

Tutkintotyö

Mikko Lauttanen

HYDRAULISEN VENTTIILIN AUTOMAATTINEN KOEAJOLAITTEISTO

Työn valvoja
Työn teettäjä

Yliopettaja Esko Kurki
Dynaset Oy, valvojana insinööri Timo Nieminen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka, tuotekehitys

Mikko Lauttanen	Hydraulisen venttiilin automaattinen koeajolaitteisto
Tutkintotyö	22 sivua + 11 kpl liitettä
Työn valvoja	Yliopettaja Esko Kurki
Työn teettäjä	Dynaset Oy, valvojana insinööri Timo Nieminen
Huhtikuu 2005	
Hakusanat:	hydrauliikka, automaattinen koeajo, hydrauliikkajärjestelmä

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkintotyönä tehdyn selvityksen avulla pyritään nopeuttamaan ja helpottamaan hydraulisen venttiilin koeajoa ja siten saamaan tuotannossa aikaan säästöjä sekä parantamaan koeajotyö mielekkyyttä. Työ sisältää hydraulisen koeajolaitteiston suunnittelun yhdelle venttiilityypille, josta on kolme eri kokovariaatiota.

Työssä käydään läpi nykyinen koeajotapa ja verrataan sitä kehitettyyn, uuteen vaihtoehtoon. Tässä selvitetään koeajolaitteiston hydrauliikkakaavion suunnittelu komponenttiluetteloineen, runkorakenteiden suunnittelun FEM- analyysineen ja toimintajärjestys myöhempää logiikan ohjelmointia varten. Työssä on pyritty edullisiin teknisiin ratkaisuihin ja ottamaan huomioon käyttäjän työergonomia. Lisäksi käydään läpi joitakin esimerkkejä työssä käytettyjen ratkaisuiden osalta, joista selviää, miksi kyseiseen ratkaisumalliin on päädytty.

Työssä ei käydä läpi koeajolaitteiston logiikan ohjelmointia ja liittämistä olemassa olevaan tiedonkeruulaitteistoon. Työssä ei esitellä laskelmia koeajolaitteiston kustannusarviosta eikä myöskään investoinnin kuulusajasta. Työ ei käsittele yleisesti hydraulistenventtiileiden koeajoa eikä ole siis yleispätevä ohje.

Työtä voidaan pitää onnistuneena, mikäli koeajolaitteisto päätetään valmistaa ja se helpottaa sekä nopeuttaa venttiilin koeajoa ja siten parantaa tuottavuutta sekä laatua.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering, Product Development

Mikko Lauttanen Hydraulic automatic experiment apparatus
Supervising Teacher Esko Kurki
Engineering Thesis 22 pages, 11 appendices
Commissioning Company Dynaset Oy, Nieminen Timo
April 2005
Keywords Hydraulics, automatic test, hydraulic system

ABSTRACT

The main object of this study is to make hydraulic valve's testing quicker and easier, and to make the testing work more sensible. The study includes designing a hydraulic testing apparatus for one valve type, with three size variations.

The present testing method is presented, and it is compared with the new alternative created in this study. Also examined are the planning of test device's hydraulic scheme with it's component list, the FEM-analysis of frame structure and the schedule for later programming of logics. The economical technical solutions and user ergonomics are targeted. Also some examples of methods used in this study are explained, as well as why the solution in question is chosen.

The programming of testing apparatus logistics and it's connection to existing information collecting device are not examined in this study. Neither does this study explain calculations of cost estimate of testing apparatus, and therefore neither calculations of investment's amortization time. This study is not conceiving testing of hydraulic valves in general, and therefore it is not a generally applicable instruction.

This study can be considered successful, if the testing apparatus will be manufactured, and it proves to make valve's testing easier and quicker, thus improving productivity and quality.

ALKUSANAT

Teollisuus tarvitsee monenlaisia laitteita testatakseen myytäviä tuotteita riittävän luotettavasti, jotta asiakas saisi laadukkaan ja toimivan tuotekokonaisuuden. Tähän kategoriaan kuuluu myös tässä työssä suunniteltu laite Dynaset Oy:n valmistaman hydraulikkaventtiilin koeajoon. Usein teollisuudessa saadaan innovaatio tuotteesta, joka valmistetaan ja järjestetään tuotanto sujuvasti kuntoon, mutta varsinainen koeajo tuotteelle jää kehittämättä, mikä on kuitenkin varsin usein aikaa vievä osa tuotantoprosessissa.

Työskennellessäni Dynaset Oy:ssä tuotannosta vastaavana työpäällikkönä kiinnitin huomiota tässä työssä käsiteltyyn venttiilin koeajoon, joka näytti varsin hitaalta ja vaivalloiselta. Tästä lähti käyntiin ajatus suunnitella kyseisen venttiilin koeajoon oma laite, joka nopeuttaisi ja helpottaisi venttiilin koeajoa. Keskusteltuani tuotannon henkilökunnan, tuotantoa ohjaavan päällikön sekä suunnitteluosaston kanssa totesimme tällaiselle laitteelle olevan tarvetta. Venttiilin tuotantomäärät olivat kasvaneet vuosien saatossa varsin paljon ja tulevaisuudessa ne tulisivat kasvamaan edelleen, joten myös tämä loi paineita koeajon tehostamiseen.

Haluan kiittää tutkintotyöni valvojaa Timo Niemistä Dynaset Oy:ssa, joka vastasi moniin kysymyksiini Matti Metsähonkalan ohella, joten heille molemmille kiitos! Haluan kiittää myös Dynaset Oy:n tuotannon päällikköä Jari Kuusiniemeä ja toimitusjohtaja Reijo Karppista, jotka tekivät tämän työn tekemisen mahdolliseksi. Lisäksi tietenkin osoitan suurkiitokset vaimolleni Johanna Lauttaselle ja tyttärelleni Kiia Lauttaselle jaksamisesta tutkintotyön aikana, jolloin myös rakensin perheellemme uutta kotia.

Tampereella 16. toukokuuta 2005

Mikko Lauttanen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
1 JOHDANTO	6
2 KOEAJOLAITTEEN SUUNNITTELU	8
2.1 Luonnostelu	8
2.2 Suunnittelu	8
2.2.1 Lähtötiedot	10
2.2.2 Hydrauliiikkakaavion suunnittelu	10
2.2.3 Rungon suunnittelu	17
3 TULOKSET	19
3.1 Hydrauliikkakaavio	19
3.2 Runko ja pöytä	20
4 TULOSTENTARKASTELU	21
LÄHTEET	22
LIITTEET	

Liite 1.	Laskelmat tarvittavista sylinterivoimista
Liite 2.	Hydrauliikkakaavio
Liite 3.	Osaluettelo
Liite 4.	3D-kuva koeajolaitteesta
Liite 4.1	Rungon sisäosa
Liite 4.2	Runko
Liite 4.3.1	Adapteri ¾"
Liite 4.3.2	Adapteri 1"
Liite 4.3.3	Adapteri 1 ¼"
Liite 4.4	Sylinterin laippa
Liite 4.5	Pöydän runko

1 JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään Dynaset Oy:n valmistaman hydraulikkaventtiilin PV-SAE $\frac{3}{4}$ "-1 $\frac{1}{4}$ " koeajolaitteiston suunnittelua ja verrataan sitä nykyisin käytössä olevaan koeajoprosessiin. Työn tarkoituksena on tehostaa koeajotapahtumaa ja saada sitten säästöjä tuotantokustannuksiin sekä saada itse työtapahatuma mielekkäämmäksi tuotantohenkilökunnan kannalta. Hydraulikkaventtiili PV-SAE $\frac{3}{4}$ "-1 $\frac{1}{4}$ " on toimintaperiaatteeltaan painevaakaa vastaava tuote, jolla pystytään liittämään erilaisia hydraulikan lisälaitteita jo olemassa olevaan hydraulikkajärjestelmään, esim. kaivinkoneeseen. Venttiiliä joudutaan koeajamaan, jotta voidaan varmistaa sen moitteeton toiminta ja vuotamattomuus. Valmistettavista venttiileistä koeajetaan jokainen, jotta saadaan sataprosenttinen varmuus jokaisen toiminnasta, koska venttiileitä myydään suurimmaksi osaksi ulkomaille, jolloin takuumurheiden korjaus on varsin kallista.



Kuva 1. PV-SAE $\frac{3}{4}$ "-1 $\frac{1}{4}$ " venttiilit

PV-SAE $\frac{3}{4}$ "-1 $\frac{1}{4}$ " on siis painevaakaa vastaava venttiili, kuten edellä mainittiin. Se liitetään hydraulikkapumpun painelinjalähtöön ja on SAE -standardin mukaisen laippaliitokseen sopiva. Venttiilin läpi virtaa järjestelmän tarvitsema öljyvirtaus, mutta siitä ”ryöstetään” osa lisälaitteelle LS-kytkennän avulla. Öljyvirtauksesta ”ryöstetty” öljymäärä hidastaa koneen niitä liikkeitä, jotka tarvitsevat säätötilavuuspumpun täyden virtauksen.

Venttiilin koeajossa suoritetaan venttiilikaran jousien avautumispaineen mittausta ja priorisoidun virtauksen tasaisuusmittaus sekä LS-linjan vuotomittaus, mikä sisältää myös venttiilikaran vuodon. Näille mittausrvoille on haettu käytännön kokemusten perusteella sopivat raja-arvot. Mittaukset suoritetaan tämän työn kirjoitushetkellä manuaalisesti ja on siksi melko hidasta. Tämän työn tarkoituksena on automatisoida mittaustyö.

Työ aloitettiin asettamalla reuna-arvot ja arvioimalla eri mahdollisuuksia automatisoida venttiilin koeajo. Reuna-arvoiksi päätettiin seuraavaa: mahdollisuutta ajaa yhtä venttiiliä kerrallaan, mahdollisemman nopeaa koeajoa sekä liitettävyyttä olemassa olevaan tiedonkeruujärjestelmään ja hydraulikkavoimaa tuottavaan koneikkoon.

Alkuperäinen koeajotapa mitattiin sekuntikellolla. Taulukossa 1 on esitetty viiden PV-SAE-venttiilin koeajo (kuva 2). Koeajoaika ei ole riippuvainen koeajettavan venttiilin koosta, joten taulukko on pätevä kaikille kolmelle koolle. Esivalmisteluita on mitattu vain kerran, koska kyseiset esivalmistelut koskevat kaikkia viittä venttiiliä. Esivalmistelut sisältävät tarpeellisten liittimien ja mittareiden sekä muiden oheislaitteiden keräilyn.

Taulukko 1. Mitattu aika PV-SAE 1 ¼” venttiilin koeajosta ja keskiarvo.

Esivalmistelut	21min
valve no.	Aika min.
venttiili 1	14,5
venttiili 2	15,3
venttiili 3	16
venttiili 4	14,3
venttiili 5	15,1
keskiarvo	15,04



Kuva 2. Valokuva PV-SAE venttiilin koeajosta. Kuvasta voi nähdä venttiilin puristettuna pullotunkin avulla ja venttiiliin kytketyt pikaliittimet.

2 KOEAJOLAITTEEN SUUNNITTELU

2.1 Luonnostelu

Aluksi mitattiin aika, joka meni nykyiseen koeajoon (taulukko 1). Tämän jälkeen alettiin miettiä erilaisia vaihtoehtoja toteuttaa koeajolaite. Ensiksi oli esillä laite, johon sijoitettaisiin useita venttiileitä peräkkäin ja mitattaisiin paineita ja virtauksia venttiilien välissä olevilta välilairoilta. Tämä ajatus hylättiin, koska sen valmistuskustannukset kasvaisivat suuriksi ja mahdollisuus ajaa vain yhtä venttiiliä olisi hankalaa.

Toisena vaihtoehtona oli laite, jolla venttiilin paikoitus ja kanavien kytkeminen tapahtuisi käsin mekaanisella lukituslaitteella. Tällä vaihtoehdolla oli hyvänä puolena sen turvallisuus ja turvalaitteiden helppo suunnittelu. Tähän vaihtoehtoon tutkittiin paikoituslaitteita mm. Destacon ja Röhmin luetteloista ja oltiin yhteydessä näiden edustajaan Suomessa. Tarvittavat lukitusvoimat (liite 1) kuitenkin kavensivat valikoiman melko pieneksi ja kalliiksi, joten tästä syystä vaihtoehto hylättiin.

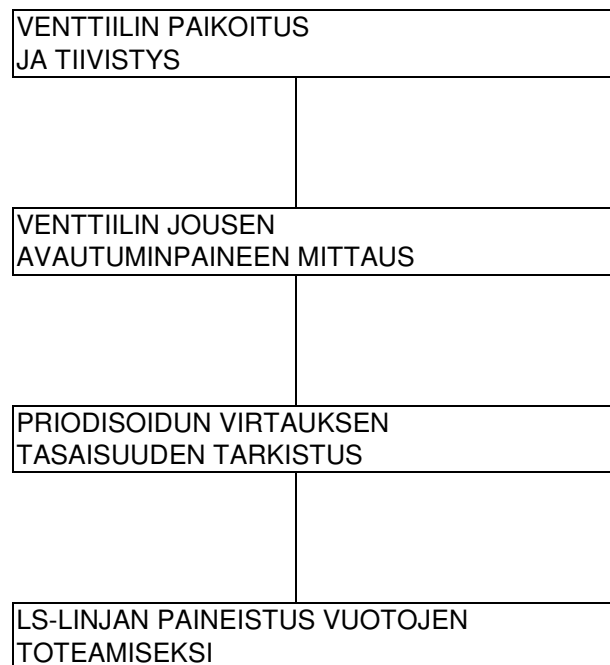
Kolmantena vaihtoehtona mietittiin hydraulisylintereillä toimivaa paikoitusta ja tiivistystä. Tässä mallissa oli varsin helppo hallita tiivistysvoimat ja paikoitus. Sylintereiden päihin oli myös helppoa miettiä sopivat laipat, joista öljyvirtaus kulkisi. Tähän vaihtoehtoon päädyttiin ja päätettiin ryhtyä viemään runkosuunnittelua eteenpäin ratkaisun pohjalta.

2.2 Suunnittelu

Luonnosteluvaiheessa toteutuskelpoiseksi päätetty hydraulisylintereillä toteutettava mallin suunnittelu alkoi toimintakaavion ja hydraulikaavion tekemisellä (liite 2). Kaaviossa on osat numeroitu luvun helpottamiseksi ja osaluettelon (liite 3) selkeyttämiseksi.

Toimintajärjestys koeajossa todettiin olevan nykyisessä käytössä olevassa koeajotavassa hyvä, joten tätä ei katsottu olevan syytä muuttaa. Toimintakaavio on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Koeajon toimintajärjestys



2.2.1 Lähtötiedot

Taulukossa 3 on esitetty kunkin venttiilikoon tarvitsemat testausöljyvirtaukset ja priorisoitu virtaus sekä sallittu vaihteluväli. Priorisoidun virtauskanavan painetaso nostetaan joka venttiilikoossa 210 bariin ja lasketaan tämän jälkeen vapaavirtaus tasoon. Vuotoa venttiileissä sallitaan 350 ml. Tarvittavat sylintereiden maksimivoimat on laskettu liitteestä 2. Sylintereiden maksimivoimia mitoittaessa on käytetty suurimman venttiilin PV-SAE 1 1/4" geometrisia mittoja, joista löytyvät suurimmat pinta-alat, joihin paine vaikuttaa.

Taulukko 3. PV-SAE venttiileiden testivirtaus arvoja

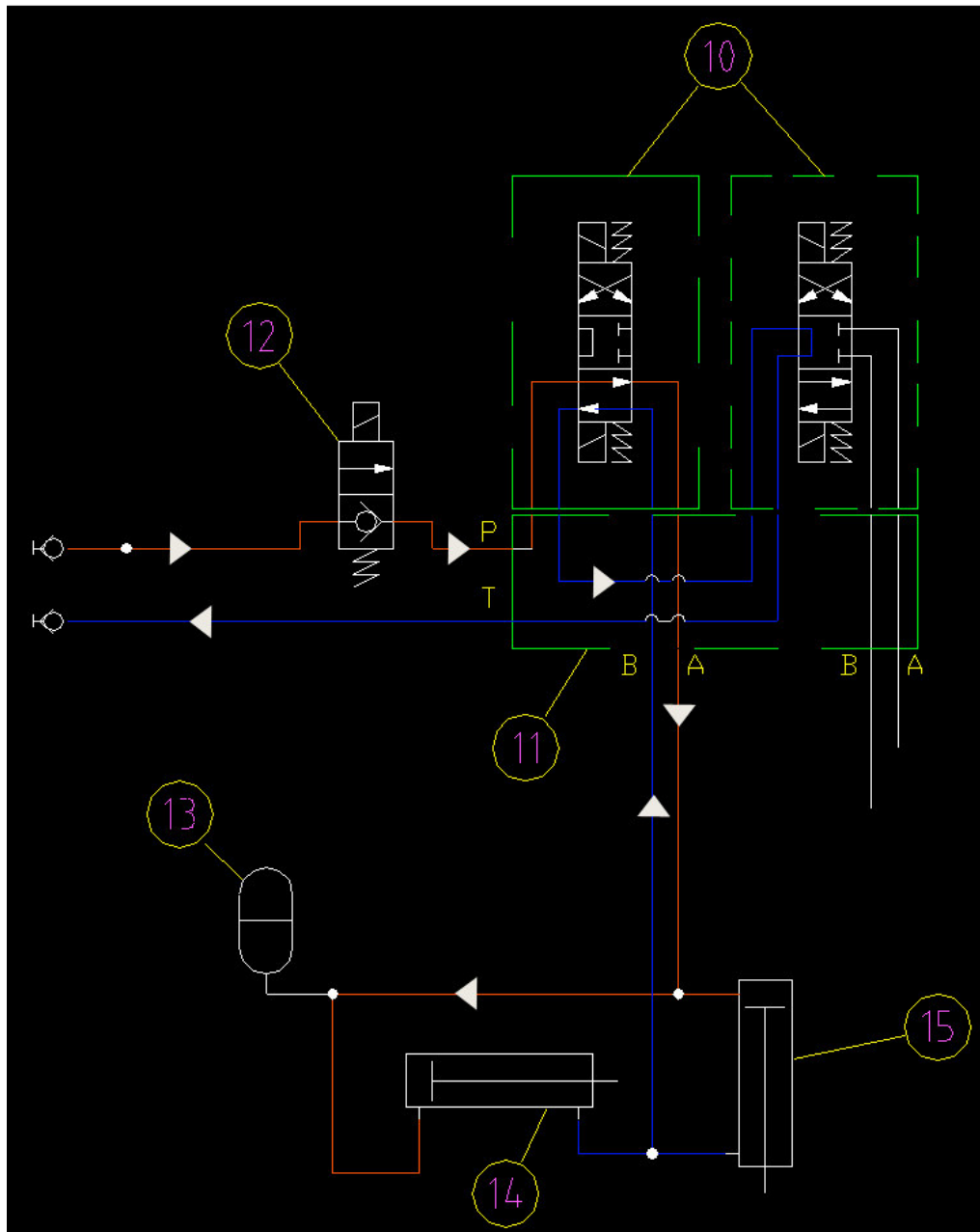
VENTTIILI KOKO	PÄÄ VIRTAUS l/min	PRIORISOITU VIRTAUS l/min	VAIHTELUVÄLI l/min
PV-SAE 3/4"	30	15	-1 -- +5
PV-SAE 1"	50	25	-1 -- +5
PV-SAE 1 1/4"	70	35	-1 -- +5

2.2.2 Hydraulikaavion suunnittelu

Hydraulikaavion suunnittelulle oli lähtökohtana se, että koeajolaite liitetään ulkopuoliseen hydraulikkakoneikkoon, josta säädetään tarvittava öljyvirtaus ja maksimi painetaso sekä käytetään yrityksellä jo olevia mittalaitteita hyödyksi.

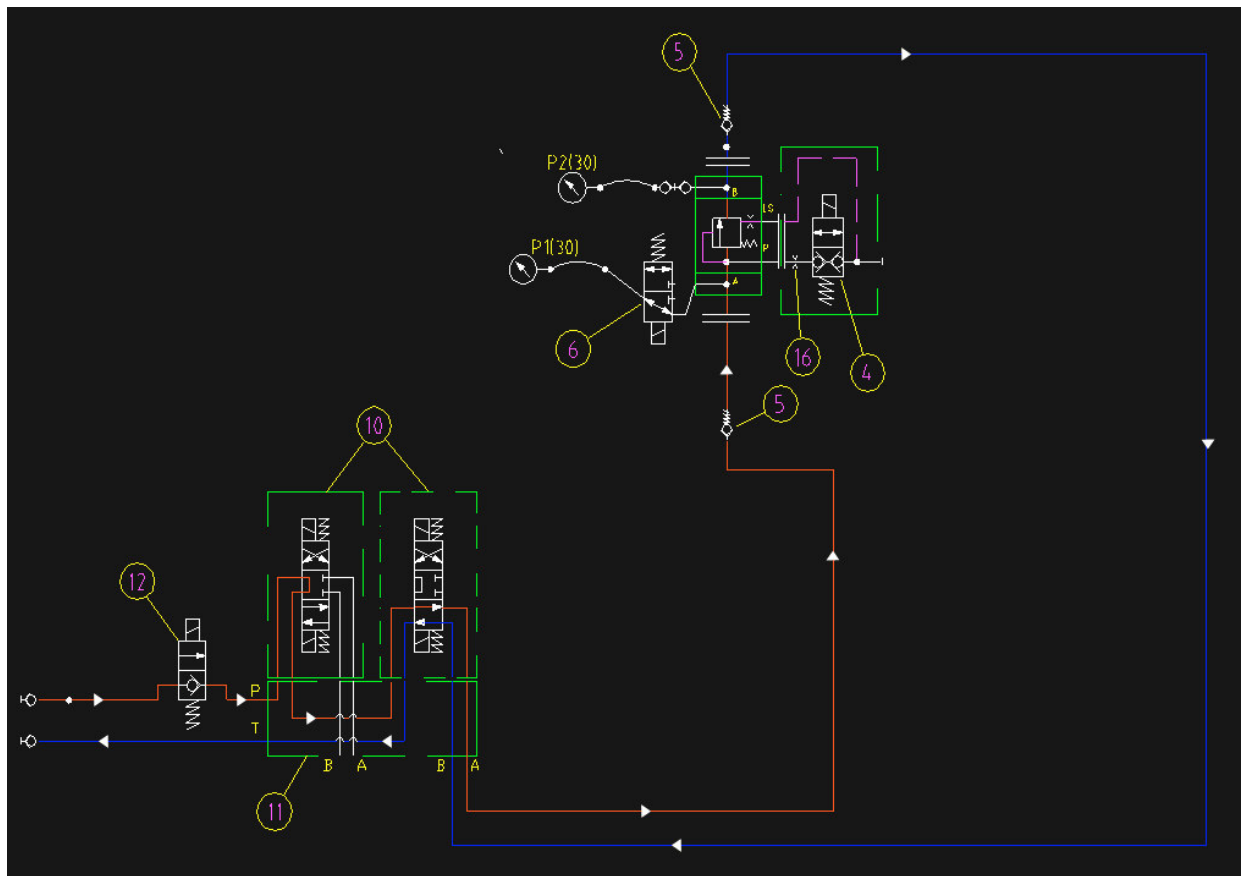
Hydraulikkakaaviossa (liite 2) painemittareina kuvatut P1-P4 ovat paineantureita, jotka ovat olemassa olevassa tiedonkeruuyksikössä olevia antureita. Osanumero 1 on virtausmittari, joka myös on liitettävissä tiedonkeruuyksikköön.

Suuntaventtiileillä nro 10 hydraulikkakaaviossa ohjataan sekä paikoitussylintereitä että venttiilin koeajoa. Suuntaventtiilit nro 10 ovat 4/3- tyyppisiä ja niiden koko on määritelty maksimivirtauksen perusteella valmistajan painehäviökäyrien perusteella. Suuntaventtiileistä nro 10 virtausjärjestyksessä ensimmäisellä ohjataan paikoitussylintereiden lukitus ja aukaisu. Paineakulla nro 13 varmistetaan paineen pysyminen sylintereiden männän takana mittauksen ajan, koska suuntaventtiilit ovat karatyypisiä ja niiden ominaisuuksiin kuuluu pieni vuoto. Kuvasta 3 voidaan nähdä paikoitussylintereiden lukitus hydraulikaaviossa.



Kuva 3. Hydraulikaavion osa paikoitus vaiheesta, jossa punaisella painelinjat ja sinisellä tankkilinjat.

Sylintereiden lukituksen jälkeen suuntaventtiileiden nro 10 virtausjärjestyksessä, toisen venttiilin tehtävä on ohjata öljyvirtaus ensiksi kanavaan A, jolloin voidaan suorittaa PV-SAE-venttiilikaran avautumispaineen mittaus kuten kuvasta 4 voidaan havaita. Mittaus suoritetaan paineantureilla P1 ja P2. Venttiilin 6 on oltava auki-asennossa eli virrallisen avautumispainetta mitattaessa. P1-anturin painearvosta vähennetään P2-paineanturin painearvo, jolloin saadaan varsinainen avautumispaine. Tällaiseen järjestelyyn päädyttiin, koska tiedonkeruuyksikköön ei ole liitetty varsinaista paine-eroanturia ja tällaista anturia ei ollut Dynaset Oy:lla halukkuutta hankkia.



Kuva 4. Hydraulikaavion osa venttiilikaran avautumispaineen mittaus vaiheesta jossa punaisella painelinja ja sinisellä tankkilinja.

PV-SAE:n venttiilinkaran avautumispaineen mittauksen jälkeen suoritetaan priorisoidunvirtauksen tasaisuuden mittaus. Suuntaventtiileiden nro 10 toisen venttiilin syöttäessä öljyvirtausta edelleen kanavaan A suljetaan venttiili 6, joka suojelee paineanturia P1. Tämän jälkeen avataan venttiili 4, jolloin öljyvirtaus pääsee virtaamaan tankkikanavaan proportionaaliventtiilin 2 kautta sekä virtausmittarin 1 kautta. Virtaussensori 16 on integroitu adapteriosaan, jolla sovitetaan virtaus sopivaksi priorisoituun kanavaan. Priodisoidun virtauksen tasaisuuden hydraulikytkennän voi nähdä kuvasta 5. Virtaussensoria 16 mitoitettaessa on otettava huomioon venttiilin 4 painehäviö valmistajan antamien painehäviöiden mukaan. PV-SAE:n venttiilin karan avautumispainee on kaikissa kokoluokissa 12 - 17 bar, joten kunkin kokoluokan venttiilissä sovitettu testivirtaus priorisoidussa linjassa tulisi saada aikaan kyseinen painehäviö laskemalla yhteen venttiilin 4 ja painesensorin 16 painehäviöt.

Virtaussensorit 16 hydraulikaaviossa (liite 2), jotka ovat integroituna vaihdettavaan sovitinkappaleeseen, lasketaan seuraavalla (1) kaavalla /1/:

$$\text{kuristimen_halkaisija} := \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{q}{60000}}{k \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2}{t}} \cdot p \cdot 100000}} \cdot 100 \quad (1)$$

jossa

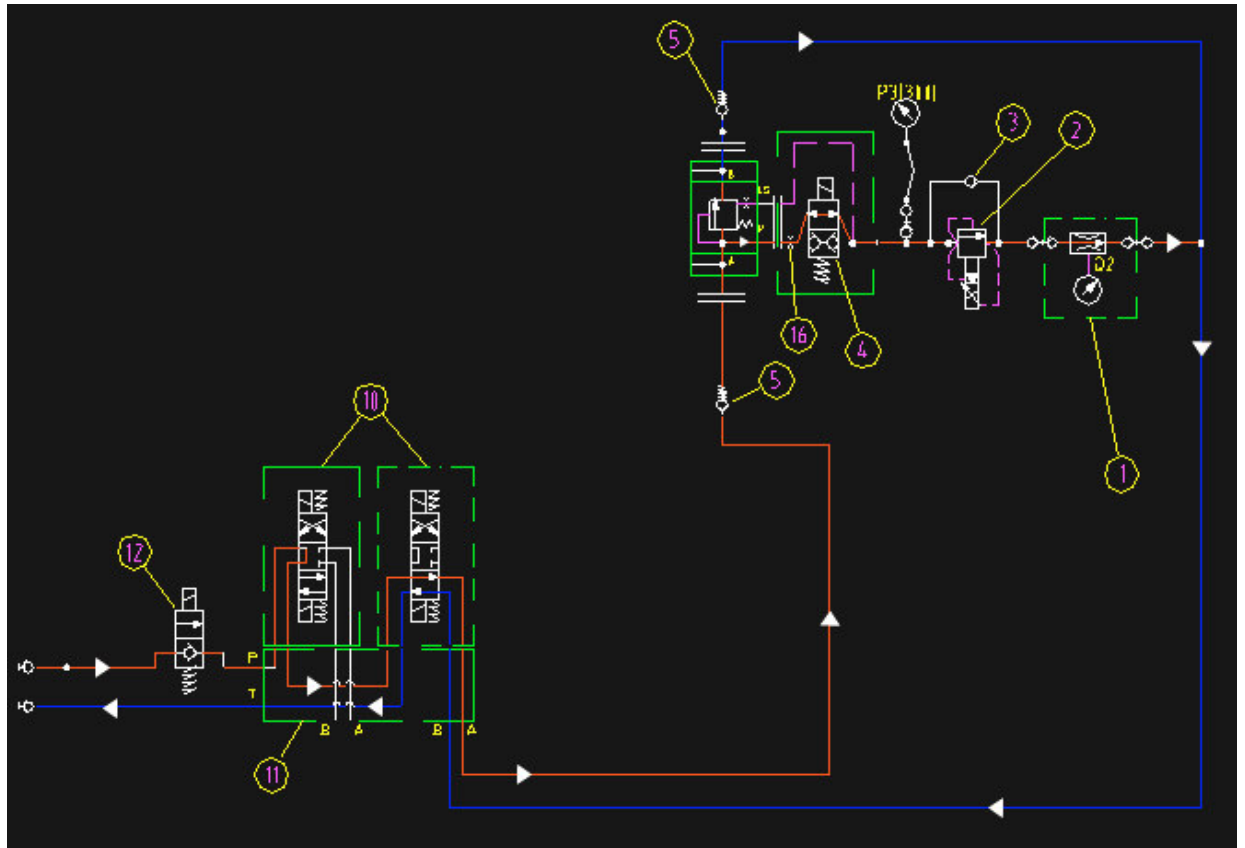
q = virtaus l/min

t = virtaavan nesteen tiheys kg/m³ (öljy 860 kg/m³)

p = paine-ero bar

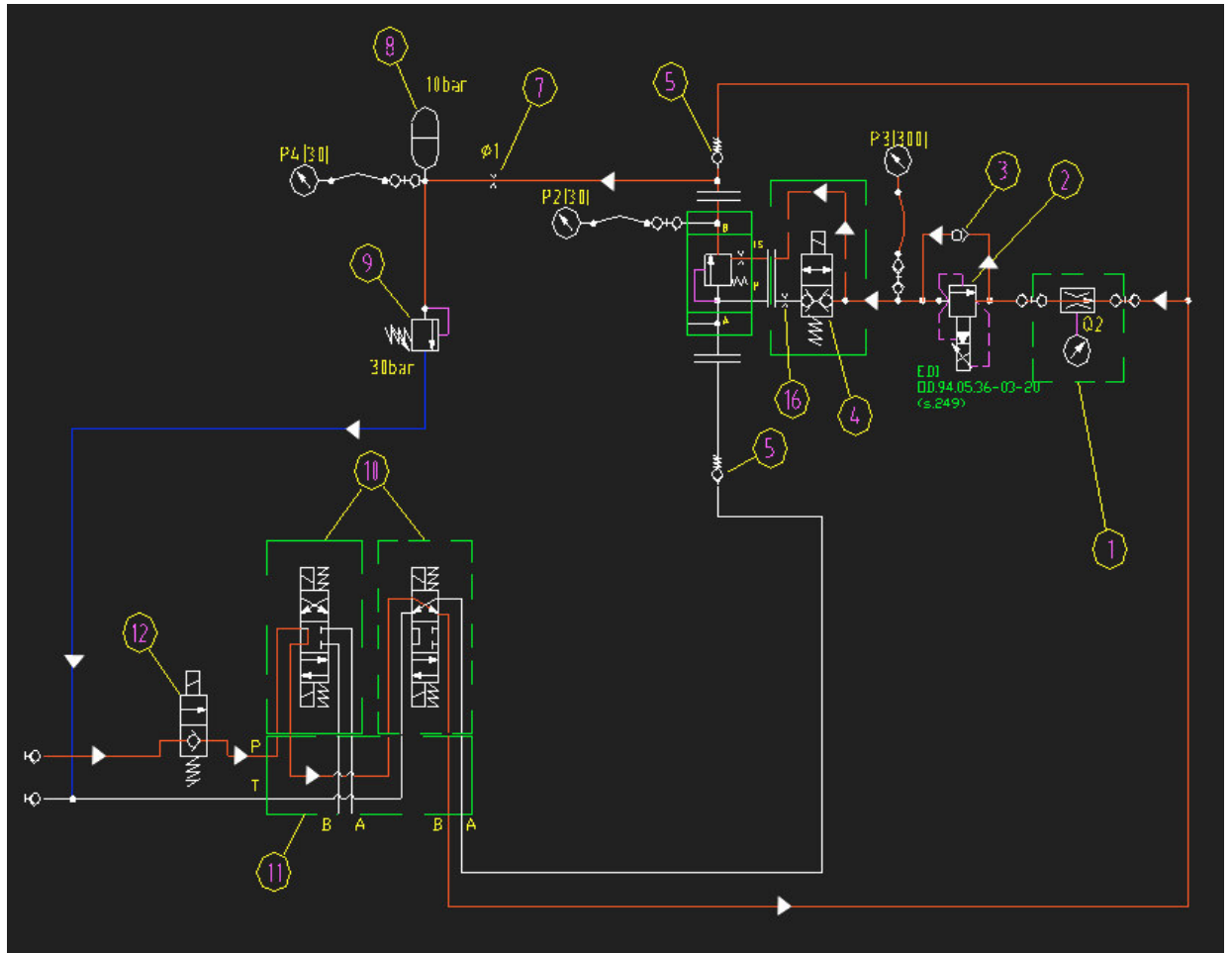
k = purkauskerroin (0,6-0,95)

Venttiilin 4 avauduttua proportionaalipaineenrajoitusventtiili 2 nostaa painetasoa noin viiden sekunnin kuluessa 200 bariin ja laskee sen alas samassa ajassa. Paineennousun ja -laskun aikana mitataan virtausmittarilla 1 virtauksen tasaisuutta ja varmistetaan sen pysyvyys ohjearvoissa taulukon 3 mukaisesti. Paineanturi P3 tarkkailee priorisoidun linjan painetta ja helpottaa näin mittaustulosten tulkintaa.



Kuva 5. Hydraulikaavion osa priorisoidunvirtauksen tasaisuuden mittauksesta jossa sinisellä tankkilinja ja punaisella painelinja.

Priorisoidun virtauksen mittauksen jälkeen suljetaan venttiili 4 ja suuntaventtiilillä 10 ohjataan öljynpaine kanavaan B. Öljynpaine pääsee vaikuttamaan virtausmittarin 1 ja vastaventtiiliin 3 kautta LS-kanavaan. Venttiili 6 avataan, jonka jälkeen voidaan mitata PV-SAE-venttiilin vuotoa kuten kuvasta 6 voidaan havaita. Mittaus tapahtuu paineantureilla P4 ja P1 siten, että tarkkaillaan paineennousua P4 anturilla. Vuodon aiheuttama paineennousu P4 anturilla on suoraan verrannollinen paineakun 8 tilavuuteen. Paineakussa oleva 10 bar:n esitäyttöpaine on suurempi kuin oletettu tankkipaine, jolloin paineakku ei ole latautunut ennen mittauksen alkamista.. Paineakun 8 tilavuus ratkaisee, kuinka kauan mittausta tarvitsee suorittaa eli mitä pienemmän paineakun markkinoilta löytää, sitä lyhemmällä mittaussajalla päästään. Paineanturin P1 paine ei saa nousta laisinkaan. Kuristin 7 ja paineenrajoitin 9 suojelevat anturia P4 rikkoutumiselta.

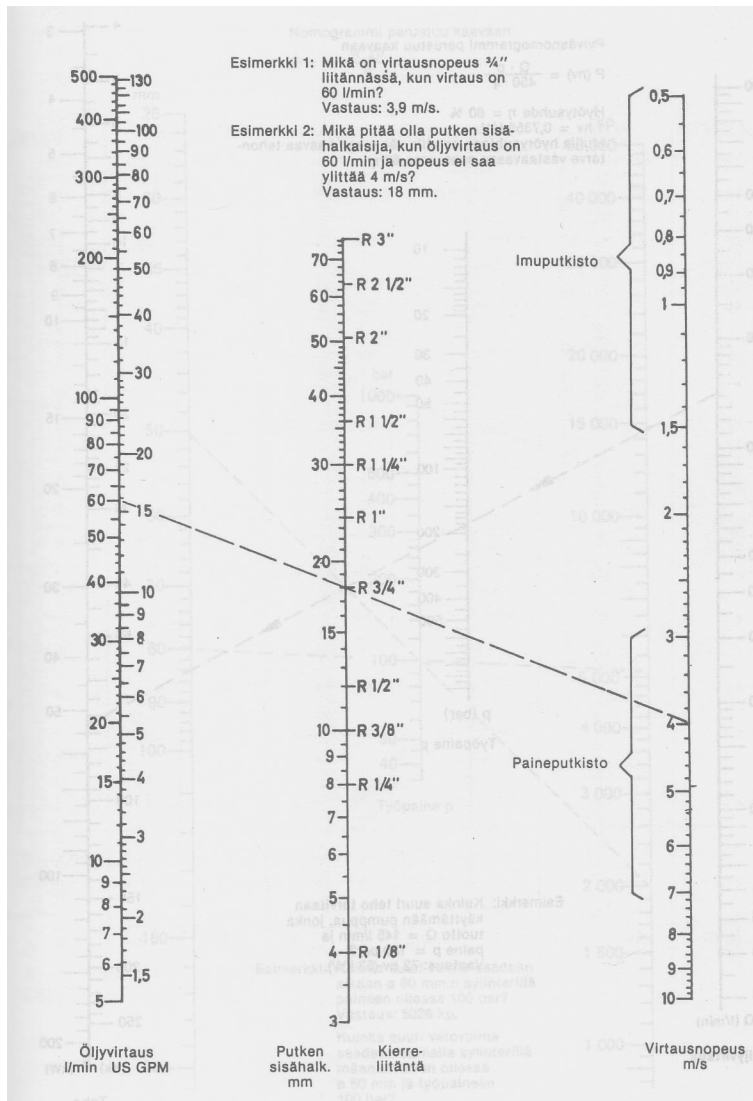


Kuva 6. Hydraulikaavion osa venttiilin vuoto mittauksesta jossa punaisella painelinja ja sinisellä tankkilinja.

Mittausten loputtua avataan suuntaventtiilillä 10 sylinterit auki, jolloin pääsee vaihtamaan uuden koeajettavan venttiilin ja kierto alkaa uudestaan. Putkisto- ja letkustolinjat on mitoitettu maksimivirtauksen perusteella siten, että on tutkittu yleisiä hydraulikkakomponentteja myyvien valmistajien suositustaulukoita paine- ja tankkilinjoille.

Kaaviossa olevat letkulinjat ja putkistot ovat painelinjojen osalta 1/2" kaksi kudosletkua (mitoitettu 70 l/min öljyvirtauksen ja 210 bar mukaan) tai Ø 15 mm putkea. Tankkilinjoina toimivat linjat ovat 3/4" kaksi kudosletkua tai Ø 22 mm putkea. Mittaukseen tarvittavat linjat ovat 1/4" yksi kudosletkua tai Ø 6 mm putkea. Taulukossa 4 on kuvattu taulukko, josta selviää suositeltavat linjastojen koot.

Taulukko 4. Öljyvirtaus linjojen mitoitus taulukko /1/

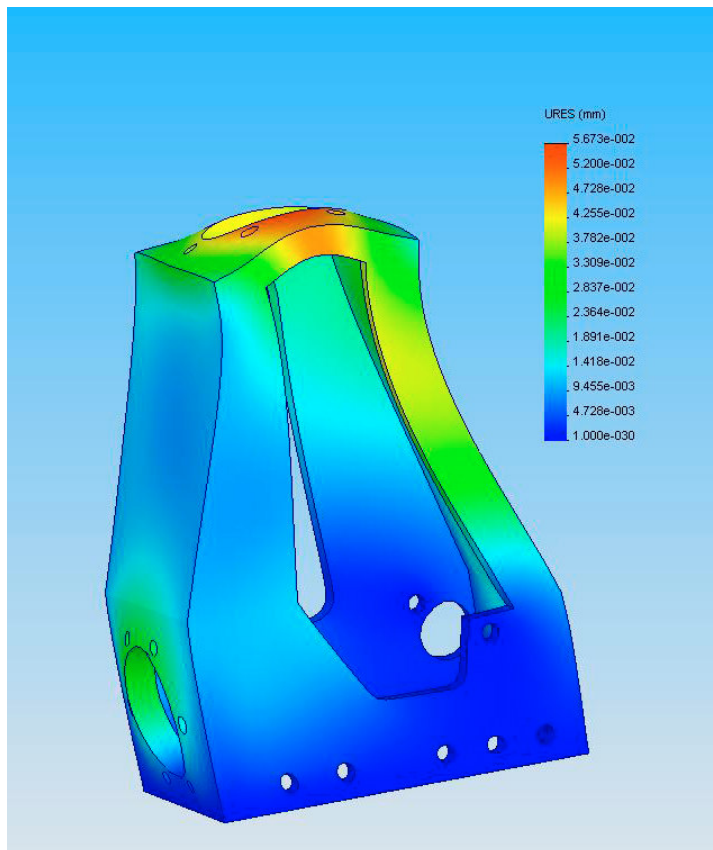


2.2.3 Rungon suunnittelu

Rungon suunnittelu lähti liikkeelle työergonomian miettimisellä. Päätettiin suunnitella erillinen runko-osa, johon olisi kiinnitetty hydraulikkasyliinterit ja adapteri erikokoisten PV-SAE-venttiileiden paikoittamiseen. Runko kiinnitettäisiin pöytään, jossa olisi pyörät sen liikuteltavuutta varten sekä valutusallas. Valutusaltaan tehtävä olisi kerätä koeajetuista venttiileistä valuva öljy.

Rungon suunnittelussa otettiin huomioon riittävät tilat, jotta laitetta pystyisi käyttämään myös reilunkokoiset rukkaset kädessä. Pöytään suunniteltiin rungon eteen myös pieni laskualusta, jolloin venttiilin vaihto sujuu nopeammin. Koska hydraulikkasyliinterit toimivat automaattisesti, tarvitsi laitesuojan, jolla estetään sormien joutuminen puristuksiin. Tällainen suoja päätettiin suunnitella tarvittavien rajakytkimien kanssa pöydän yhteyteen.

Rungon osalta tehtiin FEM-malli, jossa oltiin lähinnä kiinnostuneita sylintereiden kiinnikkeiden kohdalla olevista taipumista, jotka vaikuttavat tiivistepintojen suoruuteen.



Kuva 7. Rungosta tehty FEM- malli josta voidaan nähdä taipumat.

Kuvasta 7 voidaan nähdä että maksimi taipumat ovat 0,06 mm luokkaa ja ovat näin ollen riittävän pieniä. FEM- malli on toteutettu siten että kuormitukset (70000N) ovat sijoitettu repimään sylintereiden kiinnitin kohtia ja tuenta on sijoitettu rungon alareunaan sekä alareunassa oleviin ruuvireikiin. Materiaaliksi on valittu normaali rakenneteräs S355. Tämän mallin perusteella voitiin todeta rakenteen olevan riittävän jäykkä. FEM-malli tehtiin vain rungon kehärakenteelle, mutta siihen kiinnitettävä sisäosa (liite 4.1) tulisi jäykistämään rakennetta entisestään. FEM-malli toteutettiin SolidWorks 3D -ohjelmiston mukana tulevalla COSMOSXpress FEM -ohjelmistolla, joka riittää lujuuden tarkasteluun tässä tapauksessa. COSMOSXpress FEM -ohjelmisto käyttää 3D-solidielementtiä, jonka reunapinnat ovat tasoja ja on lineaarinen elementti. Verkotus tapahtuu automaattisesti, mutta verkon tiheyttä voidaan säätää.

Runko sijoitettiin pöydän päälle siten, että saatiin tarvittava laskualusta sen eteen ja lisäksi runko päätettiin koteloida ympäriltä, jotta saatiin sopivia kiinnityspintoja sähkö- ja hydraulikkaliitännöjä varten. Kotelon sisään saataisiin sijoiteltua myös kaikki hydraulikkaventtiilit ja näin kotelo olisi myös suoja näitä varten, sekä mahdollisen letkurikon sattuessa ei öljy leviäisi ympäristöön.

3 TULOKSET

3.1 Hydrauliiikkakaavio

Hydrauliiikkakaavio on esitetty liitteessä (liite 2). Kaavion toiminta on selostettu luvussa 2.2.2, joten tässä ei sitä käydä uudelleen läpi.

Taulukko 5 kertoo kaavalla 1 lasketut virtaussensoreiden koot eri kokoisille venttiileille. Kuristimia laskettaessa on huomioitu venttiilin 4 painehäviö. Painehäviö on saatu Edin venttiililuettelosta, siksi jos venttiiliksi 4 valitaan jokin muu venttiili, joudutaan tämän painehäviö ottamaan uudelleen huomioon.

Taulukko 5. Virtaussensorin koot laskettuna

valve	virtaussensorin halkaisija mm
PV-SAE 3/4"	2,8
PV-SAE 1"	3,7
PV-SAE 1 1/4"	4,7

Letku tai putki koot ovat selostettu luvussa 2.2.2

3.2 Runko ja pöytä

Rungon ja pöydän mitoitettut työkuvat ovat liitteessä 4. Rungon jäykkyys on todettu FEM-mallilla.

Rungossa olevat paikoitussylinterit ovat mitoitettu maksimipaineen (210 bar) ja tarvittavan lukitusvoiman mukaan. Saadut tulokset ovat listattu taulukkoon 6.

Taulukko 6. Runkoon ja pöytään liittyviä laskelmien tuloksia

Paineesta aiheutuva voima läpivirtauskanavassa	38000 N
LS-linjan ja priorisoidun linjan voima	20820 N
Valittu sylinterinmännän halkaisija	63 mm
Sylinterin lukitusvoima	65460 N
Varmuuskerroin lukitusvoimalle	1,723
Varmuuskerroin sylinterinvarren nurjahdukselle	90,22

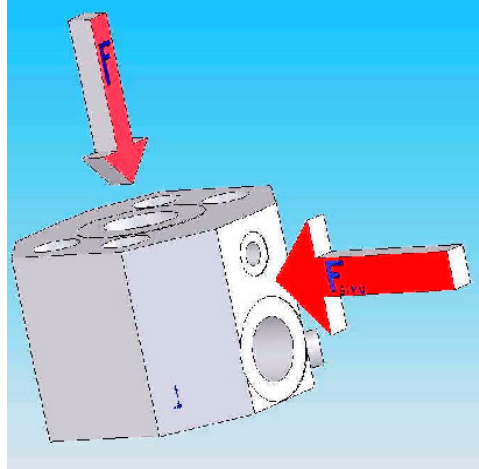
4 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä työstä saadut tulokset tuntuvat onnistuneilta. Hydrauliiikan osalta suunnittelun onnistuminen voidaan havaita viimekädessä vasta laitteen valmistuttua. Hydrauliiikan suunnittelu oli haastava tehtävä, koska lähtötilanne ei ollut ”puhdas pöytä”, vaan piti toimia Dynaset Oy:llä jo olemassa olevilla mittalaitteilla. Järjestelmän hinta oli myös varsin haastava tekijä. Hintaa laitteelle ei ollut kuitenkaan määritelty työn alussa eli se ei näin ollut varsinainen reuna-arvo, mutta toivottavaa oli kuitenkin järjestelmän mahdollisimman nopea takaisinmaksuaika. Hydrauliiikkajärjestelmän suunnittelussa on yritetty saada säästöä muun muassa korvaamalla vuotoa mittaava virtausanturi paineakulla. Varsinaiset säästöt saadaan kuitenkin vasta ostovaiheessa valitsemalla halvimmat venttiilit.

Työpöytää ja runkoa suunnitellessa oli päällimmäisenä prioriteettina työergonomia. Tässä on mielestäni onnistuttu erittäin hyvin. Työpöydässä on sopiva laskualusta koeajetuille venttiileille rungon edessä, jolloin jää turha venttiilin roikottaminen kädessä pois. Laskualustasta rungon edessä on myös työturvallisuutta lisäävä ominaisuus, koska koeajetun venttiilin ei tarvitse koskaan poistua valutusaltaan päältä, eikä näin likaa lattiaa öljyllä.

LÄHTEET

- /1/ Valtanen, Esko, Tekniikan taulukkokirja, Genesis.Kirjat Oy.
Gummerus. Jyväskylä 2002



paineesta aiheutuva max. voima F läpivirtaus kanavalle :

$$P := 210\text{bar} \quad D := 48\text{mm} \quad A := \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$F := P \cdot A$$

$$F = 3.8 \times 10^4 \text{ N}$$

jossa

P = vaikuttava paine

D = PV-SAE:n sisäosan suurin halkaisija

A = pinta-ala

Paineesta aiheutuva voima F_{sivu} sivuhaarassa (ls+priorisoitulinja):

$$P_{\text{ls}} := 210\text{bar} \quad D_{\text{ls}} := 24\text{mm} \quad A_{\text{ls}} := \pi \cdot \left(\frac{D_{\text{ls}}}{2} \right)^2$$

$$F_{\text{ls}} := P_{\text{ls}} \cdot A_{\text{ls}} \quad F_{\text{ls}} = 9.5 \times 10^3 \text{ N}$$

$$P_{\text{p}} := 210\text{bar} \quad D_{\text{p}} := 26.2\text{mm} \quad A_{\text{p}} := \pi \cdot \left(\frac{D_{\text{p}}}{2} \right)^2$$

$$F_{\text{p}} := P_{\text{p}} \cdot A_{\text{p}} \quad F_{\text{p}} = 1.132 \times 10^4 \text{ N}$$

$$F_{\text{sivu}} := F_{\text{p}} + F_{\text{ls}}$$

$$F_{\text{sivu}} = 2.082 \times 10^4 \text{ N}$$

jossa

P_{ls} = vaikuttava paine LS linjassa

D_{ls} = LS-linjan O-renkaan tiivistys halkaisija

A_{ls} = LS-linjan tiivistyksen pinta-ala

F_{ls} = LS-linjasta aiheutuva voima

P_{p} = priorisoidun linjan vaikuttava paine

D_{p} = priorisoidun linjan O-renkaan tiivistys halkaisija

A_{p} = priorisoidun linjan tiivistyksen pinta-ala

F_{p} = priorisoidusta linjasta aiheutuva voima

Tarvittavan sylinterin männän halkaisija riittävän lukitusvoiman saavuttamiseksi:

$$P_{\text{syl}} := 210\text{bar}$$

$$F_{\text{syl}} := 3.8 \cdot 10^4 \cdot \text{N}$$

$$A_{\text{syl}} := \frac{F_{\text{syl}}}{P_{\text{syl}}}$$

$$D_{\text{syl}} := \sqrt{\frac{A_{\text{syl}}}{\pi}} \cdot 2$$

$D_{\text{syl}} = 48\text{mm}$ -> valitaan 63mm sylinteri jolloi voimaksi tulee

$$F_{\text{syl}} := P_{\text{syl}} \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{63\text{mm}}{2} \right)^2 \right]$$

$$F_{\text{syl}} = 6.546 \times 10^4 \text{ N}$$

jossa

P_{syl} = sylinterinmöntään vaikuttava paine

F_{syl} = sylinterin tuottama minimi voima

A_{syl} = sylinterinmännän pinta-ala

D_{syl} = sylinterinmännän halkaisija

F_{syl} = valitun sylinteri koon tuottama voima

Sylinterinvarren nurjahdus voima F_n Fe52 aineen ja Euler 2:n mukaan:

$$E := 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

$$D_{\text{syl}} := 63 \text{ mm}$$

$$I := \frac{\pi \cdot D_{\text{syl}}^4}{64}$$

$$L := 210 \text{ mm}$$

$$F_n := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

$$F_n = 3.634 \times 10^7 \text{ N}$$

varmuus

$$F_{\text{nurvar}} := \frac{F_n}{F_{\text{syl}}}$$

$$F_{\text{nurvar}} = 555.165$$

jossa

E = sylinterinvarren materiaalin kimmomoduuli

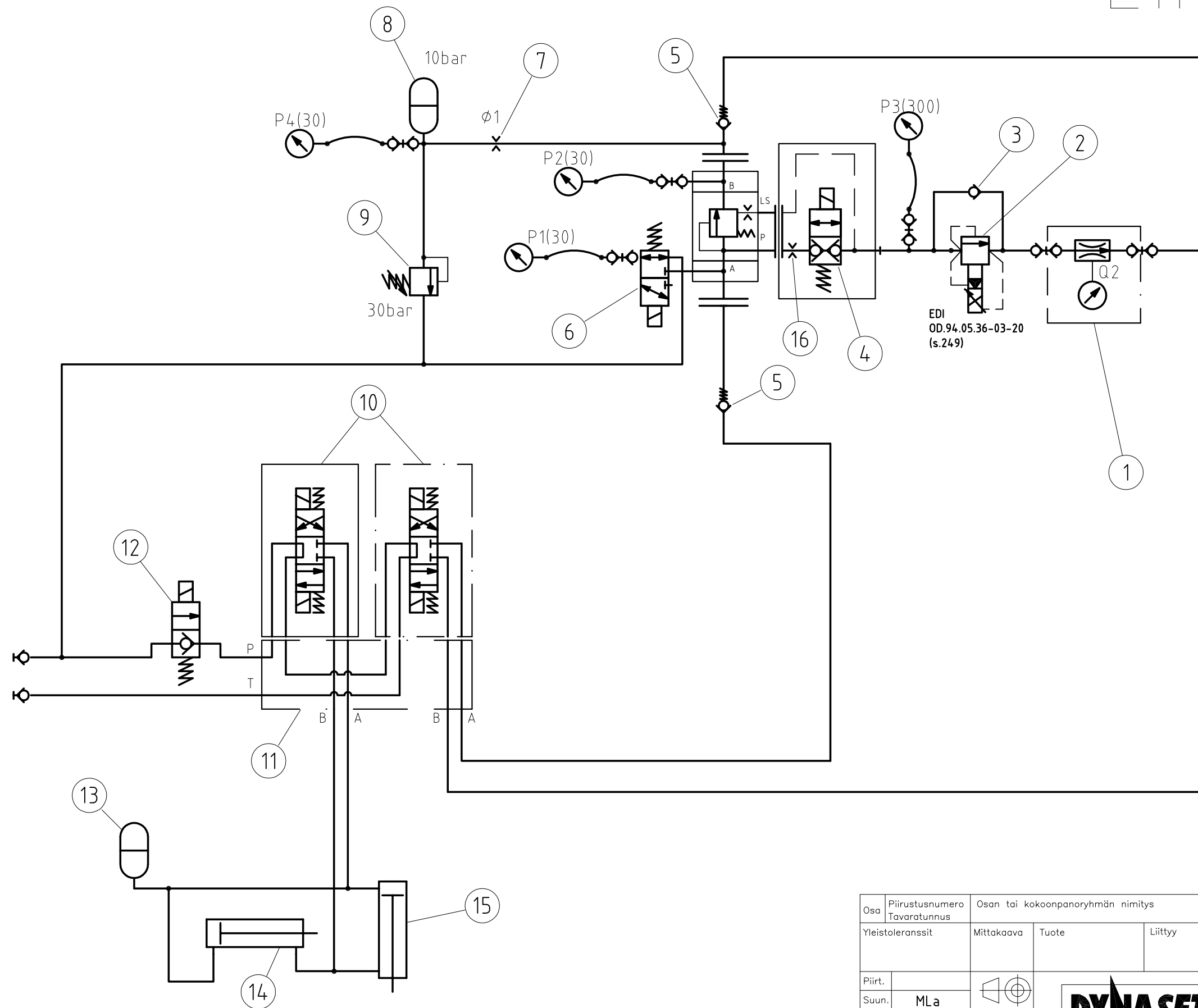
D_{syl} = sylinterinvarren halkaisija

I = neliömomentti

L = sylinterinvarren pituus

F_{nurvar} = varmuus luku nurjahdukselle

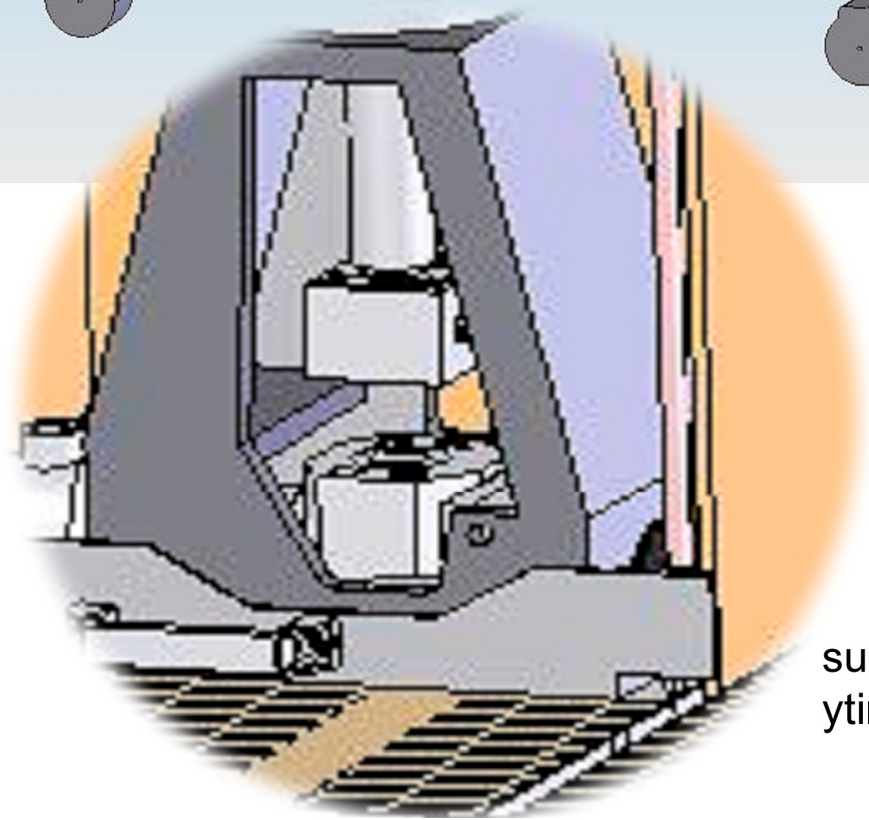
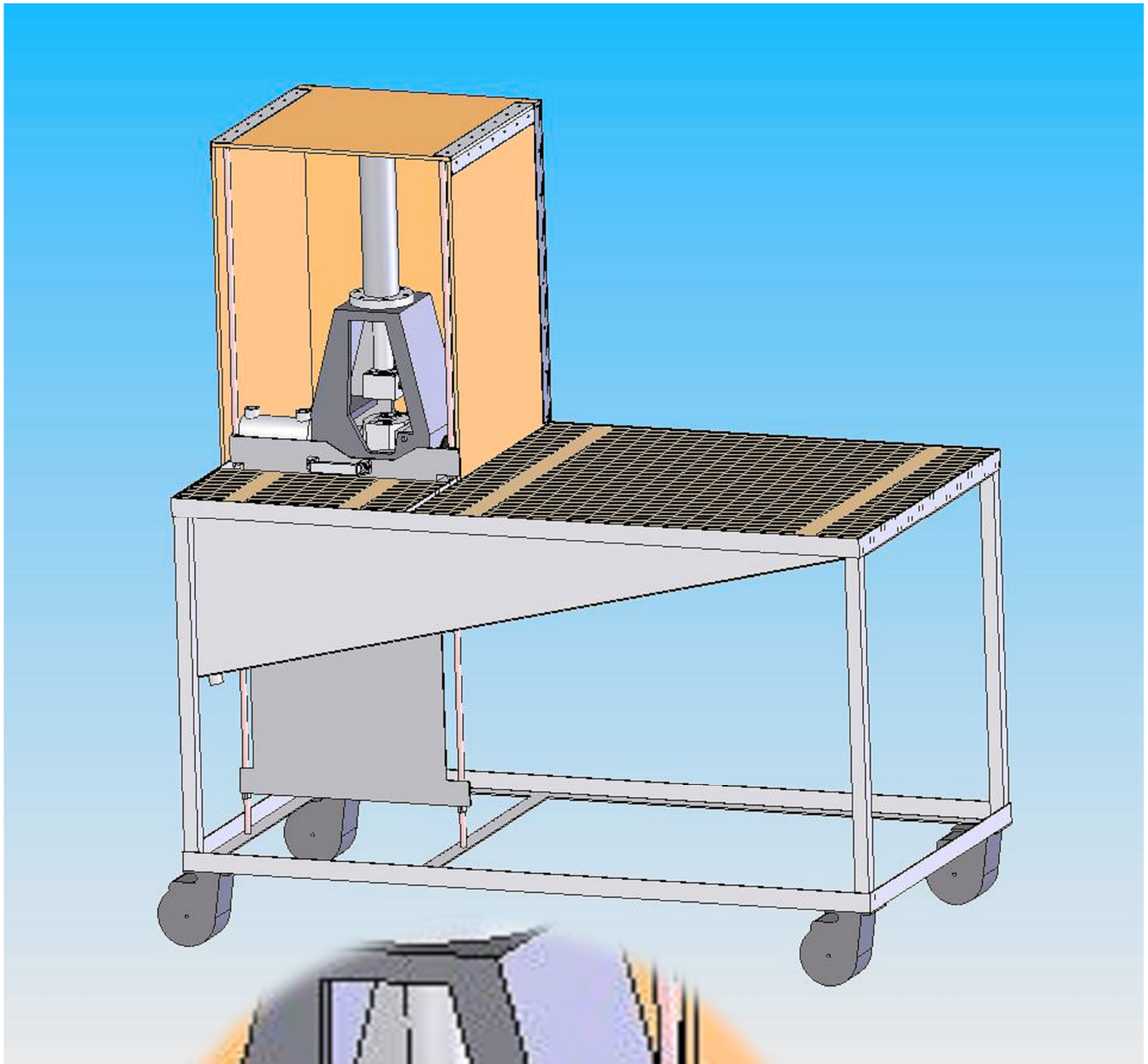
LIITE 2.



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys		Materiaali	Kpl
		Mittakaava	Tuote	Hydrauliikkakaavio F	
Piirt.				Ent.nro	Uusi
Suun.	MLa				
Tark.		Massa			
Hyv.		kg			

Liite 3

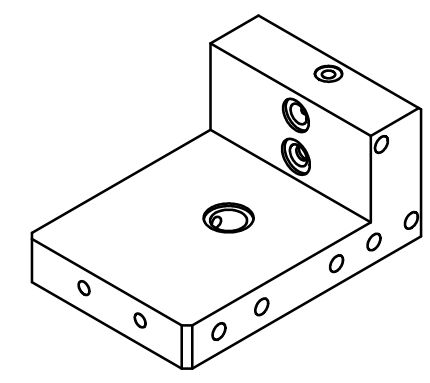
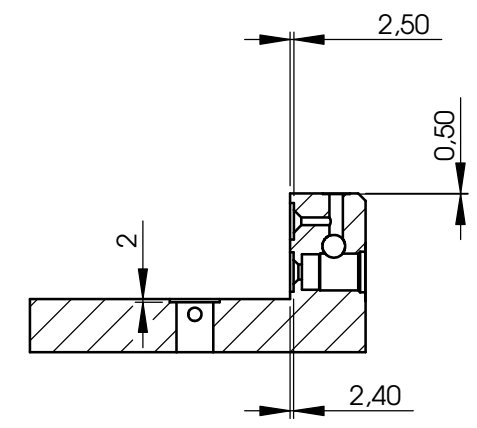
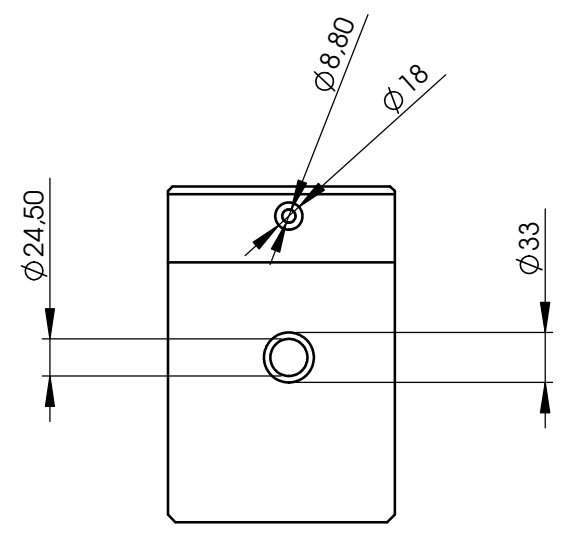
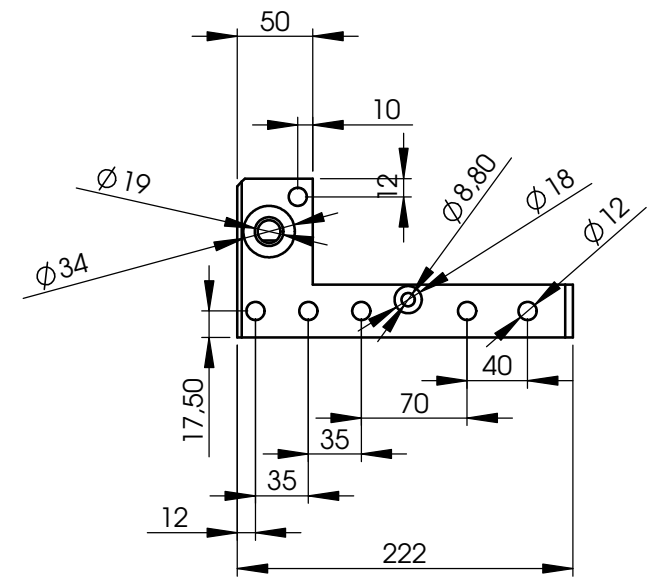
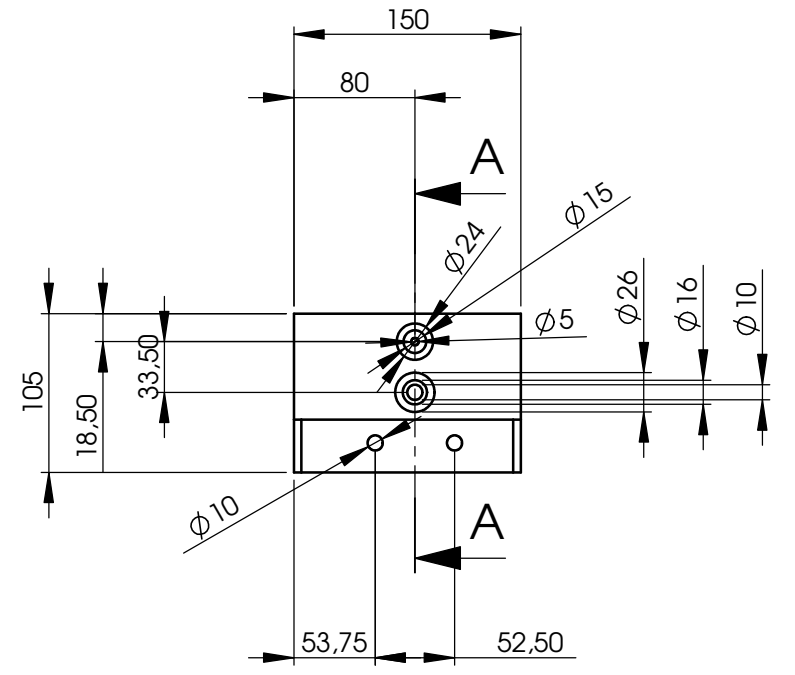
<u>osa no:</u>	<u>nimike</u>	<u>kpl</u>	<u>koodi</u>
1	virtausmittari	1	sininen pötkö
2	propo paineraja	1	OD.94.05.36.03.20
		1	
3	vastaventtiili	1	RV7501-0010-399811
4	2/2 venttiili	1	OD.15.31.17.37.00
5	vastaventtiili o-renkaalla	2	
6	3/2 venttiili	1	OD.13.10.51.30.00
6,1	runko 051-E 1/4"	1	OC.10.09.042
7	kuristin 1mm	1	
8	paineakku	1	
9	varoventtiili	1	VS 20 .300 bar /UNF 3/4
9,1	runko	1	OC.10.09.004
10	4/3 venttiili	2	NS6 MD1-D-S4
11	pohjalaatta	1	
12	2/2 venttiili	1	OD.15.05.21.37.00
12,1	runko	1	OE 15-00 -05
13	paineakku 0,04L	1	HST 0,04
14	sylinteri lyhyt	1	
15	sylinteri pitkä	1	
16	virtaussensori	1+1+1	



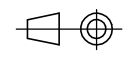
suurennos
ytimestä

Rev	Muutos	Muuttanut	Pvm

LIITE 4.1



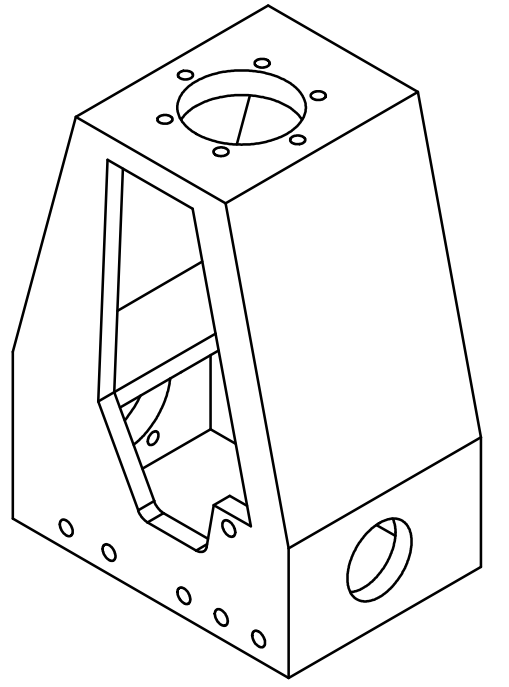
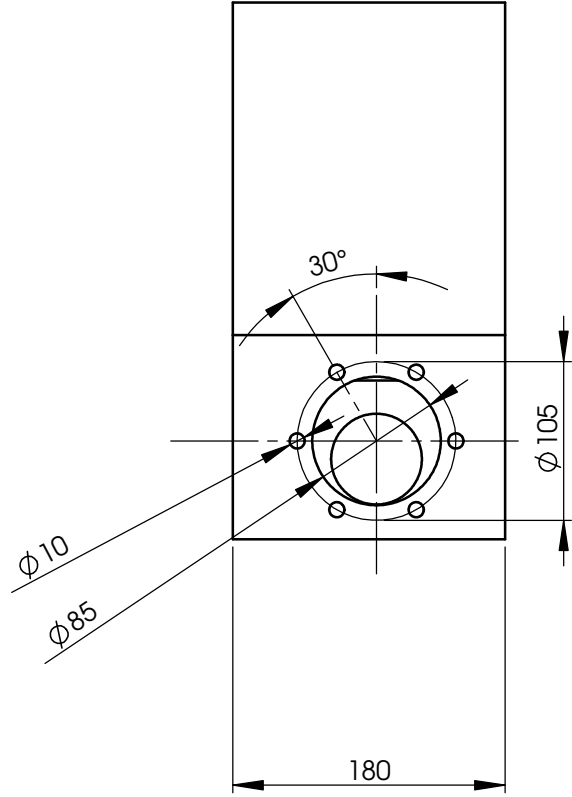
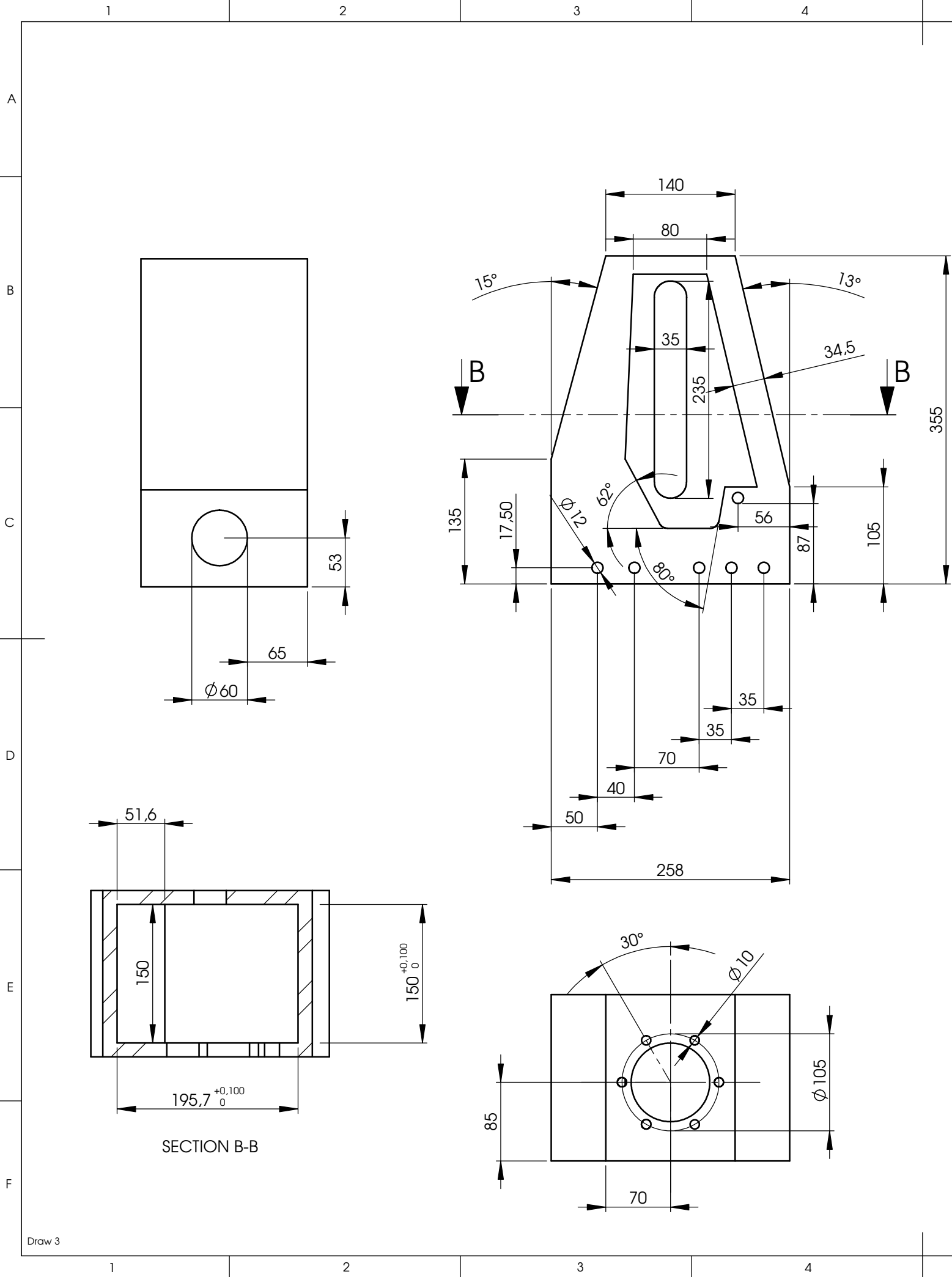
SECTION A-A

Yleistoleranssi		Materiaali	Mitat	
		Standardi	Suunnittelija	Pvm
 Massa Mittakaava A3 1:5	gr.	Pintakäsittely	Piirtäjä	Pvm
		Työnumero	Hyväksyjä	Pvm
 Nimitys Rungon sisäosa			Piirustusnumero	Sivu 1/1 Rev

Tehdään __ kpl

Rev	Muutos	Muuttanut	Pvm

LIITE 4.2



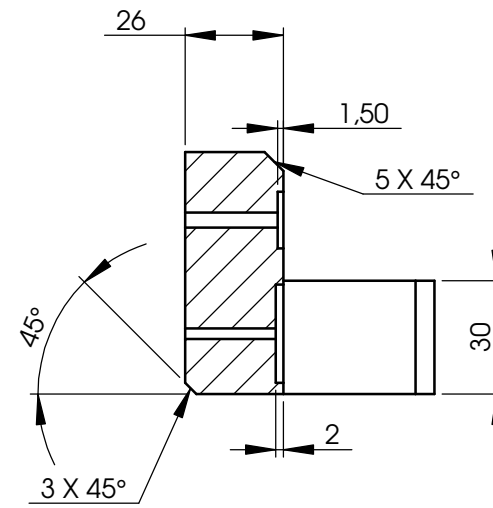
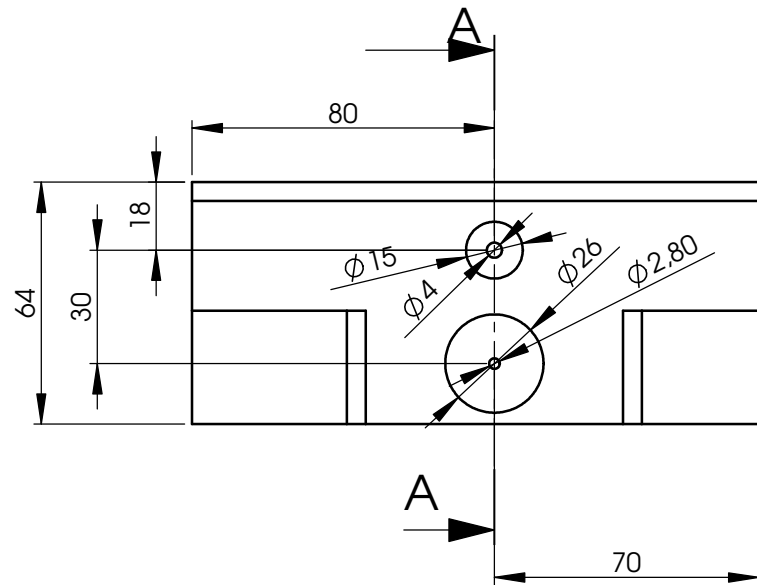
Yleistoleranssi		Materiaali	Mitat	
Standardi		Standardi	Suunnittelija	Pvm
	Massa gr.	Pintakäsittely	Piirtäjä MLa	Pvm
	Mittakaava A3 1:5	Työnumero	Hyväksyjä	Pvm
Nimitys		Piirustusnumero		Sivu 1/1
Runko				Rev

Tehdään __ kpl

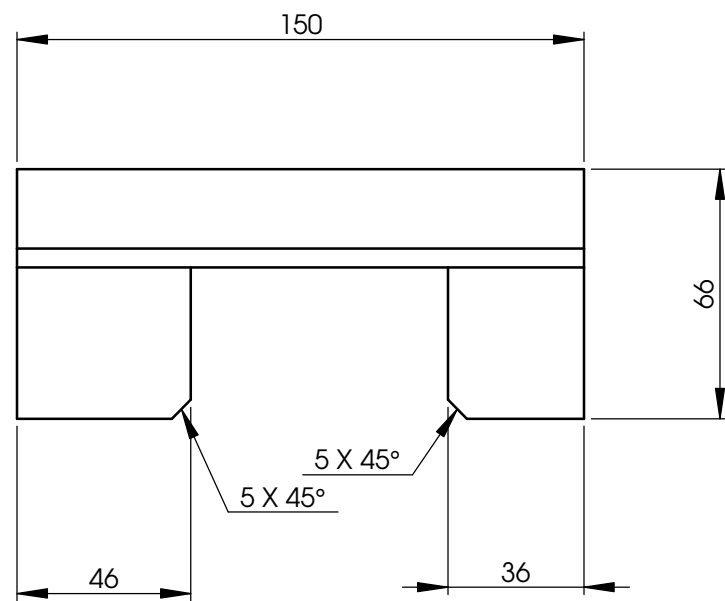
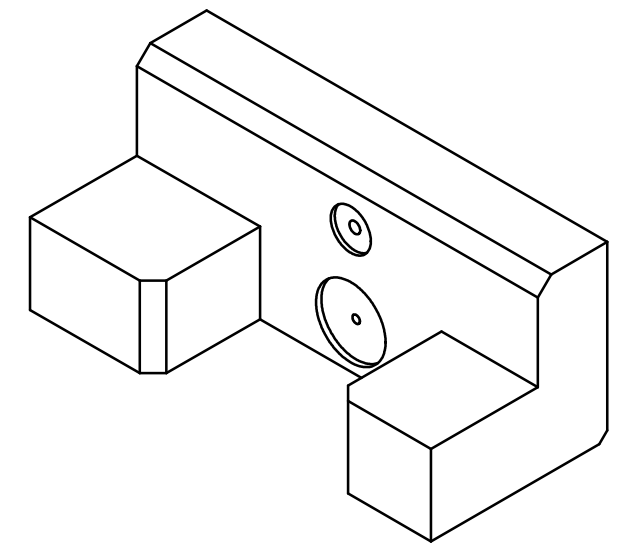


Rev	Muutos	Muuttanut	Pvm

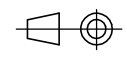

LIITE 4.3.1



SECTION A-A

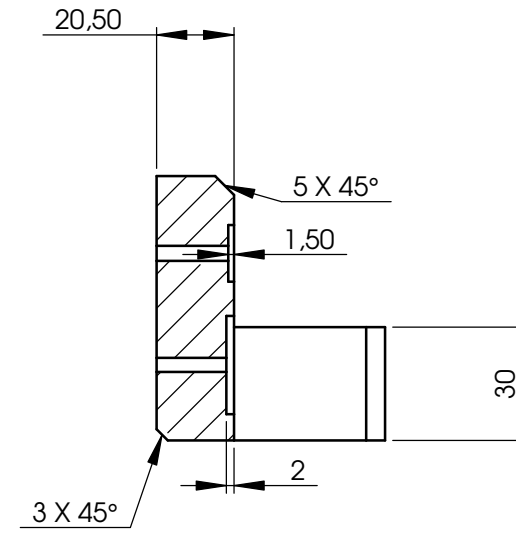
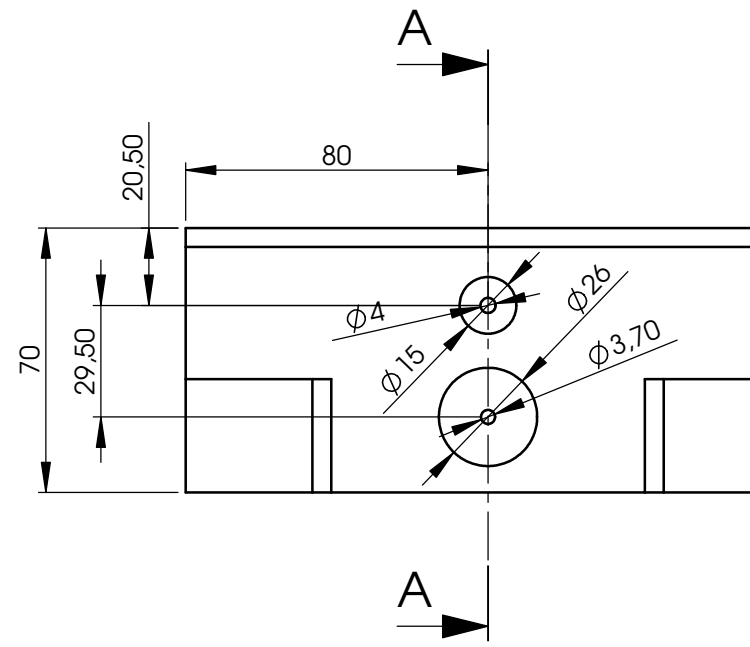


Tehdään __ kpl

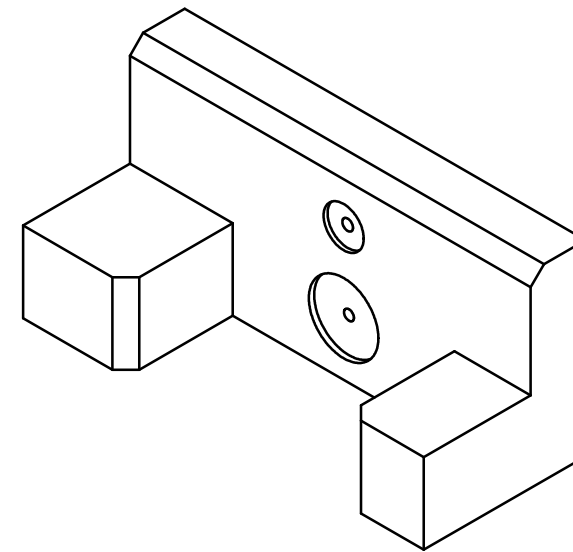
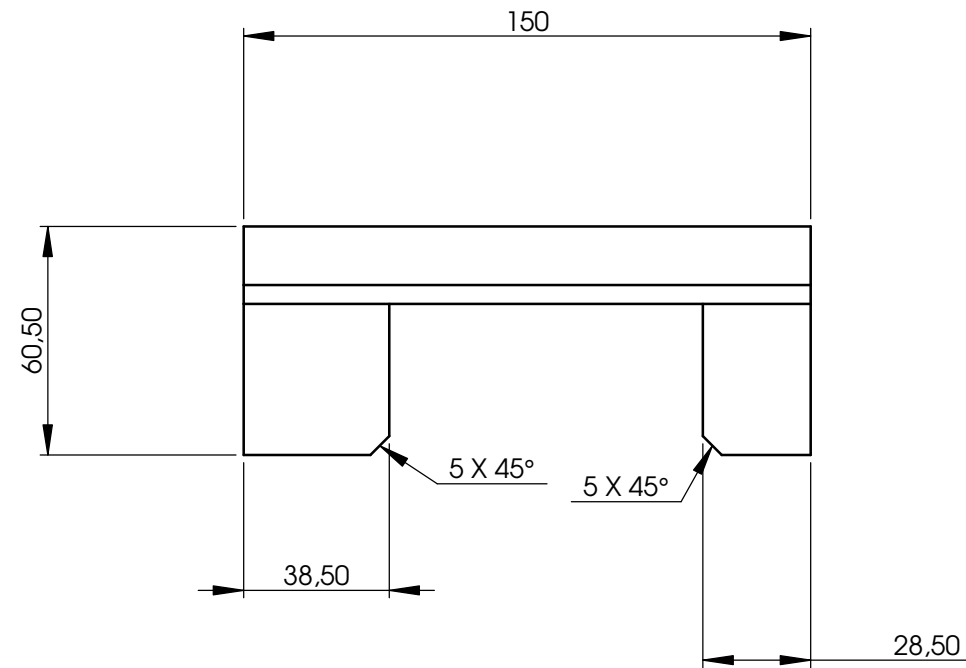
Yleistoleranssi		Materiaali	Mitat	
Standardi		Pintakäsittely	Suunnittelija MLa	Pvm
 Massa gr. Mittakaava A3 1:2	Työnumero		Piirtäjä	Pvm
	Nimitys		Hyväksyjä	Pvm
 Adabteri laippa 3/4"			Piirustusnumero	Sivu 1/1
				Rev

Rev	Muutos	Muuttanut	Pvm

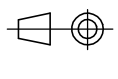

LIITE 4.3.2



SECTION A-A

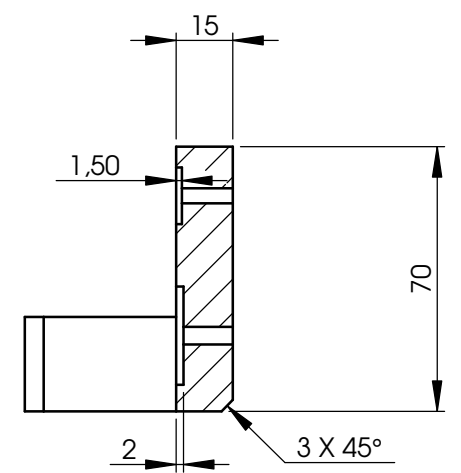
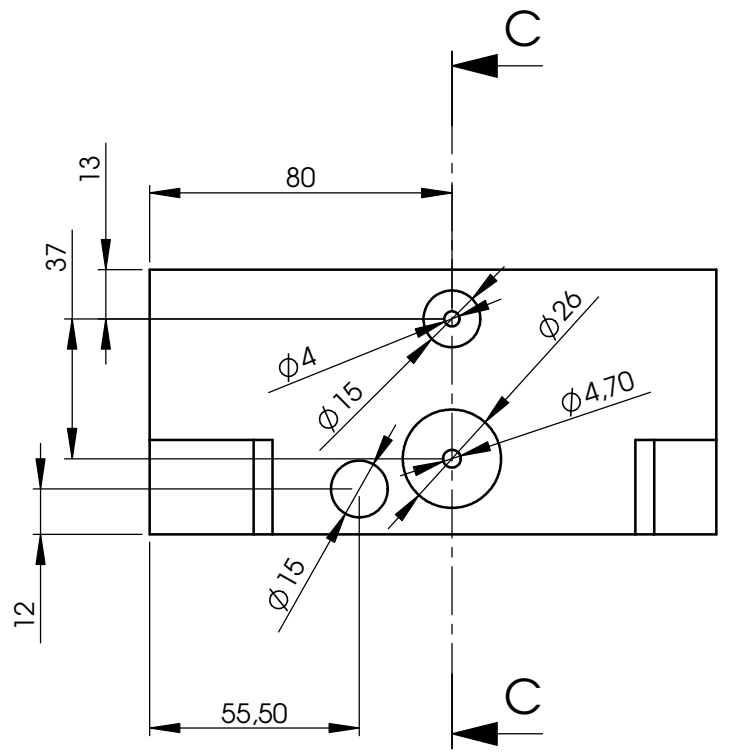


Tehdään __ kpl

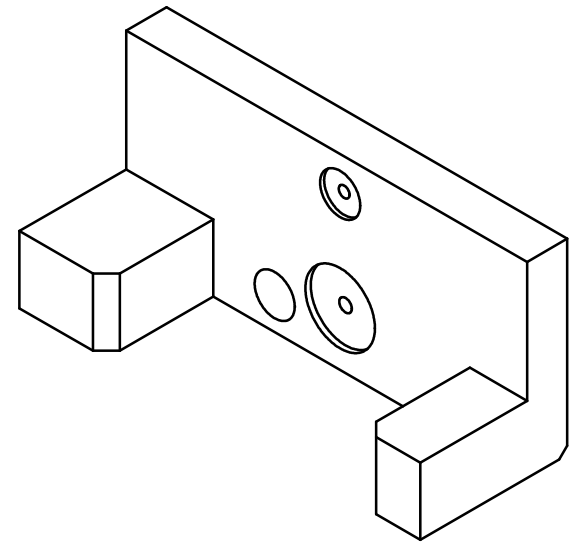
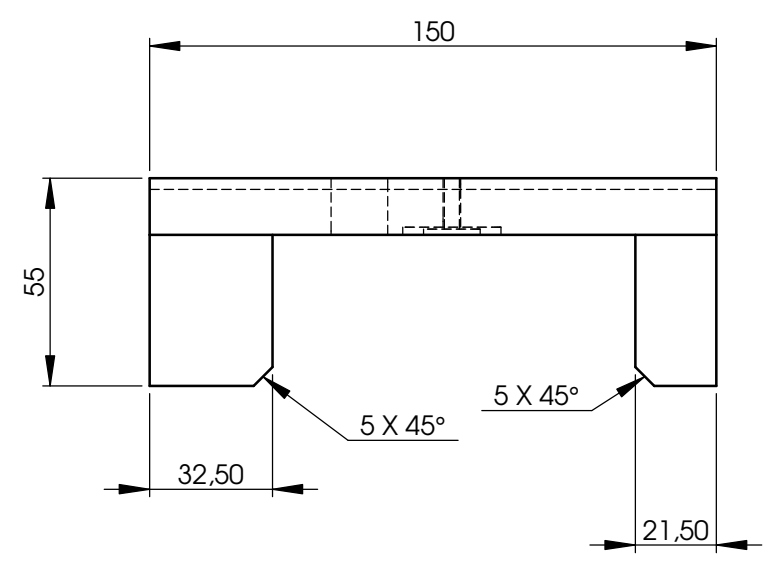
Yleistoleranssi		Materiaali	Mitat	
Standardi		Pintakäsittely	Suunnittelija	Pvm
 Massa gr. Mittakaava A3 1:2	Työnumero		Piirtäjä MLa	Pvm
	Nimitys		Hyväksyjä	Pvm
 Adabteri 1"			Piirustusnumero	Sivu 1/1
				Rev

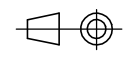

Rev	Muutos	Muuttanut	Pvm

LIITE 4.3.3



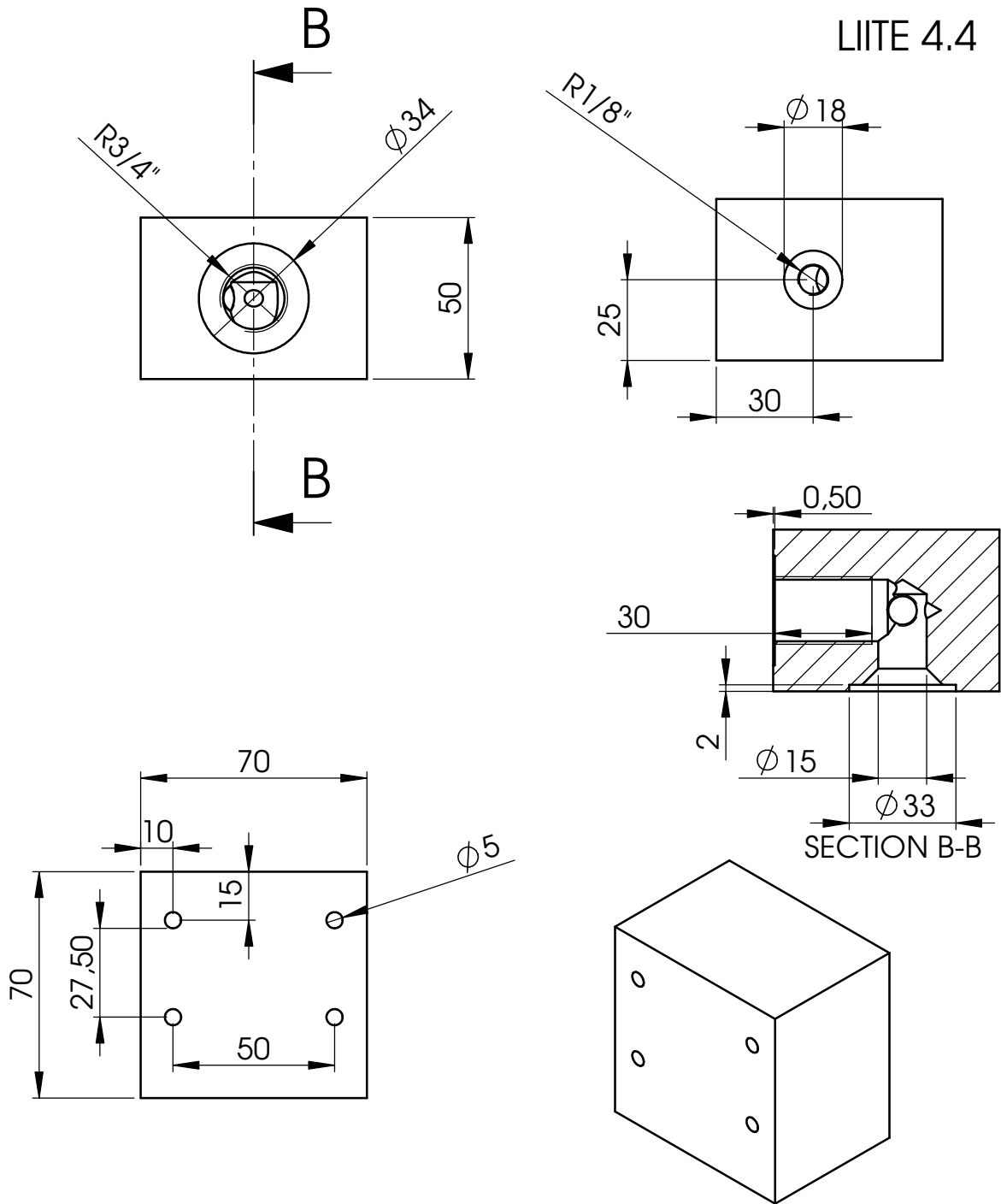
SECTION C-C



Yleistoleranssi		Materiaali	Mitat	
Standardi		Pintakäsittely	Suunnittelija	Pvm
 Massa gr. Mittakaava A3 1:2	Työnumero		Piirtäjä MLa	Pvm
	Nimitys		Hyväksyjä	Pvm
 Adabteri laippa 1 1/4"			Piirustusnumero	Sivu 1/1
Tehdään __ kpl				Rev

Rev.	Muutos	Muuttanut	Pvm

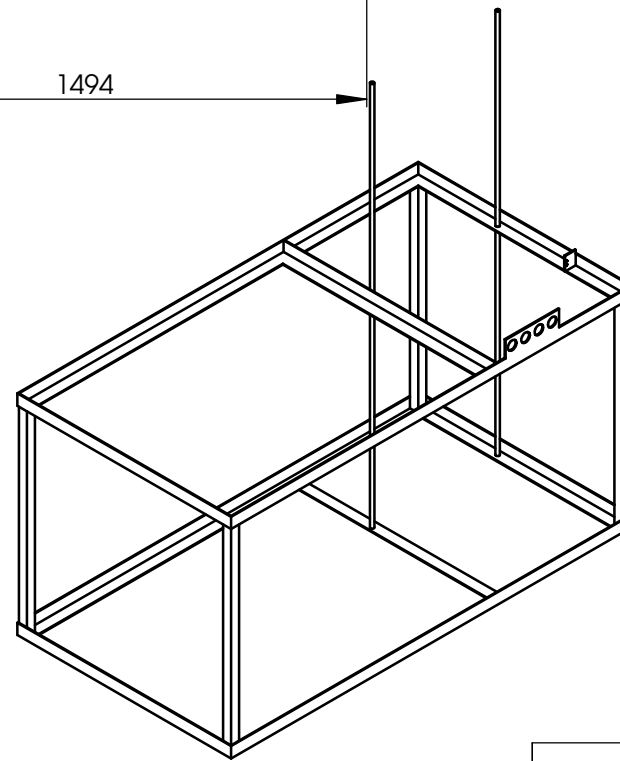
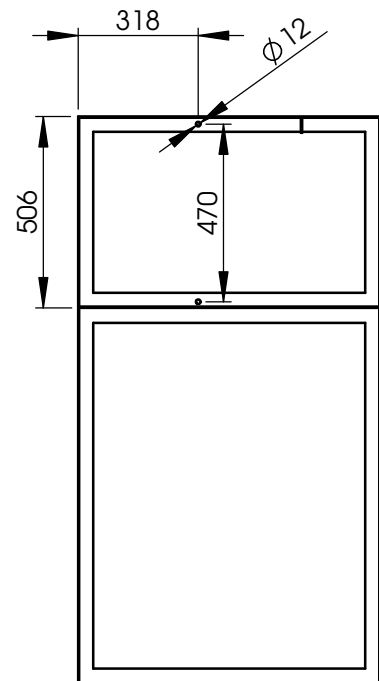
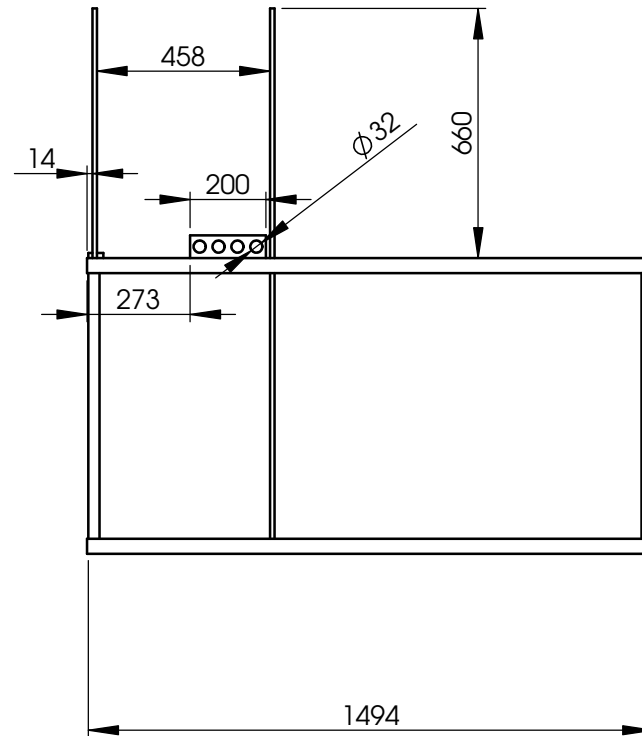
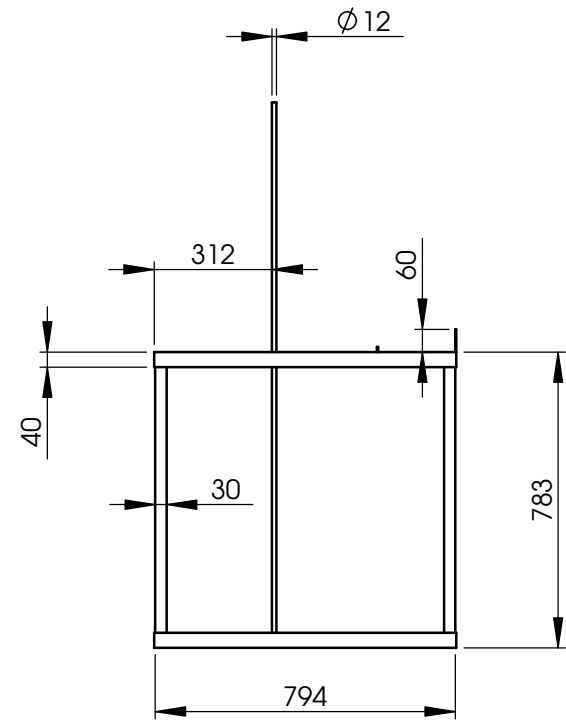
LIITE 4.4



Aihio		Materiaali	Mitat	
Yleistoleranssi		Standardi	Suunnittelija	Pvm
	Massa	Pintäkäsittely	Piirtäjä	Pvm
	gr.	Työnumero	MLa	Pvm
	Mittakaava		Hyväksyjä	Pvm
A4	1:2			
		Nimitys	Piirustusnumero	
		Sylinterin laippa		
				Sivu
				1/1
				Rev

Rev.	Muutos	Muuttanut	Pvm

LIITE 4.5



Yleistoleranssi		Materiaali	Mitat	
		Standardi	Suunnittelija	Pvm
	Massa	Pintakäsittely	Piirtäjä	Pvm
	gr	Työnumero	Hyväksyjä	Pvm
Mittakaava A3 1:20		Nimitys	Piiustusnumero	
		Pöydän runko		Sivu 1/1
				Rev

Tehdään __ kpl

