

Yrjö Nordling

NC-SORVIN MODERNISOINTI

Tekniikan koulutusohjelma
Kone- ja tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehto
2010

NC-SORVIN MODERNISOINTI

Nordling, Yrjö
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2010
Suvela, Timo
Sivumäärä: 31
Liitteitä:

Asiasanat: nc-sorvi, modernisointi, työstökone, sorvi, servo,

Tämän opinnäytetyön aiheena oli vanhan NC-sorvin täydellinen kunnostaminen eli modernisointi. Työssä esitellään hieman sorvien rakennetta ja niiden sisältämää tekniikkaa yleisellä tasolla. Lisäksi työssä käsitellään syitä modernisoinnin tekemiselle. Työn tarkoituksena oli kartoittaa ja suunnitella sorvin modernisoinnin toteutus kaikilta osin. Työ oli tarkoitus myös saada valmiiksi raportin yhteydessä, mutta osatoimistusten ja monien eri syiden takia sorvi ei vielä valmistunut.

Työn tilaaja määritteli sorvissa käytettävän uuden tekniikan valmiiksi ja työhön saatiin prototyyppiasteella oleva viimeisintä tekniikkaa edustava servo-ohjaus.

Käytännössä koko sorvi purettiin ja sen mekaniikka kunnostettiin, koko vanha servotekniikka ja sähköosat poistettiin ja korvattiin uusilla. Sorviin suunniteltiin uusi anturointi, ohjaus, servojen sovitteet. Uusien servojen voimansiirto muutettiin paremmaksi ja tarkemmaksi, mikä aiheutti tiettyjä vaatimuksia servojen sovittamiselle.

MODERNIZATION OF NC LATHE

Nordling, Yrjö

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2010

Suvela, Timo

Number of pages: 31

Appendices:

Keywords: nc lathe, retrofitting, modernization, machine tool, lathe, servo

The topic of this thesis is the overhaul and modernization of an old NC lathe. This thesis briefly presents the structure of lathes and their technology in general. Motives for executing the modernization are also presented. The essential idea was to research and engineer the implementation of lathe modernization.

The commissioner of the modernization determined the used technology beforehand. The obtained technology was a prototype-level servo control that represented state-of-the-art technology.

Virtually the whole lathe was disassembled and the mechanics were overhauled. The old servo technique and electrical parts were removed and replaced with new ones. New sensors, control and servo fits were engineered. The transmission of the new servos was modified better and more accurate, which caused certain requirements for the adjustment of the servos.

SISÄLLYS

1 Johdanto	6
1.1 <i>Litemaster Oy</i>	7
1.2 <i>Special Motors Ky</i>	7
2 modernisointi	8
2.1 <i>Syyt modernisoinnin taustalla</i>	8
2.2 <i>Sovitus</i>	9
3 sorvaus	9
3.1 <i>Sorvaamisen periaate</i>	9
3.2 <i>Sorvityypit</i>	10
3.3 <i>NC-sorvit</i>	11
3.4 <i>Kärkisorvin rakenne</i>	11
3.4.1 <i>Runko</i>	12
3.4.2 <i>Karapytkä</i>	12
3.4.3 <i>Teräkelkka</i>	13
3.4.4 <i>Siirtopytkä</i>	13
4 NC-kone ja sen sisältämä tekniikka	14
4.1 <i>Toimiva kokonaisuus</i>	14
4.2 <i>Mekaniikka</i>	15
4.2.1 <i>Johteet</i>	15
4.2.2 <i>Voimansiirto</i>	16
4.2.3 <i>Pyörivät liikkeet</i>	17
4.3 <i>Hydrauliikka</i>	17
4.4 <i>Servomoottorit</i>	17
4.5 <i>Voitelu</i>	18
4.6 <i>Anturointi</i>	18
4.7 <i>Ohjaus</i>	18
4.8 <i>Lastujen poisto</i>	19
5 Toteutus	20
5.1 <i>Kohteena oleva sorvi</i>	20
5.2 <i>Purkutyöt</i>	20
5.3 <i>Uudet mekaaniset osat</i>	21
5.3.1 <i>Lineaariset liikkeet</i>	21
5.3.2 <i>Pyörivät liikkeet</i>	23
5.4 <i>Sähköistyksen uudistukset</i>	23
5.5 <i>Mekaaniset korjaustyöt</i>	24

5.5.1 Pitkittäiskelkka	24
5.5.2 Pitkittäisliikkeen ruuvi.....	26
5.5.3 Laakerit	26
5.5.4 Työkalurevolveri	27
5.6 Ohjaus.....	28
6 Yhteenveto.....	28
LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on porilainen LiteMaster Oy, joka on teollisuudessa toimiva työstökoneiden ja tuotantolaitteiden kunnossapitoon ja huoltoon keskittynyt yritys. Työstökoneen omistaja on Noormarkussa toimiva Länsi-suomen Special Motors Ky, joka keskittyy lähinnä erilaisten kilpa-ajoneuvojen osien valmistukseen ja mittauksien tekemiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli vanhan työstökoneen elinkaaren pidentäminen tai tässä tapauksessa sen jatkaminen modernisoimalla. Tehtäväkseni jäi tämän kunnostustyön suunnitteleminen ja sen osittainen toteuttaminen. Työ sinänsä on yksinkertainen mutta sorvi itsessään sisältää paljon erilaista tekniikkaa, joka on jo itsessään haaste. Työ on melko suuritöinen, sillä käytännössä vanhaan runkoon rakennetaan uusi toimiva työstökone. Kaiken lähtökohtana ovat tarkat suunnitelmat ja komponenttien valinnat, mutta vaikka suunnitelmat olisivat kuinka hyvät tahansa tämän kaltaisissa töissä tulee vastaa kokoajan uusia huomioon otettavia asioita. Toimivan kokonaisuuden kannalta pienelläkin yksittäisellä asialla voi olla suuri merkitys lopputulokseen.

NC-työstökoneelle asetettuja vaatimuksia ovat mm. toimiva kokonaisuus, hyvä käytettävyys, luotettavuus ja suuri tarkkuus. Yleisesti nc-työstökoneet ovat melko herkkiä häiriöille ja koneiden luotettavuus on merkittävä asia koneita hankittaessa, sillä jokainen tunti jonka kone on huollossa tai remontissa on pois tuotannon tunneista. Nc-sorvi on työkalu jonka on siis toimittava luotettavasti ja sen on vastattava yleisesti työstökoneille asetettuja vaatimuksia.

Sorvi on varmasti yleisin ohjelmoitava perustyökalu konepajoissa, mikä täydelliseen uudistamiseen opinnäytetyö pureutuu. Työ sisältää sorvin purkamisen, uudistuksen kartoittamisen, uusien mekaanisten osien suunnittelun, anturoinnin kartoittamisen ja suunnittelun, johdotusten suunnittelun sekä kaiken tämän kokoonpanon. Käytettävissä on ollut Litemaster Oy:ltä löytyvä aiheeseen liittyvä vankka osaaminen, ammattitaito ja tieto. Uusien mekaanisten osien, sovitteiden yms., valmistamisesta on vastannut koneen varsinainen omistaja, Länsi-suomen Special Motors Ky.

Työn kohteena oli Mori Seiki merkkinen japanilainen vinojohteinen kärkeisorvi. Kone on alun perin valmistettu 1983, mutta kyseistä mallia on tehty jo vuodesta 1979 alkaen. Sorvin malli on SL-3 h, jonka alkuperäinen ohjaus on Fanuc:in valmistama. Kyseisen sorvin runko on tukeva ja luja. Mekaaniset toteutukset ovat hyvin suunniteltu, joten kone soveltuu hyvin modernisoinnin kohteeksi.

1.1 Litemaster Oy

Litemaster Oy on vuonna 1984 perustettu yritys, toimitusjohtaja Tero Opas on luottanut yritystä alusta alkaen. Litemaster Oy:n varasto, huolto ja kokoonpano tilat ovat Noormarkussa, lisäksi yrityksellä on Porin keskustassa sijaitseva Porin Elektronikkatarvike elektroniikan vähittäismyyntiliike. Yritys työllistää toimintoihinsa tällä hetkellä yhteensä yhdeksän työntekijää. Litemaster Oy tekee teollisuuteen automaatio sovelluksia ja asennuksia, pääpainon ollessa nykyään juuri järjestelmien ja koneiden modernisoinnissa. Yrityksellä on Porin alueella myös Bosch Rexroth Drives and Automation edustus ja se palvelee konepaja-, kemian-, kirjapaino- ja meriteollisuutta eri järjestelmien asennuksissa, käyttöönotossa ja ylläpidossa. Opinnäytetyön on tilannut ja sen tekemistä ohjannut Litemaster Oy. /5/

1.2 Special Motors Ky

Länsi-suomen Special Motors Ky on vuonna 1990 perustettu Noormarkussa toimiva yritys. Special Motors on aloittanut toimintansa tekemällä korjaustöitä siviililiikenteessä oleviin autoihin, vuosien saatossa yritys on kuitenkin erikoistunut puhtaasti kilpa-ajoneuvoihin. Special Motors valmistaa ralli- ja muiden kilpa-ajoneuvojen moottoreita ja niiden osia. Yhteistyötä se tekee monien tunnettujen virituspajojen kanssa, sekä valmistamalla erilaisia osia, että tekemällä mittauksia ja säätöjä. Yrityksen tuotteita ovat imusarjat, läppärungot, erilaiset moottoreiden osat sekä moottoreiden ja kansien valmistus.

Special Motors Ky omistaa opinnäytetyönä tehdyn NC-sorvin, sorvin on tarkoitus mennä yritykselle jokapäiväiseen tuotantokäyttöön. Yrityksen tavoitteena on koko-

ajan kehittää resurssejaan esimerkiksi uusimalla ja kartuttamalla konekantaansa. Konekantaan kuuluu tällä hetkellä NC-sorvi, kaksi NC-ohjattua jyräintä, manuaalinen sorvi ja manuaalinen hiomakone.

2 MODERNISOINTI

Modernisoinnilla tarkoitetaan työstökoneen päivittämistä uudenveroiseksi. Modernisointi kannattaa tehdä koneelle, jossa on hyvä runko ja hyväkuntoinen mekaniikka. Täydellisessä modernisoinnissa vanhasta koneesta jää jäljellä yleensä vain mekaaniset osat, kun taas moottori, servot, sähköt, ohjaus, liikeohjain, servovahvistimet, anturointi, ohjelmoitavalogiikka korvataan uusilla. Modernisoitujen koneiden käytettävyys paranee usein 10-30%, viallisissa koneissa tietysti vielä enemmän.

2.1 Syyt modernisoinnin taustalla

Työstökoneiden täydellinen modernisointi kannattaa tehdä silloin kun vanhassa koneessa on riittävän hyvä mekaniikka ja rikkiäinen, vanha ja huonokuntoinen servotekniikka. Modernisoitavan koneen mekaaniset osat on oltava riittävän hyvässä kunnossa ja rungon on oltava geometrialtaan hyvä ja toimiva. Tarve kunnostuksen tekemiselle on se, että mekaniikka vanhenee hitaammin kuin tietotekniikka.

Usein vanhoissa koneissa juuri ohjausjärjestelmä tulee tiensä päähän ensimmäisenä. Vanhoissa automaattityöstökoneissa ollaan usein tilanteessa jossa ohjaus ei ole enää tämän päivän tekniikkaan, siihen ei enää saa varaosia ja sen korjaaminen voi tulla todella kalliiksi. Usein korjaus ottaa aikansa ja tällöin kone on pois tutannosta. Uuden koneen hankinnan vaihtoehtona on tällöin vanhan koneen modernisointi. /5/

2.2 Sovitus

Kun työstökone rakennetaan uudestaan vanhaan runkoon, uusien servo-moottoreiden liittäminen vanhaan mekaniikkaan on yksi suuritöisimmistä töistä. Voisi sanoa, että vain harvoin vanhan servon paikalle sopii täysin ongelmatta uusi servo-moottori. Servossa on kaksi mekaanista liityntäpintaa joiden molempien täytyy sopia täydellisesti, servo-moottorin laippa- ja aksilisoivite. Laippasovitteella tarkoitetaan servon tai moottorin rungon liittämistä tukevasti koneen runkoon, kun taas akselisoivitteella liitetään akselit toisiinsa. Näiden sovitteiden keskenäiset toleransseissa puhutaan millin sadasosien tarkkuudesta. /4/

3 SORVAUS

Seuraavassa kerrotaan sorvaamisesta yleisellä tasolla. Manuaaliset ja automaattiset koneet eivät juuri eroa toisistaan, eikä itse sorvaus prosessi ole mihinkään muuttunut vuosien varrella.

3.1 Sorvaamisen periaate

Sorvaaminen on lastuava työstömenetelmä. Sorvaamalla valmistetuilla kappaleilla on tavallisesti ympyrän muotoinen poikkileikkaus. Ne ovat siis pyörähdyskappaleita, kuten akselit, holkit, kartiot, kiekot yms. Yleensä kappale kiinnitetään sorvin istukkaan joka saadaan pyörivään liikkeeseen. Lastuavana teränä on sorvin kelkkaan kiinnitetty nykyään yleensä kovametallinen tai keraaminen teräpala. /2, s.78/



Kuva 1. Manuaalisella kärkisorvilla alumiinin lieriösorvausta.

3.2 Sorvityypit

Sorveja on olemassa malliltaan ja käyttötarkoitukseltaan monenlaisia. Pienimmät automaattiohjatut sorvit voivat olla kooltaan hyvin pieniä ”pöytämalleja”, kun taas suurimmat voivat olla yli kymmenen metriä pitkiä ja painaa kymmeniä tonneja. Kaikissa sorveissa kuitenkin periaate on sama tyypistä riippumatta. Sorvityyppejä voidaan eritellä esimerkiksi seuraavien mukaan.

- kärkisorvit
- revolverisorvit
- tasosorvit
- karusellisorvit
- pitkäsorvit
- automaatti- ja puoliautomaattisorvit
- NC-sorvit
- erikoissorvit

Yksi sorvi voi kuulua näistä useaa luokkaan, esimerkiksi karusellisorvi voi olla NC-sorvi eli tietokoneohjattu. /3, s.151/

3.3 NC-sorvit

NC-sorvilla tarkoitetaan numeerista, eli tietokoneella ohjattavaa sorvia. Lyhenteellä NC (numerical control) on alunperin tarkoitettu automaattityöstökoneita, joita on ohjattu reikänauhalla tai -kortilla. Tämän jälkeen kehitettiin CNC (computerized numerical control), jossa työstökoneita ohjataan tietokoneella, vuosien varrella lyhenteen ensimmäinen C-kirjain on vaan jätetty pois, ja NC-työstökoneella tarkoitetaan tietokone ohjattua numeerista työstökoneita.

Mikä tahansa sorvityyppi voi olla NC-sorvi. NC-sorvit ovat pääasiassa tarkoitettu teollisuuden sarjatuotantoon, missä sarjat ovat suuria ja työstössä käytetään useita työvaiheita ja työkaluja. Toisaalta tietokoneohjatulla sorvilla pystytään tekemään muotoja jotka olisi vaikea tai mahdoton tehdä manuaalisella sorvilla. Yksittäisten kappaleiden valmistuksessa NC-sorvit ovat hitaita, koska kappaleelle on aina laadittava ohjelma ennen sen työstämistä. Ohjelmoinnin jälkeen kappaleita saa helposti ja nopeasti tehtyä useita. Tehokkaassa sarjatyössä NC-sorvia saattaa avustaa esimerkiksi yleisrobotti joka tuo uuden aihion koneeseen, kääntää sen, vie pois ja tuo taas uuden tilalle. Edellä mainitussa tuotantosolussa käyttäjän tehtäväksi jää solun valvominen, teräpalojen vaihtaminen, aihoiden tuominen robotille ja laadunvalvonta yms. /1, s.463/

3.4 Kärkisorvin rakenne

Yleisimpänä sorvityyppinä voidaan pitää kärkisorvia. Suuret kärkisorvit kiinnitetään koneistamon lattiaan pulteilla, ja vaa'itetaan säätöruuvien avulla. Sorvien lopullinen kalibrointi tehdään aina asennuksen jälkeen. Pienempiä sorveja ei välttämättä kiinnitetä lattiaan, vaan ne voidaan asentaa vaimennustyynyjen päälle.

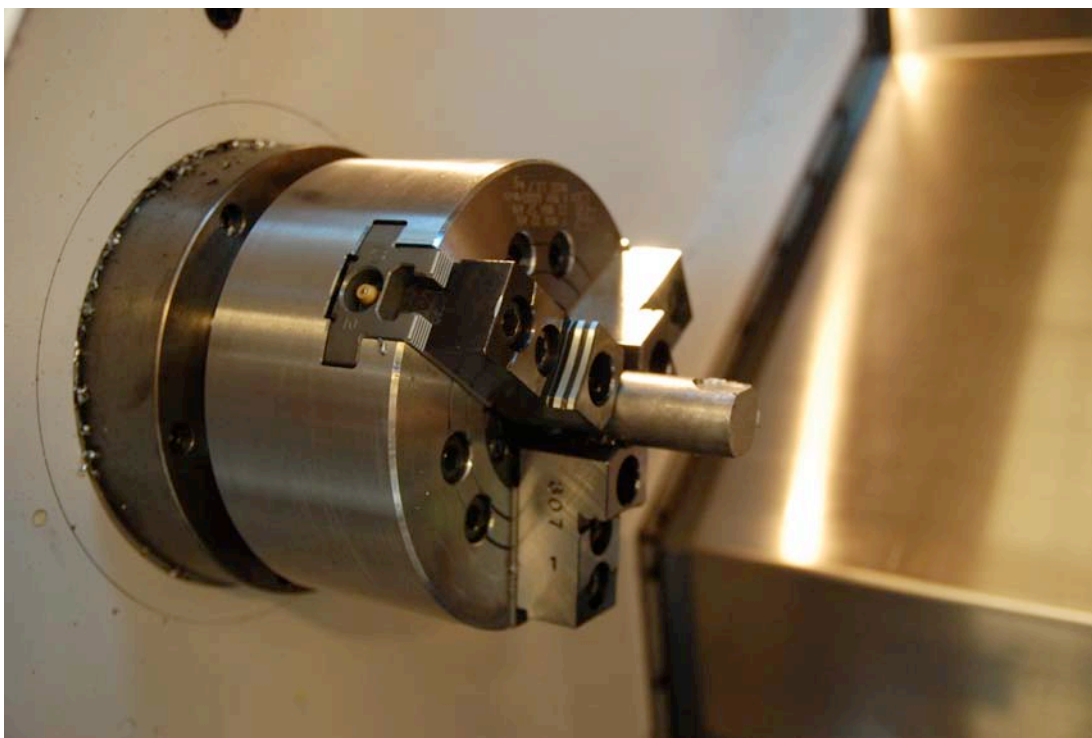
Kärkisorvin tärkeimmät ja suurimmat pääosat ovat runko, karapylkkä, syöttövaihteisto, teräkelkka ja siirtopylkkä. Kärkisorvejakin on olemassa erilaisia, esimerkiksi vino- ja vaakajohteisia sorveja. Pitkän kärkivälin omaavissa sorveissa yleensä käytetään erilaisia tukilaakereita pitkän kappaleen tukemiseksi sorvauksen aikana. /2, s.80/

3.4.1 Runko

Runko on sorvin tärkein perusosa. Rungon varassa on kaikki muut sorvin osat, joten sen on oltava erittäin vankka ja tukeva. Voidaan sanoa, että sorvin tarkkuuden perustana on hyvä ja tukeva runko. Rungon yläosassa on pitkittäisjohteet, joiden päälle tulee siirtopylkkä ja teräkelkka. Sorvin runko on yleensä joko valuterästä tai valurautaa. Merkittävää sorvien rungoissa on, että kun runko on saatu valettua sitä ei heti oteta käyttöön, vaan runkoa säilytetään reilu vuoden verran ennen rungon koneistamista. Tällä yritetään minimoida valmiin rungon eläminen, koneistuksen jälkeen. /2, s.80/1, s.166/

3.4.2 Karapylkkä

Karapylkkä on asennettu kiinteästi rungon päälle, yleensä se sijaitsee sorvin vasemmassa reunassa. Karapylkkä koostuu sen rungosta, pääkarasta ja laakereista. Pääkara on laakeroitu runkoon, yleensä pääkara on ontto. Pääkaran oikeaan päähän kiinnitetään karan istukka tai laikka. Istukka tai laikka on sorvissa työstettävän kappaleen kiinnittämistä varten, kappaleen tulee olla kiinni sorvissa erittäin tukevasti. /1, s.166/



Kuva 2. Nc-sorvin istukkaan kiinnitetty kappale, taustalla vinojen johteiden johdesuoja.

3.4.3 Teräkelkka

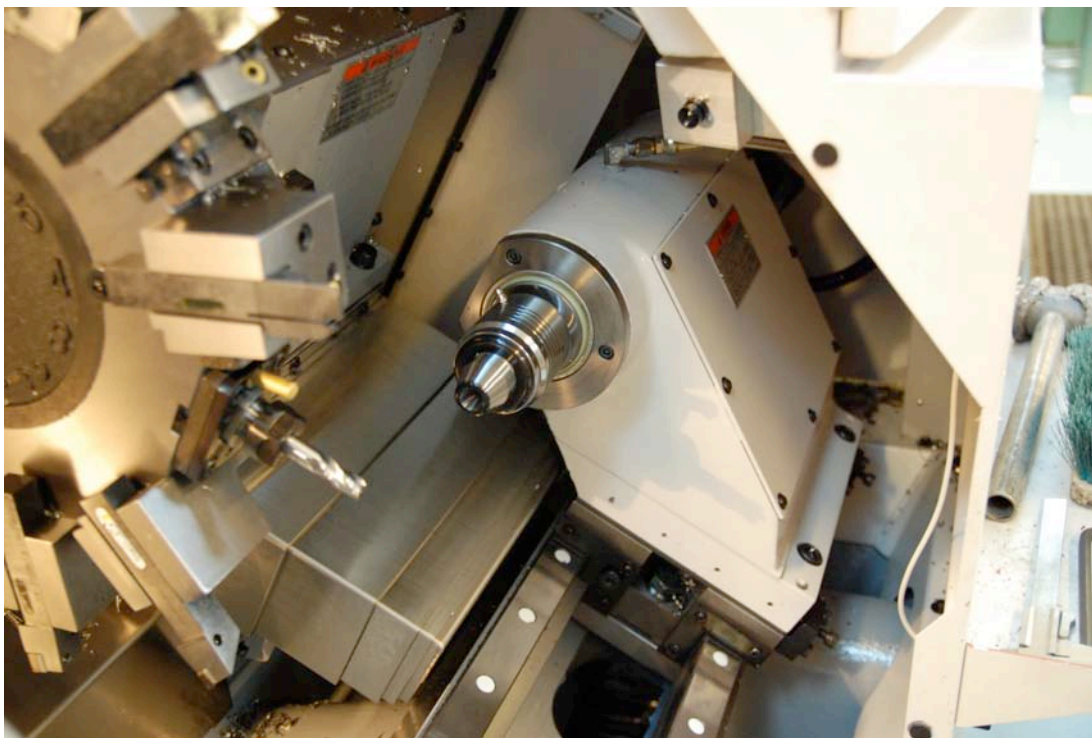
Teräkelkka on sorvin rungon pitkällä johteilla liikuteltava kelkka jolla mahdollistetaan terän työstöliike. Teräkelkka koostuu pitkittäiskelkasta ja poikittaiskelkasta.

Pitkittäiskelkka liikkuu pitkien johteiden päällä ja mahdollistaa terän liikkumisen kappaleen akselin suuntaisesti. Teräkelkassa on kiinni pienemmät johteet, eli poikittaisjohteet, jotka mahdollistavat terän liikkeet kappaleen akselia ja pitkittäisliikettä vastaan. Työkalut kiinnitetään vasta poikittaisliikkeen päälle. /2, s.86/

3.4.4 Siirtopylkkä

Siirtopylkkä eli kärkipylkkää voidaan myös liikutella pitkien johteiden päällä. Teräpylkkä on kuitenkin mahdollista liikuttaa siirtopylkkän ohitse. Siirtopylkkää käytetään yleisesti kappaleen tukemiseen, siihen on myös mahdollista kiinnittää esimerkiksi poranteriä. Siirtopylkkän osia ovat sen runko ja työnnin eli pinoli. Siirtopylkkä voidaan lukita johteille haluttuun kohtaan ja pinoli voidaan liikuttaa päin kappaletta, sen tukemiseksi. Pinolin päässä on usein morsekartio johon voidaan kiinnittää työkalut tai kärki.

Manuaalisissa sorveissa pinolin liikuttelun hoidetaan käsikammesta, kun taas NC-sorveissa pinolin toiminnot on toteutettu hydraulikalla. Hydraulikan etuna on, että kun hydraulikan paine on asetettu halutulle tasolle kärki pysyy kokoajan painautuneena kappaletta vasten kaikista koneen ja kappaleen värinöistä huolimalla. Tällöin kappale pysyy kokoajan tukevasti kiinni koneessa, sama asia pätee myös sorvin hydraulikkatoimisessa istukassa. /1, s.169/



Kuva 3. Pienen Goodway GLS-150M nc-sorvin kärkipylkkä, kuvan vasemmassa reunassa pyörivillä työkaluilla varustettu työkalurevolveri.

4 NC-KONE JA SEN SISÄLTÄMÄ TEKNIikka

Seuraavassa kappale pureutuu NC-työstökoneiden sisältämään tekniikkaan, joka soveltaa tekniikan eri osa-alueita runsaasti. Teknisinä laitteina työstökoneet ovat hyvin monimuotoisia ja joiden toiminnan taustalla on monta erillistä pientä asiaa. Mitä uudemmista koneista on kysymys sitä monimutkaisempaa ja hienompaa tekniikkaa ne sisältävät.

4.1 Toimiva kokonaisuus

NC-työstökone on monesta yksittäisestä teknisestä osa-alueesta koostuva kokonaisuus, joka sisältää lähes kaikkea, mitä voi kuvitella yhden yksittäisen teknisen koneen sisältävän. Tämä muodostaa melkoisen haasteen työstökoneiden käytölle, huololle, uudistamiselle ja rakentamiselle.

Manuaalisen ja numeerisen työstökoneella ei juuri ole eroja lastuamisen kannalta. Molemmissa käytetään samanlaisia työstövälineitä ja työstöarvoja. Suurnopeustyöstökoneet ovat asia erikseen ja niissä käytettävät työkalut ja materiaalia ovat omaa luokkaansa

4.2 Mekaniikka

Aikoinaan työstökoneet toimivat täysin mekaanisesti, mutta nykyään mekaniikka on vain toimivan kokonaisuuden perusta. Mekaniikka käsittää koneen rungon, laakerit, työkalut, liukujohteet, voimansiirron ja geometrian. Koneiden mekaaninen kehitys on hidasta ja uusimmat työstökoneet eroavat hyvin vähän jopa vuosia vanhemmista työstökoneista. Mekaniikan kestävyys on automaatti työstökoneissa lujilla, sillä sarjavalmistus käytössä koneet saattavat käydä ympäri vuorokauden. Nykyaikaisten työstökoneiden liikkeet, etenkin pikaliikkeet ovat erittäin nopeita, joka taas asettaa esimerkiksi voitelujärjestelmälle vaatimuksia. Voitelujärjestelmän pienikin vika saattaa aiheuttaa nopeasti koneeseen erittäin kalliin mekaanisten osien vikaantumisen. /1/

4.2.1 Johteet

Johteet ovat kiskot joilla esim. teräkelkka, siirtopylkkä ja esim tukilaakeri kulkevat, niiden on oltava ehdottoman suorita ja välyksettömiä, jotta työstökone olisi tarkka. Johteissa ensiarvoisen tärkeää on tehokas voitelu ja lastujen kulkeutumisen estäminen kelkan ja johteiden väliin. /1, s.162/



Kuva 4. Johteiden päällä oleva teräkelkka, kelkasta puuttuvat johteiden pyyhkijät sekä kelkan kiristyskiila, kuvassa keskellä jousimainen kuulamutteriruuvin suojus.

4.2.2 Voimansiirto

Jo pelkästään voimansiirtoja on koneen mekaniikassa erilaisia. Esimerkiksi aikaisemmin koneiden karan voimansiirto saattoi olla toteutettu kiilahihnoin. Paremman tarkkuuden takaamiseksi uusimmissa työstökoneissa, jopa kara on toteutettu suoralla välityksellä. Uusinta tekniikkaa on karamoottorinakin käytetyt, suurta holkkia muistuttavat ns. vääntömoottorit, joiden läpi sorvin karaputki asennetaan.

Yleisin tapa tarkan lineaarisen liikkeen toteuttamiseen on kuulamutteriruuvi, josta on olemassa erilaisia variaatioita. Servo-moottorilta saatava voima välitetään kuularuuviin tai -mutteriin voimansiirron avulla.

Liikkeet voidaan toteuttaa myös lineaarimoottoreiden avulla, joissa servolta tuleva voima ei ole pyörivää, vaan jo valmiiksi lineaarista.

4.2.3 Pyörivät liikkeet

Sorvissa pyörivä liike on kara, perussorveissa karaa ei pidetä liikkeenä jos kara ainoastaan pyörii. Nykyaikaisissa sorveissa kara saadaan muutettua C-akseliksi, jolloin kara voidaan paikoittaa tiettyyn asentoon. Ilman C-akselia NC-sorvilla ei pysty tekemään esimerkiksi kierrettä. Kierteytys vaatii siis vähintään kolme akselisen sorvin. Karan moottori on ison servo ja sen ottoteho on esimerkiksi tässä kyseisessä sorvissa, joka voidaan luokitella vielä melko pieneksi sorviksi, 10/15kW.

4.3 Hydrauliikka

Hydrauliikka näyttelee yleensä työstökoneissa myös melko isoa roolia. Hydrauliikalla ei yleensä toteuteta varsinaisia tarkkuusliikkeitä, tosin sekin on nykyään mahdollista, vaan hydrauliikka toimii apuna työstökoneen toiminnoissa. Kärkisorvissa Hydrauliikalla on toteutettu yleensä esimerkiksi kappaleeseen tarttumisen (kara ja siirtopylkkä). Joissain työstökeskuksissa hydrauliikan tehtävänä saattaa olla jonkun raskaan tarkkuusliikkeen avustaminen. Työstökoneiden hydrauliikan käytössä olevat paineet ovat melko matalia, kymmenestä baarista alle sataan baariin.

4.4 Servomoottorit

Servomoottorit ovat moottoreita jotka liikuttavat työstökoneet työstöliikkeitä ja joissain tapauksissa myös muita toimintoja, esimerkiksi karaa pyörittävä moottori on myös servomoottori. Servomoottorilla pystytään tekemään olemattoman pieniä liikkeitä, jota kuvaa hyvin nc-työstökoneiden työstötarkkuus, joka on vähintään millin sadasosia. Servomoottoreiden rakenne muistuttaa suuresti tavallisia oikosulkumoottoreita, silti servomoottorit ovat joka suhteessa tavallista moottoria kehittyneempiä. Suurimmat erot kuitenkin oikosulku- ja servomoottorin välillä muodostavat moottoreiden ohjaus, sillä servo itsessään ei ole juuri mitään, vaan se vaatii toimiakseen servo-ohjaimen.

4.5 Voitelu

Johteiden ja joidenkin laakerien voitelu on järjestetty keskusvoitelujärjestelmällä, jossa keskusvoitelupumppu muodostaa öljyputkistoon paineen, joka jaetaan jakotukilla eri kohteisiin. Jakotukilla haarautuville putkille saadaan määriteltyä tarvittava öljymäärä kuhunkin kohteeseen annostelijan avulla. Keskusvoitelujärjestelmää käytetään pääasiassa johteiden voiteluun, paremmissa koneissa myös kuulamutteriruuvien päätylaakeroinnin voiteluun. Sorvin johteiden kestävyydelle on erittäin tärkeää tehokas ja toimiva voitelujärjestelmä.

4.6 Anturointi

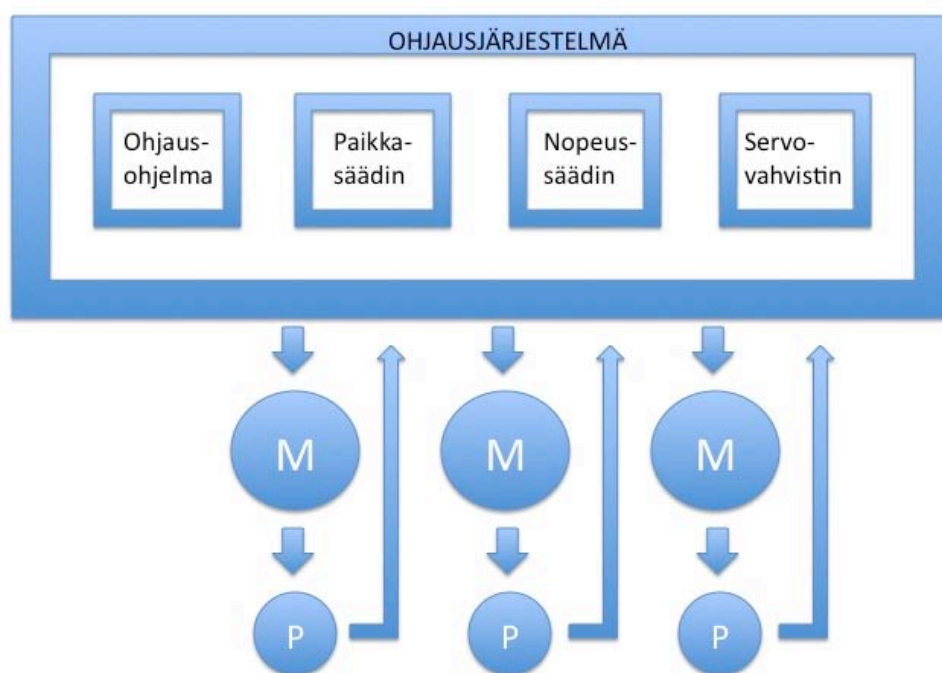
Anturoinnin tarkoituksena on välittää tietoa koneen toiminnoista ja toimintojen toteutumisesta ohjausjärjestelmälle. Työstökoneen toiminnan kannalta tietyt anturit ovat elintärkeitä, osa antureita varmistavat kokeen luotettavaa toimintaa. Antureita työstökoneessa on esimerkiksi lineaariliikkeiden päätyrajat, kyseiset rajat voidaan toteuttaa myös ohjelmallisesti. Antureiksi voidaan lukea myös, tässä tapauksessa servomootoreista löytyvät, servon takaisinkytkentään liittyvät pulssi- tai absoluuttianturit. Edellä mainitun lineaariliikkeen päätyrajan toteuttamiseen tarvitaan siis joka tapauksessa jotain antureja, ja voidaankin todeta, ettei työstökone toimisi ilman antureita.

Eri tyyppisiä antureita on koneessa monenlaisia, usein miten käytettyjä antureita ovat mm. induktiiviset anturit, pulssianturit, absoluuttianturit ja mikrokytkimet. Anturit ovat siis myös toimintansa ja antamansa informaation kannalta hyvin erilaisia, yksinkertaisimmasta on-off tiedon antavasta mikrokytkimestä tarkkaan ja monimutkaiseen absoluuttianturiin.

4.7 Ohjaus

Ohjauksella tarkoitetaan työstökoneen ”aivoja”, sen tarkoitus on ohjata kaikkea koneen toimintaan liittyvää. Ohjaus saa tietoa kentältä antureiden välityksellä ja ohjaa koneen toimintoja ohjelman haluamalla tavalla. Ohjaus ohjaa servomootoreita servovahvistimien välityksellä muuttamalla ohjelmaa servojen liikkeiksi ja se voi käsi-

tellä anturitietoja tai niitä voidaan käsitellä erillisen ohjelmoitavan logiikan avulla. Ohjaus muodostaa liikeohjaimessa servoille haluttu ohjaustiedon, joka syötetään servovahvistimelle servon liikkeestä kertovana tietona. Servon kulloisestakin paikasta tietoa antaa pulssianturilta tuleva takaisinkytkentä, joka syöttää paikkatietoa servovahvistimelle. Servovahvistin vertailee liikeohjetta ja todellista paikkatietoa ja muodostaa näin servon ohjauksen. Ohjauksessa määritellään myös työstökoneen konekohtaiset asetukset eli parametrit.



Kaaviossa on kuvattu ohjausjärjestelmän kytkentä esimerkki. P-kirjaimella merkityt pallot tarkoittavat pulssiantureita ja M-kirjaimella merkityt moottoreita. Nuolet kuvaavat signaalien kytkentöjä servo-ohjaimessa. Kyseisen sorvin uudessa ohjaimessa yksi laite sisältää kaiken kuten kuvassa.

4.8 Lastujen poisto

Sorvatessa lastuja syntyy paljon ja ne on poistettava koneen sisältä, lastujen poisto hoidetaan lastukuljettimella joka on osittain koneen sisällä. Latukuljetin siirtää usein lastuja liukuhihnalla, lastukuljettimia on myös olemassa esimerkiksi magneetilla toimivia, missä lastut eivät pääse lainkaan tunkeutumaan kuljettimen koneistoon.

Työstökoneen työstöarvoihin vaikuttaa tehokkuuden ja halutun pinnanlaadun saavuttamiseksi myös se, että lastuista pyritään saamaan mahdollisimman helposti siirrettäviä. Pienet lastumuruset on helppo kuljettaa pois koneen sisältä, kun taas pitkät ja sitkeät lastukiehkurat takertuvat työkaluihin ja kappaleeseen.

Työstökoneen sisällä lastujen pääseminen koneen herkkiin osiin on estetty erilaisilla kansilla ja suojilla jotka voivat yhtä hyvin muistuttaa rullaverhoa kuin haitarimaista metallisuojaa. Johteiden pinnalta lastut poistetaan kumisilla ”pyyhkiöillä” jotka estävät lastuja pääsemästä liukupintojen väliin.

5 TOTEUTUS

5.1 Kohteena oleva sorvi

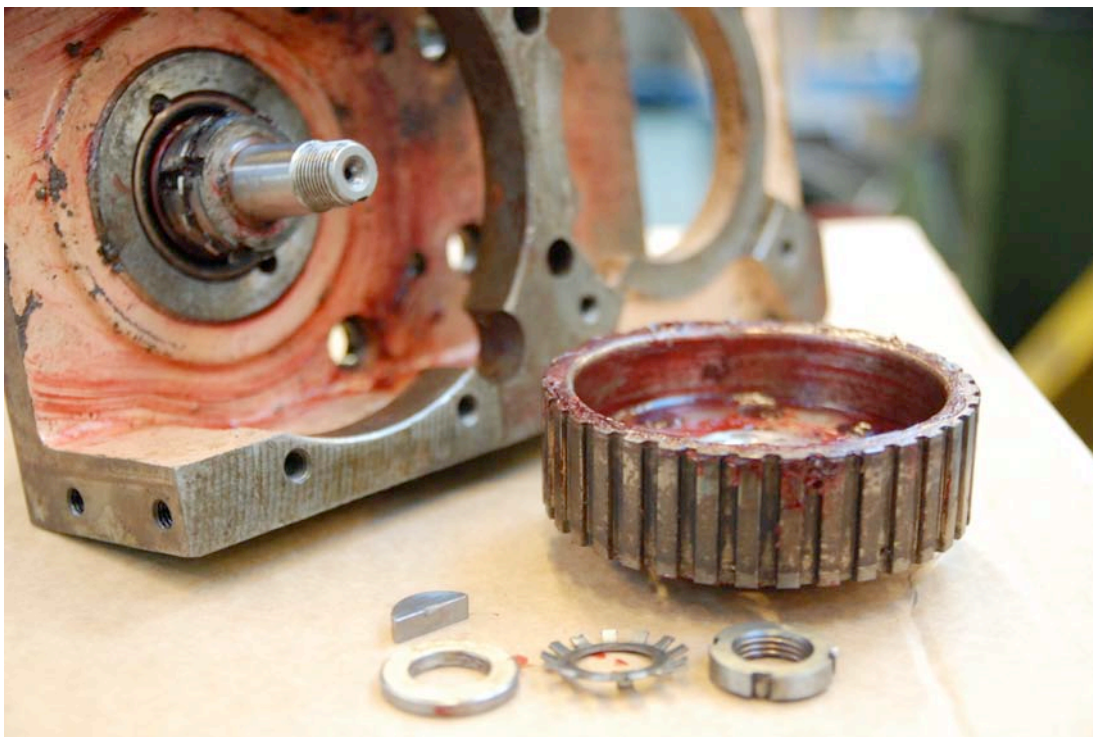
Työn kohteena oli Mori Seiki merkinen japanilainen vinojohteinen kärkisorvi. Kone on alun perin valmistettu 1983, mutta kyseistä mallia on tehty jo vuodesta 1979 alkaen. Sorvin malli on SL-3 h, jonka alkuperäinen ohjaus on Fanuc xxx. Kyseisen sorvin runko on tukeva ja luja. Mekaaniset toteutukset ovat hyvin suunniteltu, joten kone soveltuu hyvin modernisoinnin kohteeksi.

Kone on seissyt varastossa noin vuoden, mutta ollut sitä ennen tuotantokäytössä. Nykyinen omistaja on pitänyt konetta kylmässä varastossa, mutta kone oli hyvässä kunnossa varastoinnin jäljiltä.

5.2 Purkutyöt

Kone purettiin aluksi täysin luurangoksi, eli sähkökaapit tyhjennettiin, vanhat johdotukset purettiin kaikki pois, sähkökaapeista kaksi otettiin kokonaan pois, koko mekaniikan osat avattiin ja tarkastettiin. Koska vanhasta sähköjärjestelmästä ei ollut tarkoitus säästää mitään johdotuksia, ne kaikki poistettiin ja jäljelle jätettiin vain muutamia johtoja pahimpiin paikkoihin helpottamaan uusien johtojen asentamista. Ko-

neen kaikki vanhat hydraulikkaletkut olivat erittäin huonokuntoisia, joten ne poistettiin ja säästettiin malliksi uusille letkuille.



Kuva 5. Poikittaisliikkeen kuulamutteriruuvin pääty ja siitä irrotettu vanha hammashihna voimansiirto.

5.3 Uudet mekaaniset osat

Koneen uusien servojen ja niiden sovittamiseen suunniteltiin monenlaisia sovitteita. Sovitteiden suunnittelussa vastaan tuli tiettyjä haasteita, ja huomioon otettavia asioita. Liitteissä 1-8 on piirustukset suunnitelluista osista.

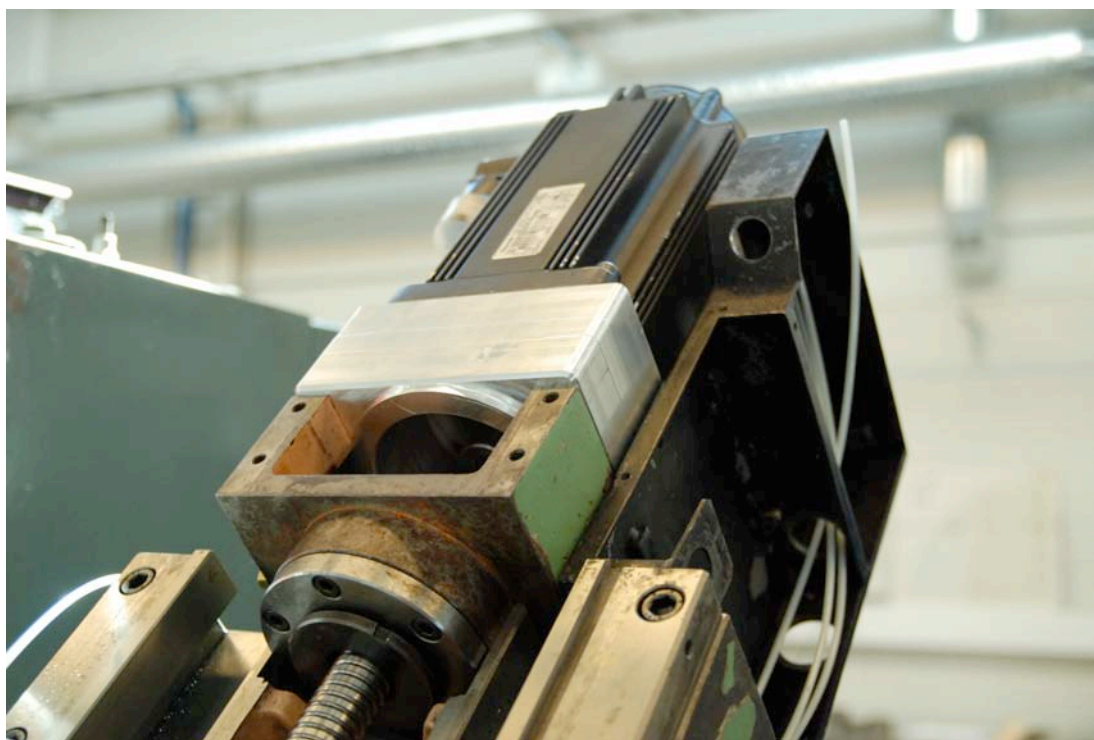
5.3.1 Lineaariset liikkeet

Lineaaristen liikkeiden servomootorilta tuleva pyörivä liike täytyy siirtää kuulamutteriruuvin päähän. Alun perin servon ja ruuvien välissä oli hammashihnalla tai hammasrattailla toteutettu välitys. Paremman tarkkuuden saavuttamiseksi voimansiirrosta haluttiin saada suora, eli akseleiden päät liitetään suoraan toisiinsa. Eräs huomioon

otettava seikka tässä on, että ruuvin päätylaakeri on heti akselisovitteen takana eikä laakeriin saa johtua servomoottorista liikaa lämpöä.

Lineaariliikkeiden voimansiirto toteutettiin W+R Coupling Technology:in joustavilla kokonaan metallisella haitarikytkimillä, joiden ominaisuudet esimerkiksi lämmönjohtavuuden kannalta on suunniteltu servo-akseli liitoksiin. Kytkimen toinen pää kiinnittyy servon ja toinen pää kuulamutteriruuviin. Kytkin ei ole purettava, vaan se on yhtenäinen osa, joten huomioon on otettu myös sen kiristäminen akseleille servon asentamisen jälkeen. Kytkin kiinnitetään akseleille ruuvilla kiristettävällä puristusliitoksella.

Servon kiinnitys paikoilleen hoidettiin alumiinisilla korotuslevyillä, jotka keskittävät servoin aksiaalisesti samaan linjaan kuularuuvien akseleiden suuntaisesti. Materiaaliksi on valittu alumiini, koska poikittaisliikkeen servo on pitkittäiskelkassa kiinni ja kelkasta pyritään minimoimaan kaikki ylimääräinen massa. Poikittaisliikkeen servon laippasovite on melko paksusta levystä tehty, joten vastaava teräksinen olisi aiheuttanut kelkkaan huomattavan massan. Sovitteet valmisti Länsi-suomen Special Motors Ky.



Kuva 6. Poikittaisliikkeen servo kiinnitettyä paikoilleen uudella alumiinisella sovituspallalla. Kuvassa näkyvät valkoiset nylon-putket ovat keskusvoitelun letkuja.

5.3.2 Pyörivät liikkeet

Vanha päämoottori oli jaloilla seisova servomoottori, jonka akselilla oli kiilahihnapyörä. Uusi moottori on päätylaippa kiinnityksellä oleva servo moottori. Uusi moottori haluttiin asentaa samaan kiristyskelkan päälle kuin vanha moottori.

Uusi päämoottori, eli karamoottori sovitettiin paikoilleen teräksisen pukin avulla. Pukki mahdollistaa päätylaippa kiinnitteisen servomoottorin kiinnittämisen vaakasentoon sorvin rungon pohjalle. Pukki kiinnitettiin vanhan moottorin paikalle alkuperäisen hihnakiristys mekanismin päälle pulteilla, jolloin vanha toimiva mekanismi saatiin hyödynnettyä.

Voimansiirto servolta vaihdelaatikkoon on toteutettu alkuperäisen tyyppisellä neljällä 3V tyyppin kiilahihnalla. Alkuperäinen kiilahihnapyörä ei soveltunut käytettäväksi ja sopivia ei valmiina löytynyt, joten kiilahihna pyörä jouduttiin myös suunnittelemaan ja valmistamaan. Uuden pääservon kiilahihnapyörän valmisti myös Länsi-suomen Special Motors Ky.

Vaihdelaatikosta eteenpäin voimansiirto säilyi alkuperäisenä, se on toteutettu 5V tyyppin kiilahihnoilla. Hihnoja vaihdelaatikon ja karan välissä on viisi kappaletta. Kiristys säilyi alkuperäisenä, ja se on hoidettu kiristyspyörän avulla.

5.4 Sähköistyksen uudistukset

Sorvin vanha sähköjärjestelmä toimi 110vac verkossa, joten melkein kaikki sen vanhat moottorit olivat sopimattomia uudelle käyttäjännitteelle. Koko sorvissa erilaisia sähkömoottoreita on melkoinen määrä, leikkuunestepumpun moottori, hydrauliiikkapumpun moottori, keskusvoitelujärjestelmän moottori, päävaihteiston voitelupumpun moottori, revolverin moottori ja lastukuljettimen moottori. Ainoastaan leikkuunestepumpun moottori oli soveltuva 380vac pääjännitteelle. Hydrauliikkapumpun ja kuljettimen moottorit vaihdettiin uusiin vastaaviin ja muut otettiin käyttöön muuntajan

avulla. Koko sähköjärjestelmän johdotukset , liittimet ja kontaktorit vaihdettiin uusiin, vastaamaan työstökoneen uusia tarpeita.

5.5 Mekaaniset korjaustyöt

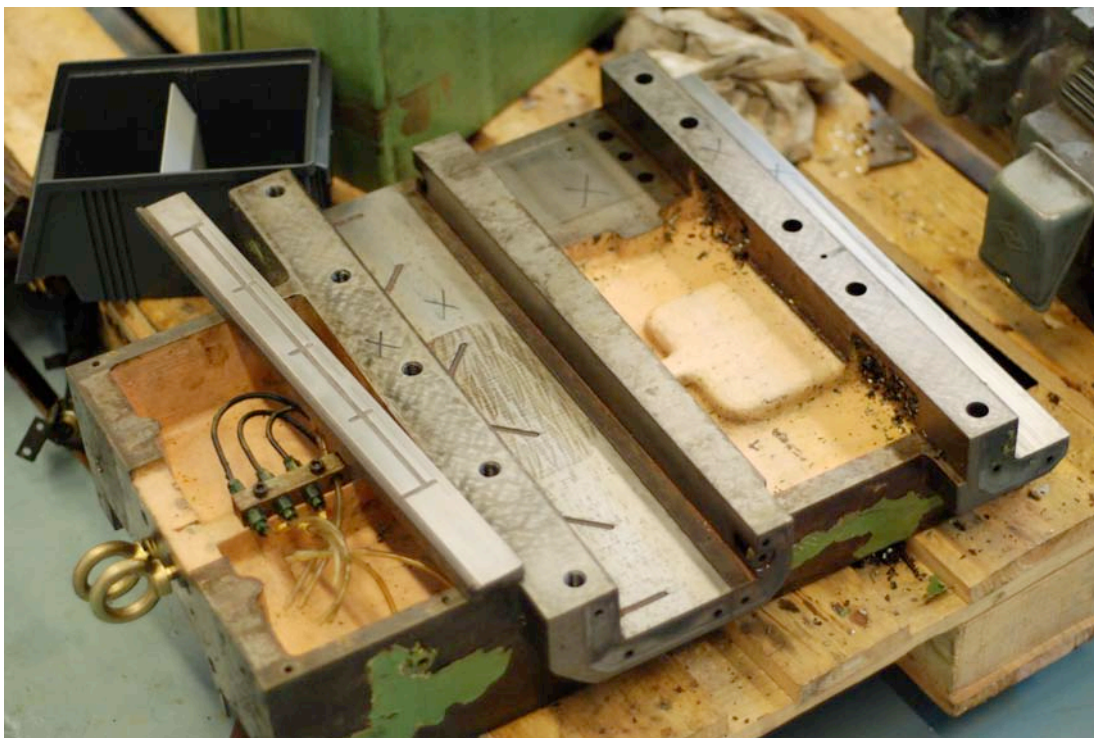
Purkamisen yhteydessä anhat mekaaniset osat tarkastettiin ja niistä korjattiin kaikki löydettyt viat. Sorvista löytyi pari ongelmakohtaa jotka oli korjattava ennen uudelleen asennusta.

5.5.1 Pitkittäiskelkka

Pitkittäiskelkan liukupinnat olivat vaurioituneet ja kuluneet. Varsinaiset pitkittäisjohteet ovat kovempaa materiaalia kuin kelkka, ja johteet itsessään olivat kelvollisessa kunnossa. Syynä kelkan kulumiselle on luultavasti ollut johdevoitelun tukkeutuminen tai vajaatoiminta.

Kelkka toimitettiin hiottavaksi Vammalan Teollisuus Palveluun. Kelkasta hiottiin 0.12mm pois viideltä yhdensuuntaisesta pinnasta. Tärkeää tässä oli se, että jokaisesta pinnasta hiottiin yhtä paljon materiaalia pois. Koska kelkka laskeutui johteilla 0.12mm alaspäin, täytyy yhtä paljon hioa myös pintaa johon kuulamutteri kiinnittyy.

Hionnan jälkeen kelkan ja johteiden yhteensopivuus tarkastettiin sinivärin avulla ja kelkkaa oikaistiin tarpeen mukaan käsin tehtävällä kaavauksella. Lopuksi samojen pintojen oikeanlaiset kosketukset korjattiin myös kaavaamalla. Kosketukset tarkistettiin myös poikittaisliikkeestä.



Kuva 7. Pitkittäisliikkeen kelkka ennen hiontaa, kuvan keskellä huonosti tehty kaavaus. Hiojaa varten x-kirjaimin merkitty työstettävät pinnat.



Kuva 8. Pitkittäisliikkeen kelkan ja johteiden välinen kosketus oikaistiin käsin kaa-vaamalla hionnan jälkeen.

5.5.2 Pitkittäisliikkeen ruuvi

Pitkittäisliikkeen kuulamutteriruvista löytyi 2/100mm päittäisvällys. Kuulamutterissa oleva vällys on suoraan pois työstökoneen tarkkuudesta. Litemaster tarkasti ja huolsi kuulamutteriruvuin.

5.5.3 Laakerit

Kuulamutteriruvut on laakeroitu kyseisessä sorvissa vain toisesta päästään ja mutteri kannattaa toista päätä. Päätylaakeroinnit uusittiin molempiin ruuveihin. Poikittaisliikkeen ruuvien päätylaakeroinnista löytyi vääränlaiset laakerit, mikä aiheutti todella ison vällyksen poikittaisliikkeeseen.



Kuva 9. Poikittaisliikkeen kuulamutteriruvuin päätylaakerin irroitus.

Ruuvien päätylaakerointi koostuu sovitetusta laakeriparista, joissa laakereiden välystä ei voida säätää, vaan kun laakerit ovat kiristetty paikoilleen oikein, ne ovat välysettömiä.

5.5.4 Työkalurevolveri

Työkalurevolverilla tarkoitetaan kehää, jossa sorvin terät ovat kiinni, kehää kääntämällä saadaan haluttu terä käyttöön. Työkalurevolveri purettiin täysin, tarkastettiin, puhdistettiin ja kaikki o-rengastiivisteet vaihdettiin uusiin. Revolverin sisäiset tiivisteet ovat tärkeitä, sillä revolverin työkalunvaihtoa käyttää pieni sähkömoottori. Revolverin ulostyöntyminen on toteutettu hydraulikalla ja koko revolverin ja hydraulikkasynterin läpi kulkee lastuamismeste suoraan työkaluille.



Kuva 10. Revolverin akseli suoruustarkastelussa.

5.6 Ohjaus

Päätöksen ohjauksen ja servomoottorien valinnalle on tehnyt Litemaster Oy. Kaikki komponentit on Litemasterin edustaman Bosch Rexroth:in valmistamia. Ojaus yksiköksi on valittu vasta kehitysasteella oleva Bosch Rexroth:in prototyyppi ohjaus. Valitussa ohjauksessa on samojen kuorien sisällä kaikki tarvittava mm. liikeohjain, servovahvistimet, ohjelmoitava logiikka yms. Paketissa on valmiudet ohjata neljää erillistä akselia. Tässä sovelluksessa jää reserviin neljännen akselin mahdollisuus. Kyseistä yksikköä voidaan soveltaa esimerkiksi sekä sorvi, että jyrsin käyttöön, mikä tapahtuu käyttöpaneelia vaihtamalla. Kyseistä ohjausta on tällä hetkellä Euroopassa vain kaksi kappaletta, edustajan mukaan toinen on Espanjassa ja toinen tämän projektin ohjaus.

6 YHTEENVETO

Kyseinen projekti on kaiken kaikkiaan ollut todella mielenkiintoinen työ, etenkin sen sisältämän teknisen laajuuden ja monipuolisuuden vuoksi. Mielestäni aihe sopii lopputyöksi hyvin, sillä se sisältää teorian lisäksi myös käytäntöä. Erityisen hienona pidän, opiskelijana, mahdollisuutta omatoimiseen projektiin, jonka toteutuksesta ja suunnittelusta olen saanut olla myös itse isossa vastuussa. Tietysti työn taustavoimat ovat toimineet vahvasti Litemaster Oy, Tero Opas ja toteutusta on ollut konsultoimassa myös Litemasterin asentaja Janne Vehviläinen. Varsinaista sorvia on rakennettu Satakunnan Ammattikorkeakoulun tiloissa porissa. Sorvin valmistuttua se siirretään Noormarkkuun Länsisuomen Special Motors Ky:n tiloihin.

Aikataulun osalta olin liian optimistinen, sillä työ viivästyi melko paljon erinäisten syiden summautuessa. Työ viivästyminen vaikuttivat mm. oma tietämättömyyteni, matkalla vastaan tulleet ylimääräiset ongelmat ja uusien osien sekä tarvikkeiden toimitusajat. Tietysti muilla työhön osallistuneilla osapuolilla on omat kiireensä ja työnsä, jotka myös ovat vaikuttaneet työn etenemiseen. Alkuperäisenä suunnitelmana oli

saada myös koko sorvin modernisointi kaikilta osin valmiiksi. Harmillista on, että se jäi haaveeksi, sillä liitteisiin olisi ollut hieno lisätä myös esimerkiksi valmiin koneen mittapöytäkirjat. Koneen rakentaminen on vielä kesken, mekaanisesti se on jo käytännössä valmis.

Tämä projekti on ollut minulle erittäin opettavainen, sillä entuudestaan olen ollut tekemisissä työstökoneiden huollon ja kunnostustöiden kanssa, mutta nyt tunnen ainakin kyseisen sorvin läpikotaisin. Täytyy tietysti muistaa, että erilaisia koneita maailmassa on tuhansia, ja tämä vain yksi niistä. Lisäksi on hyvä muistaa myös, että kyseinen sorvi on vanha ja tietysti mekaanisen kehityksen hitaudesta huolimatta toki 30 vuodessa työstökoneissa on tapahtunut valtavaa kehitystä. Niin kuin edelläkin on jo mainittu suurimmat työstökoneissa tapahtuneista muutoksista liittyvät niiden ohjaukseen ja sähkötekniisiin toteutuksiin.

Nykyaikaisissa työstökeskuksissa on käytössä laakeroidut johteet, mutta sorveissa on yleisesti edelleenkin käytössä liukujohteet. Syynä tähän ilmeisesti on, että sorvatessa johteiden rasitus suurempaa kuin jyrittäessä.

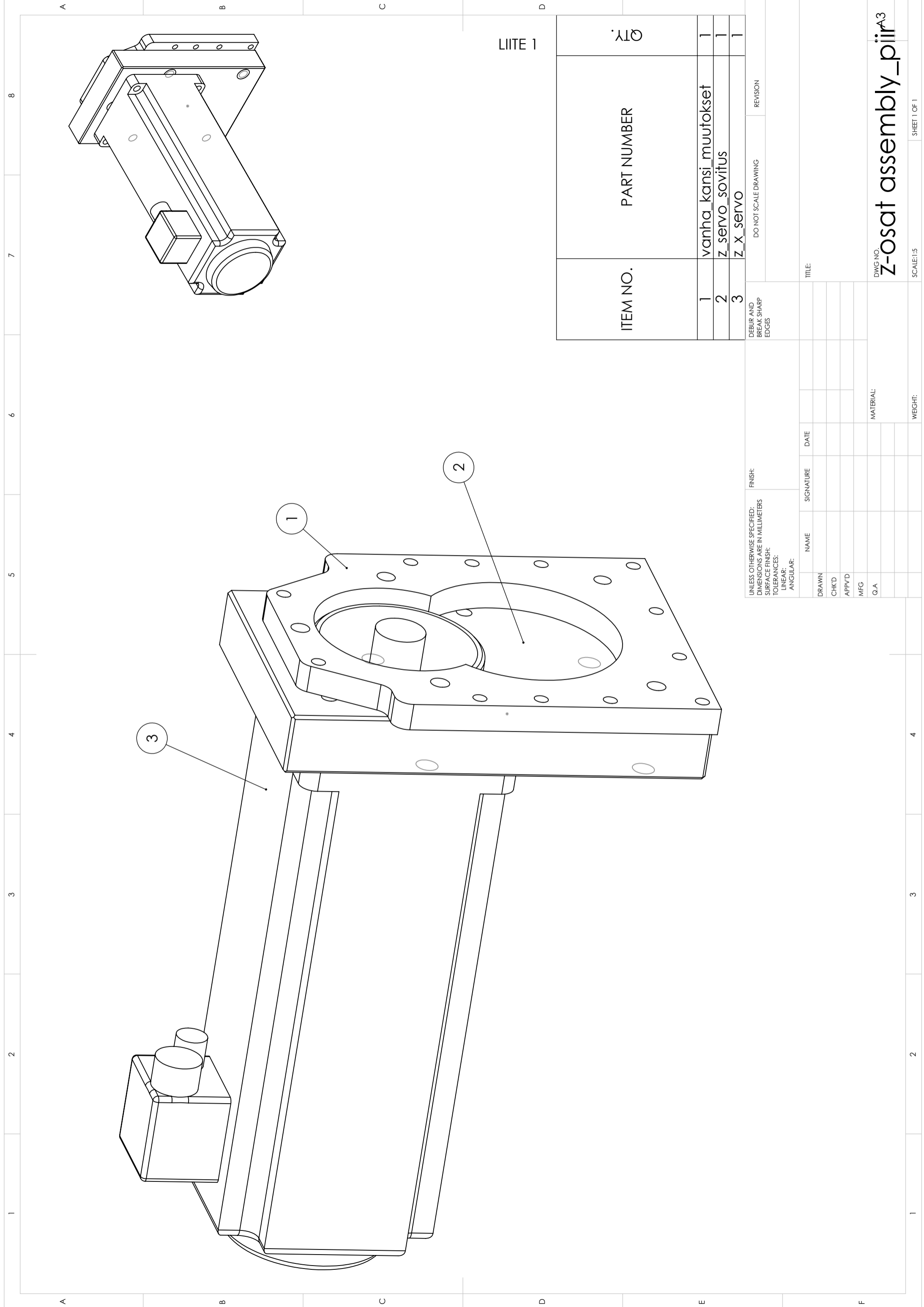
On mielenkiintoista nähdä millaiseksi työstökoneet tulevaisuudessa kehittyvät, nykyaikaisen kehityksen myötä saattaa olla odotettavissa erittäin mielenkiintoisia ratkaisuja. Ohjauksia ajatellen alkaa olla jo kaikki mahdollista, sillä esimerkiksi Bosch Rexrothin parhaassa ohjauksessa on mahdollisuus ohjata yli kuuttakymmentä servoakselia yhdenaikaisesti, jonka jo luulisi riittävän melko hienoihin sovelluksiin. Uusimmissa sovelluksissa hydrauliiikkapumppuja käyttää servomoottori, joka mahdollistaa halutun öljyn virtauksen ja paineen tuottamisen. Hydrauliikka on muiltakin osin kehittynyt viimeaikoina ja työstökoneiden liikkeiden toteuttaminen hydrauliikalla on jo jossakin määrin mahdollista. Saksalaisella Gildemeisterilla on Deskel Maho työstökeskuksissa on lineaarimoottorit jotka ovat periaatteessa rakennettu johteiden yhteyteen, eli koko kelkka kelluu magneettikentässä. Kyseisten työstökoneiden nopeus ja tarkkuus ovat erittäin korkealla tasolla. /8/

LÄHTEET

- 1: Ansaharju, T. Maaranen, K. Koneistus. Tampere, WSOY, 1997.
- 2: Ansaharju, T. Ilomäki, O. Maaranen, K. Työstötekniikka 1, WSOY
- 3: Aaromäki, M. Sihvonen, P. Valmistustekniikka, Gummerus Kirjapaino Oy, 1996
- 4: Vehviläinen, J. 2010. Koneasentaja Litemaster Oy. Pori. Haastattelu 29.4.2010. Haastattelijana Yrjö Nordling.
- 5: Opas, T. 2010. Toimitusjohtaja Litemaster Oy. Pori. Haastattelu 30.3.2010. Haastattelijana Yrjö Nordling
- 6: Konevalmistajan www-sivut [verkkosivut]. [Viitattu 3.5.2010]. Saatavissa:
http://www.doosan.com/en/services/machine_tools.page?WT.ac=MainMenu1
- 7: Konevalmistajan www-sivut [verkkosivut]. [Viitattu 3.5.2010]. Saatavissa: http://www.moriseiki.com/english/products/lathe/01/nl_index.html
- 8: Konevalmistajan www-sivut [verkkosivut]. [Viitattu 10.5.2010]. Saatavana:
[http://www.gildemeister.com/query/internet/v3/pdl.nsf/1938c1d4eff26897c1256dc00034cefd/\\$file/pm0uk09_hsc205575105linear.pdf](http://www.gildemeister.com/query/internet/v3/pdl.nsf/1938c1d4eff26897c1256dc00034cefd/$file/pm0uk09_hsc205575105linear.pdf)

LIITELUETTELO

- Liite 1 Pitkittäisliikkeen kokoonpano piirustus
- Liite 2 Pitkittäisliikkeen servomoottorin sovite
- Liite 3 Pitkittäisliikkeen servomoottorin kiinnikkeen muutokset
- Liite 4 Pitkittäisliikkeen servomoottorin kytkin
- Liite 5 Poikittäisliikkeen kokoonpanopiirustus
- Liite 6 Poikittäisliikkeen servomoottori sovite
- Liite 7 Päämoottorin moottoripukki
- Liite 8 Päämoottorin kiilahihnapyörä



LIITE 1

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	vanha_kansi_muutokset	1
2	Z_servo_sovitus	1
3	Z_X_servo	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:
 DO NOT SCALE DRAWING
 REVISION

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

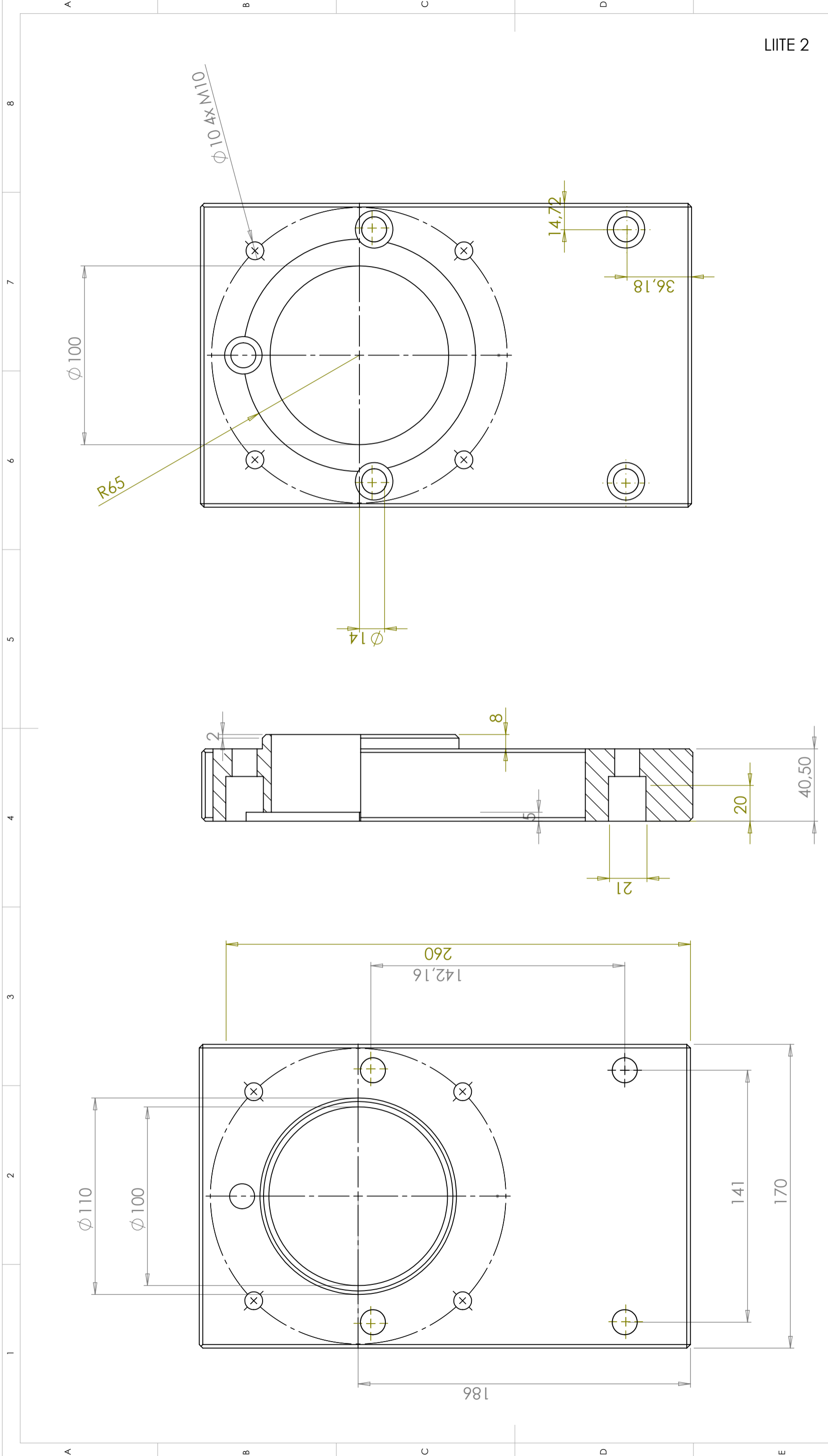
MATERIAL:

DWG NO. **Z-osat assembly_piiir^{A3}**

SCALE: 1:5

WEIGHT:

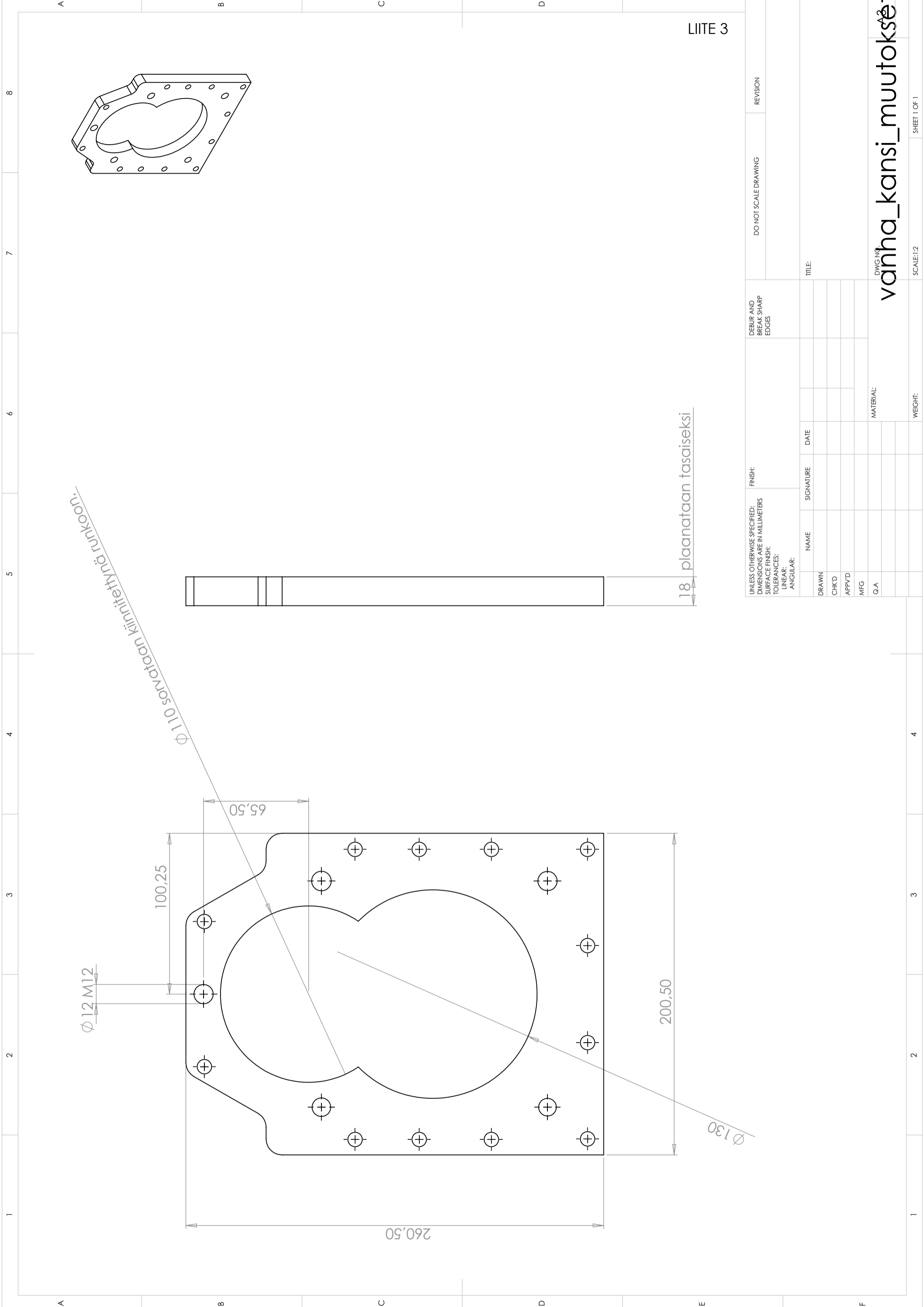
SHEET 1 OF 1



LIITE 2

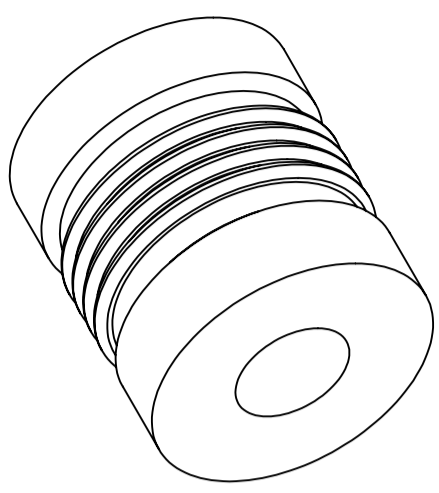
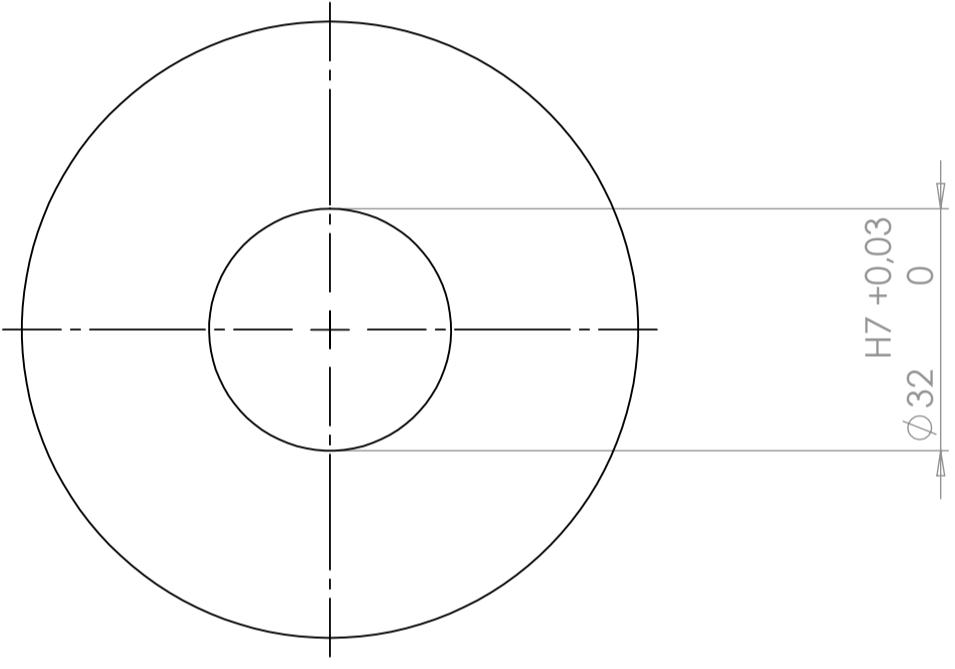
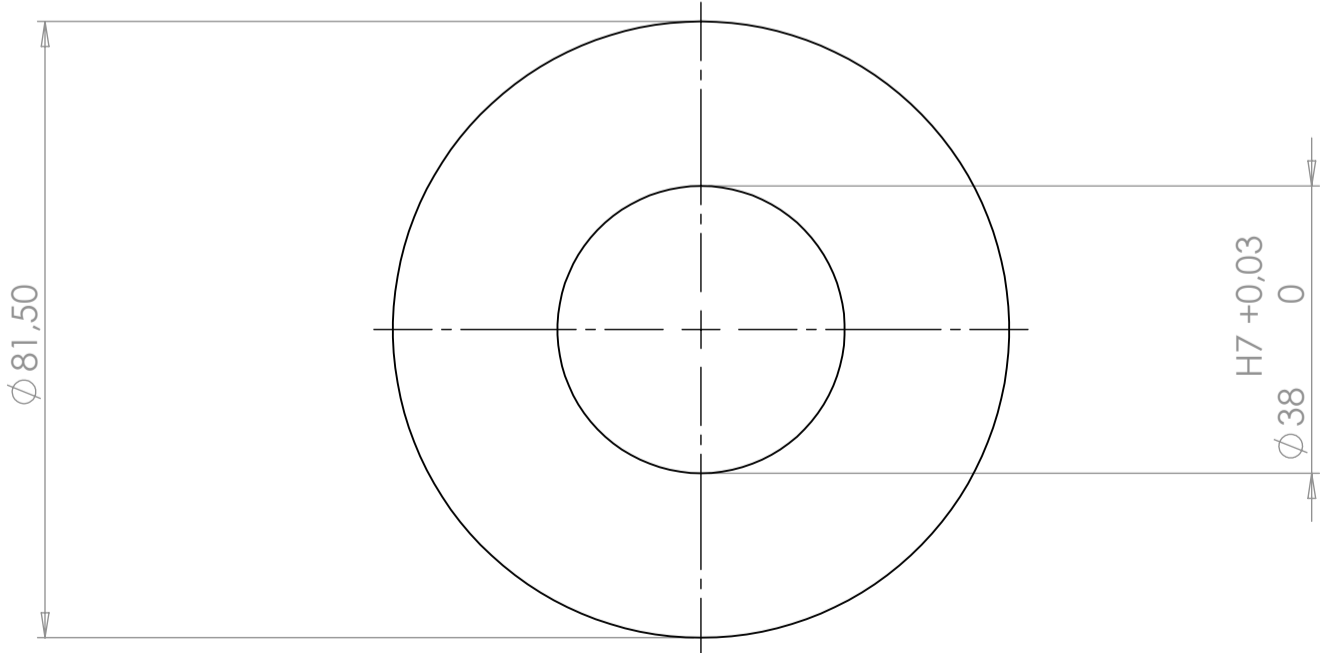
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:						
DRAWN									
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A			MATERIAL:						
						DWG NO.		A3	
						SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	

Z_servo_sovituspiir



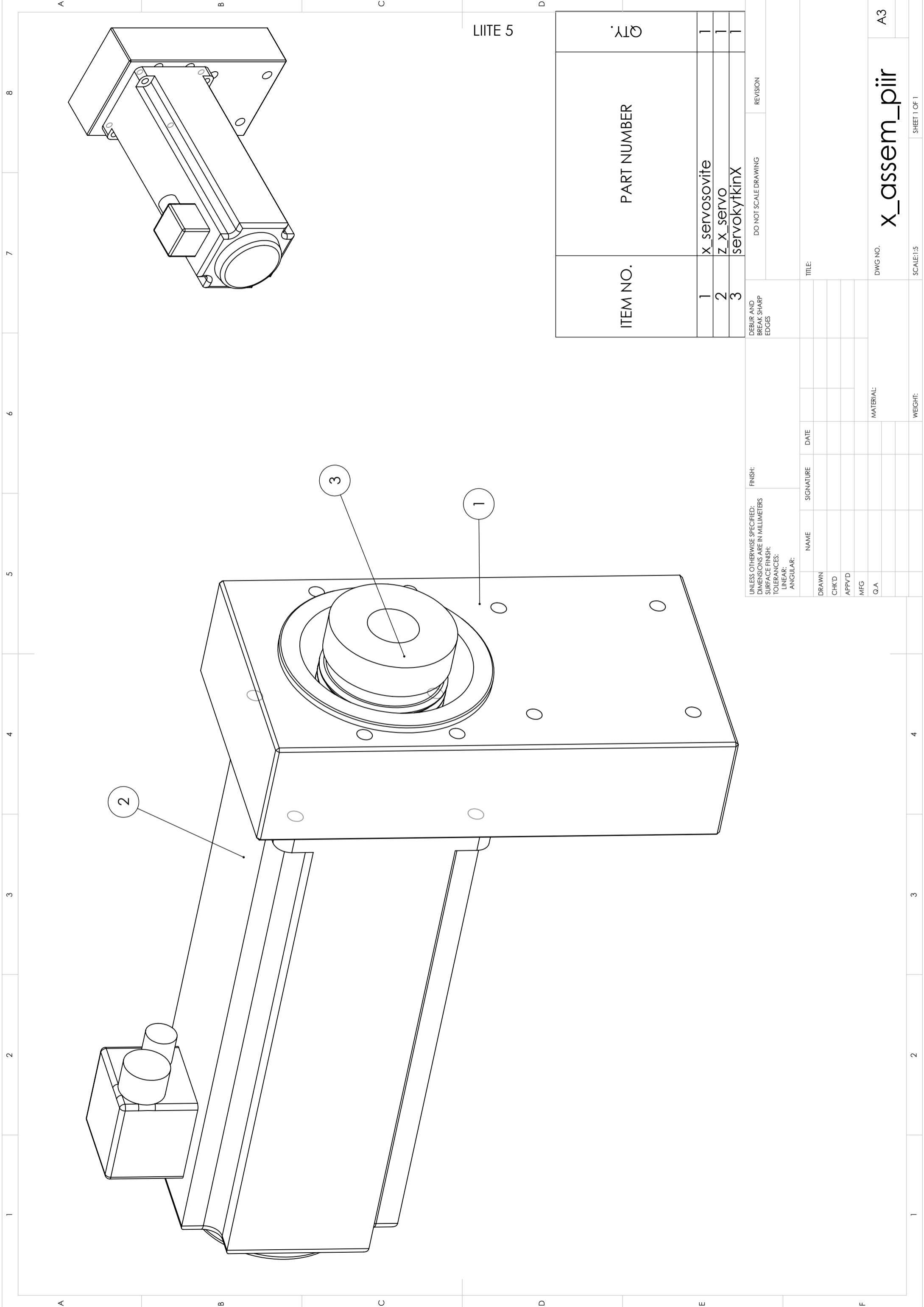
LIITE 3

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN									
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A									
MATERIAL:									
DWG No.									
vanha_kansi_muutokset									
SCALE:1:2								SHEET 1 OF 1	
WEIGHT:									



LIITE 4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:		TOLERANCES:		TITLE:					
LINEAR:		ANGULAR:		DRAWN		NAME		SIGNATURE	
				CHK'D		DATE			
				APPV'D					
				MFG					
				Q.A					
				MATERIAL:					
				DWG NO.		servokytkinZ		A3	
				SCALE:1:2		WEIGHT:		SHEET 1 OF 1	



LIITE 5

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	X_servosovite	1
2	Z_X_servo	1
3	servokytkinX	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:
 BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION	REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

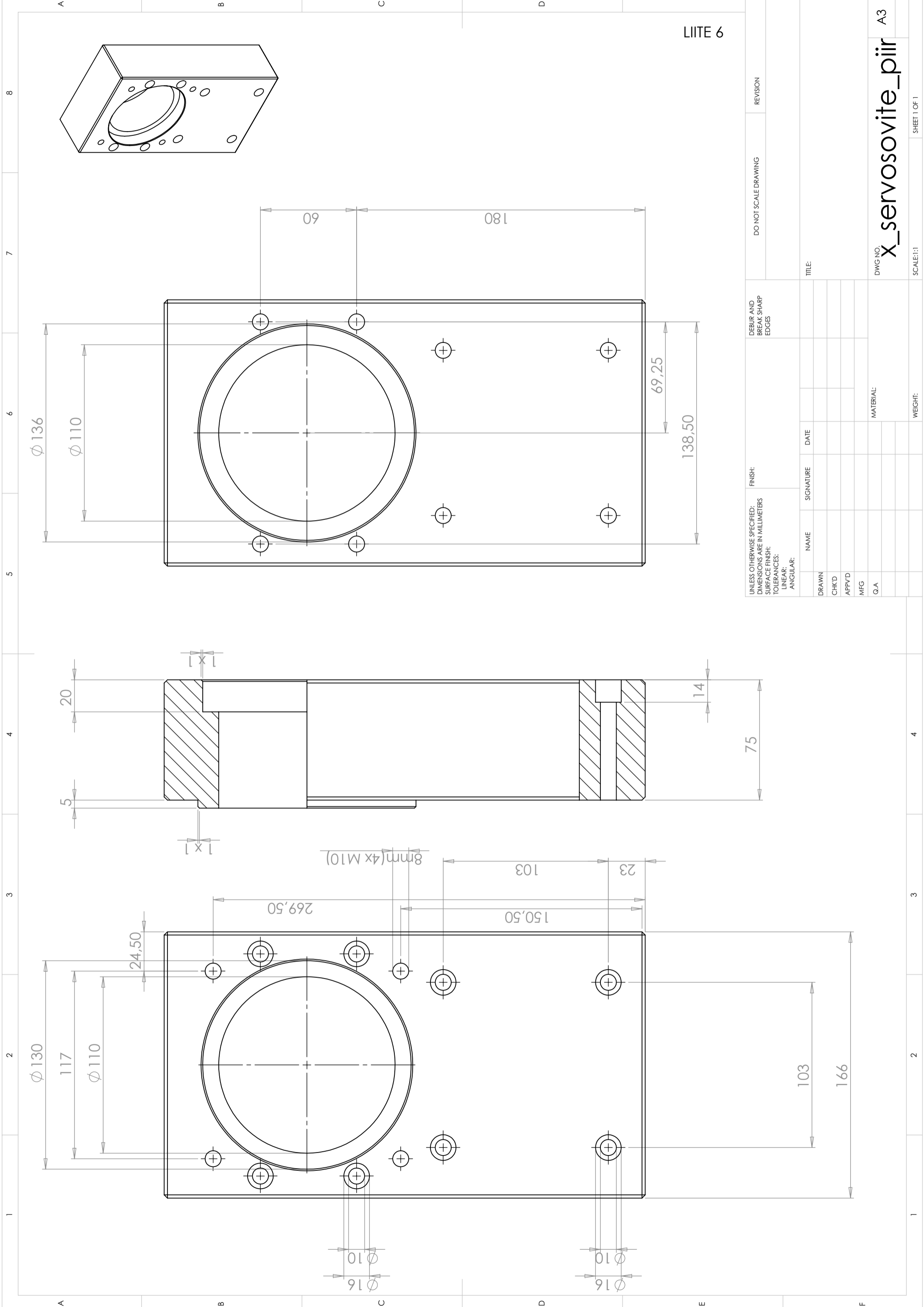
DWG NO. X_assem_piiir

SCALE: 1:5

WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

A3



LIITE 6

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

FINISH:

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

TITLE:

DATE

SIGNATURE

NAME

DRAWN

CHK'D

APPV'D

MFG

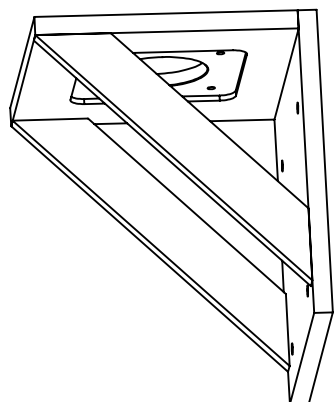
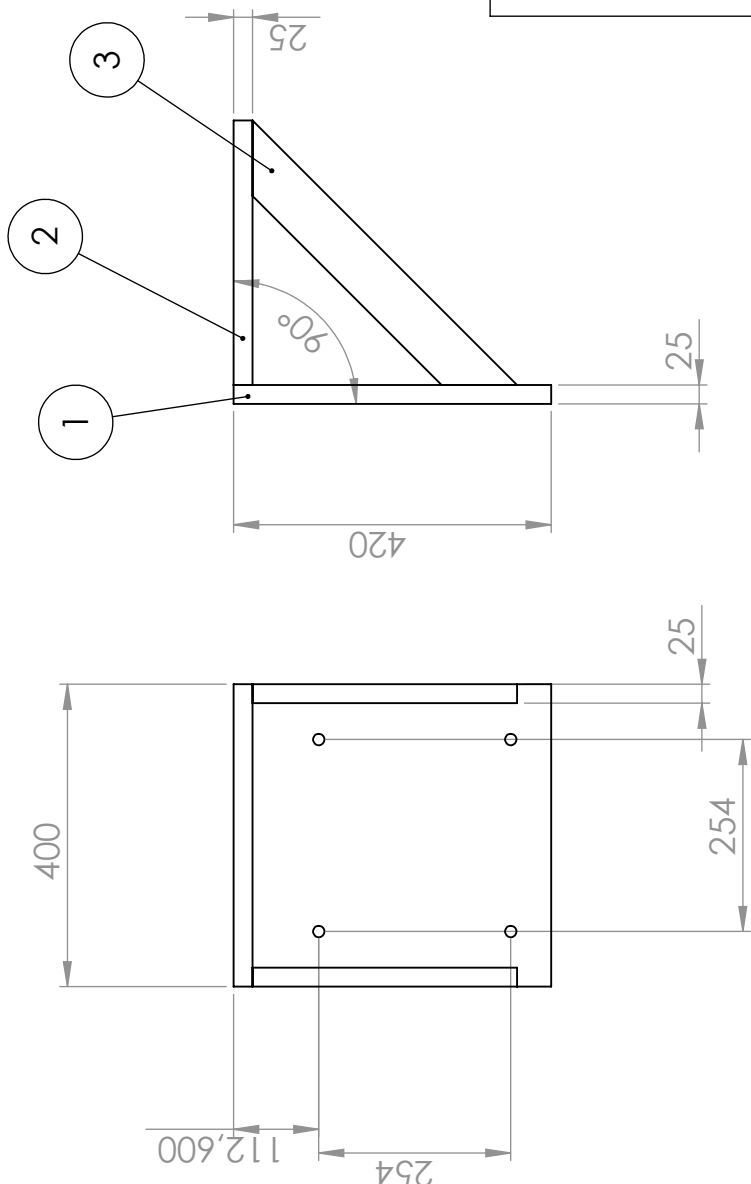
Q.A

DWG NO. X_servosovite_piiir A3

MATERIAL:

WEIGHT:

SHEET 1 OF 1



LIITE 7

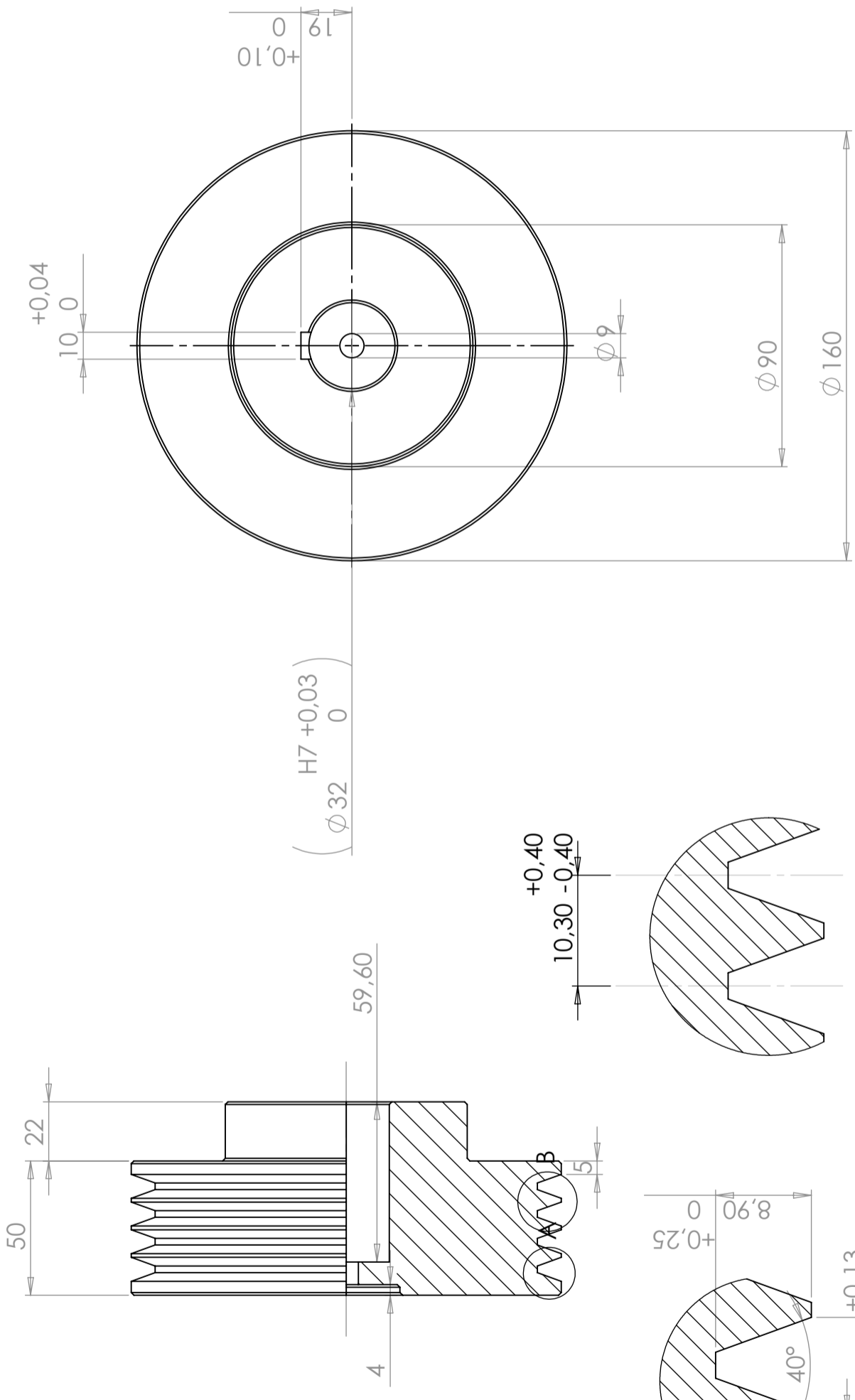
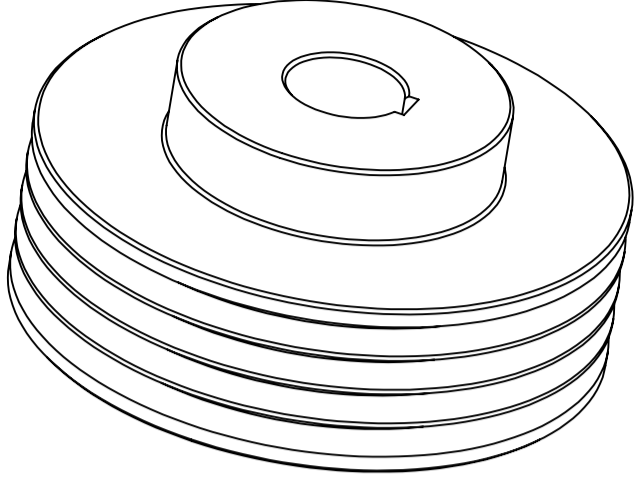
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	pohjalaippa	1
2	moottrilaiippa	1
3	tukireeva	2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE
DIMENSIONS ARE IN INCHES		
TOLERANCES:		
FRACTIONAL: ±		
ANGULAR: MACH: ± BEND ±		
TWO PLACE DECIMAL ±		
THREE PLACE DECIMAL ±		
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		
MATERIAL		
FINISH		
USED ON		
APPLICATION		
NEXT ASSY		
DO NOT SCALE DRAWING		

DRAWN	CHECKED	ENG APPR.	MFG APPR.	Q.A.	COMMENTS:
TITLE:					
SIZE DWG. NO. REV					
SCALE: 1:10 WEIGHT: SHEET 1 OF 1					

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

kolonpanopirustus



DETAIL B
SCALE 2 : 1

DETAIL A
SCALE 2 : 1

LIITE 8

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:		LINEAR:		ANGULAR:		NAME		SIGNATURE	
						DRAWN		DATE	
						CHK'D			
						APPV'D			
						MFG			
						Q.A			
						TITLE:			
						MATERIAL:			
						DWG NO.			
						SCALE:1:2			
						WEIGHT:			

paamoottori_hpyora_piir