkan liikuttamiseen sivusuunnassa tarvitaan paineilmasylinteriä (liite 1), jota varten mallinnettiin oma kiinnitysjalustansa (liite 10). Paineilmasynterinin kiinnitysjalusta on T-kirjaimen muotoinen osa, joka on kelkkalevyä 5 millia paksumpi. Paksuutta tarvitaan hieman lisää, sillä pultinkannat, joilla kiinnitysjalusta kiinnitetään prässin pöytään, laitetaan upotusten sisälle. Se voidaan valmistaa myös esimerkiksi alumiinista, eikä siinä ole mitään tarkkoja toleransseja vaativia muotoja. Paineilmasynterinin kiinnitysjalusta on kokoajan paikallaan eikä se saa liikkua työstön aikana. Se on kelkkalevystä poiketen pohjastaan tasainen, joten sen valmistaminen on yksinkertaisempaa. Koska sen

ei tarvitse liikkua, se ei vaadi ohjausuria pohjaansa, vaan se voidaan kiinnittää suoraan prässin pöytään sopivilla T-urapaloilla. Paineilmasynterinin kiinnitysjalustan asemointitarkkuudeksi riittää se, että pöytään kiinnitettynä sylinteri liikkuu suoraan kelkkalevyä liikuttaessaan.



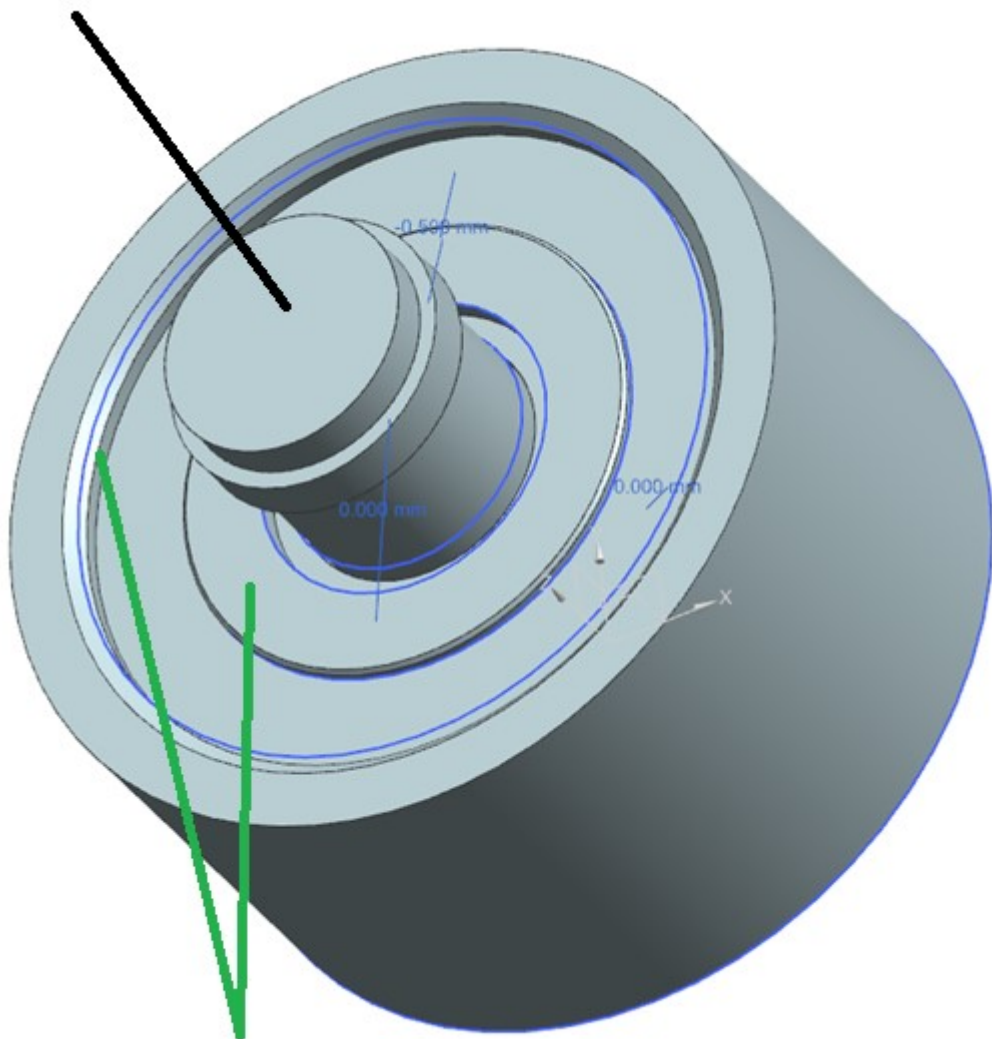
Kuva 4. Paineilmasynterinin kiinnitysjalusta.

Oleellista on ainoastaan, ettei sylinterin varsi väännä liikkeen aikana vaaka- tai sivusuunnassa. Tämän vuoksi osan pohjaan mallinnettiin vielä pieni vinotuki (liite 11) estämään sylinterin jalustan vaakatasossa tapahtuvaa vääntymistä, vaikka tätä pidettiin epätodennäköisenä ongelmana. Vinotuki on hitsaamalla tehtävä, toisin kuin itse kiinnitysjalusta, joka valmistetaan koneistamalla leikatusta aihioista. Sivuttaiskelkan valmistus tapahtuu myös aihioista koneistamalla.

5.3 Paininvaste

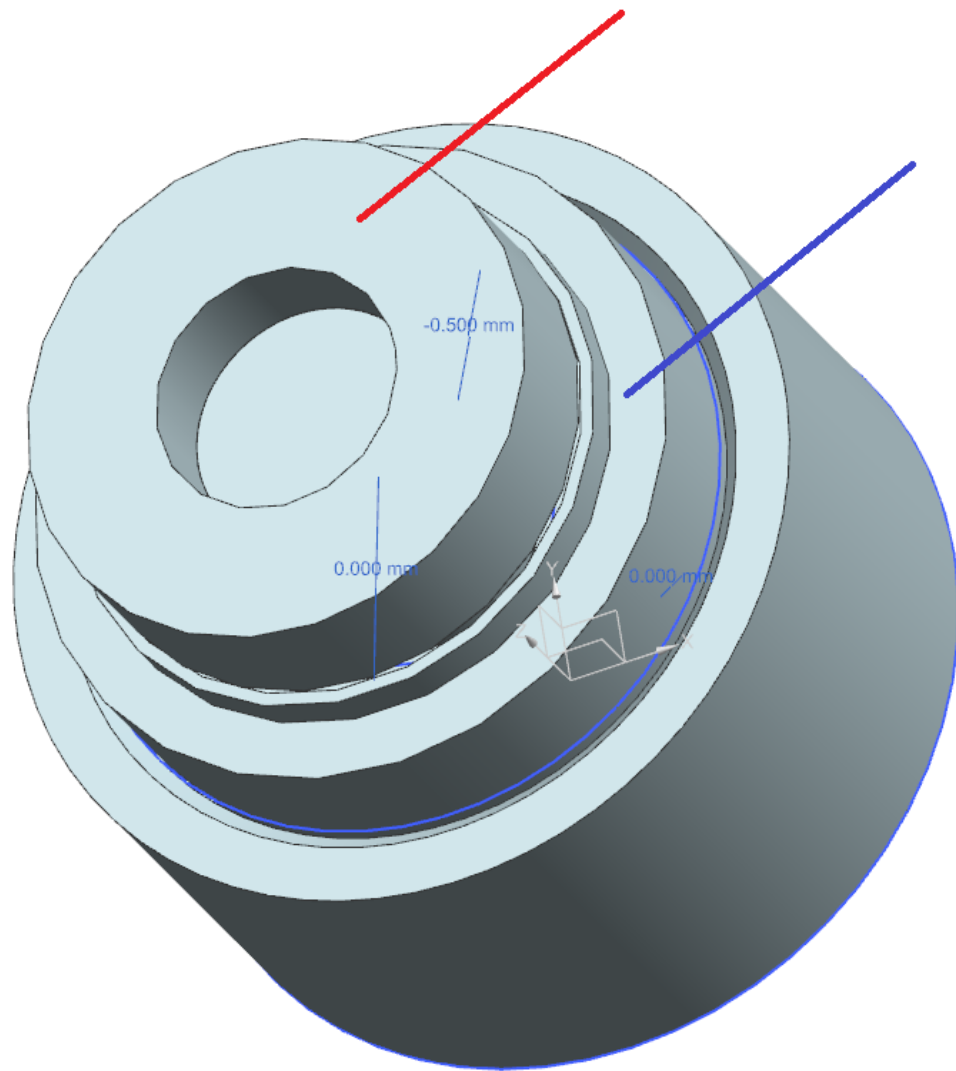
Kokoonpanotyövälineen kannalta oleellisin osa oli paininvaste (liite 7), jota vasten hydrauliprässi painaa laakerin ja laakeripesän muodostaen näin lopputuotteen. Paininvaste oli kaikista kokoonpanojigin osista myös haastavin osa suunnitella toimivaksi. Paininvasteen tuli kyetä keskittämään sekä

laakeripesä että laakeri samaan keskilinjaan siten, että prässissä oleva vastintappi osuu laakerin keskireiän keskelle paininvasteen ollessa prässin työsylinterin alla. Luonnollisesti myös laakerin ja laakeripesän tuli pysyä samassa linjassa, jotta laakeria ei prässätä laakeripesään vinoon. Vaatimuksena oli, että keskitys pitää tapahtua joka kerta luotettavasti paininvasteen osien avulla, sillä robotti ei kykene tunnistamaan milloin laakeri tai laakeripesä on asettunut oikein paininvasteeseen. Ensimmäinen mallinnos paininvasteesta sisälsi karkean näkemyksen siitä, miten laakeri ja laakeripesä saadaan asetettua robotilla paininvasteeseen siten, että ne pysyvät tarkasti paikoillaan paininvasteen liikkeessä sivusuunnassa sivuttaiskelkkaan kiinnitettynä prässin alle.



Kuva 5. Paininvasteen ensimmäinen mallinnos, jossa näkyy keskellä ohjaintappi (musta viiva). Vihreillä viivoilla merkittynä keskityshuuli ja vasteen sisimmäinen ulkokehä.

Kuvassa 5 oleva ensimmäinen mallinnos on tehty tämänhetkisen käsikäyttöisen prässäysvasteen mittojen mukaisesti, mutta siihen on lisätty keskelle reikä sekä pieni keskityshuuli. Reikä tarvitaan keskellä olevaa ohjaintappia (liite 5) varten, jonka päälle asetetaan itse laakeri. Laakeripesä asetetaan vastaavasti keskityshuulen ja vasteen sisimmäisen ulkokehän väliin jäävään uraan. Kun paininvaste liikkuu sivuttaiskelkan avulla prässin alle, ohjaintappi painuu alas antaen samalla laakerin liikkua alaspäin laakeripesän kanssa samaan tasoon, jolloin osien prässäminen yhteen voi tapahtua. Kuvassa 6 on mallinnettuna tilanne, jossa robotti on ladannut paininvasteeseen sekä laakeripesän että laakerin valmiiksi liikkumaan prässin alle prässättäväksi.



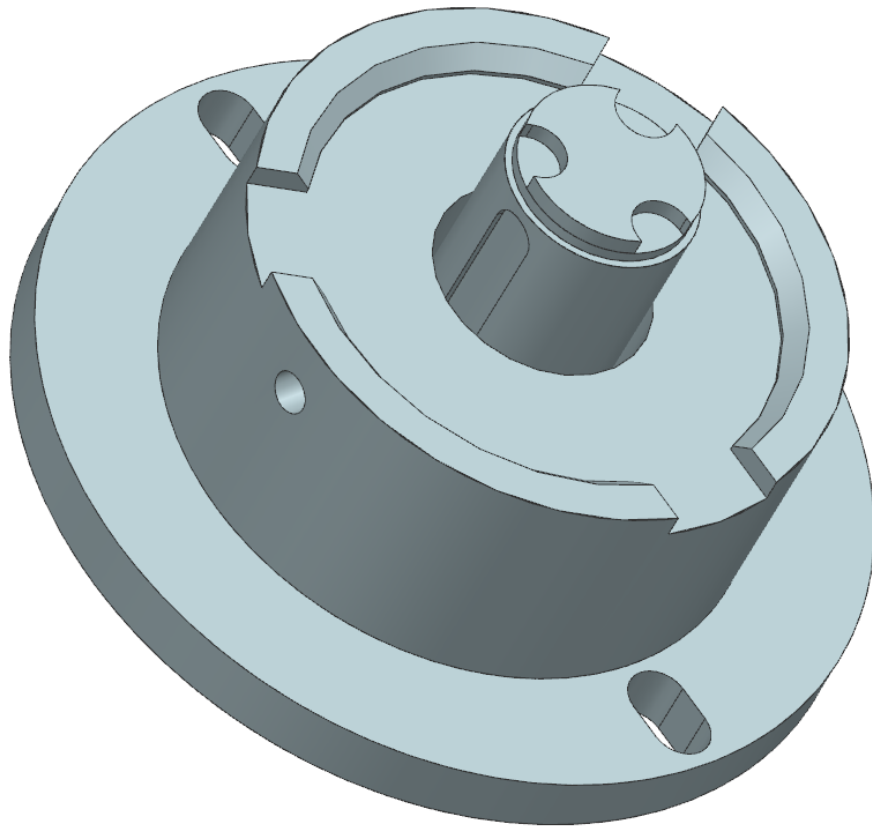
Kuva 6. Laakeri (punainen viiva) ja laakeripesä (sininen viiva) ladattuna paininvasteeseen.

Ohjaintappi, jonka päälle laakeri on alkutilanteessa asetettu, pysyy jousivoiman avulla ylhäällä niin kauan, että prässi painaa sen yhteen laakeripesän kanssa. Laakeri taas pysyy ohjaintapin päällä pienen levennysrinkulan avulla, joka näkyy kuvassa 5. Levennysrinkula on niin ylhäällä, että laakerin ja laakeripesän väliin jää alkutilanteessa myös pieni rako. Ohjaintapin halkaisijan toleranssi levennysrinkulan yläpuolella on nimellimitasta pienempi, jotta laakerin keskireikä varmasti sopii menemään siihen robotilla laitettuna. Laakerin keskireiän sisälle jäävä pieni pätkä ohjaintappia on kyllin matala, jotta prässissä oleva vastintappi mahtuu menemään koko pituudeltaan laakerin keskireiän

sisälle ottamatta paininvasteen ohjaintapin yläpintaan kiinni. Tämän pienen pätkän on tarkoitus pitää laakeri sivusuunnissa paikoillaan paininvasteen liikkeessa prässin alle. Kun prässäys on ohi, valmis tuote, jossa laakeri ja laakeripesä ovat toisissaan kiinni, nousee ylös ja jää paininvasteen ohjaintapin päälle. Prässin liike on hyvin hidus, joten ohjaintappia ylös painava jousi ei pääse työntämään tappia niin suurella nopeudella takaisin ylös, että tuote lentäisi siitä pois.

5.3.1 Paininvasteen jatkokehitys

Kun ensimmäinen versio paininvasteesta oli mallinnettuna, haettiin jatkokehitysideoita operaattorin ja työn valvojan kanssa. Todettiin, että laakeripesän keskitykseen riittää vasteen sisimmäinen ulkokehä eikä varsinaista keskityshuulta tarvita. Tämän ilmeni käsinprässäyksessä kokeilemalla, miten epätarkasti laakeripesän voi asettaa vasteeseen prässäyksen edelleen onnistuessa. Samalla yksinkertaistettiin ohjaintapin rakennetta laittamalla tapin sivuille urat ja vasteen sivuille kierrereiät. Kierrereiäkiin voidaan kiertää pultti, joka vastaavasti ohjaintapin uraan mennessään rajoittaa tapin liikepituuden sopivaksi.

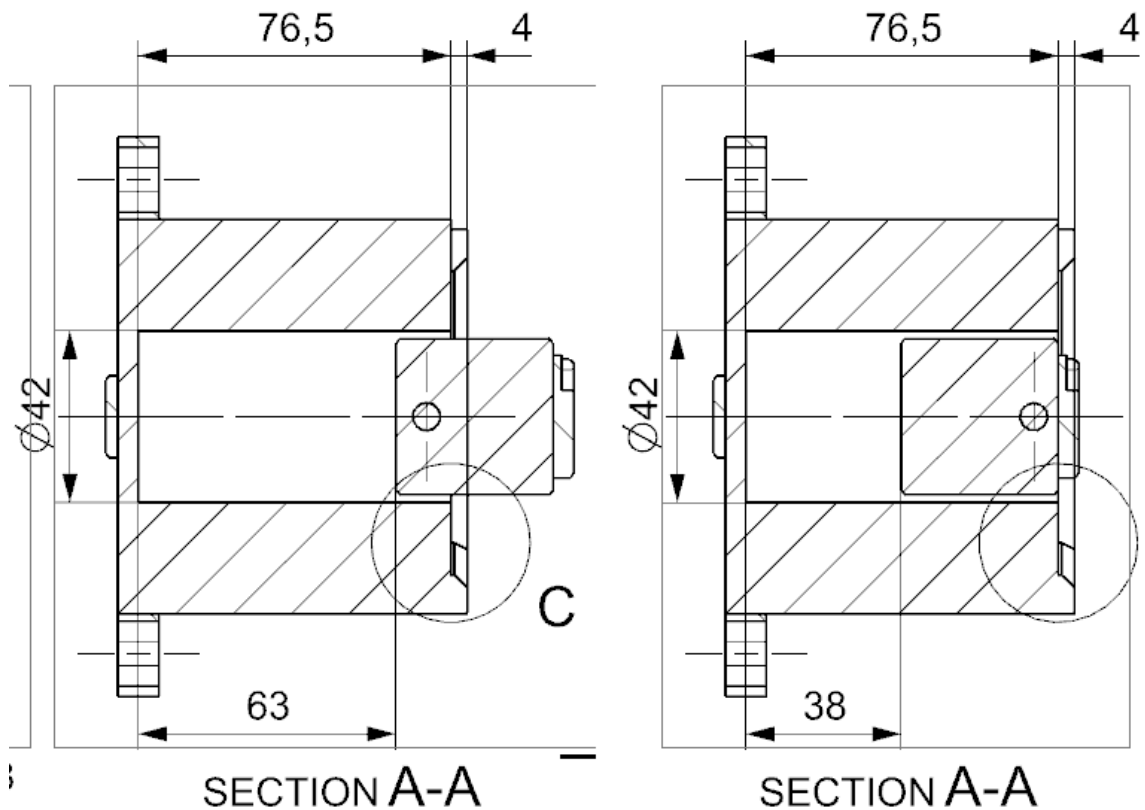


Kuva 7. Paininvasteen jatkokehityksen lopputulos.

Tässä yhteydessä mallinnettiin tappiin ja paininvasteen ulkokehälle väistöurat siltä varalta, että robotin tarttuja sellaisia vaatisi. Ohjaintapin ja paininvasteen keskireiän väliin jätettiin myös tila mahdollista kulutusholkkia varten, joka voi olla esimerkiksi pronssia. Paininvasteen pohjaan tehtiin pieni koroke keskityshuuleksi ja siihen sopiva reikä vastaavasti sivuttaiskelkan keskelle. Tämä helpottaa hieman paininvasteen asettamista kohdilleen sivuttaiskelkkaan. Paininvasteessa on myös levennetyt pultinreiät sovittamisen helpottamiseksi.

5.3.2 Keskitapin jousi ja loppukonsepti

Ohjaintapin edestakaista liikettä varten tarvittiin sopivan kokoinen jousi. Jousta varten ohjaintapin ja paininvasteen keskireiän sisälle piti jäädä riittävän iso tila. Toimeksiantajan suosituksesta valitun jousivalmistajan katalogista saatujen tietojen perusteella valittiin jousi (liite 2), joka on kuormittamattomana 70 mm pitkä ja kuormitettuna lyhyimmillään 38 mm. Paininvasteen ja liikkeenrajoituspultin paikan korkeutta muuttamalla saatiin säädettyä suunnitteluohjelman avulla väli sopivaksi. Tilannetta havainnollistaa kuva 8, jossa on ilmaistu välin pituus, kun ohjaintappi on täysin ulkona sekä täysin sisällä.

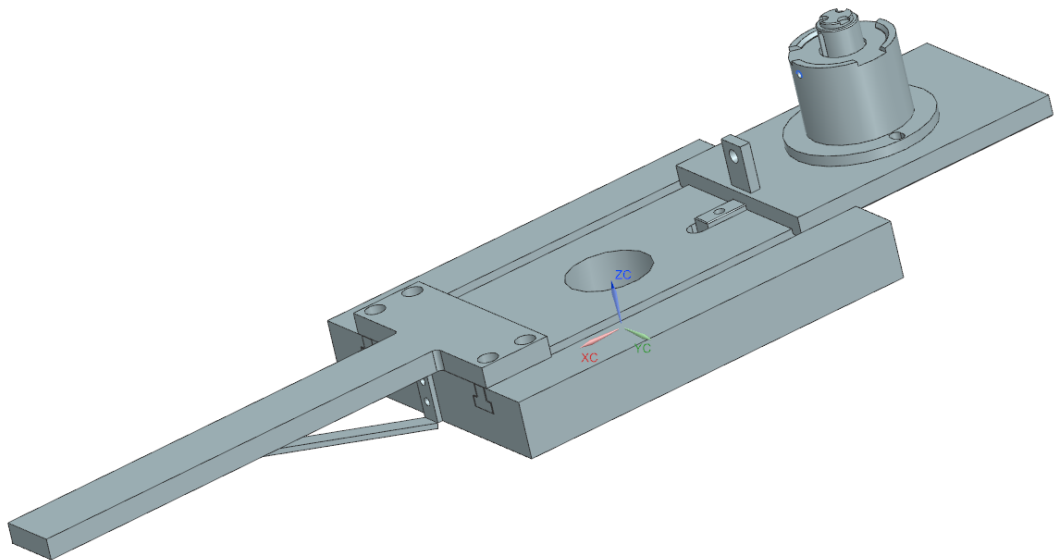


Kuva 8. Havainnekuva jouselle jäävästä tilasta ohjaintapin ja keskireiän sisällä.

Ohjaintapin ollessa täysin ulkona väli on 63 mm jousen pituuden ollessa kuormittamattomana 70 mm. Vastaavasti täysin sisälle painuneena jouselle jää sen vaatima minimi-tila 38 mm. Tilanteen niin vaatiessa pystytään jousista myös

hieman lyhentämään. Toisaalta laittamalla aluslaatta reiän pohjalle jousen asemaa pystytään nostamaan. Jousen halkaisija on 35 mm, sillä sisälle jäävän tilan halkaisija tulee olemaan noin 38 mm kulutusholkin kanssa.

Lopullinen suunnitelma työvälineestä sisältää siis paininvasteen, jota vasten laakeri ja laakeripesä prässätään yhteen, ohjaintapin, joka pitää laakerin suorassa laakeripesän päällä paininvasteen liikkeessä prässin alle sekä paininvasteen liikuttamiseen tarvittavan sivuttaiskelkan. Tämän lisäksi tarvittiin vielä paineilmasylinterin kiinnitysjalusta, vinotuki siltä varalta, että kiinnitysjalusta on epävaka ja ohjainpala varmistamaan sivuttaiskelkan liikeradan suoruus.



Kuva 9. Loppukonseptin mallinnos, jossa näkyvät kaikki työvälineeseen tarvittavat osat lukuun ottamatta ostokomponentteja.

Valmistuspiirustuksiin sisältyy myös prässipöydän koneistuskuva (liite 9), jonka perusteella pystytään siihen koneistamaan ura ohjainpala varten sekä mahdollisesti tasoittamaan t-urien reunoja, mikäli luistin jouheva liike sitä edellyttää. Työvälineen kokoamiseen tarvittaisiin tämän lisäksi vielä erinäisiä kaupasta ostettavia osia, kuten keskitapin jousi ja kulutusholkki,

paineilmasyylinteri, rajakytkin, t-urapalat sekä erikokoisia ruuveja. Paininvasteita tarvittiin myös kaksi kappaletta, sillä lopputuotetta on kahta eri kokoa.

Pienemmän tuotteen paininvaste (liite 8 ja liite 6) on täysin samanlainen mutta ainoastaan vaadittavilta mitoiltaan eri kokoinen. Tällä tavoin kiinnitintyövälineeseen saadaan joustavuutta, sillä tuotemallin vaihtaminen isommasta pienempään ja päinvastoin käy ainoastaan paininvaste ja robotin tarttuja vaihtamalla.

6 Lopuksi

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda valmiit valmistuspiirustukset, joiden pohjalta voitaisiin polttoleikata ja tilata tarvittavat aihiot sekä koneistaa niistä osat työvälineeseen. Tässä mielessä tavoite saavutettiin ja toteuttamiskelpoiset valmistuspiirustukset pystyttiin tekemään. Vaikka työ oli selkeästi rajattu ja vaikutti kohtuu yksinkertaiselta toteuttaa, huomasit työn edetessä kuitenkin miten paljon eri asioita joutuu ottamaan huomioon ja miettimään näinkin pienissä työvälinesuunnitteluprojekteissa. Tämä antoi perspektiiviä siitä, miten vaativaa työtä esimerkiksi suurten koneistusjigien suunnittelu ja toteutus on. Omakohtainen kokemus koneistustöistä ja vähäinen kokemus työvälineiden tekemisestä auttoi hieman. Toki on huomattava, että lopullinen valmistettavuus huomataan aina vasta siinä vaiheessa, kun kuvan mukaista kappaletta aletaan valmistaa.

Piirustuksia tehdessä koneistajan työn tekemisestä huomasit olevan etua, sillä näin pystyi hieman ennakoimaan työvaiheita ja antamaan toleranssit siten, että ne eivät muodosta valmistuksesta liian haastavaa. Pyrkimyksenä oli laittaa tarkkoja toleransseja vain sinne, missä niitä todellisuudessa tarvitaan. Erityisesti jyrsittävien kappaleiden piirustuksia tehdessä ajatuksena oli suunnitella siten kuin itse kappaleen valmistaisi. Erityisen haasteen suunnittelutyöhön toi myös suunnitteluohjelma Siemens NX:n käyttö, sillä sen käyttöä piti koko ajan itsenäisesti samalla opiskella ja sen käyttökatkoksesta aiheutui myös viivästystä työn tekemiseen.

Tässä työssä sai hyvin tuntumaa siihen, miltä itsenäinen suunnittelutyö saattaisi tuntua ja miten ulkoapäin pieneltäkin vaikuttavan suunnitteluprojektin sisälle saattaa kuitenkin sisältyä paljonkin ratkaisua vaativia ongelmia ja asioita, joita pitää selvittää. Teoriaosuudessa sekä aiheen kirjallisuuteen tutustuessa huomasit, miten työvälinesuunnitteluun ei ole koskaan olemassa mitään valmiita ohjeita tai toimintatapoja, vaan ainoastaan suuntaa antavia yleisohjeita siitä, mihin tulisi pyrkiä. Valittavat ratkaisut täytyy aina tilanteen mukaan suunnittelijan itse valita siten, että ne parhaiten sopivat kyseiseen ongelmaan. Suunnittelussa

kannattaa myös hyödyntää ja kysyä muidenkin näkemyksiä, sillä tällöin saattaa avautua joitain sellaisia näkökohtia, joita ei itse aluksi osannutkaan ajatella.

Mikäli opinnäytetyössä suunniteltu työväline tullaan toteuttamaan ja prässäystyö sen avulla robotisoimaan, avautuu samalla myös muita ratkaistavia asioita, kuten mahdolliset muutokset nykyisen tuotantosolun layoutiin, uuden tarttujan valmistaminen sekä työjärjestyksen miettiminen uudestaan robotille. Samalla joudutaan myös miettimään, toteutetaanko prässäys nykyisellä robotilla ja ehtiikö nykyinen robotti palvelemaan sekä sorvia että samalla syöttämään prässäisiä vai joudutaanko prässäys toteuttamaan esimerkiksi omalla pienemmällä robotillaan. Toisaalta työn robotisoinnilla voitaisiin tuottavan työn määrää kasvattaa, päästä eroon puuduttavasta ja yksitoikkoisesta työstä sekä mahdollisesti tuottaa tuotetta ilman valvontaa pidempiäkin aikoja. Samalla kustannustehokkuus tuotteen valmistuksessa kasvaa.

Lähteet

Aaltonen, K.; Ekman, K.; Kamppari, J.; Kauppinen, V.; Kivivuori, S.; Paro, J. & Vuorinen, J. 1991. Työvälinetekniikka. Espoo: Otatieto Oy.

Aaltonen, K. & Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.

Airila, M.; Jantunen, E.; Kivioja, S.; Laihiotie, E.; Nurmi, L.; Pora, M. & Ranta, A. 1987. Koneenosat. Porvoo: WSOY.

Blom, S.; Lahtinen, P.; Nuutio, E.; Pekkola, K.; Pyy, S.; Rautiainen, H.; Sampo, A.; Seppänen, P. & Suosara, E. 2001. Koneenelimet ja mekanismit. Helsinki: Edita Oyj.

Groover, M. 2015. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. Edinburgh Gate, Harlow: Pearson Education Limited.

IKH 2021. Paineilmasyylinteri 40X320 S3 ISO15552 2-TOIM. Viitattu 15.12.2021. <https://www.ikh.fi/fi/paineilmasyylinteri-40x320-s3-iso15552-2-toim-mwp121040320>

Kone-Tuomi Oy 2022. Konepaja - raskas ja keskiraskas koneistus. Viitattu 5.1.2022. <https://www.kone-tuomi.fi/>

Lakeuden Hydro Oy n. d. Yleistä hydraulipuristimista. Viitattu 8.11.2021. https://www.lakeudenhydro.fi/hydraulipuristimet/yleista_hydraulipuristimista.html

Lehtimäki, A. 2020. Lastuavan työstön kiinnittimet ja paletit. Tampere: Aarre Lehtimäki. Viitattu 17.11.2021. <https://onedrive.live.com/?authkey=%21ABwO4ubXQvAuWic&cid=BFF2BAF5AFCE8809&id=BFF2BAF5AFCE8809%212031&parId=BFF2BAF5AFCE8809%212024&o=OneUp>

Leppäaho, T. 1982. Tekninen tiedotus - Työkappaleen kiinnittäminen. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Lesjöfors 2022. Compression Spring 1875: CS 4,5X35X70. Viitattu 2.1.2022. <https://catalog.lesjoforsab.com/product/1875-cs-4-5x35x70>

Liite 1

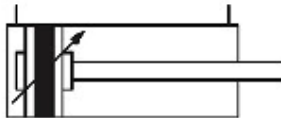
Paineilmasyylinterin tekniset tiedot



PAINELMASYLINTERI 40X320 S3 ISO15552 2-TOIM

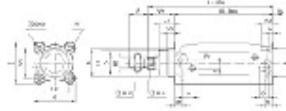
MWP121040320

- 2-toiminen vakiosylinteri ISO 15552, sarja 3
- varustettu magneettilla ja säädettävällä päätyvalmennuksella
- materiaali männänvarsi C45 teräs, sylinteriputki anodisoitu alumiini, tiivisteet NBR
- mäntä Ø 40 mm
- varsi Ø 16 mm
- isku 320 mm
- asennusruuvit M6
- max. työpaine 10 bar
- käyttölämpötila -10...+80 °C
- väliaine: suodatettu paineilma ilman voitelua (jos voitelua käytetään, sen tulee olla jatkuvaa)



SOVH: : 169,00 € / kpl
(Alv 24%=32,71, Alv 0%=136,29)

TAKUU:



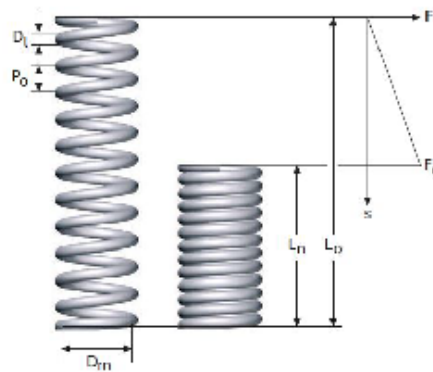
Model	Stroke (mm)	Weight (kg)	Volume (dm³)	Volume (liters)
MWP121040320	320	1.69	0.00169	1.69

Saatavuus verkkokaupasta on ilmoitettu tuotteiden yhteydessä. IKH:n tuotevalikoima on saatavissa myös jälleenmyyjäverkoston myymälöistä (osa tuotteista toimitusmyyntinä, tarkista saatavuus jälleenmyyjäiltä). Verkkokaupassa ilmoitetut hinnat ovat Sovh (sis. ALV ja mahdolliset kerrätyksmaksut), eivätkä sido jälleenmyyjää. Tarjoushinnat ovat voimassa verkkokaupassa ja kampanjassa mukana olevilla jälleenmyyjillä.

Liite 2

Jousen tekniset tiedot

LESJÖFORS
STOCKHOLMS FJÄDER AB



Part number
1875
Description
CS 4,5X35X70

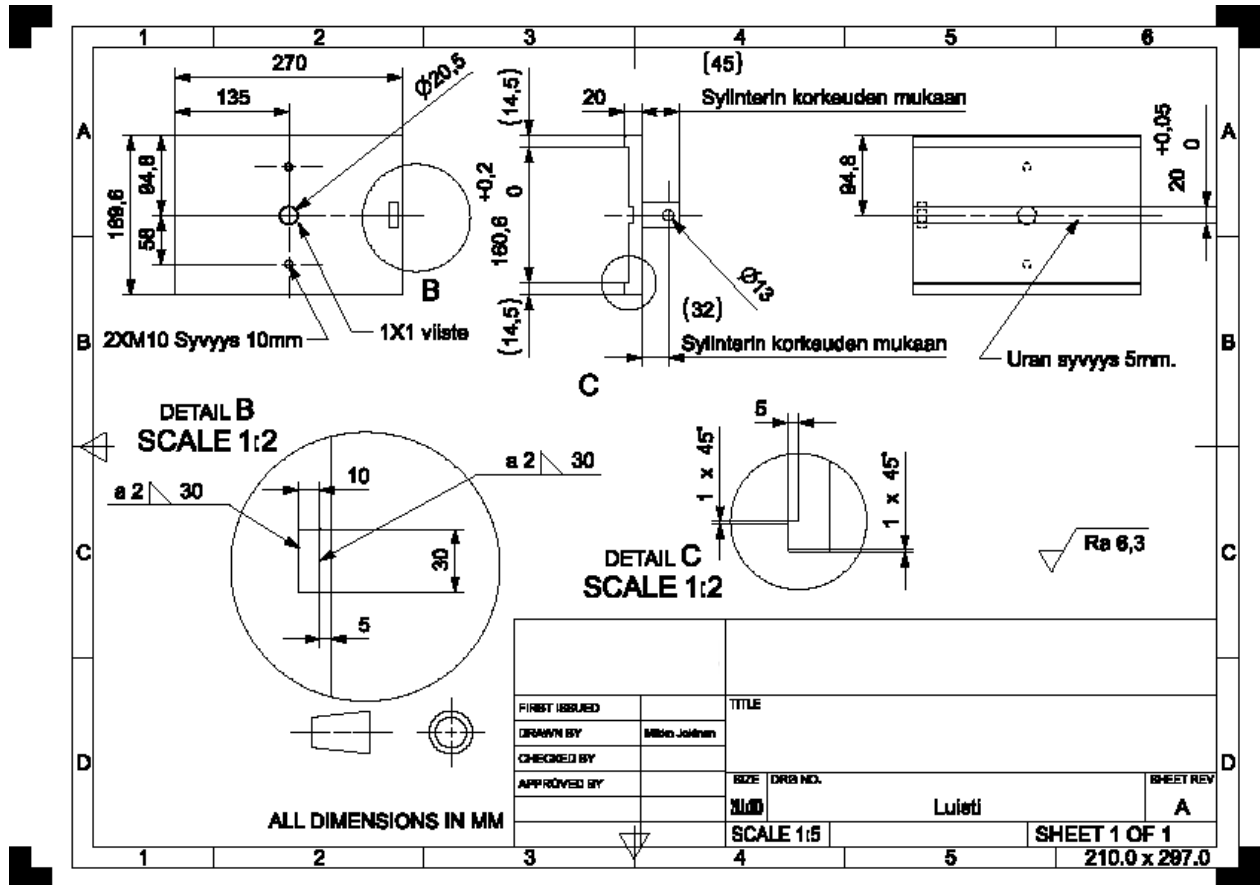
Product Attribute	Ref.	Value
Material Code	Mtr	EN 10270-1 SH
Wire diameter	Dt	4,50 mm
Inner diameter, min	Di min	30,0 mm
Free length	L0	70 mm
Total number of coils	nt	7,5 pcs
Max loaded length	Ln	38 mm
compression	Fn	559 N
Rate	R	18 N/mm
Mean diameter	Dm	35,0 mm

Address: Katalog Global
NA
NA NA
Sweden

Checked 2023-02-09 17:04:08

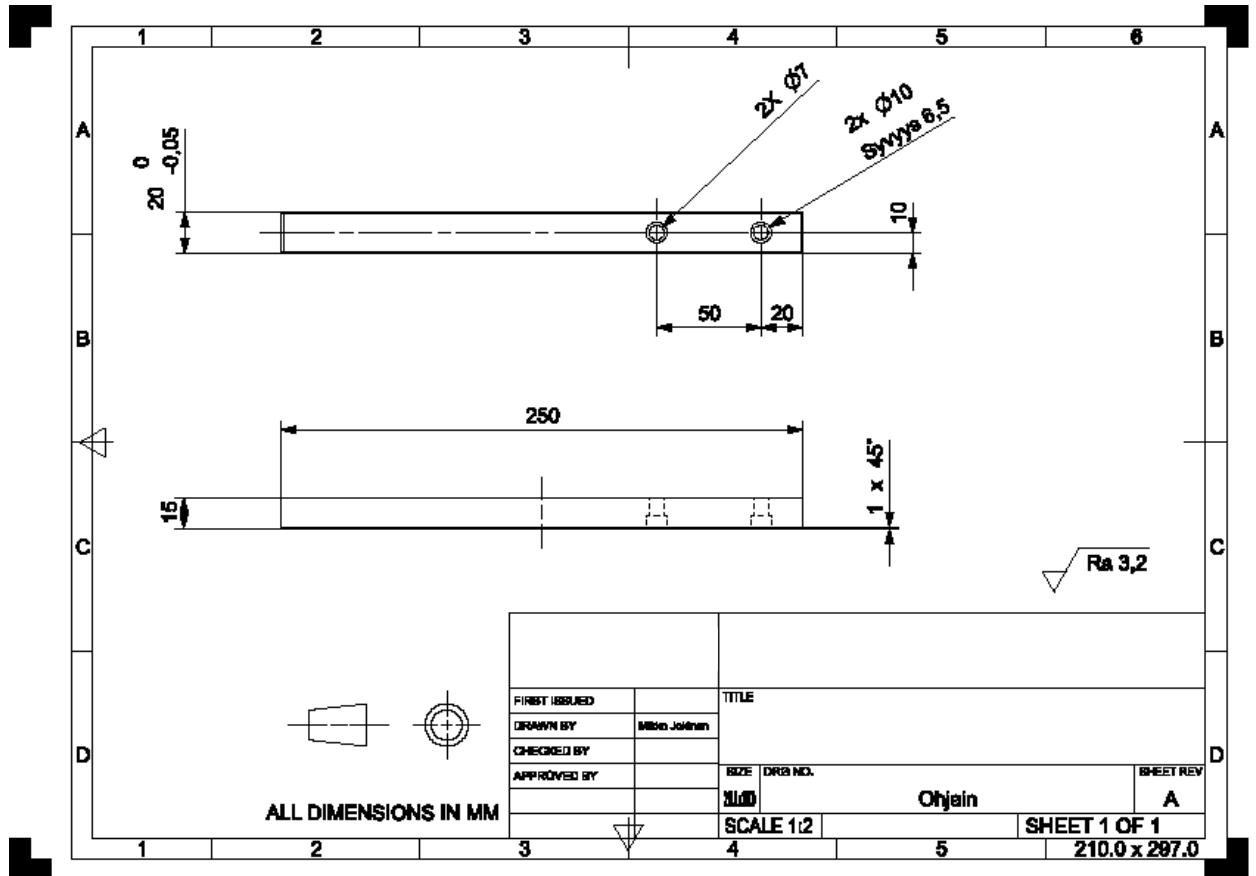
Liite 3

Luisti eli sivuttaiskelkka



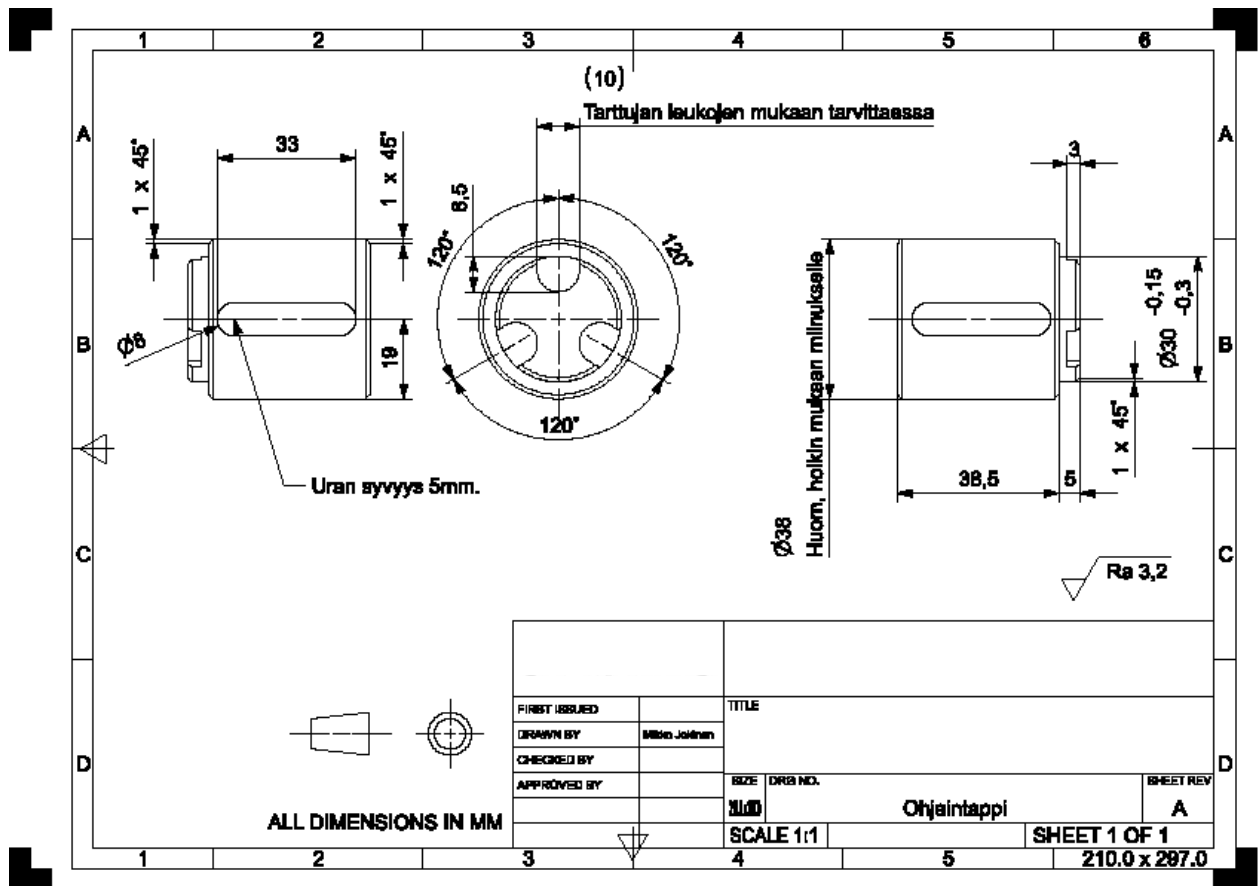
Liite 4

Ohjain



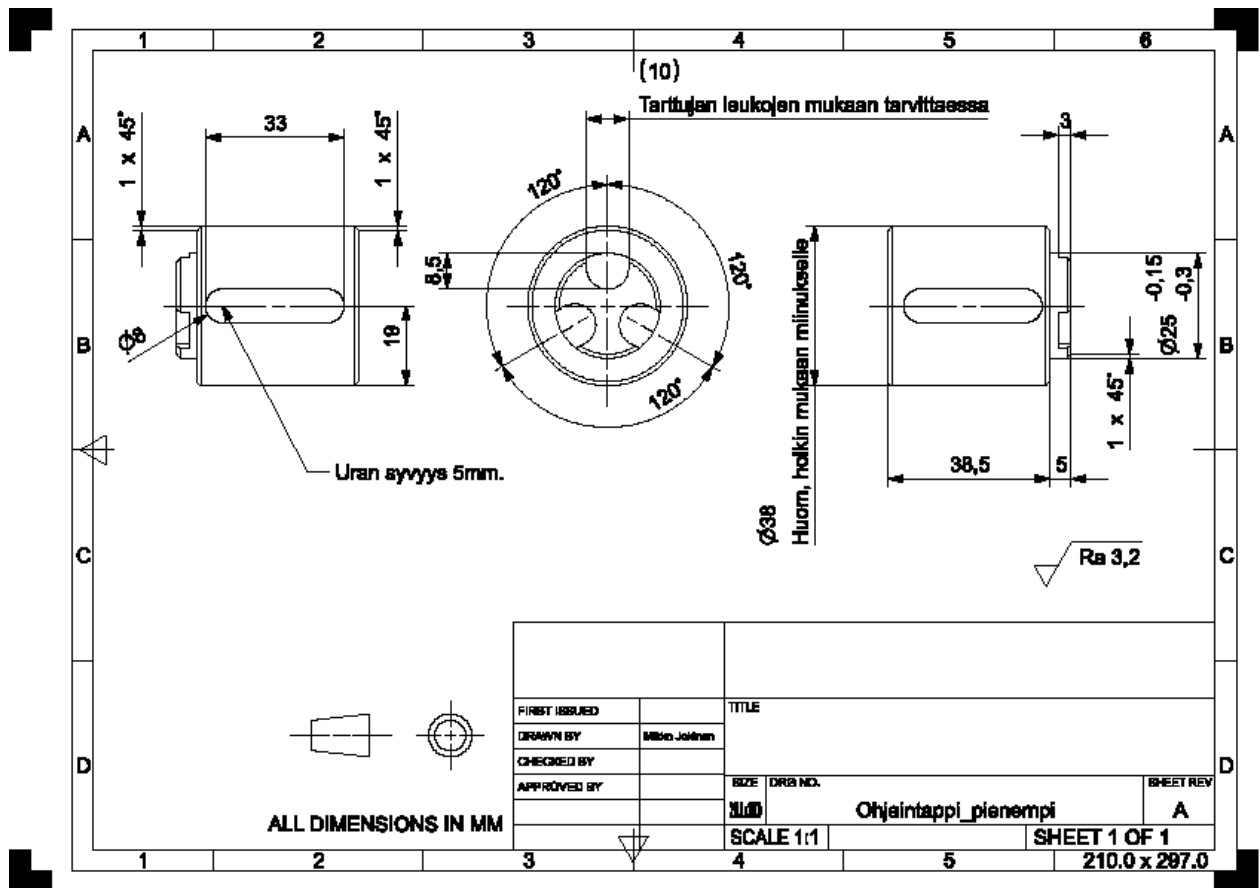
Liite 5

Ohjaintappi



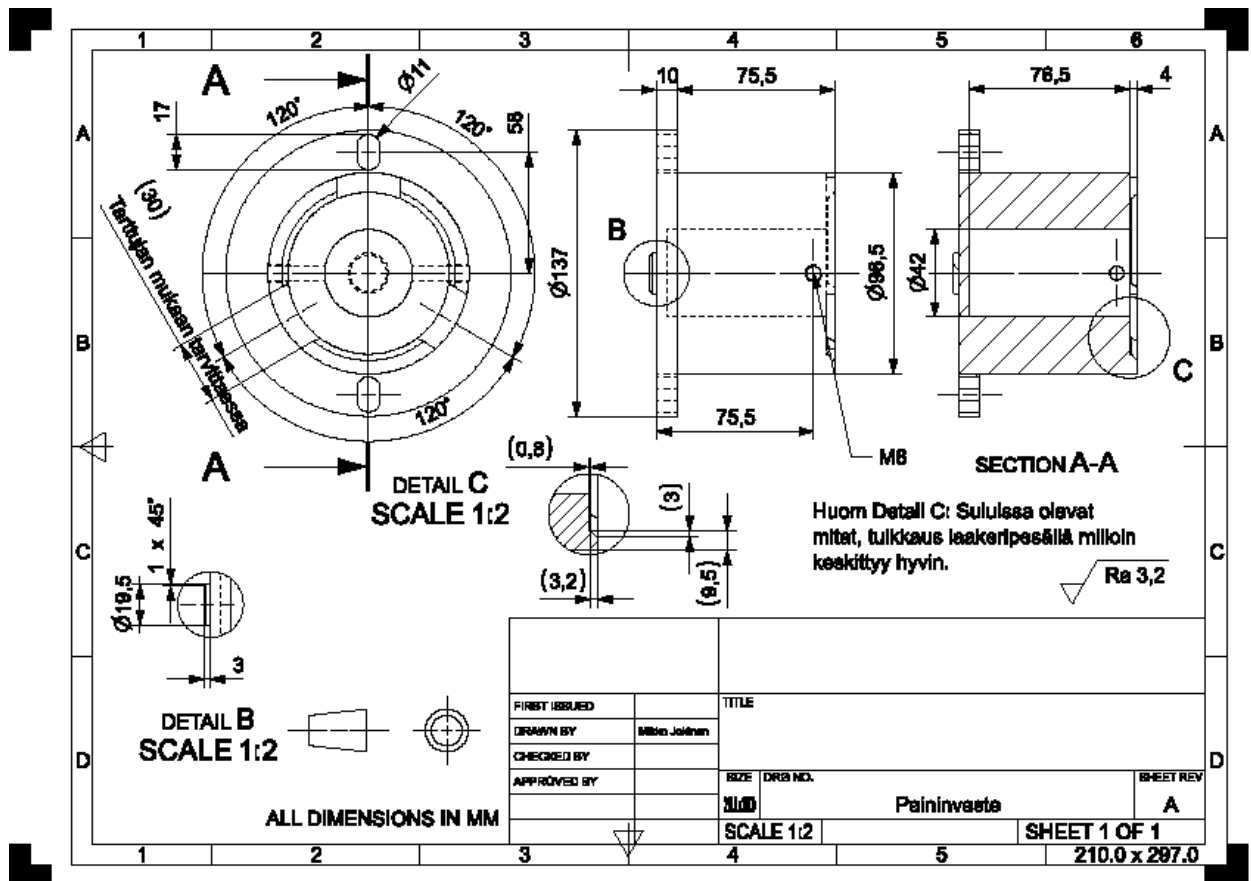
Liite 6

Pienempi ohjaintappi



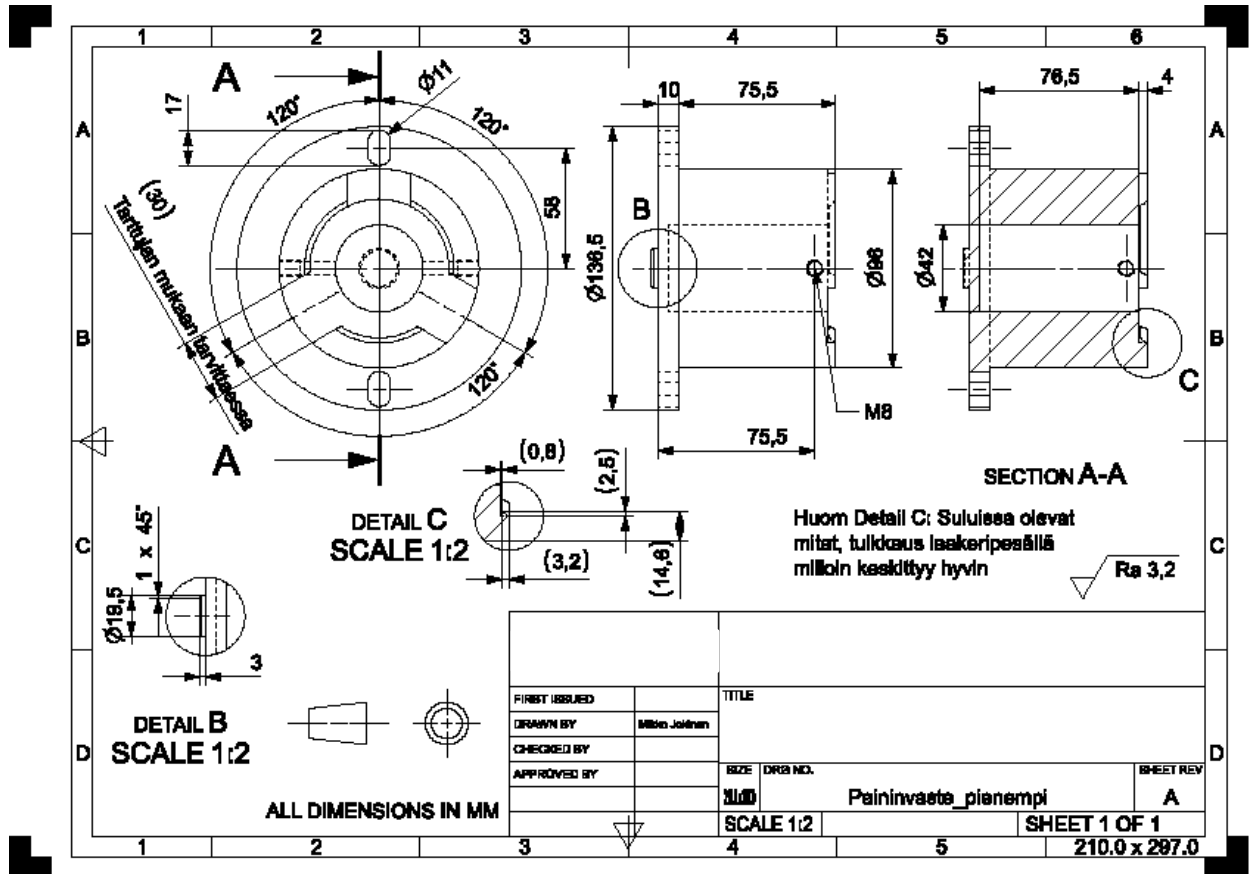
Liite 7

Paininvaste



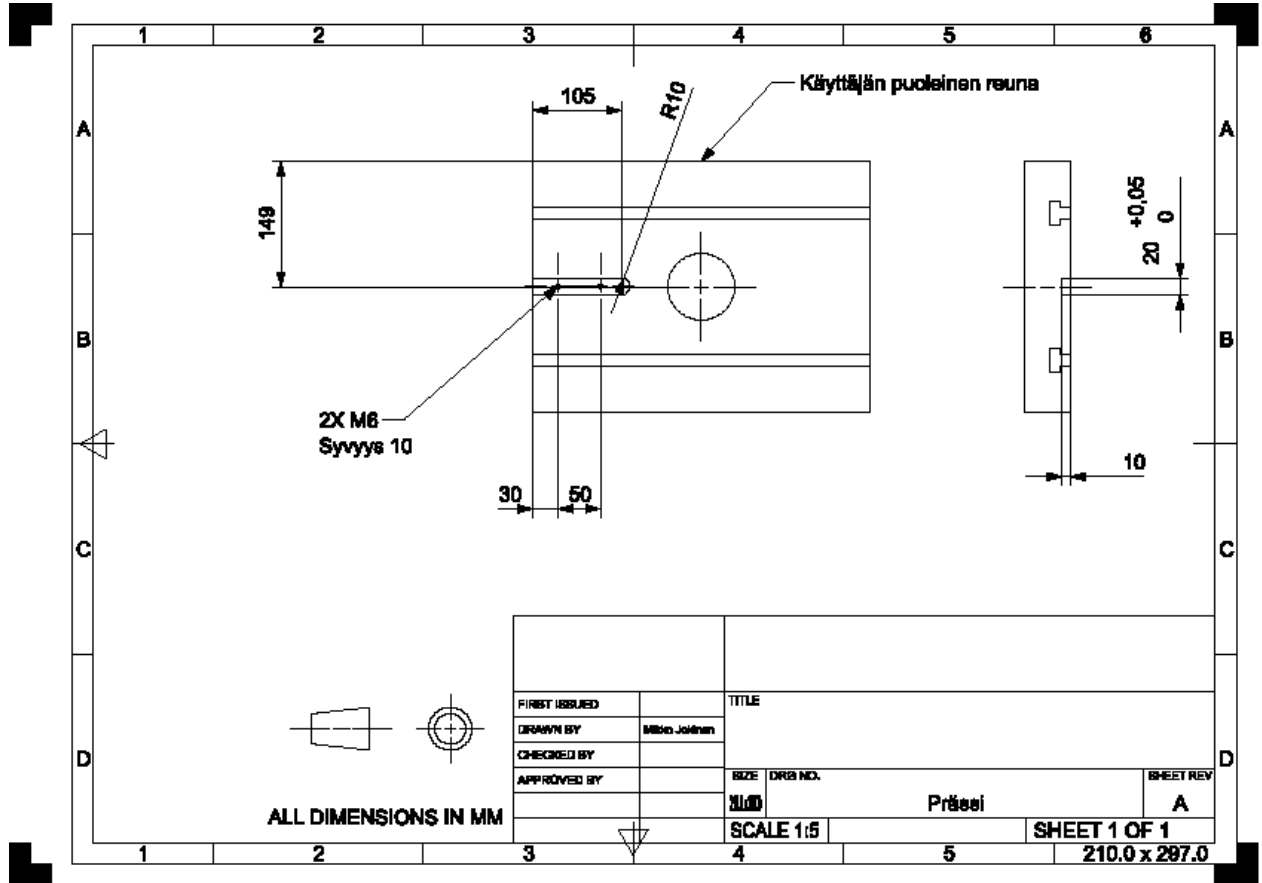
Liite 8

Pienempi paininvaste



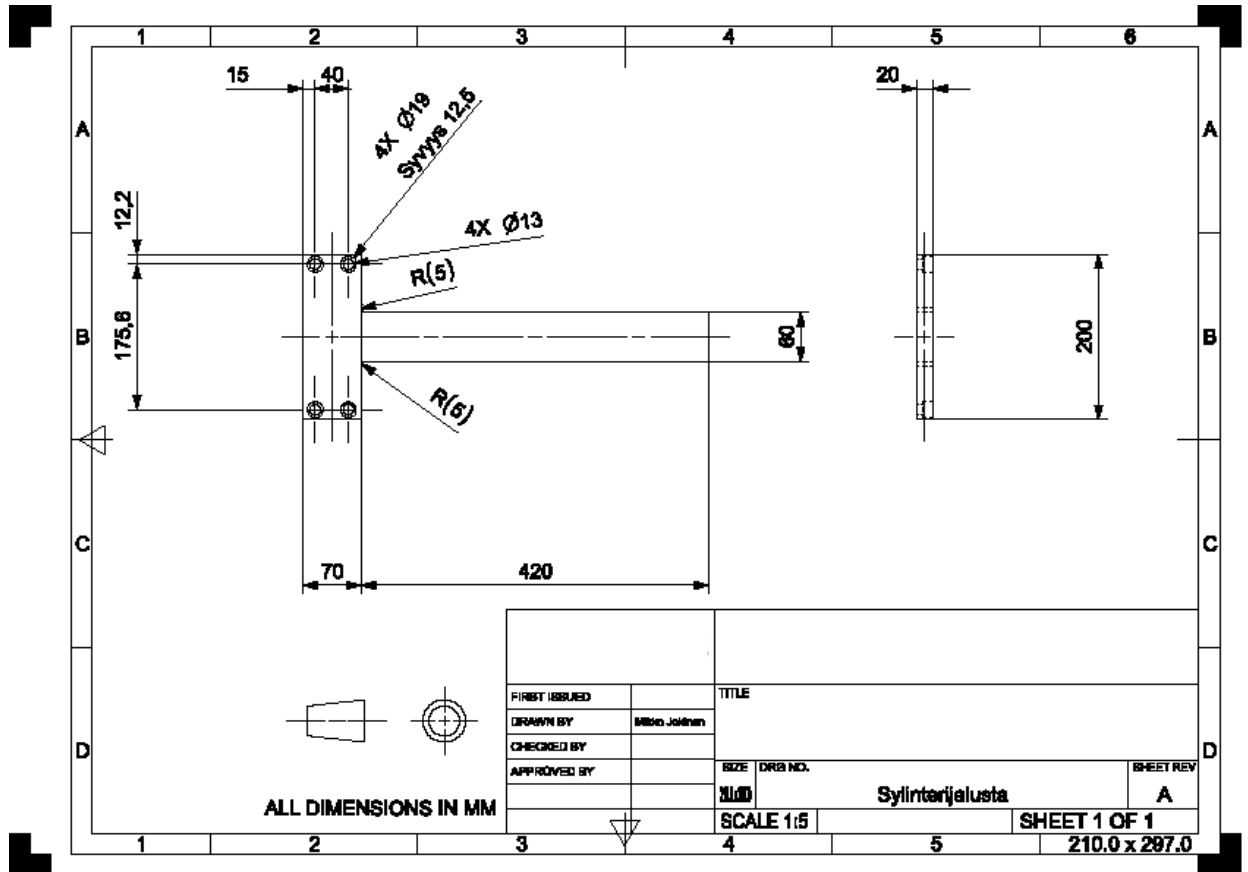
Liite 9

Prässin koneistuskuva



Liite 10

Sylinterijalusta



Liite 11

Vinotuki

