

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatio

2010

Santtu Suhonen

JÄYSTEENPOISTOASEMAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatio

2010

35

Jan Jansson

Santtu Suhonen

Jäysteenpoistoaseman suunnittelu ja toteutus

Tämä insinöörityö käsittelee jäysteenpoistoa. Insinöörityön tavoitteena oli suunnitella jäysteenpoistoasema, jolla pystytään poistamaan mahdollisimman monipuolisesti jäysteet kaikenlaisista kappaleista.

Monipuolisuus saatiin aikaan käyttämällä viittä erilaista hiomakaraa, joissa oli eri pyörimisnopeuksia ja tehoja. Hiomakaroista yksi oli varustettu kulmapäällä, joka mahdollistaa risteävien kanavien jäysteenpoiston. Sopiva hiomakara voidaan vaihtaa ohjelman avulla. Vaihto tehdään kääntämällä oikea hiomakara robotin ulottuville. Jokaisessa hiomakarassa on joustojärjestelmä, joka estää robotin törmäykset jäysteenpoistoasemaan ja kompensoi hiomapäiden kulumisen. Hiomakaroissa on kahdenlaisia joustojärjestelmiä. Toisessa joustojärjestelmässä jousto on lineaarista ja toisessa radiaalista.

Insinöörityö tehtiin koneteknologiakeskus Turku Oy:ssä. Insinöörityö oli osa Turun ammattikorkeakoulun koordinoimaa PANOSTE-projektia. PANOSTE-projektin tavoitteena oli lisätä robotin käyttöä. Robotin käyttöä lisättiin antamalla sille lisää tehtäviä. Näihin tehtäviin kuului merkkkaus, mittaus ja jäysteenpoisto. Robotti olisi ilman näitä lisätehtäviä käyttämättä sen aikaa, kun työstökone työstää kappaletta. Tällä tavalla myös vähennetään kappaleen valmistusaikaa, koska muuten edellä mainitut tehtävät jouduttaisiin tekemään sen jälkeen, kun kappale on poistunut solusta.

ASIASANAT: tietokoneavusteinen suunnittelu, mallintaminen, robotiikka, automaatio, lastuava työstö, jäysteenpoisto, jäyste

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

Machine Automation

Date: 2010

35

Jan Jansson

Santtu Suhonen

Engineering and making of the deburring station

This bachelor's thesis concerns deburring. The aim of the thesis was to design a deburring station which is able to remove the burrs from all kinds of parts. Versatility was achieved by using five different kinds of grinding spindles, which all have different rotating speeds and power values. One grinding spindle was equipped with an angled head, which allows cross channel deburring. Grinding spindles can be changed through the software. The change is done by rotating the correct grinding spindle within the robot's reach. Each grinding spindle has a flexible system, which prevents the robot from collisioning with the deburring station and to compensate grinding head wear. The grinding spindles have two kinds of flexible systems, a linear system and a radial system.

The thesis was made in Machine Technology Centre Turku Ltd. It was part of a PANOSTE project which is coordinated by Turku University of Applied Sciences. The intent of the PANOSTE project was to increase the robot's use. Robot use was added by giving it additional functions. These tasks included marking, measuring and deburring. The robot would have been without any use while the lathe is working on a part, without these additional tasks. This way we can also reduce the manufacturing time, because otherwise the aforementioned tasks would have been completed once the part was removed from the cell.

KEYWORDS: computer aided design, modeling, robotics, automation, machining, deburring, burr

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	PANOSTE-PROJEKTI	7
2.1	Johdanto	7
2.2	Tutkittavat aiheet	7
2.3	Tausta ja tavoitteet	8
2.4	Toteutus	9
3	JÄYSTE JA SEN HAITAT TUOTANNOSSA	10
4	JÄYSTEENPOISTOMENETELMIÄ	12
4.1	Manuaalinen jäysteenpoisto	12
4.2	Robotisoitu jäysteenpoisto	13
4.3	Jäysteenpoistouuni	14
4.4	Jäysteenpoisto raepuhaltamalla	14
4.5	Jäysteenpoisto jäysteenpoistoasemalla	15
5	JÄYSTEENPOISTOASEMAN SUUNNITTELU	16
5.1	Asetetut vaatimukset	16
5.2	Vaihtoehtojen kartoitus	16
5.2.1	Yleinen rakenne	16
5.2.2	Joustojen rakenne	17
5.3	Osien piirtäminen	17
6	MATERIAALIEN JA AIHIOIDEN VALINTA	18
6.1	Runko	18
6.2	Kannet	18
6.3	Laipat	18
6.4	Karahiomakoneiden kiinnikkeet	18
6.5	Yläsuojus	19
6.6	Muut osat	19

7 SOLUN PÄÄOSAT	20
7.1 Runko	20
7.2 Hiomakarvat	21
7.3 Indeksipöytä	22
7.4 Pneumatiikka venttiilit	22
7.5 Joustojärjestelmä	24
7.6 Jäysteenpoistotyökalujen kiinnitys	25
7.7 Sähköosat	26
7.8 Jalusta	27
8 LAITTEISTON OHJAUS	30
9 TESTAUS	31
10 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	35

Liitteet

Liite 1. Leikkaus jäysteenpoistoasemasta	36
Liite 2. Joustojärjestelmä radiaalisella liikkeellä	37
Liite 3. Joustojärjestelmä lineaarisella liikkeellä	38
Liite 4. Piirustus Alakansi	39
Liite 5. Piirustus Karanpidin osa 1	40
Liite 6. Piirustus Karanpidin osa 2	41
Liite 7. Piirustus Laippa	42
Liite 8. Piirustus L-palkki	43
Liite 9. Piirustus Pidin	44
Liite 10. Piirustus Runko	45
Liite 11. Piirustus Yläkansi	46
Liite 12. Piirustus Yläsuojus	47
Liite 13. Piirustus Yläsuojuksen alakansi	48
Liite 14. Piirustus Yläsuojuksen yläkansi	49
Liite 15. Osaluettelo	50
Liite 16. Sähkökaavio	51
Liite 17. Pöydän ohjauksen rakenne robotin logiikassa	52
Liite 18. Jäysteenpoistoaseman ohjauksen rakenne robotin logiikassa	53

KUVAT

Kuva 1. Jäysteen muodostumismekanismit (Gillespie 1999).....	11
Kuva 2. Runko	20
Kuva 3. Hiomakara ES 280 ER (http://www.mannesmann-demag.com/en/)	21
Kuva 4. Indeksipöytä DHTG-220 (www.festo.com)	22
Kuva 5. Venttiili CPE14-M1BH-5J-QS-6 (www.festo.com)	23
Kuva 6. Venttiili HEE-3/8-D-MINI-24 (www.festo.com)	23
Kuva 7. Paineilmapalje (www.weforma.com)	24
Kuva 8. Paineilmasylinteri johteilla (www.festo.com).....	24
Kuva 9. Joustojärjestelmät.....	25
Kuva 10. Sähkökeskus	26
Kuva 11. Jalusta	27
Kuva 12. Jäysteenpoistoasema	29
Kuva 13. Viisteet.....	31
Kuva 14. Jäysteenpoistoa.....	32

TAULUKOT

Taulukko 1. Valitut karahiomakoneet:	21
Taulukko 2. Osien käyttötarkoitukset	28

KUVIOT

Kuvio 1. Ohjelman eteneminen.....	30
-----------------------------------	----

1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehtiin PANOSTE-projektille. Insinööriyö käsittelee jäysteenpoistoa. PANOSTE-projekti on koneteknologiakeskus Turku Oy:ssä toteutettava projekti, jossa yritetään saada nostettua panostusrobotin työtehoa ja käyttöä. Panoste-prjekti on Turun ammattikorkeakoulun koordinoima. Robotin halutaan suorittavan muita tehtäviä sillä aikaa, kun työstökone työstää kappaletta. Tällöin robotti voi suorittaa kappaleelle jäysteenpoiston, tarkistusmittaukset ja merkinnän. Tällä saadaan merkittävä säästö pienillä investoinneilla, sillä kappale on valmis tai melkein valmis, kun se poistuu työpisteeltä. Näin säästytään kalliilta käsityöltä.

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella jäysteenpoistoasema, jolla pystytään poistamaan mahdollisimman monipuolisesti jäysteet kaikenlaisista kappaleista. Jäysteenpoistoasemassa oli viisi paineilmakäyttöistä hiomakonetta. Yksi hiomakone oli kulmapäällä varustettu. Kaksi konetta on tarkoitettu harjakäyttöön ja toiset kaksi konetta oli tarkoitettu viilakäyttöön. Harjakäyttöön tarkoitetuissa oli hitaampi pyörimisnopeus ja viilakäyttöön tarkoitetuissa nopeampi pyörimisnopeus, mutta teho oli kuitenkin sama sekä harja- että viilakäyttöön tarkoitetuissa koneissa. Kulmapäällä varustettu hiomakone oli tarkoitettu risteävien kanavien hiontaan.

Sopiva hiomakara voidaan vaihtaa ohjelman avulla. Vaihto tehdään kääntämällä oikea hiomakara robotin ulottuville. Jokaisessa hiomakarassa on joustojärjestelmä, joka estää robotin törmäykset jäysteenpoistoasemaan ja kompensoi hiomapäiden kulumisen. Hiomakaroissa on kahdenlaisia joustojärjestelmiä. Toisessa joustojärjestelmässä jousto on lineaarista ja toisessa radiaalista.

Jäysteenpoistoasemien käyttö on vielä harvinaista maailmalla, ja siksi opinnäytetyö antaa arvokasta tietoa tästä aiheesta.

2 Panoste-projekti

2.1 Johdanto

Panoste-projekti vastaa konepajateollisuuden automatisoinnin haasteisiin tutkimalla ja kehittämällä ratkaisuja työkappaleiden käsittelyyn, kiinnittämiseen ja asetusvaihtojen nopeuttamiseen. Projekti pyrkii tuomaan automaatorajapinnan mahdollisimman lähelle työkappaletta. Tällöin työkappaleiden panostamiseen ja purkamiseen käytetty aika saadaan automaation avulla vähennettyä minimiin. Lisäksi projekti tutkii ja kehittää ratkaisun joustavasti konfiguroitavasta tuotantosolusta, jossa kappaleet valmistetaan mahdollisimman valmiiksi, jolloin kappaleiden jatkokäsittelyn tarve pienenee ja yrityksen sisäinen logistiikka vähenee. (Reunanen 2010, 99)

2.2 Tutkittavat aiheet

Tuotantosolun tutkittaviksi aiheiksi on valittu automatisoitu panostus, nollapiste tekniikka (elementit ja ajatusanalogia), automatisoitu jäysteenpoisto, automatisoitu merkkkaus sekä tuotannon aikainen mittaus. Nollapiste-elementtien ja nollapiste-ajatusanalogian hyväksikäyttö mahdollistaa konfiguroitavan tuotantosolun kehittämisen siten, että toistuvien sarjojen automatisointi kannattaa hyvin pienelläkin sarjakoolla. Yritykset saavat tästä joustavuutta tuotantoonsa ja kykenevät vastamaan kysyntään nopeammin ja tehokkaammin.

Koneistavalta laitteelta pyritään poistamaan kaikki ns. avustavat työt kuten jäysteenpoisto ja merkkkaus. Nämä työt siirretään panostusta hoitavalle käsivarsirobotille ja erikseen suunnitelluille laitteille siten, että molemmissa työvaiheissa robotti liikuttaa työkappaletta ja jäysteenpoistolaite sekä merkkauslaite ovat soluun tuotavia paikoillaan pysyviä ratkaisuja, jotka voidaan siirtää joustavasti solusta toiseen tuotannon vaatimusten mukaan. Tällöin koneistavan laitteen todellinen hyötykäyttöaika suurenee ja robotin panostuksen ja purun välinen joutoaika saadaan hyötykäyttöön. Miehittämättömän ajon aikaisen laadunvarmistamiseen tarvitaan ulkoinen mittausratkaisu, jolla varmistetaan valmistettävien työkappaleiden oikeellisuus ja tarvittaessa takaisinkytkennän kautta korjataan koneistavan laitteen parametrejä. (Reunanen 2010, 99)

2.3 Tausta ja tavoitteet

Projektin taustalla on yritysten tarve saada tehostettua koneistuksen panostamisen menetelmiä, kehittää kustannustehokkaita automatisoituja ratkaisuja koneistavaan metalliteollisuuteen, vähentää inhimillisistä virheistä johtuvia kiinnitysvirheitä, saada tietoa alan uusimmista tekniikoista ja sovellusvaihtoehdoista sekä saada objektiivista tietoa eri menetelmien vahvuuksista ja heikkouksista. Projektin tavoitteena on saada konkreettinen ratkaisumalli automatisoidusta tuotantosolusta, jonka avulla yritykset voivat kustannustehokkaasti siirtyä tuotantomalliin, jossa yksi operaattori/koneistaja pystyy operoimaan useampaa tuotantosolua samaan aikaan. Lisäksi ratkaisumalli mahdollistaa ainakin osittaisen täysin miehittämättömän tuotannon. (Reunanen 2010, 99)

2.4 Toteutus

Projekti toteutetaan Turun ammattikorkeakoulun johdolla Turun Koneteknologiakeskus Oy:n tiloissa yhteistyössä hankkeessa mukana olevien yritysten kanssa. Turun Koneteknologiakeskus Oy:öön on hankittu ennen projektin alkua monitoimisorvi ja lineaariradalla varustettu käsivarsirobotti. Projektin tutkimuslaitteet sekä kehitettävät sovellukset integroidaan osaksi solua, jossa monitoimisorvi ja käsivarsirobotti ovat. Projekti toteutetaan projektihenkilöstön, yritysten henkilöstön ja ammattikorkeakoulun opiskelijoiden yhteistyöllä.

Yritysten henkilöstö varmistaa yritysnäkökulman huomioimisen ja avustaa ongelmien tietoon saattamisessa, ja ratkaisujen hyväksymisessä. Projektihenkilöstö toteuttaa tutkimusta ja vastaa tutkimuksen oikeellisuudesta sekä yritysnäkökulman ja tutkimuksen objektiivisuuden säilymisestä. Projektihenkilöstö myös valvoo ja opastaa opiskelijoiden työtä. Opiskelijat toimivat pääosin toteuttavana osapuolena, jonka vastuulla on koeajojen, testien ja kirjallisten vertailuiden toteuttaminen sekä osa tuote- ja toimintatapa kehityksestä. Kaikki koeajot ja testit pyritään toteuttamaan yhteistyöyritysten todellisilla kappaleilla, jotka on katsottu yrityksissä ja projektin näkökulmasta hyödyllisiksi. (Reunanen 2010, 100)

3 Jäyste ja sen haitat tuotannossa

Lastuavassa työstössä työkappaleen särmiin plastisen muodonmuutoksen seurauksena syntyneitä ei-toivottuja materiaalmuodostumia kutsutaan jäysteeksi. Jäystettä on kaikki se materiaali, joka ulottuu työkappaleen kahden leikkaavan pinnan muodostaman laskennallisesti määritellyn särmän ulkopuolelle (Gillespie 1999, 36)

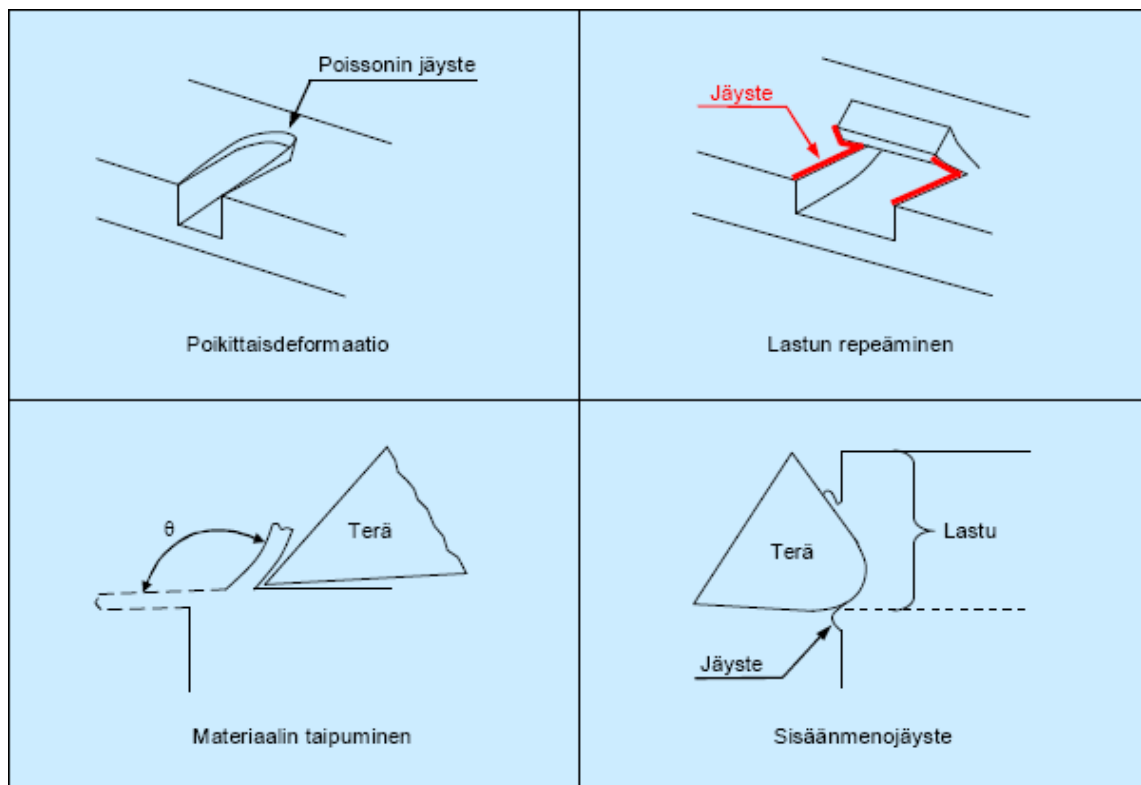
Haitat tuotannossa

- Leikkaa haavoja Kokoonpantaessa tai purettaessa tuotetta.
- Aiheuttaa yhteensovitus vaikeuksia kokoonpanossa.
- Saattaa jumittaa mekanismit.
- Naarmuttaa pintoja aiheuttaen tiivistevuotoja.
- Lisää tai muuttaa kitkaa.
- Aiheuttaa oikosulkuja.

(Gillespie 1999, 1)

Lastun repeytyessä irti työkappaleesta leikkautumisen sijaan työkappaleeseen kiinni jäävä osuus lastusta on jäystettä. Plastiseen muodonmuutokseen perustuvien jäysteen muodostumismekanismien lisäksi jäystettä syntyy mm. materiaalin virratessa työkalun syöttösuuntaa vastakkaiseen suuntaan, terän tunkeutuessa työkappaleeseen sekä työkappaleen irrotessa ahiosta ennen katkaisun loppuun vientiä (Gillespie 1999, 53). Terän tunkeutuessa työkappaleeseen kappaleen pinnalle syntyvää muodostumaa kutsutaan sisäänmenojäysteeksi.

Eri lastuavan työstön menetelmissä jäysteen synty perustuu joko yhteen tai useampaan muodostumismekanismiin (Gillespie 1999, 61). Jäysteen eri muodostumismekanismia on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Jäysteen muodostumismekanismit (Gillespie 1999).

4 Jäysteenpoistomenetelmiä

4.1 Manuaalinen jäysteenpoisto

Manuaalinen jäysteenpoisto on ehkä yleisin tällä hetkellä käytössä oleva menetelmä. Jäysteenpoisto tehdään joko käsikäyttöisellä hiomakoneella tai kaapimella.

Huonoja puolia manuaalisessa jäysteenpoistossa ovat

- meluisuus
- likaisuus
- työn yksitoikkoisuus
- työntekijän ”käden jälki”.

Hyviä puolia manuaalisessa jäysteenpoistossa ovat

- Osaava ihminen saa manuaalisesti jäysteen poistetuksi nopeasti ja siististi.
- Käsikaapimella pääsee suhteellisen helposti myös hankaliin paikkoihin.
- Manuaalinen jäysteenpoisto on helposti toteutettavissa myös pieniin sarjoihin.
- Ihmisen on helppo ottaa huomioon muuttuvat kappaleen ja jäysteen muodot.

4.2 Robotisoitu jäysteenpoisto

Robotisoitu jäysteenpoisto on nopeasti yleistynyt jäysteenpoistomenetelmä. Robotti suorittaa jäysteenpoiston yleensä silloin, kun robotti olisi muuten käyttämätön. Robotisoitua jäysteenpoistoa on käytetty jo pitkään, mutta yleensä niin, että jäysteystettävä kappale pysyy paikallaan ja robotti suorittaa koneen liikkeen. Tässä opinnäytetyössä kehitettiin jäysteenpoistoasema, jossa kappaletta liikutetaan ja kone pysyy paikallaan.

Huonoja puolia tällä hetkellä robotisoidussa jäysteenpoistossa on se, että joka jäysteenpoistotyökalulle tulee olla oma koneensa ja robotti vaihtaa koko koneen aina työvaiheen vaihtuessa. Tästä johtuen tämä on suhteellisen kallis vaihtoehto. Lisäksi jäysteenpoistoon ja ohjelmointiin tarvittava aika lisääntyy.

Robotisoidun jäysteenpoiston hyviä puolia ovat

- Robotisoitu jäysteenpoisto on suunniteltu miehittämättömään tuotantoon.
- Se vapauttaa työvoimaa tuottavampaan työhön ja kun vähän lisäarvoa tuottavan työn tekee robotti, voidaan ammattitaitoista henkilökuntaa käyttää vaativammissa tehtävissä.
- Sillä saadaan aikaan tasainen laatu.
- Automaatio parantaa työturvallisuutta.
- Henkilöstön työolosuhteet paranevat.

4.3 Jäysteenpoistouuni

Prosessi perustuu lämpöön, jonka avulla poistettava materiaali poltetaan pois. Lämpötila vaihtelee 2500 ja 3300°C välillä. Lämpötila saavutetaan polttamalla hapen ja polttokaasun seosta. Hapella on myös toinen tehtävä sillä se reagoi poistettavan materiaalin kanssa. Menetelmällä saadaan poistettua jäysteet kappaleen sisä- ja ulkopuolelta.

Huonoin puoli tämän vaihtoehdon kohdalla on sen hinta. Jäysteenpoistouunit ovat erittäin kalliita. Ne maksavat satoja tuhansia euroja. Uunilla käsiteltävien kappaleiden koko on rajoitettu. Kappaleen koko on suurimmillaankin alle neliömetrin luokkaa pinta-alaltaan. Lisäksi kappaleiden pinnalle jää ohut oksidikerros, ja ne vaativat jatkokäsittelyä.

Uuni yleensä hankitaan siksi, että uunilla voidaan poistaa tarkasti myös erittäin monimutkaisten kappaleiden jäysteet, kuten esimerkiksi hydraulikkaventtiilien rungot, joissa on paljon risteäviä kanavia. Menetelmänä jäysteenpoistouuni on erittäin nopea. Kappaleet on tosin pestävä käsittelyn jälkeen, mikä lisää hieman koko prosessiin kuluvaa aikaa.

4.4 Jäysteenpoisto raepuhaltamalla

Raepuhallukseen sopivia aineita ovat alumiinioksidi, lasikuulat ja teräsrakeet. Raepuhalluksessa rakeet puhalletaan paineilman avulla kappaleeseen, josta jäystettä poistetaan.

Huonoina puolia on esimerkiksi, että raepuhallus ei sovellu hienomekaniikkaan, sillä se muuttaa kappaleenpintaa tehden siitä karhean ja on suhteellisen tehoton tiettyjen materiaalien jäysteenpoistoon.

4.5 Jäysteenpoisto jäysteenpoistoasemalla

Jäysteenpoisto jäysteenpoistoasemalla on varmasti yksi uusimpia jäysteenpoistomenetelmiä, sillä maailmalta löytyy hyvin vähän esimerkkejä tästä tavasta.

Hyviä puolia verrattuna tavanomaisempaan robotilla tehtävään jäysteenpoistoon ovat

- Helppo tehon tuonti työkaluille, koska työkalut eivät liiku robotin mukana.
- Kappale on valmiiksi robotin tarttujassa, kun robotti poistaa kappaleen työstökoneesta.
- Helposti tapahtuva työkalun vaihto, joka saadaan aikaan kääntämällä jäysteenpoistoasemaa.
- Voidaan laittaa useampi nopeasti kuluva työkalu, jolloin vaihtoväli pitenee.
- Laajat joustot työkaluissa, jos verrataan tavallisiin robotteihin kiinnitettäviin koneisiin.

Huonoja puolia ovat ainakin seuraavat asiat

- Robotin täytyy irrottaa kappale kuitenkin tarttujasta, jos työstökoneeseen on laitettava seuraava kappale.
- Huonompi ulottuvuus kuin perinteisellä robottiin kiinnitettävällä jäysteenpoistolaitteella.
- Vaatii käyttäjältä enemmän perehtymistä kuin perinteiset jäysteenpoisto tavat.

Eri jäysteenpoistomenetelmiä harkittaessa on tarkasteltava minkälaisista kappaleista ja millaista jäyستettä halutaan poistaa. Lisäksi sarjojen koko on tärkeä tekijä valittaessa sopivaa menetelmää.

5 Jäysteenpoistoaseman suunnittelu

5.1 Asetetut vaatimukset

Asetettuina vaatimuksina oli, että laitteessa olisi useampi kuin yksi hiomakone. Hiomakoneissa tulisi olla jousto, jolla vältettäisiin robotin törmäykset jäysteenpoistoasemaan ja saataisiin kompensoitua hiomapäiden kuluminen. Lisäksi säädettävällä joustolla voidaan vaikuttaa viisteen muotoon ja laatuun. Joustojen haluttiin olevan sekä lineaarisia ja radiaalisia. Lisäksi laitteeseen tulisi voida kiinnittää erilaisia hiomapäitä, joita voisi vaihtaa robotin ohjauksen avulla irrottamatta niitä asemasta.

5.2 Vaihtoehtojen kartoitus

5.2.1 Yleinen rakenne

Vaihtoehtojen kartoituksen aloitettiin miettimällä solun yleistä rakennetta. Aluksi hahmoteltiin miten kaikki hiomakoneet saataisiin hyvin sijoitettua ilman että ne olisivat toistensa tiellä ja niin että robotti mahtuisi työskentelemään. Työssä päädyttiin sylinterin muotoiseen runko ratkaisuun. Lisäksi mietittiin miten laite sijoitetaan tuotantosoluun. Vaihtoehtoina olivat aseman sijoittaminen lattialle tai seinälle. Lopulta päädyttiin lattialle tulevaan ratkaisuun, koska ei katsottu seinälle sijoittamisesta olevan merkittävää hyötyä ja lattialle tuleva laite on helpompi toteuttaa.

5.2.2 Joustojen rakenne

Joustojen suunnittelu aloitettiin siitä lähtökohdasta, että radiaaliseksi joustoelementiksi tulisi paineilmapalje ja lineaariseksi joustoelementiksi paineilmasylinteri. Paineilmapalkeen arveltiin tarvitsevan tuentaa ja ohjausta. Tuentaa arveltiin tarvittavan, jotta hiontakara olisi aina samassa paikassa ja jotta se ei oman painon johdosta roikkuisi, kun palkeessa on vain vähän painetta. Hiontakaran paikan säilyvyys on tärkeä, jotta toistettavuus robotin ohjelmoinnissa on helpompaa. Tähän haettiin ratkaisua aika kauan ja tehtiin useita erilaisia ehdotuksia. Hahmottelu aloitettiin siltä pohjalta että sekä kallistumista ja pituutta tulee voida rajoittaa. Lisäksi arveltiin jonkinlaisten johteiden olevan tarpeen.

5.3 Osien piirtäminen

Aseman suunnitteluun ja osien piirtämiseen käytettiin Solidworks 2009-tietokonemallinnusohjelmaa. Ohjelma sopi tähän työhön hyvin, koska ohjelmalla voidaan suunnitella kolmiulotteisesti. Kolmiulotteisesta mallista voidaan katsoa miltä laite näyttää valmiina ja varmistaa että osat sopivat yhteen. Lisäksi ohjelmalla voidaan tehdä suunnitelluista osista myös lopulliset kaksiulotteiset valmistuspiirustukset. Kaikki piirretyt osat ovat liitteinä 4-14.

Lisäksi käytettiin levytyökeskukselle menevien osien ja sähkökuvien piirtämiseen Autocad-ohjelmaa.

Joitakin osia, kuten pneumatiikkakomponentit, saatiin valmistajien sivuilta valmiiksi piirrettyinä ja mallinnettuina.

Osien piirtäminen aloitettiin hahmottelemalla paperille tai miettimällä minkälainen osasta pitäisi tulla. Tämän jälkeen mietittiin miten osa sopisi kokonaisuuteen. Kun uusi osa saatiin suunniteltua, jouduttiin usein muita osia muuttamaan hieman tai uutta osaa jouduttiin sovittamaan muiden osien mukaan. Aluksi tämä oli haastavaa, koska näin toimittaessa koko suunnitelma eli jatkuvasti.

6 Materiaalien ja aihoiden valinta

Kaikki tarvittavat materiaalit ja osat on merkitty osaluetteloon toimittajineen (liite 15).

6.1 Runko

Runko oli aluksi tarkoitus valmistaa muoviputkesta, mutta näin iso halkaisijaista putkea sai vain 5m erissä. Jäysteenpoistoasemaan tarvittiin vain 30cm, joten ei ollut tarkoituksenmukaista tilata näin isoa määrää. Joten runko päätettiin valmistaa teräsputkesta. Teräsputki oli standardi kokoa $D_n = 350$ mm $S = 8,8$ mm $D_o = 355,6$ mm ($D_n =$ nimellismitta, $S =$ seinämäpaksuus, $D_o =$ ulkohalkaisija). Runko oli 300mm pitkä.

6.2 Kannet

Kaikki kannet valmistettiin alumiinista kevyen painon takia. Kansien valmistus aloitettiin vesileikkauksella, jossa alumiinilevystä leikattiin ympyrän malliset aihiot. Koneistusta jatkettiin jyrsimällä ja poraamalla CNC-jyrsimessä (CNC= Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus). Aihiona oli 20 mm paksu alumiinilevy.

6.3 Laipat

Laipat valmistettiin samalla tavalla kuin kannet, mutta aihiona oli 10 mm paksu alumiinilevy.

6.4 Karahiomakoneiden kiinnikkeet

Karahiomakoneiden kiinnikkeet oli myös tarkoitus valmistaa alumiinista, mutta ilman sen tarkempia laskelmia heräsi epäily niiden kestävydestä ja ne päätettiin toteuttaa teräksestä. Aihiona oli 50 mm teräksinen pyörötanko.

6.5 Yläsuojus

Yläsuojuksen ala- ja yläkannet valmistettiin samalla tavalla ja samasta materiaalista kuin laipat. Koneistusta jatkettiin jyrsimisen jälkeen, sorvauksella jossa kierteitettiin kansiin kierre yläsuojusta varten. Yläsuojus itsessään tuli muoviputkesta. Muoviputki oli standardikokoa $D_u = 140$ mm $D_i = 126,6$ mm (D_u =ulkohalkaisija, D_i = sisähalkaisija). Muoviputkeen tehtiin kierteet sorvilla.

6.6 Muut osat

Jäysteenpoistoasemassa käytettiin mahdollisimman paljon helposti saatavissa olevia valmiita standardiosia. Se miksi haluttiin käyttää valmiita osia, johtui siitä että näin usein päästään halvemmalla kuin itse tekemällä. Työhön tuli kuitenkin myös paljon itse valmistettavia osia, koska näitä osia ei saanut mistään valmiina.

7 Solun pääosat

7.1 Runko

Runkona toimivaan teräputkeen tehtiin reiät kansien kiinnitystä ja hiomakarojen läpivientiä varten. Runko tehtiin putkesta, koska tämän ajateltiin olevan helppo ratkaisu, josta saataisiin samalla runko ja suoja muille osille. Näin ei kuitenkaan ollut, koska ohut seinämäinen putki on haastava koneistettava. Alun perin suunnitelmassa olevan muoviputken kanssa tätä ongelmaa ei olisi ollut. Muoviputken olisi saatu tarvittavat reiät tehtyä vaikka käsityökaluilla. Rungon rakenne on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Runko

7.2 Hiomakarot

Hiomakaroiksi valittiin Mannesmannin valmistamat teollisuuskäyttöön tarkoitetut hiomakarot. Näiden etuina oli sylinterimäinen muoto joka mahdollisti helpon kiinnityksen. Lisäksi teollisuuskäyttöön tarkoitettujen hiomakarojen kestävyys arvioitiin paremmaksi. Valitut karot selviävät taulukosta 1. Hiomakaroja ostettiin aluksi vain kaksi, joiden katsottiin riittävän testi käyttöä varten. Näin toimittiin siksi, että pystyttiin varmistumaan laitteiden sopivuudesta. Sopivuus haluttiin varmistaa, koska hiomakarot olivat kalliita. Taulukossa 1 ovat lihavoituna testikäyttöön hankitut hiomakarot. Lisäksi tarkoitus olisi tulevaisuudessa kokeilla näiden rinnalla jotain halvempaa hiomakaraa. Hiomakaran rakenne selviää kuvasta 3.

Taulukko 1. Valitut karahiomakoneet:

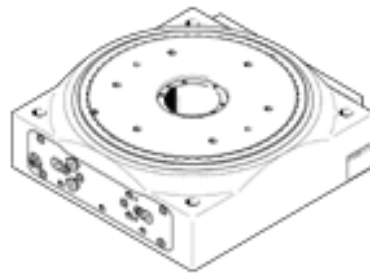
hiomakoneen malli	Pyörimis nopeus	Teho
Es 280 Er	28000	380 W
Es 200 Er	20000	400 W
Ebm 5200 s	5200	380 W
Ebm 2400 s	2400	380 W
MRDW 38-18000	18000	380 W



Kuva 3. Hiomakara ES 280 ER (<http://www.mannesmann-demag.com/en/>)

7.3 Indeksipöytä

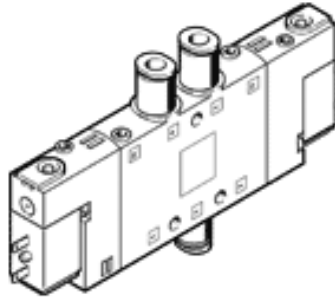
Indeksipöytä tilattiin valmiina Festolta. Se on mallia DHTG-220. Pöydässä on kahdeksan asemaa, jotka on sijoitettu 45° välein. Pöytä on lukittavissa jokaisessa asemassa. Pöytä toimii paineilmakäyttöisesti. Siinä on anturointi, jolla selviää onko pöytälukittu ja mikä on pöytää kääntävien mäntien asento. Mäntien asennon tietäminen on tärkeää pöydän kääntämisen kannalta, koska suunnanmuutokset ja kääntö tehdään mäntien asentoa muuttamalla.



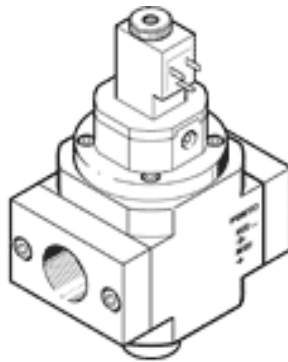
Kuva 4. Indeksipöytä DHTG-220 (www.festo.com)

7.4 Pneumatiikka venttiilit

Paineilmaventtiilit hankittiin Festolta. Niillä ohjataan indeksipöytää ja hiomakaroja. Paineilmapalkeelle ja sylintereille ohjauspaine otettiin aikaisemmin rakennetusta järjestelmästä, jossa oli kolme eri asetus painetta joustolle. Näin toimittiin jotta nähtäisiin miten tämä soveltuu joustojärjestelmälle. Tämä haluttiin testata, jotta voitaisiin soveltaa toisenlaista järjestelmää, mikäli säätö olisi liian karkea. Festolta tilatut venttiilit olivat mallia CPE14-M1BH-5J-QS-6 ja HEE-3/8-D-MINI-24. CPE14-M1BH-5J-QS-6 on sähköisesti ohjattu 5/2-venttiili, jota tarvittiin kaksi kappaletta pöydän ohjaukseen. Tämä venttiili on esitetty kuvassa 5. HEE-3/8-D-MINI-24 on sähköisesti ohjattu 3/2-venttiili, missä on rakenteesta johtuen pieni virtausvastus. Näitä hankittiin kolme kappaletta hiomakaroja varten. Tämä venttiili on esitetty kuvassa 6. Todellisuudessa näitä venttiileitä tarvittaisiin viisi kappaletta, mutta testaus vaiheessa hankittiin venttiilit vain kolmea hiomakaraa varten.



Kuva 5. Venttiili CPE14-M1BH-5J-QS-6 (www.festo.com)



Kuva 6. Venttiili HEE-3/8-D-MINI-24 (www.festo.com)

7.5 Joustojärjestelmä

Joustot koostuvat kahdesta erilaisesta järjestelmästä. Ensimmäisessä järjestelmässä jousto koostuu yhdestä paineilmapalkeesta, jossa jousto on radiaalista. Tässä järjestelmässä on jousto elementtinä paineilmapalje WSR 20, jonka valmistaja on Weforma. Paineilmapalje näkyy kuvassa 7. Toisessa Järjestelmässä jousto tulee pienestä paineilmasylinteristä ja jousto on lineaarista. Sylinterissä on johteet lineaarista liikettä varten. Sylinterin rakenne selviää kuvasta 8. Sylinteri on Feston valmistama ja mallia SLS-16-25-P-A. Siinä sylinterin halkaisija on 16 mm ja iskunpituus 25 mm. Liitteistä 2 ja 3 selviää eri joustojärjestelmien kokoonpanot.

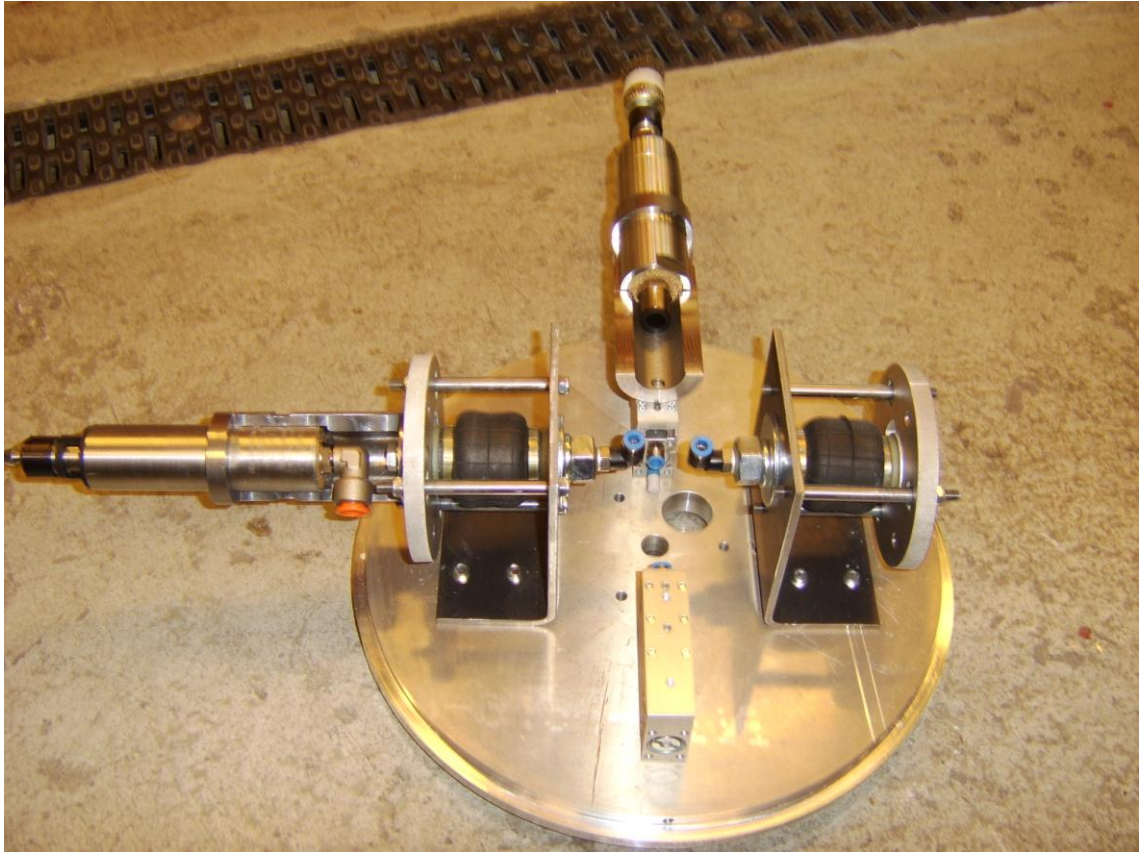
Molemmat joustot ovat säädettäviä. Joustoja säädetään painetta laskemalla ja nostamalla. Ihanne tilanne olisi, että jousto saataisiin robotin ohjauksella säädettäväksi niin, että joustoa voitaisiin portaattomasti muuttaa kesken liikkeen. Tässä kokoonpanossa oli käytettävissä kolme erilaista paineasetusta, joista kaikkia voitiin säätää välillä 0 - 0,8 MPa.



Kuva 7. Paineilmapalje (www.weforma.com)



Kuva 8. Paineilmasylinteri johteilla (www.festo.com)



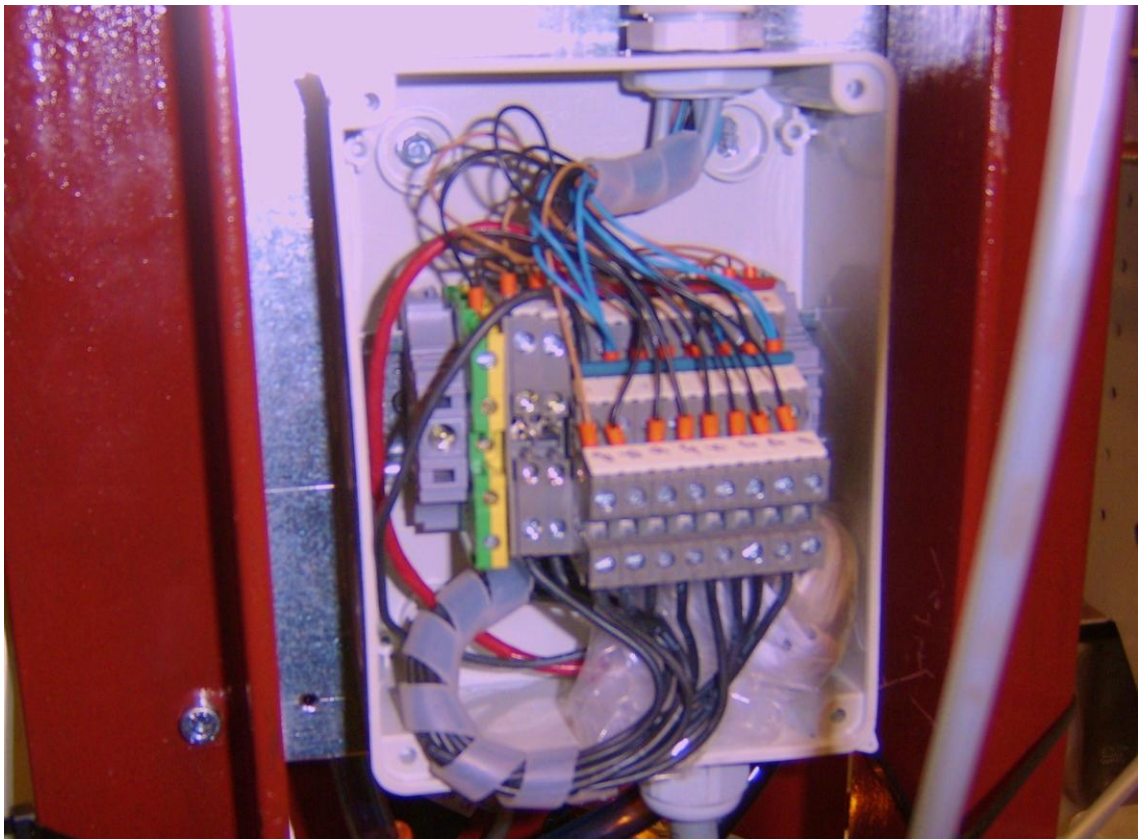
Kuva 9. Joustojärjestelmät

7.6 Jäysteenpoistotyökalujen kiinnitys

Jäysteenpoistotyökalujen kiinnitys asemaan tuli olla sellainen, että se mahdollistaa myös erilaisten jäysteenpoistotyökalujen käytön, kuin joille asema on alun perin suunniteltu. Kiinnityksen suunnittelu aloitettiin tältä pohjalta. Asemaan tuli laippa johon palje ja laakerit kiinnitettiin. Lisäksi laippaan kiinnitettiin hiomakaran pidin keskittäväällä ohjauksella. Tätä pidintä vaihtamalla on helppo toteuttaa toisenlaisen koneen kiinnitys. Jäysteenpoistotyökalujen kiinnitykset on havainnollistettu liitteissä 2 ja 3.

7.7 Sähköosat

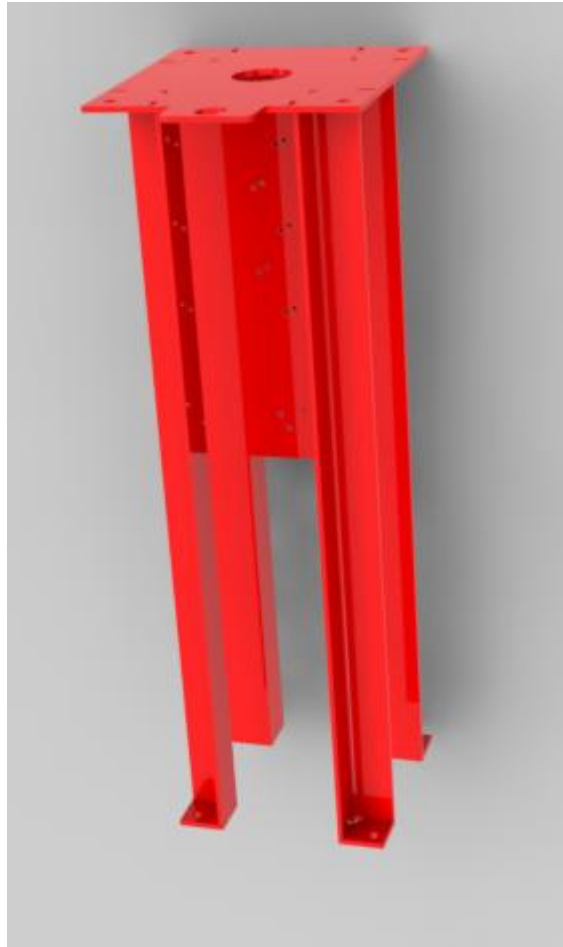
Sähkösuunnittelu aloitettiin piirtämällä sähkökaavio (Liite 16). Sähkökeskukseksi hankittiin automaattisulakkeelle tarkoitettu sähkörasia, josta muokattiin sellainen että siihen mahtuivat riviliittimet. Kaikki venttiilit ja anturit kytkettiin sähkökeskukseen, joka oli kiinnitetty jäysteenpoistoaseman jalustaan. Sähkökeskukseen on sijoitettu riviliittimet, jotka ovat kiinnitetty DIN-kiskolle. Sähkökeskukselta johdettiin kaapeli robotin sähkökeskukseen. Jäysteenpoistoasemaan ei tullut lainkaan kytkimiä tai käyttöliittymää, vaan kaikki hallinta tapahtuu robotin ohjelmalla.



Kuva 10. Sähkökeskus

7.8 Jalusta

Jäysteenpoistoasemalle tehtiin jalusta. Levytyökeskuksessa valmistettiin levyosa, johon indeksipöytä kiinnitettiin. Jalat valmistettiin kulmarauudoista. Jalusta koottiin hitsaamalla. Levytyökeskuksessa valmistettiin myös levyosa, johon venttiilit kiinnitettiin. Jalusta on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Jalusta

Taulukko 2. Osien käyttötarkoitukset

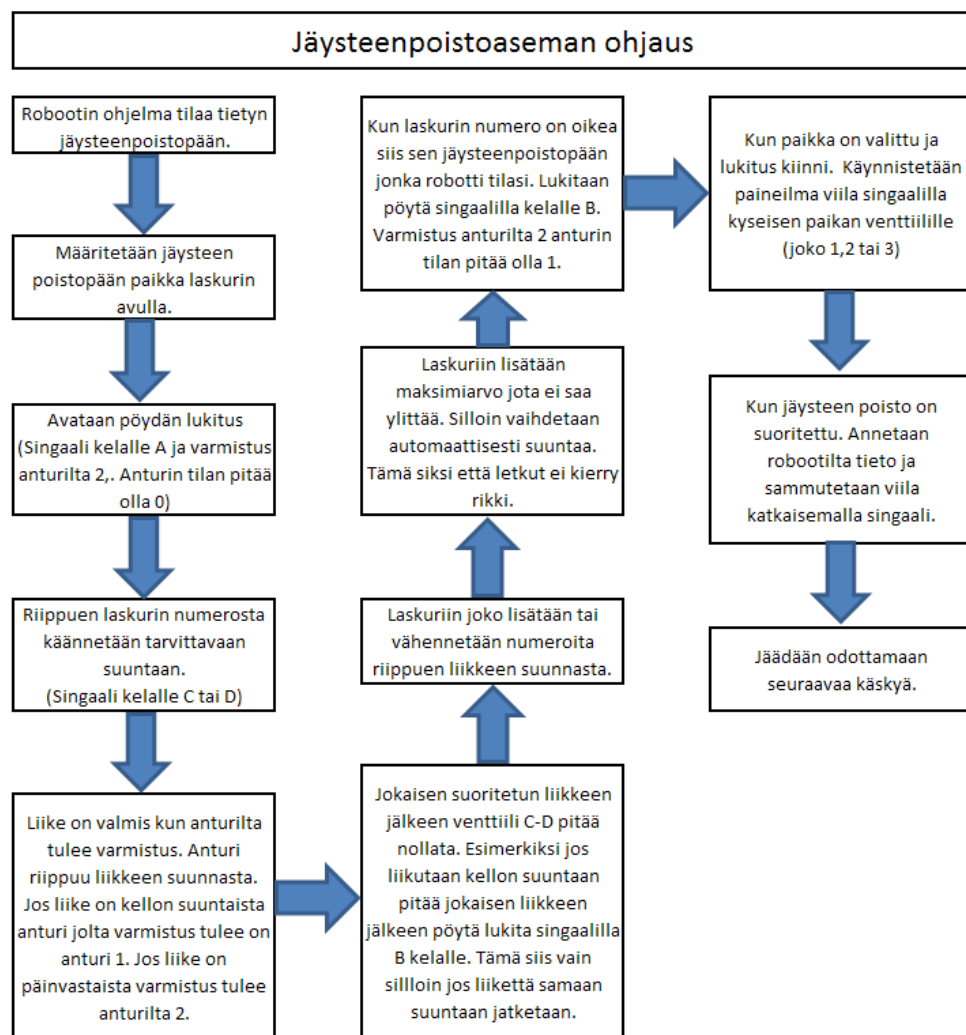
Alakansi.	Runko kiinnittyy alakanteen ja alakansi kiinnittyy Indeksipöytään.
Karanpidin osa 1.	Karanpidin osa 1 on karanpidin harja käyttöön tarkoitetulle karahiomakoneelle.
Karanpidin osa 2.	Karanpidin osa 2:lla saadaan karanpidin osa 1 kiinnitettyä paineilmasylinteriin SLS-16-25-P-A.
Laippa.	Laippaan kiinnitetään nivellaakerit ja karanpidin.
L-palkki	L-palkkiin kiinnitetään liukutangot, joiden varassa joustojärjestelmä liukuu. Lisäksi paineilmapalje kiinnittyy tähän.
Pidin.	Tämä on karanpidin viila käyttöön tarkoitetulle karahiomakoneelle.
Runko.	Runkoon kiinnittyvät kaikki osat.
Yläkansi.	Yläkanteen kiinnittyvät kaikki joustojärjestelmät.
Yläsuojus	Yläsuojus suojaa kulmapäällä varustettua hiomakaraa.
Yläsuojuksen alakansi.	Yläsuojuksen alakannen avulla yläsuojus kiinnittyy yläkanteen.
Yläsuojuksen yläkansi.	Yläsuojuksen yläkansi suojaa kulmapäällä varustettua hiomakaraa ja tähän saadaan kiinnitettyä tiiviste.



Kuva 12. Jäysteenpoistoasema

8 Laitteiston ohjaus

Laitteiston ohjaus toteutettiin sähköisesti ohjatuilla pneumaattisilla venttiileillä ja robotin ohjelmoitavalla logiikalla. Kuviosta 1 selviää ohjelman eteneminen yksinkertaisesta tikapuukaaviosta. Lisäksi liitteestä 17 ja 18 nähdään ohjelmiston todellinen rakenne sellaisena kuin ohjelma näyttää robotinlogiikassa.



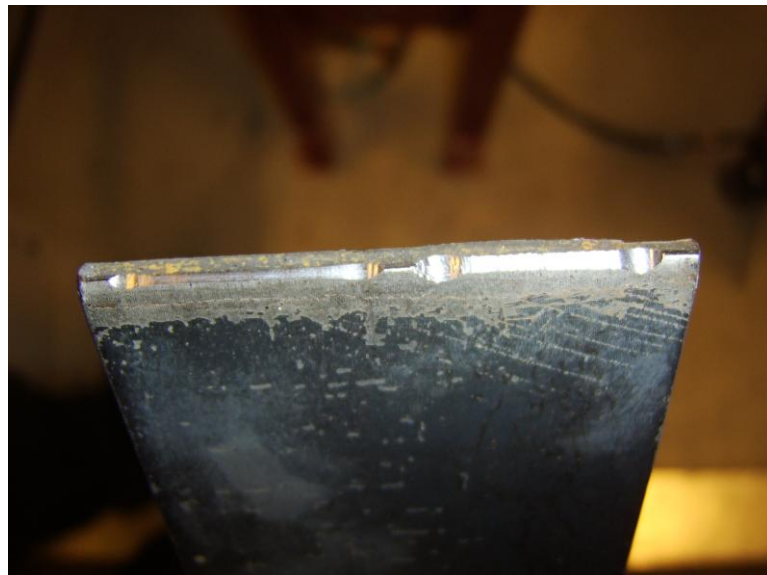
Kuvio 1. Ohjelman eteneminen.

9 Testaus

Laitetta testattiin Koneteknologiakeskus Turku Oy:n tiloissa. Laitetta testattiin kiinnittämällä robottiin erilaisia kappaleita, joita työstettiin jäysteenpoistoasemalla. Molemmat joustojärjestelmät toimivat suunnitellusti. Joustojärjestelmiin syötettävän paineen suuruudella oli suuri merkitys viisteen laatuun. Viisteestä tuli helposti liian iso. Lisäksi viisteen alkuun ja loppuun tuli helposti kuoppa, koska robotin ohjelmoinnin vuoksi työkalu viipyi näissä kohdissa kauemmin. Tämän takia robotin lähestymiskulma ja nopeus on saatava oikeaksi. Lähestymiskulma pitää olla loiva ja nopeuden suuri.

Kuvasta 13 nähdään liikkeen nopeuden ja joustojärjestelmän paineen vaikutukset viisteen laatuun. Lisäksi kuvassa näkyy robotin pysähtymiset liikkeen alussa ja lopussa. Näissä kohdissa on selvät kuopat. Tämä kuitenkin saadaan säätötoimenpiteillä poistettua. Suuremmalla joustojärjestelmän paineella myös hiomakaran värinä väheni huomattavasti.

Kuva 14 on ensimmäisestä testi tilanteesta, jossa laitteen runko on vielä maalaamatta. Runko maalattiin testien jälkeen.



Kuva 13. Viisteet



Kuva 14. Jäysteenpoistoa

10 Yhteenveto

Tavoitteena oli rakentaa jäysteenpoistolaite, joka olisi helposti toteutettavissa ja kohtuullisen hintainen. Lisäksi jäysteenpoistolaitteen piti olla monipuolinen ja toimiva kokonaisuus.

Laitteen rakentaminen ja suunnittelu onnistui hyvin, koska laite toimii suunnitellusti ja tavoitteet täyttyivät. Tietysti löytyy myös asioita, jotka nyt tekisin toisin.

Jäysteenpoistoasemassa oli sellaisia kappaleita, joita itse pidin helposti valmistettavina, eivtkä ne sitä todellisuudessa olleet. Työssä olisi ollut hyötyä koneistuskokemuksesta, varsinkin NC-työstökoneilla (NC= numerical control, numeerinen ohjaus). Minun mielestäni olisi tärkeää lisätä insinööriopintoihin kuuluviin valmistustekniikan kursseihin enemmän käytännön tekemistä. Tällöin koneiden mahdollisuudet ja rajoitukset tulisivat paremmin esille. Käyttöinsinööriopintokoulutuksessa koneisiin pääsee tutustumaan, mutta koulutukseen pääsee vain osa oppilaista.

Osien hankkiminen projektia varten oli todella opettavaista. Oli opettavaista huomata, kuinka hankalaa osien hankkiminen voi toisinaan olla. Usein tiesin mitä tarvitsen, mutta en sitä, että mistä sen hankkisin. Toinen ongelma osien hankkimisessa oli suuret toimituserät. Joissain tapauksissa työhön tarvittiin vain yksi kappale jotain osaa, mutta pienin toimituserä oli kymmenen kappaletta.

Suurin osa ajasta meni osien piirtämiseen. Tein joka osasta useita versioita. Usein yhden osan muuttaminen johti siihen, että kokoonpano piti piirtää melkein kokonaan uudestaan, koska osien liitokset muuttuivat.

Lähteet

Gillespie, LaRoux K, 1999, Deburring and edge finishing handbook.

Reunanen, Tero, 2010, Tekesin ohjelmaraportti 1/2010.

www.weforma.com, viitattu 25.11.2010

www.festo.com, viitattu 25.11.2010

<http://www.mannesmann-demag.com/en/>, viitattu 10.11.2010

Liitteet

Liite 1. Leikkaus jäysteenpoistoasemasta

Liite 2. Joustojärjestelmä radiaalisella liikkeellä

Liite 3. Joustojärjestelmä lineaarisella liikkeellä

Liite 4. Piirustus Alakansi

Liite 5. Piirustus Karanpidin osa 1

Liite 6. Piirustus Karanpidin osa 2

Liite 7. Piirustus Laippa

Liite 8. Piirustus L-palkki

Liite 9. Piirustus Pidin

Liite 10. Piirustus Runko

Liite 11. Piirustus Yläkansi

Liite 12. Piirustus Yläsuojus

Liite 13. Piirustus Yläsuojuksen alakansi

Liite 14. Piirustus Yläsuojuksen yläkansi

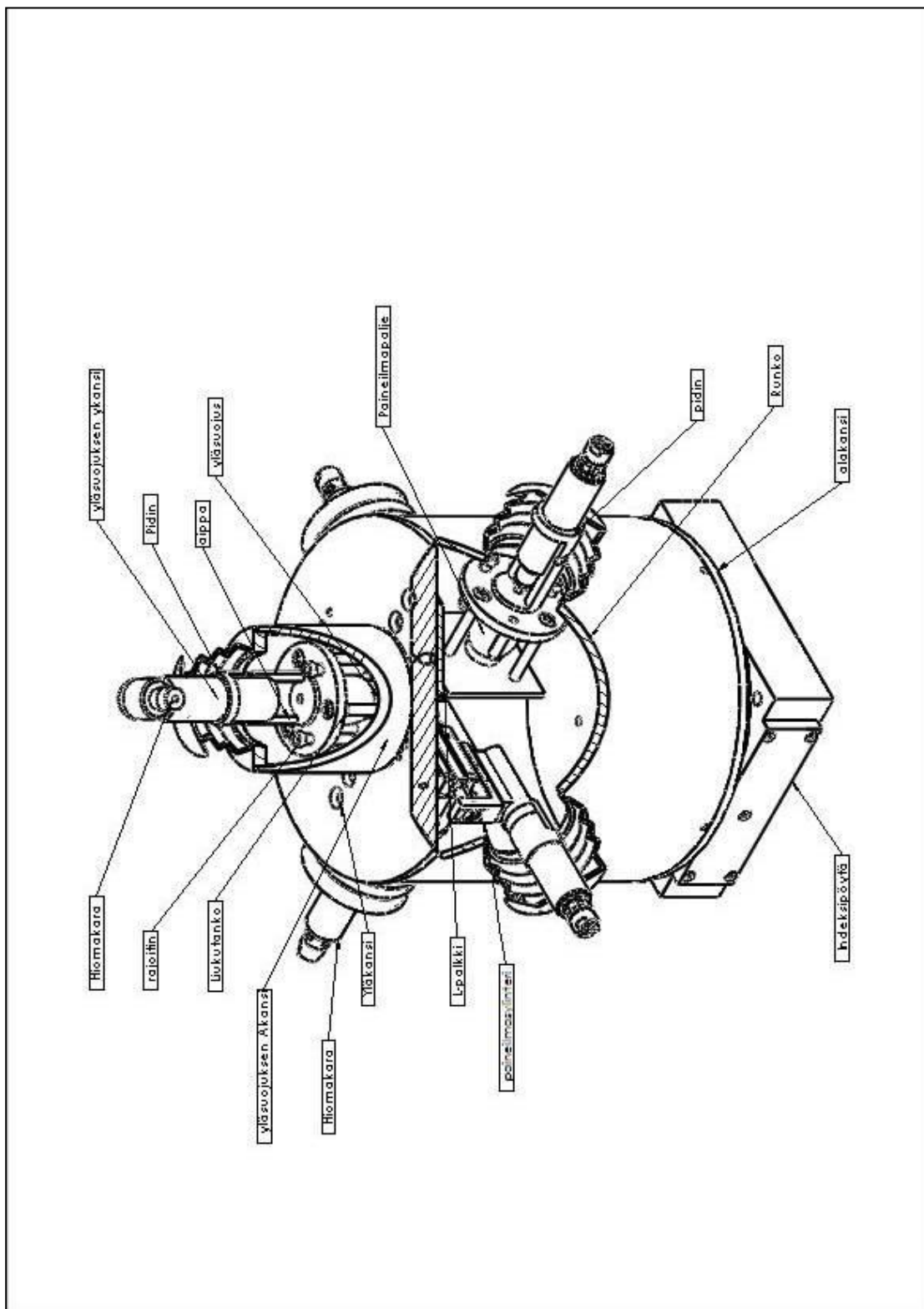
Liite 15. Osaluettelo

Liite 16. Sähkökaavio

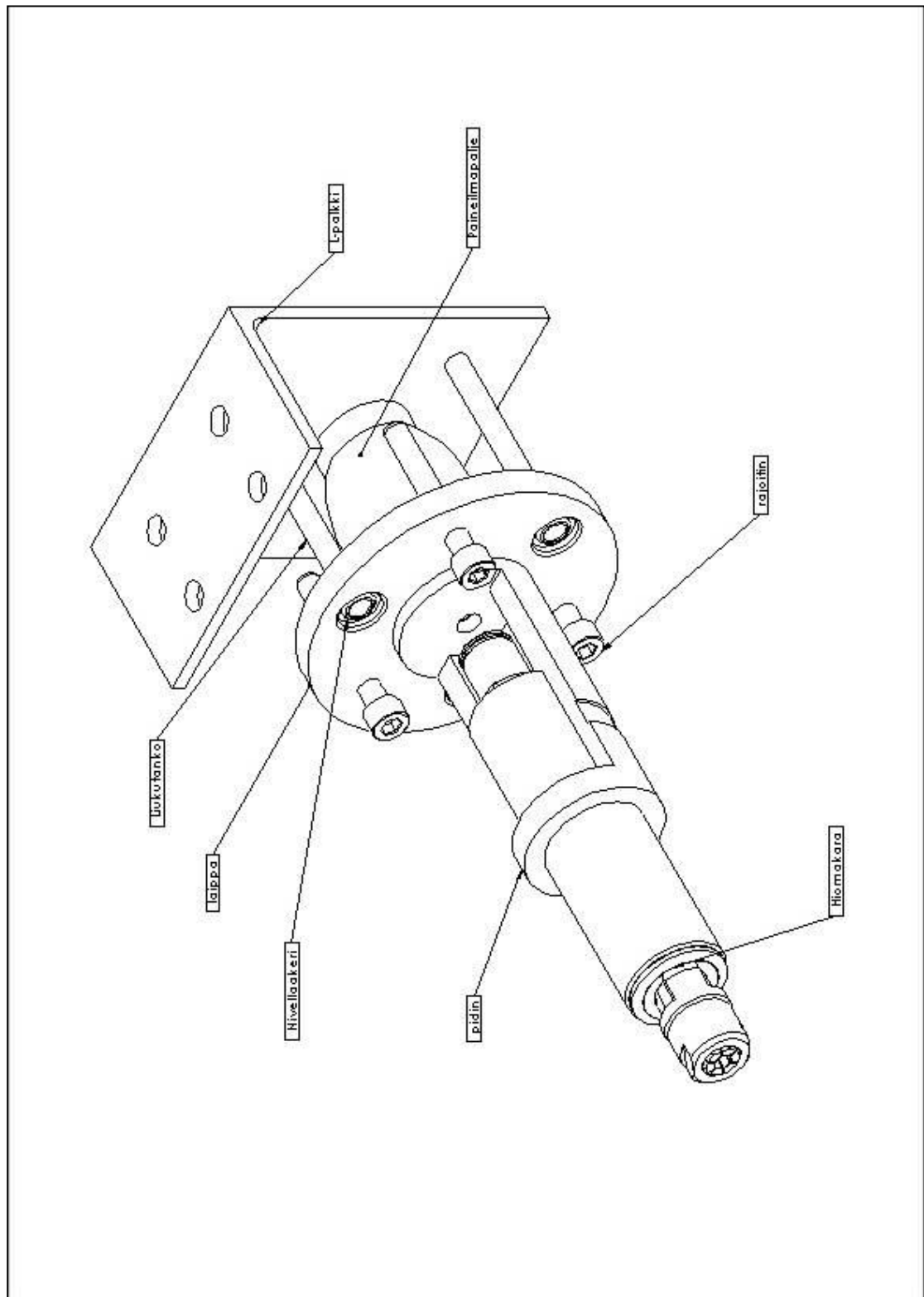
Liite 17. Pöydän ohjauksen rakenne robotin logiikassa

Liite 18. Jäysteenpoistoaseman ohjauksen rakenne robotin logiikassa

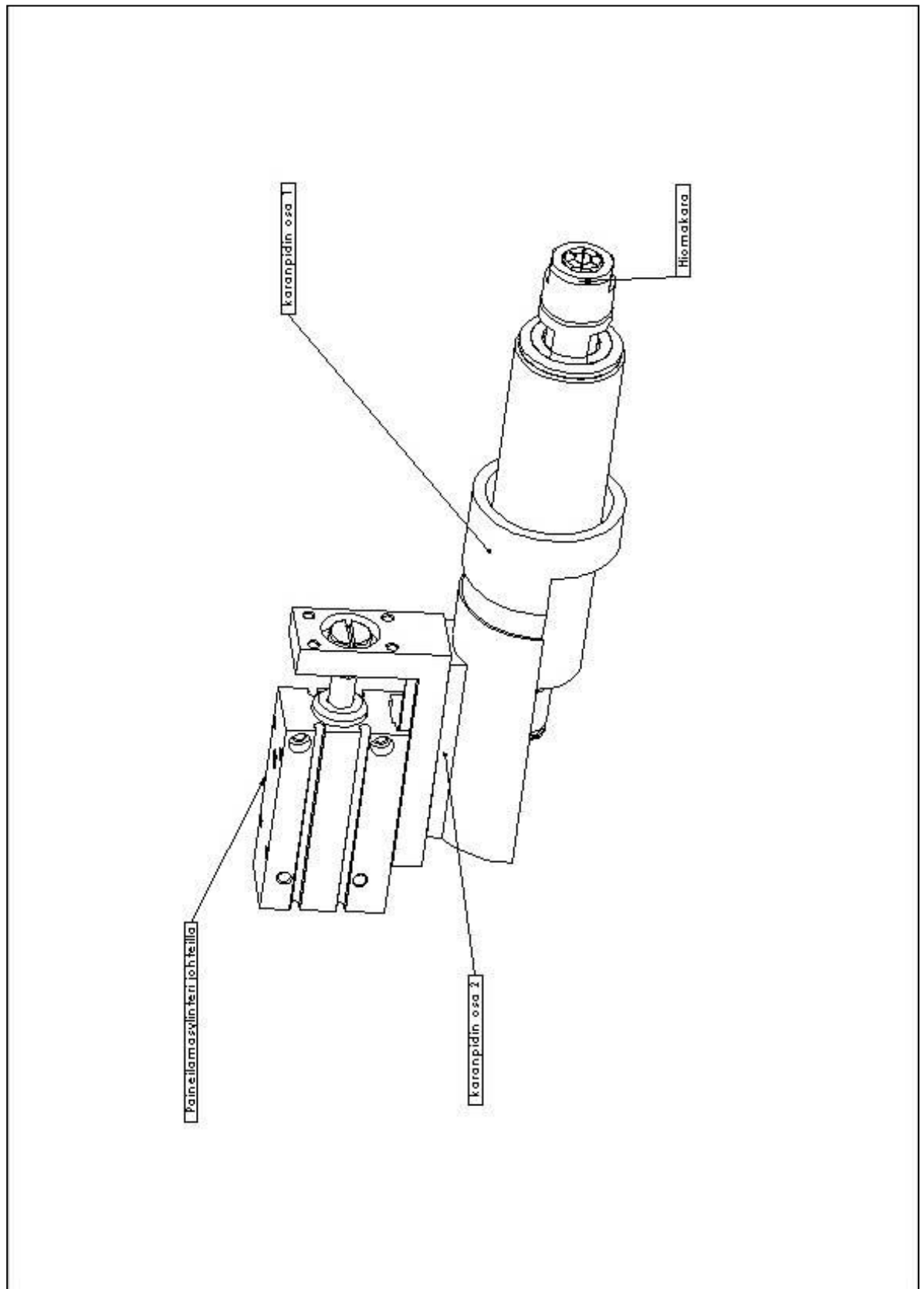
Liite 1.



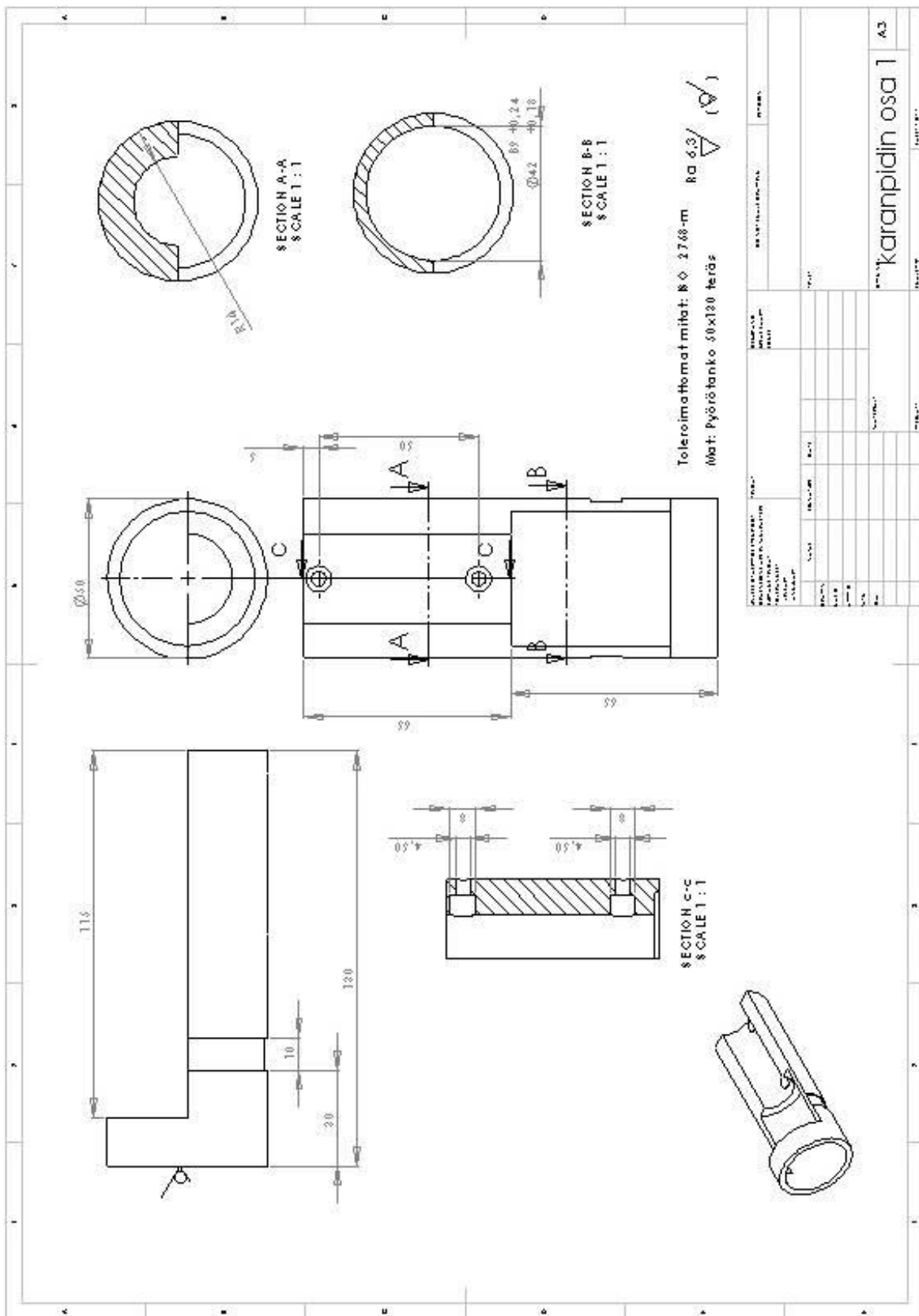
Liite 2.



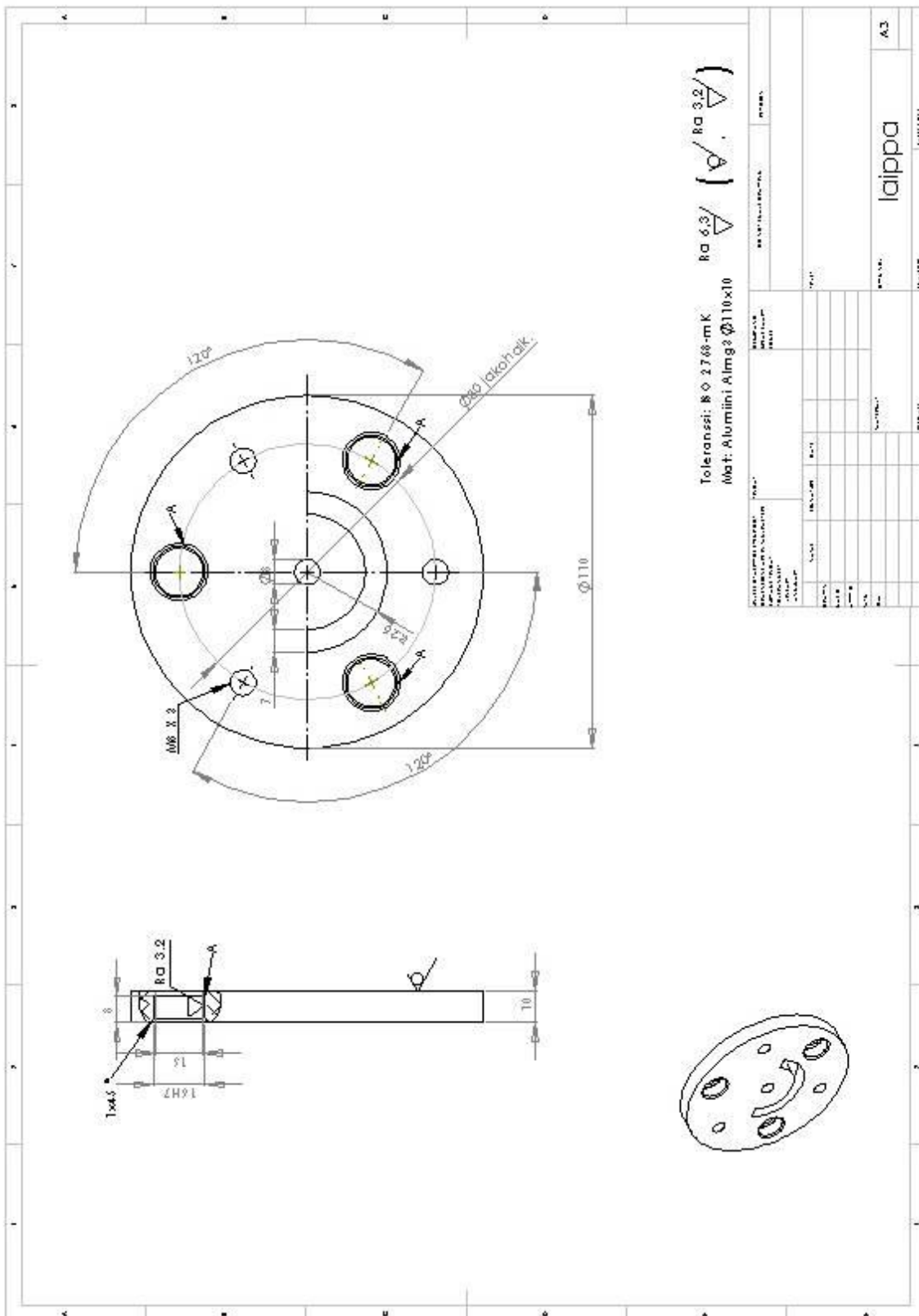
Liite 3.



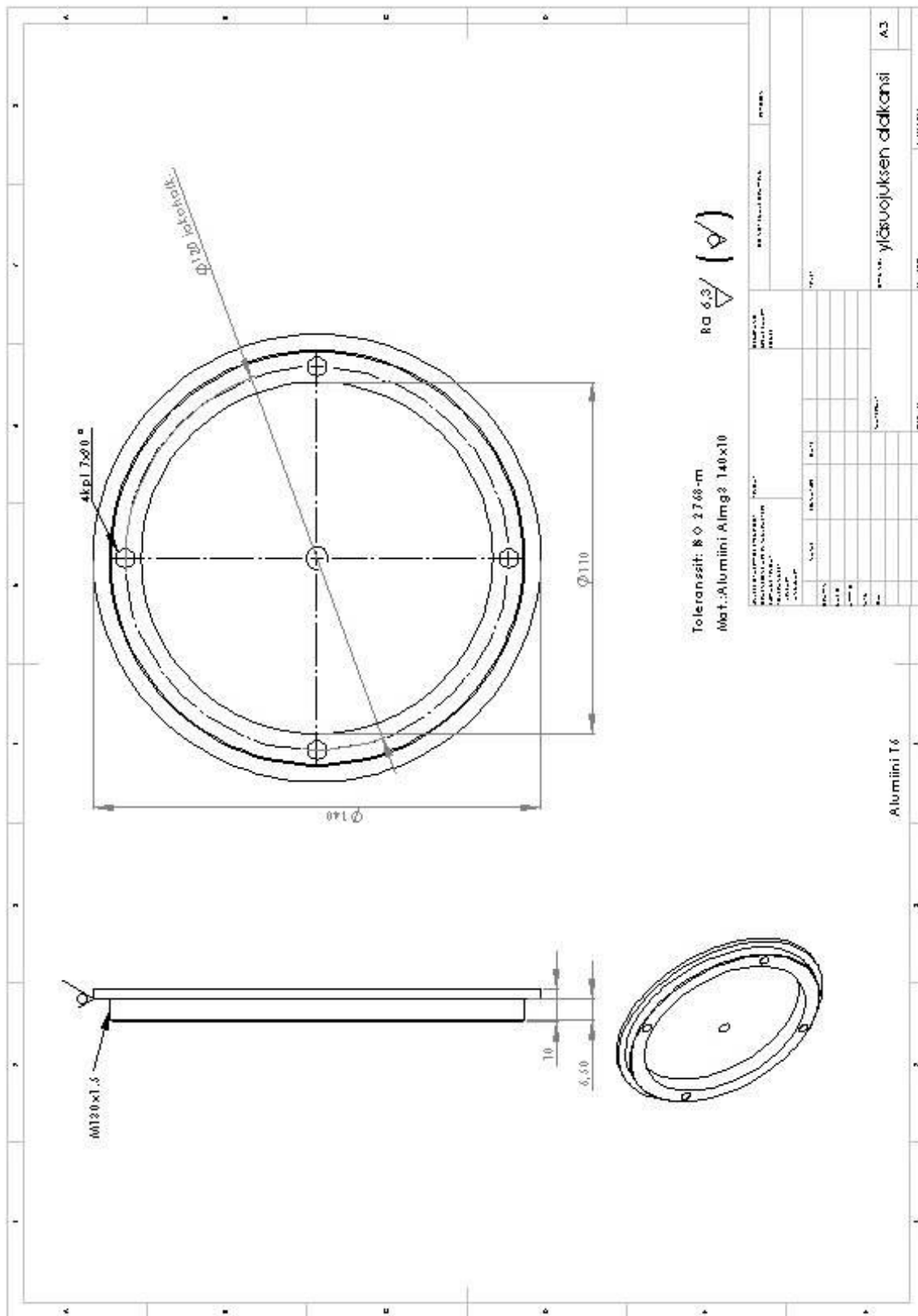
Liite 5.



Liite 7.



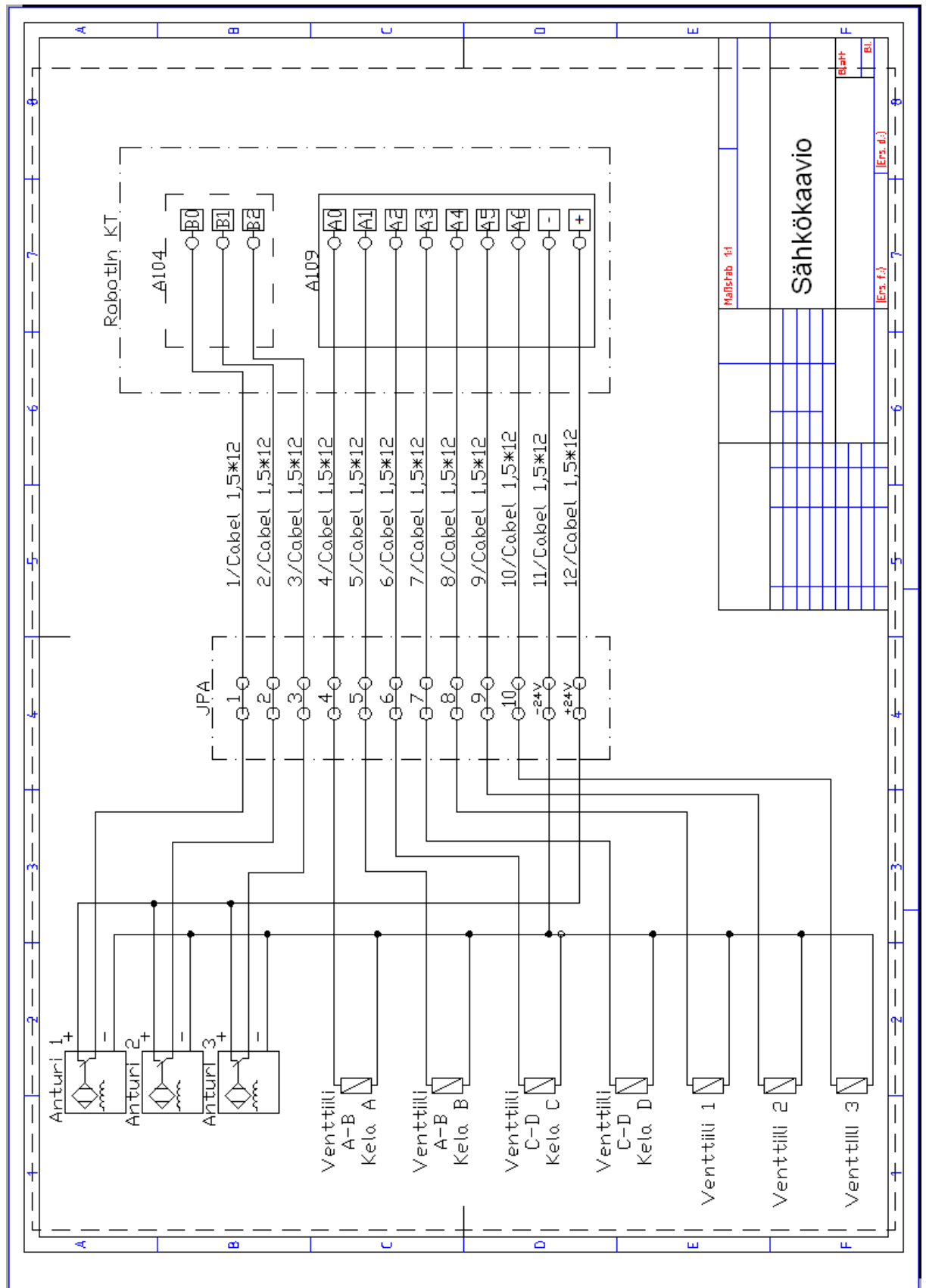
Liite 13.



Liite 15.

Tuote/Aines	Tarvittava/koko /malli	Määrä	Toimittaja	Huom!
Alumiinilevy (Almg3)	20x500x1000	1	Rautaruukki	
Kulmatanko, erikylkinen, teräs	125x65x5	250mm	Rautaruukki	
pyörötanko teräs s355	ø50	650mm	Rautaruukki	
Teräsputki	Dn= 350mm S=8,8mm Do=355,6mm	300mm	Halikko pipe Oy	
Muoviputki PVC-U	d=140 di=126,6	150mm	Vink	
Hiomakara	Taulukossa määritelty	4	Teräskonttori	
Paineilmapalje	WSR 20	3	Safeware components Oy	
Nivellaakeri	GE 8 E	9	D&E Trading	
Alumiinilevy (Almg3)	10x300x400	1	Rautaruukki	
Kuusiokoloruuvi	M6x60 DIN 6912	9	Würth	
Kuusiokoloruuvi	M10x25 DIN EN ISO 10642	8	Würth	Uppokanta
Kuusiokoloruuvi	M4x16 DIN 6912	8	Würth	
Kuusiokoloruuvi	M6x20 DIN 6912	4	Würth	
Kuusiokoloruuvi	M8x30 DIN 6912	6	Würth	
Kuusiokoloruuvi	M6x10 DIN 6912	8	Würth	
Kumipalje	?	5	Irpola Oy	Mittojen mukaan tilattavissa oleva!
Indeksipöytä	DHTG-220-8-A (Osa nro: 548095)	1	Festo	
Induktiivianturi indeksipöytään	SIEN-M8B-NO-K-L (Osanro: 150386)	3	Festo	
Paineilmasyylinteri (mini)	SLS-16-25-P-A (Osa nro: 1705019)	2	Festo	
Paineilmaliitin kulma 90°	Letkun koko 10/12mm	5		Koko paineilmakarojen mukaan
Pyörötanko s355	ø10	900mm		
Alumiinilaattatanko	10x25	150mm	Rautaruukki	Tai vaihtoehtoisesti 25x25 neliötankoa
Kuusiokoloruuvi	M4x25 (DIN 6912)	4	Würth	
Paineilmakara kulmapäällä	Taulukossa määritelty	1	Teräskonttori	
Kuusiomutteri	M16 (DIN 4036)	3	Würth	Kapeampi malli
Kuusiomutteri	M6 (DIN EN ISO 10511)	18	Würth	nylock
Aluslaatta	M6	18	Würth	
Aluslaatta	M16	3	Würth	
Jousilaatta	M16 (DIN 127)	3	Würth	

Liite 16.



Liite 17.

2: ;
3: LBL[1] ;
4: ;
5: DO[65:Jayste A avaa]=OFF ;
6: DO[66:Jayste B lukitse]=ON ;
7: DO[67:Jayste C suunta1]=OFF ;
8: DO[68:Jayste D suunta2]=OFF ;
9: WAIT DI[58:Jayste lukittu]=ON ;
10: ;
11: IF R[18:Tornin nyk.asema]>R[19:Tornin seur. as.],JMP LBL[20] ;
12: IF R[18:Tornin nyk.asema]=R[19:Tornin seur. as.],JMP LBL[999] ;
13: ;
14: LBL[10: Suunta 1] ;
15: DO[67:Jayste C suunta1]=OFF ;
16: DO[68:Jayste D suunta2]=ON ;
17: WAIT DI[59:Jayste 2 kuittaus]=ON ;
18: DO[68:Jayste D suunta2]=OFF ;
19: DO[66:Jayste B lukitse]=OFF ;
20: DO[65:Jayste A avaa]=ON ;
21: WAIT DI[58:Jayste lukittu]=OFF ;
22: DO[65:Jayste A avaa]=OFF ;
23: DO[67:Jayste C suunta1]=ON ;
24: WAIT DI[57:Jayste 1 kuittaus]=ON ;
25: DO[66:Jayste B lukitse]=ON ;
26: WAIT DI[58:Jayste lukittu]=ON ;
27: R[18:Tornin nyk.asema]=R[18:Tornin nyk.asema]+1 ;
28: ;
29: JMP LBL[1] ;
30: ;
31: LBL[20: Suunta 2] ;
32: DO[68:Jayste D suunta2]=OFF ;
33: DO[67:Jayste C suunta1]=ON ;
34: WAIT DI[57:Jayste 1 kuittaus]=ON ;
35: DO[67:Jayste C suunta1]=OFF ;
36: DO[66:Jayste B lukitse]=OFF ;
37: DO[65:Jayste A avaa]=ON ;
38: WAIT DI[58:Jayste lukittu]=OFF ;
39: DO[65:Jayste A avaa]=OFF ;
40: DO[68:Jayste D suunta2]=ON ;
41: WAIT DI[59:Jayste 2 kuittaus]=ON ;
42: DO[66:Jayste B lukitse]=ON ;
43: WAIT DI[58:Jayste lukittu]=ON ;
44: R[18:Tornin nyk.asema]=R[18:Tornin nyk.asema]-1 ;
45: ;
46: JMP LBL[1] ;
47: ;
48: LBL[999] ;

Liite 18

7: Kaanna torni(2) ;
8:J P[1] 10% FINE ;
9:J P[3] 10% FINE ;
10:J P[2] 10% FINE ;
11: DO[54:Paine 3]=OFF ;
12: DO[53:Paine 2]=OFF ;
13: DO[55:Tyhjennys]=PULSE,1.0sec ;
14: DO[52:Paine 1]=ON ;
15: DO[69:Jayste V1]=ON ;
16:J P[4] 10% FINE ;
17:L P[5] 100mm/sec FINE ;
18:L P[6] 100mm/sec CNT100 ;
19:L P[7] 100mm/sec CNT100 ;
20:L P[8] 100mm/sec CNT100 ;
21:L P[5] 100mm/sec CNT100 ;
22: WAIT 1.00(sec) ;
23:L P[4] 100mm/sec CNT100 ;
24: DO[69:Jayste V1]=OFF ;
25:J P[9] 100% FINE ;
26: Kaanna torni(0) ;
27: ;
28: DO[71:Jayste V3]=ON ;
29:J P[10] 10% FINE ;
30:L P[11] 100mm/sec CNT100 ;
31:L P[12] 100mm/sec FINE ;
32:L P[13] 100mm/sec CNT5 ;
33:L P[15] 100mm/sec CNT5 ;
34:L P[16] 100mm/sec CNT100 ;
35: DO[71:Jayste V3]=OFF ;
36:L P[14] 100mm/sec CNT100 ;