jamk.fi

Voiteluannostelijan testauslaitteiston kehitys

Atte Peltonen

Opinnäytetyö
Tammikuu 2015

Kone- ja tuotantotekniikka
Tekniikka ja liikenne

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

KUVAILULEHTI

Tekijä(t) Peltonen, Atte	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 29.01.2015
	Sivumäärä 37+33	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Voiteluannostelijan testauslaitteiston kehitys		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Matilainen, Jorma Fonselius, Jaakko		
Toimeksiantaja(t) Oy SKF Ab Lubrication Solutions		

Tiivistelmä

Työn tavoitteena oli kehittää ja suunnitella voiteluannostelijoiden automaattinen testauslaitteisto Oy SKF Ab Lubricationsin Muuramen yksikölle. Opinnäytetyössä keskityttiin mekaniikkasuunnitteluun sekä tuotekehitykseen. Testauksen tarkoituksena on vähentää takuuhuoltojen ja tuotepalautusten määrää sekä vähentää valvonnan määrää testausprosessin aikana. Testilaitteistolla testataan SGA- ja SG-voiteluannostelijoiden toimivuutta sekä vuotoa. Lisäksi testauslaitteiston on kyettävä tunnistamaan annostelijatyyppi.

Tuotekehityksessä lähdettin liikkeelle listaamalla testilaitteistolta vaadittuja toimintoja, joiden pohjalta luotiin erilaisia konsepteja. Konsepteista valittiin paras vaihtoehto jatkokehitykseen ja suunnitteluun. Konseptin pohjalta pystyttiin luomaan alustava prosessikuvaus. Suunnittelussa pääpaino oli hydrauliikassa ja tavoitteena oli hyödyntää yritykseltä löytyviä komponentteja. Tavoitteena oli luoda turvallinen ja yksinkertainen ratkaisu voiteluannostelijoiden automaattiseen testaukseen.

Projektin aikana luotiin testilaitteistolle alustava kustannuslaskelma, suunnittelu- ja valmistusdokumentit sekä riskiarvio. Työn automaatio-osuuden opinnäytetyöhön suorittaa toinen opiskelija.

Avainsanat (asiasanat)
testauslaitteisto, hydrauliikka, riskiarvio

Muut tiedot

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

DESCRIPTION

Author(s)	Type of publication	Date
Peltonen, Atte	Bachelor´s Thesis	29.01.2015
	Pages 37+33	Language Finnish
		Permission for web publication (X)

Title
Development of Testing Equipment for Lubrication Dosers

Degree Programme
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Tutor(s)
Matilainen, Jorma
Fonselius , Jaakko

Assigned by
Oy SKF Ab Lubrication Solutions

Abstract

The goal was to develop and design automated testing equipment for lubrication dosers. The topic for the thesis was given by Oy SKF Ab Lubrication Solutions. The objective was to reduce warranty service problems: products returns and decrease the amount of supervision during the testing process. The testing system tests the function and leakage of the SGA and SG-dosers. In addition, the testing system should be able to recognize which doser is being tested.

The product development was started by listing the required functions for the testing system. Concepts were developed based on the functions and the most prominent concept was developed further in the design phase. Based on the concepts, an initial process description was created. The main focus in the design was in the hydraulics and the goal was to use SKF's own components. The aim was to design a safe and simple solution for automated testing of the lubrication dosers.

During the project preliminary cost estimate as well as-design- and production documents were made. A risk assessment was also made. The automation design was made by another student.

Keywords
testing equipment, hydraulics, risk assessment

Miscellaneous

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo 1
1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT 3
1.1 Esittely 3
1.2 Tavoitteet 3
2 YRITYSESITTELY 4
2.1 SKF Group 4
2.2 Oy SKF Ab Lubrication solutions 4
3 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT 5
3.1 SGA- ja SG-annostelijat 5
3.2 Nykyinen testausprosessi 6
4 TUOTEKEHITYKSEN TEORIAA 8
4.1 Yleinen tuotekehitysprosessi 8
4.2 Konseptivaihe 9
4.3 Suunnitteluvaiheet 10
4.3.1 Systeemisuunnittelu 10
4.3.2 Yksityiskohtien suunnittelu 11
5 SUUNNITTELU 11
5.1 Lujuustarkastelu 11
5.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu 12
6 HYDRAULIIKKA 13
6.1 Yleistä hydrauliikasta 13
6.2 Hydraulijärjestelmän suunnittelun vaiheet 14
6.3 Patruunatekniikka 15
7 KONETURVALLISUUS 16
7.1 Konedirektiivi 16
7.2 CE-merkintä 17
7.3 Koneturvallisuuden standardit 17

7.4 Suojusten suunnittelu 18
8 TESTILAITTEISTO 19
8.1 Esisuunnittelu- ja tiedonkeruuvaihe 19
8.1.1 Voimien määrittäminen 19
8.1.2 Vuodon suuruuden selvittäminen 19
8.1.3 Vaatimuslista 20
8.2 Ideointi ja konseptivaihe 20
8.3 Systeemitason suunnittelu 24
8.3.1 Osakokoonpanot 24
8.3.2 Annostelijoiden kiinnitys 24
8.3.3 Testauslaitteisto 25
8.3.4 Suoja- ja runkorakenteet 28
8.3.5 Testilaitteiston hydrauliikka 30
8.4 Yksityiskohtien suunnittelu 31
8.4.1 Kiinnittimen runkorakenne 31
8.4.2 Venttiilirungon suunnittelu 32
8.4.3 Testilaite 33
8.5 Turvallisuussuunnitelu 33
8.5.1 Testilaitteiston riskianalyysi 33
8.5.2 Turvallisuustekniset laitteet 34
9 TULOKSET 34
10 POHDINTA 36
Lähteet 38
Liitteet 39

1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Esittely

Opinnäytetyön aihe liittyy SGA- ja SG-annostelijoiden automaattisen testauslaitteiston suunnitteluun. Toimeksiantajana on Oy SKF Ab Lubrication solutions Muuramesta. Testauslaitteiston suunnittelu pitää sisällään kaksi osa-aluetta, joista tehdään erilliset opinnäytetyöt. Aihe jaettiin automaatio- ja mekaniikkasuunnitteluun, joista molemmista tehtiin erilliset opinnäytetyöt. Allekirjoittanut toteutti mekaniikkasuunnittelun ja automaatiosuunnittelun tekijänä oli Janne Suosalo.

1.2 Tavoitteet

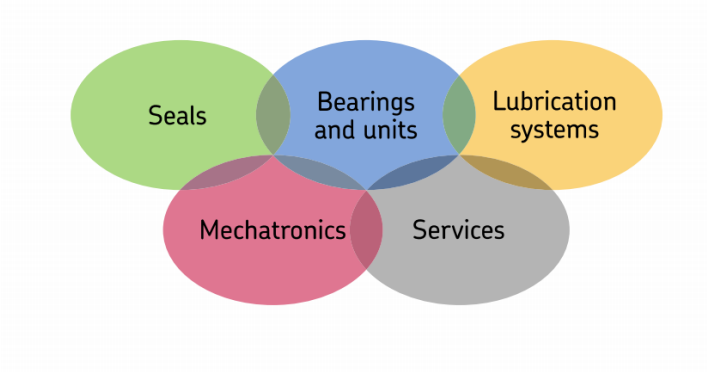
Nykyinen SGA-annostelijoiden testausprosessi on täysin manuaalinen ja mahdollistaa vain yhden annostelijan testaamisen kerrallaan. Automatisoinnin puute sitoo testaajan testilaitteiston ääreen koko testausprosessin ajaksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää toteutettavissa oleva ratkaisu annostelijoiden testaukseen, joka mahdollistaa testaajan siirtymisen muihin työtehtäviin testauksen ajaksi.

Uuden testauslaitteiston on tarkoitus pienentää annostelijoiden läpimenoaikaa sekä parantaa laatua. Testilaitteiston tavoitteena oli pystyä testaamaan annostelijoita vähintään 20 kpl erissä, vuotuisen testausmäärän ollessa noin 20 000 kpl. Laitteiston budjetti on 50 000 €, joka sisältää myös automaatiojärjestelmät.
Kehitystyön runkona käytettiin Karl Urlichin ja Steven Eppingerin yleistä tuotekehitysmallia. Opinnäytetyöhön sisältyi kehitystyön ohella mekaniikka- sekä hydraulisuunnittelua.

2 YRITYSESITTELY

2.1 SKF Group

SKF on Ruotsissa vuonna 1907 perustettu kansainvälinen teollisuusyritys, joka on tällä hetkellä maailman suurin vierintälaakereiden valmistaja. Yhtiön keskeisiin tuotteisiin kuuluvat laakerit, tiivisteet, mekatroniikka, palvelut sekä voitelujärjestelmät (KUVIO1).



KUVIO 1 SKF:n tuotteita

SKF Groupin liikevaihto oli vuonna 2013 noin 7 miljardia euroa. Liiketoiminta on jaettu kolmeen osa-alueeseen: Automotive, Industrial Market – Strategic Industries ja Industrial Market Regional Sales and Services. Automotive-toimialue tarjoaa tuotteita ja palveluita autoteollisuuden tarpeisiin ja Industrial Market-toimialueet kattavat muut teollisuuden osa-alueet. (SKF 2013.)

SKF:llä on maailmanlaajuisesti 140 tuotantolaitosta 29 maassa. Yhtiöllä on 15 000 jälleenmyyjää yli 130 maassa. Vuoden 2013 lopussa yhtiön palveluksessa työskenteli 48 401 työntekijää. (SKF 2013.)

2.2 Oy SKF Ab Lubrication solutions

Oy SKF Ab Lubrication solutions sijaitsee Muuramessa, noin 20 km päässä Jyväskylästä etelään. Muuramen yksikkö pitää sisällään voitelujärjestelmien suunnittelun,

valmistuksen ja huollon. Lisäksi Muuramessa toimii maailmanlaajuinen sellu- ja paperiteollisuuden voitelujärjestelmien osaamiskeskus. (SKF 2013.)

Muuramen yksikkö aloitti toimintansa alunperin vuonna 1972, jolloin perustettiin Oy Safematic Ltd. Yritys valmisti tuolloin mekaanisia tiivisteitä, automaattisia voitelujärjestelmiä paperikoneisiin sekä raskaiden ajoneuvojen voitelujärjestelmiä. Vuonna 1998 John Crane osti Safematicin ja myi voiteluliikettoimintansa edelleen SKF:lle vuonna 2006. Samalla Safematicin tuotemerkki muuttui SKF:ksi. Muuramessa työskentelee SKF:n palveluksessa tällä hetkellä noin 100 työntekijää. Kuvio 2 esittää SKF Lubrication solutionsin keskeisiä tuotteita. (SKF 2013.)

KUVIO 2. SKF Lubrication Solutions tuotteita

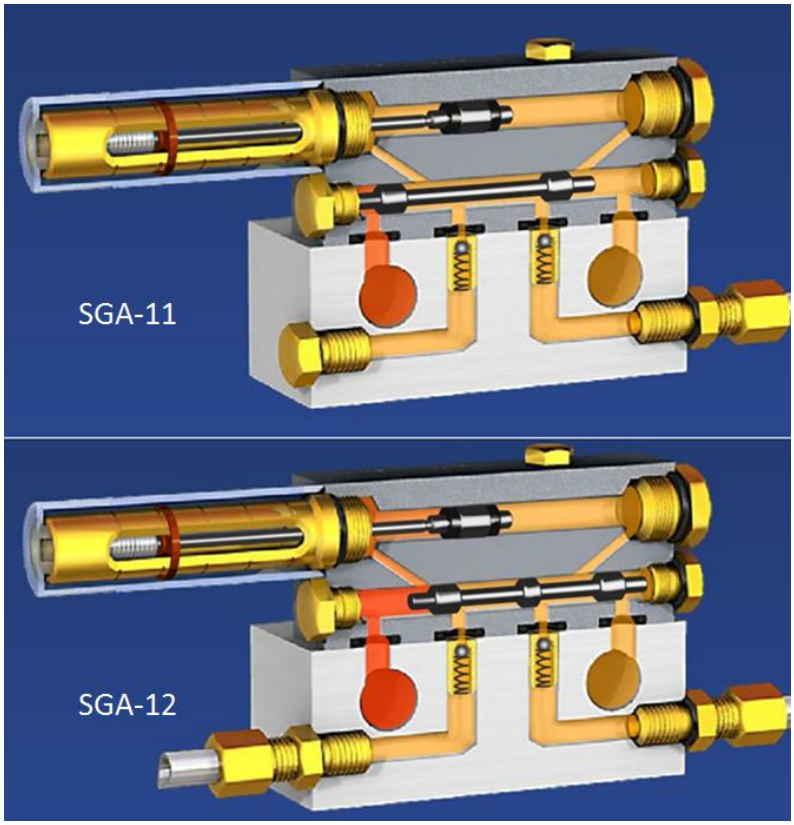
3 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

3.1 SGA- ja SG-annostelijat

SGA ja SG-annostelijat ovat hydraulitoimisia voiteluannostelijoita, joiden tehtävänä on syöttää halutun suuruinen annos voiteluainetta kohteeseen. Annostelijat

soveltuvat sekä öljy- ja rasvavoideltuihin kohteisiin. SGA- ja SG-annostelijat ovat toiminnaltaan samankaltaisia, mutta SG-annostelijat ovat suurempia. SGA-annostelijat kattavat suurimman osan valmistettavista tuotteista.

SGA-annostelijat (KUVIO 3) liitetään peruslevyyn, jonka välityksellä annostelijat syöttävät ennalta määrätyn annoksen voiteluainetta kohteeseen. Annostelija koostuu kahdesta kammiosta, joista toinen ohjaa annostelijan toimintaa ja toinen vastaavasti syöttää annoksen voitelulinjaan. Annostelijoiden toiminta muistuttaa suuntaventtiiliä, jossa öljynvirtauksen suuntaa ohjataan luistilla. Luistin rakenne määrittää, onko annostelija yksi- tai kaksitoiminen.



KUVIO 3 SGA-annostelijat

3.2 Nykyinen testausprosessi

Kun annostelijat saapuvat kokoonpanosta testaukseen, on testauslaitteen tarkoituksena testata annostelijan oikeanlainen toiminta sekä tarkastella öljyn

läpivuodon määrä. Viallisen tuotteen arvo ei itsessään ole merkittävä, mutta viallisen tuotteen päätyminen asiakkaan käyttökohteeseen saattaa rikkoa voitelukohteen. Testilaitteisto koostuu hydraulikoneikosta, testipöydästä sekä ohjauskeskuksesta. (KUVIO 4).

KUVIO 4 Alkuperäinen testilaitteisto

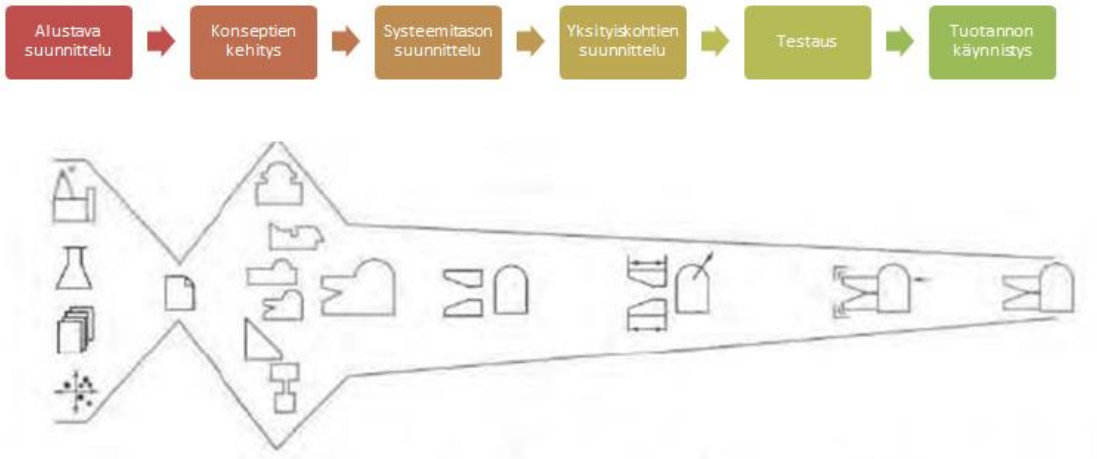
Ensimmäiseksi testaaja kiinnittää annostelijan laitteeseen ja sulkee suojalevyn. Testaja ilmaa annostelijat täyttämällä ne öljyllä. Annostelijan toimintaa ohjaavan luistin asentoa muutetaan vaihtamalla vuorotellen tulolinjaa, jolloin öljyä annosteleva luisti työntää annoksen kerrallaan voitelulinjaan. Testilaitteiston käyttäjä vaihtaa tulolinjaa manuaalisesti ja tarkkailee voitelulinjasta tulevan öljyn virtausta. Mikäli öljyä ei havaita voitelulinjassa, ovat annostelijan luistit todennäköisesti jumiutuneet ja tuote on hylättävä. Testausvaihe suoritetaan noin 50 - 70 bar paineella.

Toisessa testausvaiheessa testataan annostelijan läpivuotoa. Annostelija paineistetaan 170 – 200 bar ja testaaja seuraa läpivuotoa avoimen voitelulinjan kautta silmämääräisesti. Testaaja hyväksyy tai hylkää annostelijan testausohjeissa annettujen arvojen mukaisesti. Testaaja tekee hylätystä annostelijasta selvityksen ja sen perusteella viallinen annostelija menee joko uudelleen koneistukseen tai kokonaan hylkyyn.

4 TUOTEKEHITYKSEN TEORIAA

4.1 Yleinen tuotekehitysprosessi

Opinnäytetyön runkona hyödynnettiin Karl Ulrichin ja Steven Eppingerin kuusivaiheista tuotekehitysmallia (KUVIO 5). Yleisen tuotekehitysprosessin vaiheet ovat alustava suunnittelu, konseptin kehitys, järjestelmätason suunnittelu, yksityiskohtien suunnittelu, testaus ja viimeistely sekä tuotannon käynnistys. Tuotekehitysmallin kaksi viimeistä vaihetta jäävät kuitenkin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. (Ulrich ja Eppinger s.9)



KUVIO 5 Yleinen tuotekehitysmalli (Ulrich&Eppinger,2003)

Alustava suunnitteluvaihe sisältää niitä toimintoja, jotka edeltävät varsinaista tuotekehitysprojektia. Suunnitteluvaiheessa tarkastellaan tuotekehitysprojektia myös koko yrityksen kannalta. Tätä kutsutaan strategiseksi tuotesuunnitteluksi, mikä kuuluu yritysjohdolle. (Ulrich ja Eppinger s.13)

Konseptivaiheessa tunnistetaan markkinoiden asiakastarpeet ja niiden pohjalta luodaan vaihtoehtoisia konsepteja. Konseptivaiheen tarkoituksena on tuoda esiin toimivimmat tuotevaihtoehdot, joita sitten kehitetään edelleen ja testataan. Vaiheeseen kuuluu myös tuotteen spesifikaatioiden määrittely. (Ulrich ja Eppinger s.15)

Järjestelmätason suunnittelussa luodaan tuotteelle tuotearkkitehtuuri ja tuote jaetaan alijärjestelmiin ja komponentteihin. Vaiheeseen kuuluu geometrisen pohjapiiroksen luonti tuotteelle ja toimintomäärittely jokaiselle alijärjestelmälle. (Ulrich ja Eppinger s.15)

Yksityiskohtien suunnittelussa määritetään käytetyt komponentit, materiaalit, toleranssit ja mahdolliset käytettävät standardiosat, kuten hydrauliikan komponentit. Vaiheen tavoitteena on luoda yksityiskohtaiset valmistusohjeet sisältävät ohjausdokumentit. (Ulrich ja Eppinger s.15)

Testaus- ja viimeistelyvaiheeseen kuuluu useiden prototyyppien valmistaminen ja testaus. Ensimmäisillä prototyypeillä tarkastellaan lähinnä konseptin toimivuutta. Myöhemmillä prototyypeillä voidaan testata esimerkiksi tuotteen luotettavuutta, suorituskykyä ja valmistettavuutta. Saatuja testituloksia käytetään lopullisen tuotteen optimointiin ennen sen siirtymistä tuotantoon. (Ulrich ja Eppinger s.15)

Tuotannon käynnisysvaiheessa perehdytetään työntekijöitä ja havaitaan loput ongelmat tuotantoprosessissa. Tyypillisesti käynnistysvaihe etenee portaittain, ennen siirtymistä varsinaiseen tuotantovaiheeseen. Merkittävimmät ongelmakohdat havaitaan yleensä heti tuotantoprosessin alussa ja niiden ilmeneminen harvenee käynnistysvaiheen edetessä. (Ulrich ja Eppinger s.15)

Tuotekehitysprosessin vaiheet eivät ole eristykssisä toisistaan vaan niiden välillä tapahtuu iterointia, sillä uutta tietoa kerääntyy jatkuvasti tuotekehitysprojektin edetessä. (Ulrich ja Eppinger s.15)

4.2 Konseptivaihe

Tuotekonsepti on suuripiirteinen kuvaus tuotteen käyttämästä teknologioista, toimintaperiaatteista sekä muodosta, jolla pyritään täyttämään asiakkaan tarpeet. Useimmiten konsepti on sketsi tai karkea 3D-malli, johon useimmiten sisältyy kirjallinen kuvaus.

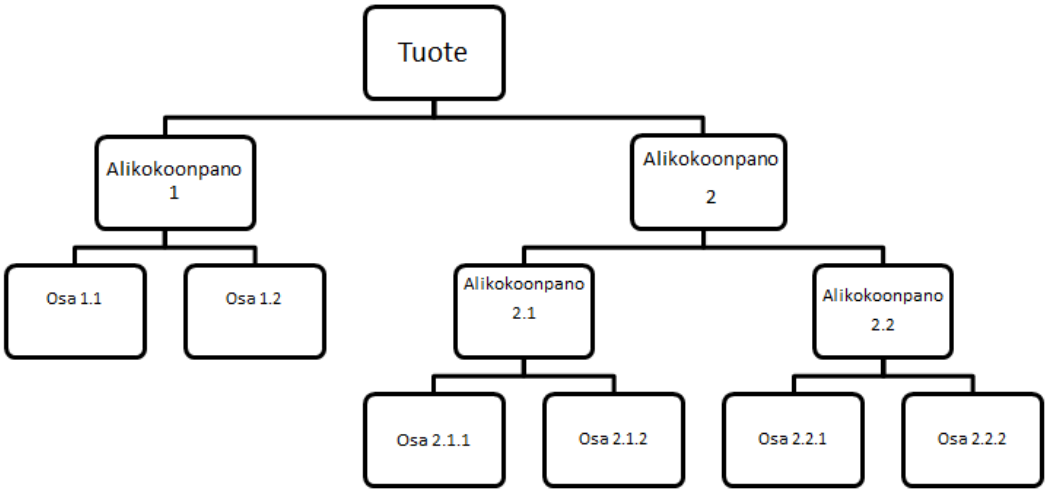
Tuotekonseptin luominen aloitetaan selvittämällä asiakkaan tarpeet ja muodostamalla yleiskuvaus niistä. Kun asiakkaan tarpeet ovat tiedossa, voidaan aloittaa ratkaisuvaihtoehtojen ideointi ja taulukointi. Ideoita yhdistelemällä saadaan aikaan kokonaisratkaisuja, jotka pisteytetään. Parhaat kokonaisratkaisut, tuotekonseptit, siirtyvät jatkokehitykseen. Tuotekonsepteista voidaan muodostaa esimerkiksi yksinkertaisia 3D-malleja, joiden ominaisuuksia voidaan käydä läpi asiakkaan kanssa. Tuotekehitysprosessin aikana parhaat ideat jatkavat matkaansa, huonompien karsiutuessa pois. Prosessin aikana tapahtuu kuitenkin iterointia vaiheiden välillä. (Ulrich ja Eppinger s.15)

4.3 Suunnitteluvaiheet

4.3.1 Systeemisuunnittelu

Suunnitteluvaihe alkaa systeemisuunnittelulla, jossa muodostetaan tuotteen kokonaisrakenne. Kokonaisrakenne pitää sisällään tuotteen rakenteen sekä kokoonpanot. Kokonaisrakenne pilkotaan pienemmiksi alikokoonpanoiksi, mikä mahdollistaa myös tuotteen modulaarisuuden. (Ulrich ja Eppinger s.15)

Alikokoonpanot voidaan jakaa eri kokoonpanotasoihin hierarkisesti, kunnes päästää osatasolle saakka (KUVIO 6). Eri kokoonpanotasojen välillä voidaan käyttää erilaisia liittämismenetelmiä, kuten hitsaus- ja pulttiliitoksia. Systeemisuunnittelussa otetaan kantaa myös tuotteen käytettävyyteen, valmistetettavuuteen ja turvallisuuteen. (Ulrich ja Eppinger s.15)



KUVIO 6 Kokoonpanohierarkia

4.3.2 Yksityiskohtien suunnittelu

Yksityiskohtasuunnittelussa keskitytään nimensä mukaisesti yksityiskohtien hiomiseen ja tuote saakin siinä lopullisen muotonsa. Vaiheessa määritellään tuotteen eri osien valmistusmenetelmät sekä materiaalit. Kaikille osille tulee olla valmistukseen tarvittavat dokumentaatiot. (Ulrich ja Eppinger s.15)

5 SUUNNITTELU

5.1 Lujuustarkastelu

Lujuusoppi tarkastelee ulkoisten sekä sisäisten kuormituksien vaikutuksia kappaleeseen ja sillä on keskeinen rooli koneensuunnittelussa. Kuormitusten vaikutuksesta kappaleeseen syntyy voimia ja momentteja, jotka aiheuttavat kappaleeseen jännityksiä ja muodonmuutoksia. Lujuusoppia käytetään myös rakenteen kestoiän määrittelyssä.

Lujuuksien määrittäminen perustuu todellisen rakenteen sijaan rakennetta kuvaavaan abstraktiiviseen malliin, jonka pohjalta voidaan ennakoida rakenteen mekaanista käyttäytymistä laskentamallien avulla. Mikäli laskentamalli ei ole simuloinnut

rakenteen käyttäytymistä tarpeeksi tarkasti, saattaa rakenne vaurioitua. Epätarkkuuksista johtuvia vaurioita pyritään välttämään käyttämällä varmuuskertoimia. Varmuuskerroin kuvaa kuormitusten aiheuttamien jännitysten suhdetta materiaalin jännityksen kestokykyyn. Esimerkiksi jos vaadittu varmuusluku on kaksi, voidaan sallia jännityksiä, jotka ovat puolet materiaalille sallitusta jännityksestä. (Koneenosien suunnittelu s.9-15)

5.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD (Computer Aided Design) on nykyään keskeinen työkalu teknisessä suunnittelussa. CAD-ohjelmistoja hyödynnetään jokaisella tekniikan alueella. Ohjelmistot voidaan jakaa karkeasti 2D- ja 3D-ohjelmistoihin, joista 2D-ohjelmistot hyödyntävät vektorimalleja. 3D-ohjelmistot perustuvat tilavuus- ja pintamalleihin. Ohjelmistoihin sisältyy usein monipuoliset simulointityökalut, joiden avulla voidaan tarkastella esimerkiksi lujuusominaisuuksia tai virtauksia.

Merkittävimmät edut tietokoneavusteisella suunnittelulla perinteisiin menetelmiin nähden ovat nopeus sekä tarkkuus. Lisäksi 3D-mallinnuksen avulla pystytään havainnollistamaan suunniteltavien kappaleiden muotoja sekä kokoonpanoja. Mahdolliset ongelmat voidaan huomata jo mallinnusvaiheessa ja rakennetta voidaan muokata vaivattomasti.

Finite element method eli elementtimenetelmä on lujuuslaskenta työkalu, joka perustuu kappaleen jakamiseen pienempiin, geometrisesti yksinkertaisempiin osiin. Osat voivat olla esimerkiksi kolmio- tai neliögeometrioita. Lujuusopin differentiaaliyhtälöitä voidaan soveltaa vain yksinkertaisiin geometrioihin. FEM-analyysi on keskeinen työkalu monissa 3D-ohjelmistoissa.

6 HYDRAULIIKKA

6.1 Yleistä hydrauliikasta

Hydrauliikalla tarkoitetaan nesteiden hydrostatiikan ja hydrodynamiikan teknillisiä sovelluksia. Hydrauliikassa neste toimii energiaa siirtävänä elementtinä ja sen käyttökelpoisuus perustuu nesteiden kokoonpuristumattomuuteen, paineen tasaiseen jakautumiseen sekä nesteen muodottomuuteen. Käytännössä kun puhutaan hydrauliikasta tarkoitetaan tehonsiirtoa öljyn avulla. (Fonselius s.2)
Tyypillisessä hydraulijärjestelmässä sähkömoottorilla tuotettu mekaaninen energia muutetaan hydrauliseksi energiaksi pumpun avulla. Hydraulinen energia siirretään putkien avulla toimilaitteelle, esimerkiksi sylinterille, joka muuttaa hydraulienergian takaisin mekaaniseksi energiaksi. (Fonselius s.4)

Suunniteltaessa hydraulijärjestelmää on luotava selkeä kokonaiskuva tilanteesta. Usein joudutaan miettimään, käytettäänkö pneumaattisia vai hydraulisia menetelmiä. Merkittävin ero hydrauliikan ja pneumatiikan välillä on paineessa. Hydrauliikassa käyttöpaineet ovat 10-35 MPa ja pneumatiikassa vastaavasti 0,5-1 MPa. Pneumatiikka hyödyntää nesteen sijaan kaasua energian siirtämiseen ja se soveltuu käytettäväksi kun voimat ovat pieniä. Kaasut ovat kokoonpuristuvia, joten pneumatiikkalla ei voida toteuttaa jäykkiä järjestelmiä. Pneumaattinen järjestelmä on hydraulista järjestelmää halvempi toteuttaa, joten kannattaa tarkastella ensiksi onko pneumaattisen järjestelmän käyttö mahdollista. (Koneenosien suunnittelu s. 692)

Hydraulijärjestelmien etuja ovat

- Kokoonsa nähden suuret voimat
- Tehon hallinta on helppoa
- Sähköhydrauliset komponentit mahdollistavat elektronisen ohjauksen

- Jäykät väliasennot ovat mahdollisia

Hydraulijärjestelmien haittapuolia ovat

- Korkean paineen sekä käytön aiheuttama huollon tarve
- Öljyvuodot ovat turvallisuus- sekä ympäristöriski
- Virtaushäviöt putkistoissa rajoittavat tehonsiirtomatkaa
- Hydraulikoneikot aiheuttavat melua ympäristöön
- Hydraulikomponentit ovat arkoja epäpuhtauksille

Hydraulijärjestelmät voidaan luokitella rakenteensa perusteella avoimiin- ja suljettuihin järjestelmiin. Avoimessa hydraulijärjestelmässä öljy palaa toimilaitteen jälkeen säiliöön. Suljetussa järjestelmässä öljy kulkee toimilaitteen jälkeen suoraan pumpun imupuolelle. (Fonselius s. 98)

6.2 Hydraulijärjestelmän suunnittelun vaiheet

Hydraulijärjestelmän suunnittelu alkaa lähtötietojen, kuten kuormitusten ja ympäristön ominaisuuksien listaamisella. Lähtötiedoilla on erittäin suurimerkitys loppukustannuksiin, sillä esimerkiksi ympäristötekijät vaikuttavat suoraan komponenttien materiaaleihin ja sitä kautta hintaan.

Seuraava vaihe on laatia järjestelmän toimintakaavio, joka kuvaa ajan funktiona toimilaitteiden toimintaa ja ohjausimpulsseja. Toimintakaavion pohjalta voidaan määritellä nimellispaine sekä esivalita sopivat komponentit ja laatia sen pohjalta hydraulikaavio. Hydraulikaavion pohjalta voidaan määritellä komponenttien parametrit, joiden avulla saadaan laskettua tarvittava tilavuusvirta. Kun tilavuusvirta on tiedossa voidaan toimilaitteiden arvot määritellä. Tilavuusvirran avulla voidaan myös laskea sopivat putkikoot.

Seuraavana valitaan järjestelmälle ohjaustapa, joka voi olla esimerkiksi sähköinen. Järjestelmään soveltuvat komponentit valitaan valmistajan luetteloista.

Komponenttien avulla voidaan edelleen määritellä järjestelmän tehohäviö ja lämpötasapaino.

Lopuksi tarkastellaan järjestelmän asennusnäkökohtia, putkie- ja liittimien sijoituksia, sekä tehdään kustannuslaskelmat lopullisten osaluetteloiden pohjalta. (Fonselius s.100-101)

6.3 Patruunatekniikka

Patruunatekniikan perusideana on, että hydraulijärjestelmän suunnittelussa erotetaan teho-ja ohjaussignaalipuoli toisistaan. Patruunaventtiilit ovat itsessään yksinkertaisia lohkoasenteisia venttiileitä, mutta yhdistämällä useita patruunaventtiileitä lohkoihin saadaan aikaan monimutkaisia hydraulisia järjestelmiä. Sijoittamalla useita venttiileitä samaan lohkoon, saadaan hydraulijärjestelmä pienempään tilaan sekä säästytään vähäisemmällä putkituksella. Patruunatekniikalla toteutetun järjestelmän mitoituksessa käytetään samoja menetelmiä, kuin perinteisissä hydraulijärjestelmissä.

Patruunatekniikalla toteutetussa järjestelmässä voidaan käyttää erilaisia patruunoita, ohjausventtiilien ollessa pienempää kokoluokkaa. Lohkojen sisältämät poraukset toimivat virtauskanavina patruunoiden välillä, eikä erillisiä putkistoja tarvita. On kuitenkin huomioitava, että järjestelmän monimutkaistuessa, lisääntyvät myös valmistustekniset ongelmat.

Patruunaventtiilit voivat olla tyypiltään luisti- tai istukkaventtiileitä. Venttiilin avautumiseen vaikuttavat paine-erot työ-ja ohjausliitännöissä. Tämän takia venttiilit toimivat parhaiten kohtuullisen suurilla tilavuusvirroilla. Patruunoiden ulkomitat ovat standardoituja, joten samat upotukset käyvät erivalmistajien patruunoille. (Fonselius s.132-135)

7 KONETURVALLISUUS

Koneturvallisuuteen on jo suunnittelun alkuvaiheessa kiinnitettävä huomiota, sillä työtapaturmista noin neljännes on koneiden aiheuttamia. Parhaimpaan tulokseen päästään kun rakenne suunnitellaan luontaisesti turvalliseksi ja vasta toissijaisena keinona hyödynnetään suojaustekniikkaa. Toimeksiantaja painotti erityisesti koneturvallisuutta uuden testauslaitteiston suunnittelukriteerinä.
(Suojaustekniikan käsikirja s.3)

7.1 Konedirektiivi

Konedirektiivi on säädös, joka yhteinäistää koneiden turvallisuus- ja terveysvaatimukset. Konedirektiivin tarkoitus on taata koneiden koneiden korkea turvallisuuden ja terveyden suojelun korkea taso sekä tuotteiden vapaa liikkuvuus Euroopan talousalueella. Nykyinen EU:n konedirektiivi 2006/42/EY otettiin käyttöön Suomessa 29.12.2009. (Koneturvallisuuden esite.)

Konedirektiivi 2006/42/EY koskee varsinaisteen koneiden lisäksi myös turvakomponentteja, nostoapuvälineitä, sekä osittain valmiita koneita. Konedirektiivin vaatimusten täyttämiseksi voidaan apuna käyttää standardeja Konedirektiiviä sovelletaan ammatti- ja kuluttajakäyttöön soveltuviin koneisiin.
Konedirektiivin liite I edellyttää, että koneen valmistaja tai markkinoille saattaja suorittaa koneen turvallisuussuunnittelun. Turvallisuussuunnittelu pitää sisällään kaikki koneen turvallisuus ja terveysriskit koko sen elinkaaren ajalta. Turvallisuussuunnittelun tulisi ottaa huomioon myös ennakoitavissa olevat väärinkäyttötilanteet. (Koneturvallisuuden esite.)

Standardien käyttö turvallisuussuunnittelussa ei ole välttämätöntä, mutta ne auttavat suunnitelijaa täyttämään konedirektiivin vaatimukset. Standardeissa käydään läpi turvallisuuteen ja terveyteen liittyvät asiat konedirektiiviä yksityiskohtaisemmin. (Koneturvallisuuden esite.)

7.2 CE-merkintä

CE-merkitä on valmistajan vakuutus siitä, että tuote täyttää sille asetetut direktiivien mukaiset vaatimukset ja on käynnyt lävitse mahdolliset vaaditut tarkastukset. Euroopan talousalueella CE-merkintä tulee olla koneissa, leluissa, sähkölaitteissa, henkilönsuojaimissa, rakennustuotteissa ja painelaitteissa. Terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet kuuluvat myös CE-merkinnän piiriin.
CE-merkintää haetaan valmistajan vakuutuksen pohjalta ja se voidaan kiinnittää ilman erillistä testausta. Eräissä tapauksissa voidaan vaatia tuotteen vaatimustenmukaisuuden arviointia kolmannella osapuolella. Tälläisiä laitteita ovat esimerkiksi henkilösuojaimet, kuten kypärät ja suojalasit.

7.3 Koneturvallisuuden standardit

Koneturvallisuuden standardeilla tarkoitetaan koneiden sekä niissä olevien järjestelmien, laitteiden ja toisinaan myös komponenttien turvallisuuskysymyksiä käsitteleviä standardeja. Nykyiset koneturvallisuuden standardit pohjautuvat EU:n konedirektiiviin 2006/42/EY ja ne auttavat suunnittelijaa täyttämään sen vaatimukset. (SFS-EN ISO 12100)

Koneturvallisuuden standardeilla on kolmiportainen hierarkia ja se jakautuu A-, B- ja C-tyypin standardeihin. A-tyypin standardit ovat turvallisuuden perusstandardeja. Kaikki standardityypit perustuvat standardiin SFS-EN ISO 12100 , joka pitää sisällään perusteet, terminologian ja tekniset perusteet. Toinen A-tyypin standardi on SFS-EN ISO 14121, joka opastaa suunnittelijaa ISO 12100 –standardin soveltamisessa. (SFS-EN ISO 12100 s.10)

B-tyypin standardit käsittelevät turvallisuusnäkökohtia (B1) tai suojausteknisiä laitteita (B2). Turvallisuusnäkökohtia ovat esimerkiksi melu, pintalämpötilat sekä

turvaetäisyydet. Suojausteknisiä laitteita ovat käsinhallintalaitteet, toimintaankytkentälaitteet, rajakytkimet sekä suojukset. (SFS-EN ISO 12100 s.10)

KUVIO 7 A- ja B-tyypin standardit (Koneturvallisuuden esite)

C-tyypin standardi on konekohtainen turvallisuustandardi, joka käsittelee koneen tai koneryhmän turvallisuusvaatimuksia. Tälläisiä koneryhmiä ovat esimerkiksi kuljettimet tai robotit. Suunnittelutilanteessa tulisi ensiksi selvittää löytyykö suunnitelukohteelle C-tyypin standardia. Mikäli standardien välillä on ristiriitoja, tulee noudattaa ensisijaisesti C-tyypin standardin asetuksia. (SFS-EN ISO 12100 s.10)

7.4 Suojusten suunnittelu

Suojuksella tarkoitetaan koneen suojauksesta vastaavaa fyysistä estettä. Suojukset voidaan jakaa kiinteisiin ja avattaviin suojuksiin. Kiinteät suojukset ovat suojuksia, jotka ovat kiinnitetty laitteeseen, siten että ne ovat irrotettavissa ainoastaan työkalujen avulla tai rikkomalla suojus. Avattavat suojukset voidaan avata ilman työkaluja. (SFS-EN 953 + A1 s.14-17)

Suojusten suunnittelussa tulee ottaa huomioon koneen ympäristö ja käyttö koko elinkaaren aikana. Suojukset on suunniteltava siten, että ne mahdollistavat toistuvat säätö ja huoltotoimet. Suojusten on kyettävä estämään mahdollisten sinkoutuvien osien tai vaarallisten aineiden pääsyn ympäröivään tilaan. Lisäksi suunnittelun tulee otta huomioon ergonomiset seikat suojusten sijoittelussa sekä valitsemalla oikean kokoiset suojukset käyttökohteeseen. (SFS-EN 953 + A1 s.26-29)

8 TESTILAITTEISTO

8.1 Esisuunnittelu- ja tiedonkeruuvaihe

8.1.1 Voimien määrittäminen

Merkittävin selvitettävä suure SGA-annostelijoiden kiinnittämiseen on vuototestauksen aikaisen paine-eron aiheuttaman voiman kumoamiseen vaadittava puristusvoima. Annostelijan pohjassa oleviin kanaviin kohdistuu 200 bar suuruinen paine. Voima riippuu kanavien poikkileikkauksen pinta-alasta, joka on yhteensä noin 90 mm² sekä kanaviin kohdistuvasta 200 bar paineesta. Kaavasta $F = P * A$ saadaan siis laskettua yhden annostelijan kiinnittämiseen vaadittava voima, joka on noin 1,8 kN.

Annostelijoita on tarkoitus testata 24 kpl erissä, joten kokonaisvoima annostelijoiden kiinnittämiseen on noin 44 kN. Voimien suuruuden avulla voidaan myöhemmissä kehitysvaiheissa esivalita tarvittavia komponentteja.

8.1.2 Vuodon suuruuden selvittäminen

Manuaalisessa testauksessa vuodonilmaus tapahtuu silmämääräisesti työntekijän tarkkaillessa voitelulinjan kanavia. Testattava annostelija hylätään, mikäli vuoto voitelulinjaan on enemmän kuin 10 tippaa minuutissa. Nykyinen hylkäysraja on hyvin epämääräinen, sillä se perustuu täysin työntekijän arvioon eikä esimerkiksi ajankulkua mitata sen tarkemmin. Suurin sallittu vuoto oli mitattava kokeellisesti.

Vuodon määrittelemiseksi suoritettiin koe, minkä tarkoituksena oli saada selville annostelijan läpi vuotavan öljyn virtauksen määrää. Kun tiedetään vuotavan öljyn massa sekä tiheys, niin voidaan laskea vuotaneen öljyn tilavuus. Kokeessa vuotava öljy kerättiin esipunnittuihin mittakuppeihin. Punnitus suoritettiin vaa'alla, jonka tarkkuus on +/- 0,01 g. Testin ensimmäisessä vaiheessa vuotavaa öljyä kerättiin minuutin ajan viallisiksi todetuista annostelijoista. Punnitsemalla vuotaneen öljyn massa saatiin selville vuotaneen öljyn tilavuus. Vuotojen suuruudet olivat 0,0015 l/min ja 0,0011 l/min.

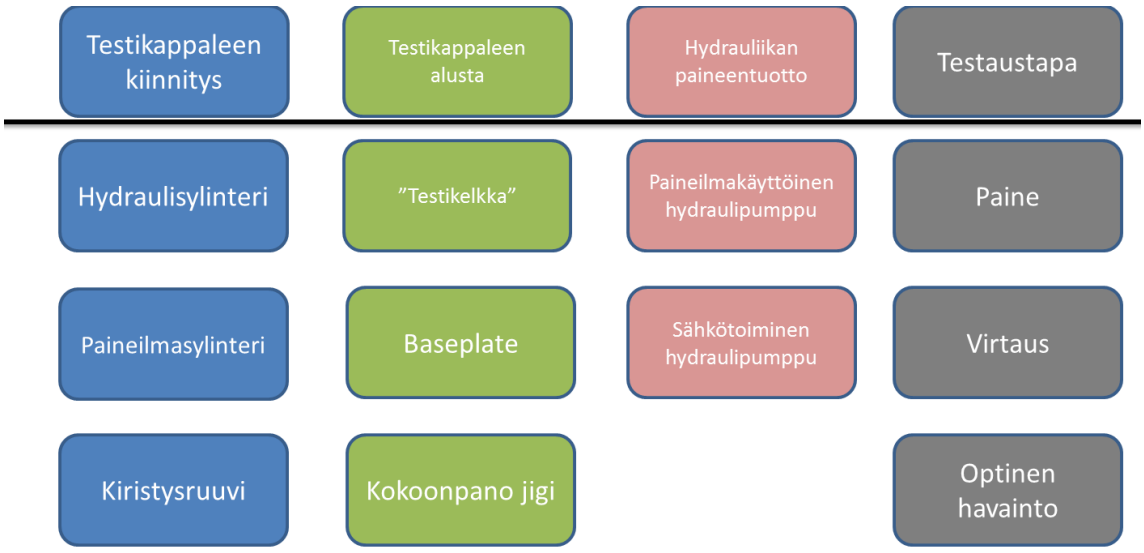
Testin toisessa vaiheessa mittakuppiin kerättiin 10 tippaa joka on suurin sallittu vuotomäärä minuutin aikana. Mittauksen jälkeen vuodon suuruudeksi saatiin 0,00036 l/min. Vuodot ovat suuruusluokaltaan sellaisia, että hammaspyörävirtausmittareiden käyttö on epävarmaa.

8.1.3 Vaatimuslista

Liitteessä 1 on kuvattu testilaitteistolle asetetut vaatimukset. Vaatimukset muuttuivat työn aikana hieman, sillä toimeksiantaja muutti toivottua eräkokoa. Uudistettu vaatimus eräkoon osalta oli 12 kpl. Suunnitteluvaiheessa on kuitenkin ottettu huomioon laitteiston laajentamismahdollisuudet.

8.2 Ideointi ja konseptivaihe

Konseptivaihe painottui erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen ideointiin. Kehitystyön alussa testilaitteistolta vaaditut päätoiminnot eriteltiin ja niille kehitettiin mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja, joita yhdistelemällä saatiin useita eri konsepteja. Päätoimintoja oli neljä kappaletta: testikappaleen kiinnitys, kappaleen alusta, hydrauliikan paineentuotto ja testaustapa. (KUVIO 8)



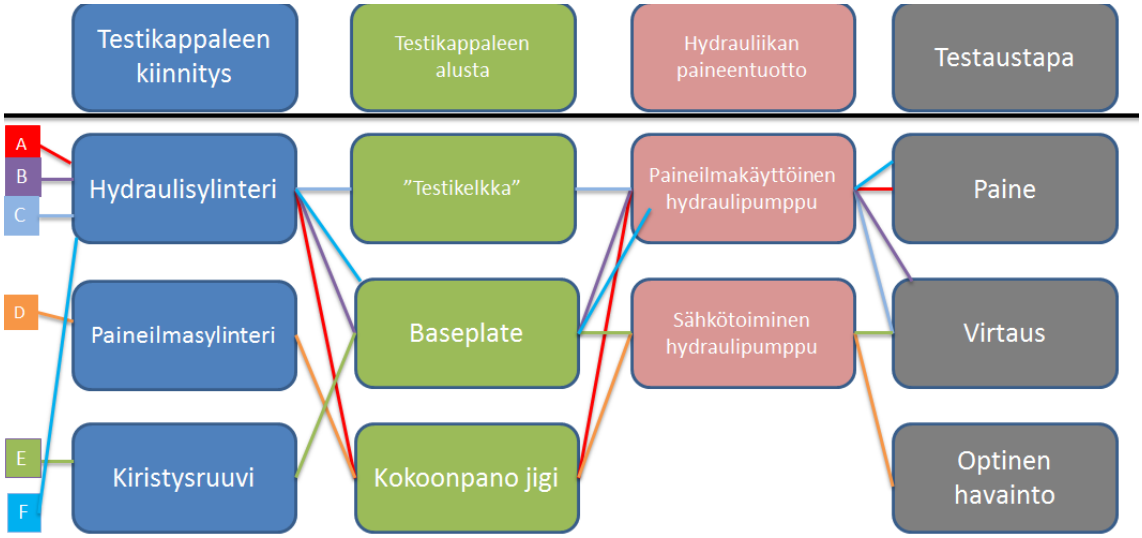
KUVIO 8 Toiminnot ja ratkaisuvaihtoehdot

Testikappaleen kiinnityksen tarkoituksena oli estää testattavan annostelijan irtoaminen alustasta testauksen aikana. Testauksen aikana annostelijaan kohdistuvaksi voimaksi määriteltiin 2 kN, jonka kiinnityksen tulisi kumota. Tarkastellut ratkaisuvaihtoehdot olivat hydraulisylinteri, paineilmasylinteri sekä kiristysruuvi.

Testikappaleen alustalla tarkoitetaan menetelmää jolla testattava annostelija yhdistetään testaushydrauliikkaan. Tarkasteltavia menetelmiä olivat testikelkka, peruslevy sekä nykyinen kokoonpanojigi. Kokoonpanojigi ei itsessään sisällä hydrauliikkaa, vaan se vaatisi erilliset vastakappaleet, jonka avulla annostelija pystyttäisiin testaamaan.

Testaustavalla tarkoitetaan menetelmää, mikä ilmaisee annostelijassa tapahtuvan vuodon. SGA-annostelijan toiminta perustuu liikkuvaan luistiin, joten läpivuotoa syntyy jokatapauksessa rungon ja luistin välissä. Annostelija hylätään vuodon ylittäessa asetetut raja-arvot.

Konseptien pohjalta luotiin matriisi, jossa yhdistettiin eri ratkaisuvaihtoehtoja toisiinsa. Matriisin pohjalta luotiin pisteytystaulukko, josta kolme parasta konseptia otettiin jatkotarkasteluun.



KUVIO 9 Konseptimatriisi

	A	B	C	D	E	F
Kriteeri						
Testikappaleiden käsittely	1	-1	0	1	-1	-1
Testikappaleiden kiinnityksen helppous	1	0	1	1	1	1
Testin nopeus	1	0	0	1	0	1
Testin luotettavuus	0	1	0	-1	1	1
Siisteys	-1	1	0	-1	1	1
Turvallisuus	0	1	1	-1	0	1
Hinta	-1	0	-1	-1	-1	1
"Talon komponentit"	1	1	0	-1	-1	1
PISTEET:	**2**	**3**	**1**	**-2**	**0**	**6**

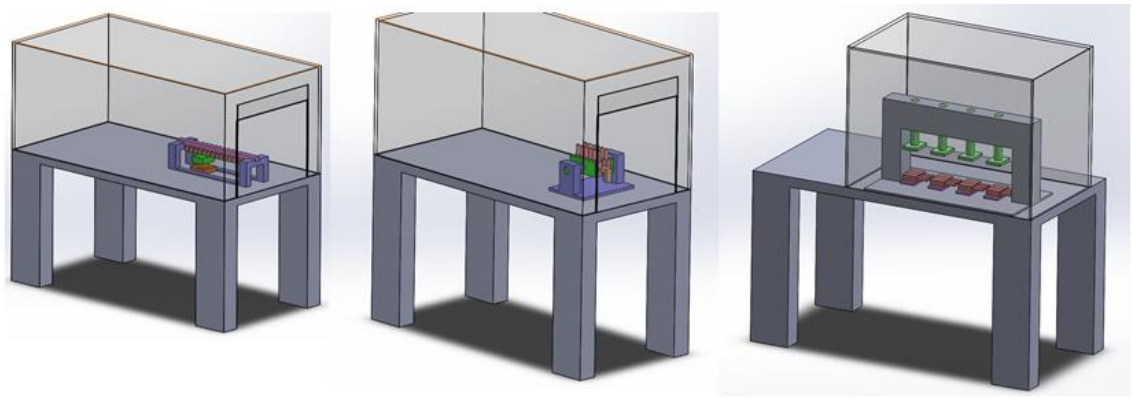
TAULUKKO 1 Konseptien pisteytys

Konseptien pisteytys toteutettiin vertailemalla vaihtoehtoja ja arvoimalla niistä saatuja hyötyjä toisiinsa nähden. Asteikkona on yksinkertaisesti negatiivinen, neutraali ja positiivinen. Saadut pisteet summattiin yhteen.

Parhaista konsepteista luotiin karkeat 3D-mallit SolidWorksilla, minkä avulla pystyttiin havainnollistamaan niiden toimintaa. Konsepteja arvioitiin toimeksiantajan sekä automaatiosuunnittelijan kanssa ja parhaimmaksi vaihtoehdoksi kiinnitykselle valittiin hydraulisylinteri. Nykyiset voiteluannostelijoiden peruslevyt eli baseplatet arvioitiin parhaimmaksi testialustaksi yksinkertaisuutensa vuoksi ja ne ovat SKF:n itsensä valmistamia. Ajansäästö erillisen testikelkan ja kiinteästi asennettujen pohjalaattojen välillä arvioitiin merkityksettömäksi.

Hydrauliikan paineentuottoon valittiin paineilmatoiminen hydraulipumppu, jonka merkittävin etu on vähäinen lämmöntuotto. Öljyn lämpötilanvaihtelut saattavat vaikuttaa testaustuloksiin. Testilaitteisto käytännössä vaatii kaksi hydrauliikkapiiriä, joista toinen ohjaa kiinnittimien hydraulisylintereitä ja toinen tuottaa itse testaukseen vaadittavan öljynpaineen.

Sulkemalla annostelijan hydrauliikkapiiri ja mittaamalla paineen laskua, voidaan arvoida vuodon määrää. Järjestelmä vaatii kuitenkin suljetun hydrauliikkapiirin erikseen jokaiselle annostelijalle, joten esimerkiksi kuuden annostelijan peruslevyä ei voida hyödyntää järjestelmässä.



KUVIO 10 3D-luonnoksia konsepteista

Jatkokehitykseen päätyi lopulta konsepti B, joka eroaa vain hieman parhaiten pisteytetystä F-konseptista. B-konsepti muodostui hydraulisesta puristimesta joka kiinnittää testattavat annostelijat baseplatea eli peruslevyä vasten. Testaustavaksi valittiin virtausmittaus paineen mittauksen sijaan, sillä virtausmittauksen arvioitiin yhdessä toimeksiantajan olevan helpoin toteuttaa eräkokojen ollessa suuria. Laitteiston layouttia kehitettiin edelleen ja annostelijoiden kiinnittämiseen vaadittavan runkorakenteen mitoitusta tarkasteltiin hyödyntämällä 3D-malleja. Rakennetta pystyttiin optimoimaan tehokkaasti luomalla karkeita 3D-malleja laitteiston eri osille ja siirtelemällä niitä. Testilaitteiston muoto alkoi hahmottua ja siitä pystyttiin erottelemaan osakokoonpanoja systeemisuunnitteluvaihetta varten.

8.3 Systeemitason suunnittelu

8.3.1 Osakokoonpanot

Testauslaitteisto jaettiin kolmeen osakokoonpanoon: kiinnittimiin, testauslaitteistoon sekä suoja-ja runkorakenteisiin. Kiinnittimien osakokoonpanoon kuuluu kiinnitinsylinterit sekä niihin sisältyvä hydrauliikka, kehärakenne joihin sylinterit kiinnitetään. Testauslaitteisto pitää sisällään ne komponentit, jotka suorittavat itse testausprosessin. Suoja- ja runkorakenteisiin kuuluvat mm. laitteiston kotelointi, turvarajat sekä runkorakenteet.

8.3.2 Annostelijoiden kiinnitys

Kiinnittimen rakenne voidaan jakaa edelleen kolmeen osakokoonpanoon: kiinnitinsylintereihin, runkorakenteeseen sekä hydrauliikkaan.

SGA-annostelijoiden kiinnitys tapahtuu hydraulisylinterin painaessa annostelijaa baseplatea vasten. Hydraulisylintereiksi valikoitui Rexrothin valmistavat laippakiinnitteiset CDL2-malliset sylinterit. Etuina CDL2-sylintereillä on kohtuullisen halpa hinta, sekä monipuolinen valikoima sylintereitä standardimitoituksilla. Jokaista peruslevyä kohden on kaksi hydraulisylinteriä, jotka yhdessä painavat erillistä kiinnitinlevyä annostelijoita vasten.

Sylinterien kiinnys tapahtuu pultein UPE 120-palkista hitsattuun runkorakenteeseen. Runkorakenne koostuu neljästä UPE 120-palkista sekä kahdesta suorakaideputkipalkista, jotka toimivat välitukina. Liitteessä X on mitoituskuva runkorakenteesta. Hydraulisylintereitä sekä antureita varten on UPE 120-palkkeihin porattu reiät. SolidWorksin FEM-analyysiä hyödynnettiin palkkien alustavassa mitoituksessa (LIITE 2).

Kiinnittimien hydrauliikka on erillisessä piirissä ja jokaiselle sylinteriparille on oma ohjausventtiilinsä. Tämän avulla annostelijoita pystytään testaamaan kuuden kappaleen erissä. Ohjausventtiili on 4/3-solenoidisuuntaventtiili, mitä ohjataan laitteiston logiikalla. Kiinnityslaitteiston kokoonpanokuva löytyy liitteestä 3.

8.3.3 Testauslaitteisto

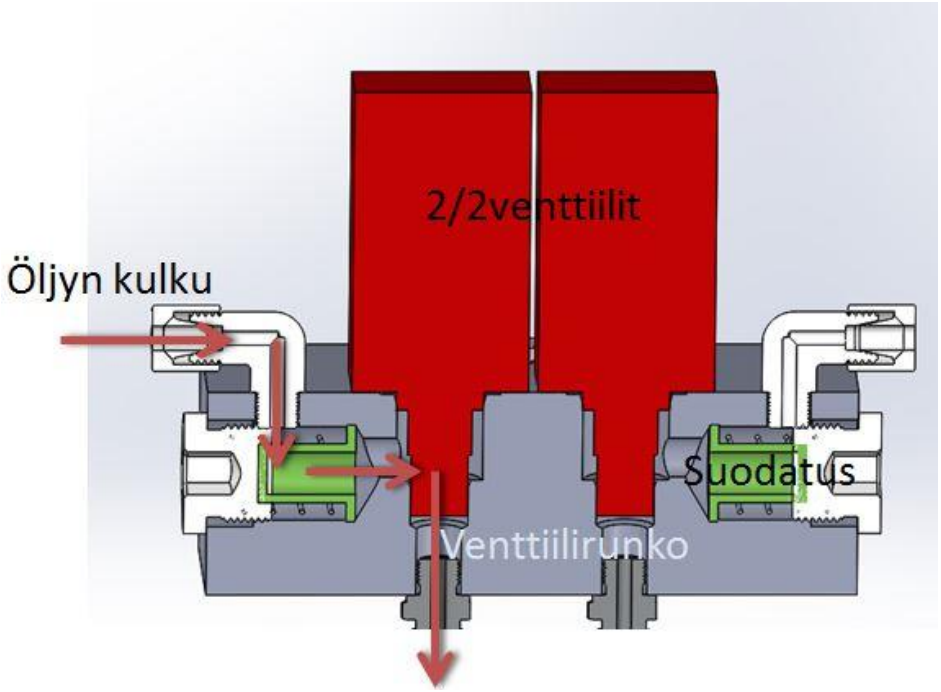
Testauslaitteiston suunnitelun tavoitteena oli tuottaa toimiva menetelmä SGA-annostelijoiden toiminnan sekä vuodon testaukseen. Lisäksi laitteiston oli pystyttävä tunnistamaan onko testattava annostelija SGA-11 vai SGA-12, koska annostelijoiden rakenteet eroavat toisistaan.

Laitteistolle tärkeimpänä tavoitteena oli tarkastella annostelijoiden vuotoa. Vuotomäärien havaittiin olevan niin pieniä, että laitteiston omille komponenteille vaaditaan myös tiiviyttä, etenkin venttiilien osalta. Tämän takia kaikki testauspuolen venttiilit ovat rakenteeltaan 2/2-istukkaventtiileitä, joiden avulla saavutetaan käytännössä vuotamaton rakenne.

Toinen merkittävä tekijä on venttiilien lukumäärä, sillä testattavia annostelijoita on tarkoitus testata 24 kpl kerrallaan, jokaisen annostelijan vaatiessa oman testauslinjansa. Tämän seurauksena venttiilien lukumäärä kasvaa järjestelmän monimutkaistuessa huomattavasti. Käyttämällä patruunatekniikkaa voidaan hyödyntää useita toimintoja samoilla venttiileillä sekä asentaa useita venttiileitä samaan venttiilirunkoon.

Testauslaitteisto koostuu kolmesta osasta, jotka ovat erotettu toisistaan putkistoilla. Ensimmäinen osa on peruslevy, johon annostelijat kiinnitetään ja jonka kautta testilaitteistoon tuodaan testausöljy. Lisäksi peruslevyyn on asennettu anturointi, joka on sama mitä SKF:n SGA-annostelijoissa käytetään toiminnan valvontaan. Anturoinnin tarkoitus on tunnistaa, kumpi runko testattavassa SGA-annostelijassa on käytössä.
Toinen osa testauslaitteistoa on venttiilirunko, johon 2/2-istukkaventtiilit asennetaan. Venttiillit ovat tyypililtään EDI:n solenoidiventtiileitä, joita SKF käyttää omissa

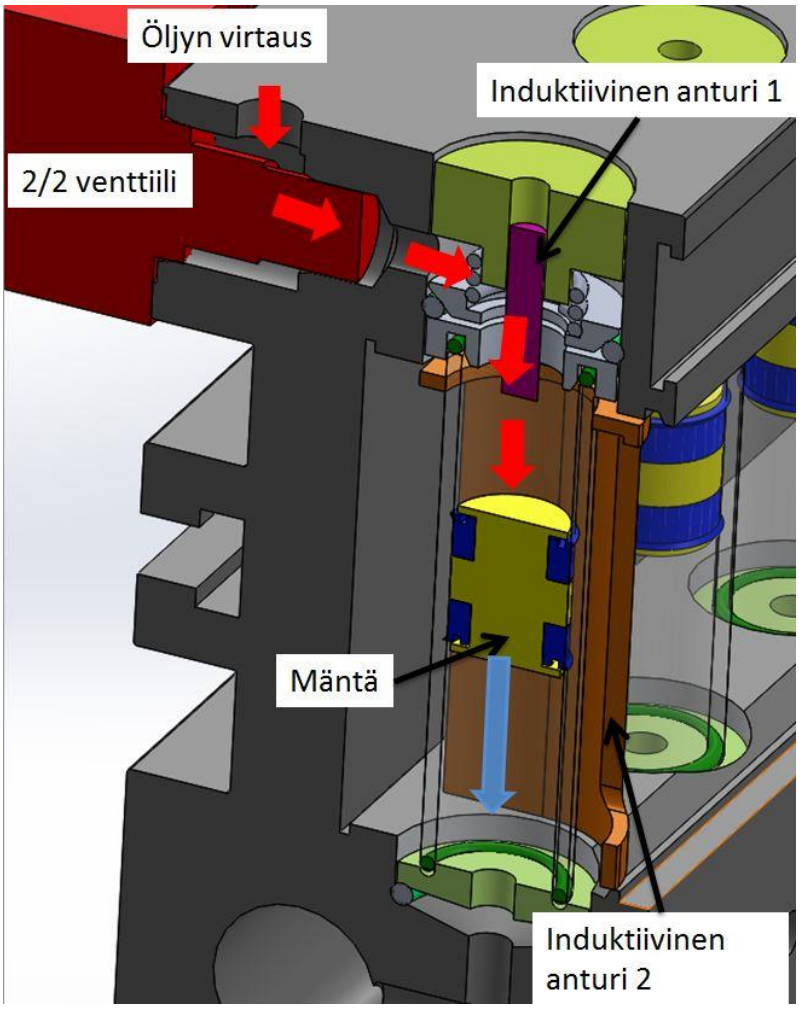
järjestelmissään. Venttiilirungon venttiilien avulla ohjataan testiputkeen kulkevaa öljyä. Venttiilirunkoon on porattu onkalot suodattimia varten, sillä testaukseen tulevat annostelijat sisältävät metallijäämiä valmistusvaiheesta.



KUVIO 11 Venttiilirungon toiminta

SKF valmistaa Muuramessa SF10-virtausmittareita, jonka runkoa hyödynnettiin testauslaitteistossa. SF10:n runko on pursotettu alumiiniprofiili, johon on tehty porauksia hydraulilinjoja varten. Runkoa muokattiin tekemällä siihen poraukset 2/2-venttiiliä varten. SF10 oma anturointi korvattiin induktiivisella anturilla sekä metallisella männällä, jonka tarkoitus on liikkua öljyn virratessa lasiputkeen. Männän liikkumista tarkkaillaan kahden anturin avulla, joista toinen on testiputken yläpäässä oleva kierrekiinnitteinen iduktiivinen anturi. Toisen anturin on tarkoitus toimia rajakytkimenä tilanteessa, jossa testiputki täyttyy öljystä.

Anturi lähettää signaalin logiikalle, joka avaa 2/2-venttiilin ja päästää öljyn tankkilinjan.



KUVIO 12 Testiputken toimintaa

Männän paluuliike suoritetaan paineilmalla. Käytännössä kaikki testiputken materiaalit ovat SKF:n omia tarvikkeita, joten mahdollisten varaosien saatavuus on hyvä. Lasiputkelle suurin sallittu paine on 30 bar ja paineennousun varalle järjestelmään on asennettu varoventtiilit.

8.3.3.1 Toimintakuvaus

Testausprosessi alkaa annostelijoiden tunnistuksella. SGA-11 ja SGA-12 runkoihin on tarkoitus porata reiät, joista peruslevy-asenteiset anturit tunnistavat kumpi

annostelija on kyseessä. Testilaitteiston logiikka saa tiedon annostelijan tyypistä. Tämän jälkeen annostelijat kiinnittyvät peruslevyihin ja testauslinja ilmataan.

Seuraavana vaiheena testataan annostelijoiden toimintaa vaihtelemalla tulolinjaa 20-40 kertaa, riippuen siitä, kumpi annostelija on testattavana. Paine toiminnantestausvaiheessa on 30 bar. Vaiheen tarkoituksena on lähinnä määrittää onko annostelijan luisti jumiutunut.

Toimivuuden testauksen jälkeen tarkastetaan onko annostelijan luisti oikea. Tämä tapahtuu ohjaamalla testipuolen 2/2-venttiileitä oikessa järjestyksessä, niin että annostelijan annos siirtyy oikeaan aikaan testiputkeen. Testiputkeen siirtyvä annos irrottaa männän anturista, joka lähettää signaalin testilaitteiston logiikalle. Logiikkan tehtävä on määrittää, vastaako annostelijan luisti runkoa. Mikäli annostelijan runkoon on asennettu väärä luisti, testiputken mäntä ei irtoa eikä signaalia tule logiikalle.

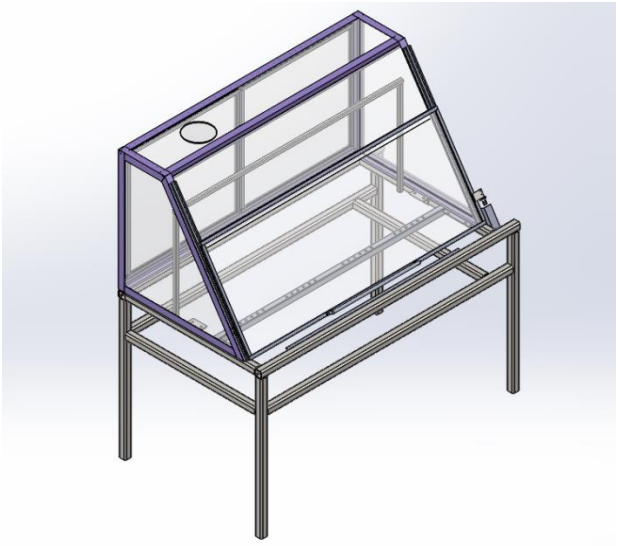
Viimeisenä testausvaiheena on vuodontestaus 200 bar paineella, jossa testataan annostelijan luistin läpivuotoa. Testaus aloitetaan tyhjentämällä testiputket säiliölinjaan. Tämän jälkeen testattavan annostelijan luisti ajetaan ulos-asentoon, ja tulolinja paineistetaan. Testipuolen kaikki 2/2-istukkaventtiilit ovat suljettuna, poislukien testattavan vuotolinjan venttilit. Vuotava öljy ohjataan testiputkeen liikuttaen mäntää. Kun mäntä on siirtynyt tarpeeksi kauas anturin pinnasta, anturi lähettää signaalin logiikalle. Männän liikkumisnopeus testiputkessa on verrannollinen vuodon suuruuteen. Liian nopea männän irtoaminen johtaa annostelijan hylkäämiseen. Testauksen päätteeksi linjat säiliöön avataan ja testiputki tyhjentyy öljystä.

8.3.4 Suoja- ja runkorakenteet

Runkorakenteet ovat kantavia rakenteita, joiden varaan testauslaitteisto asennetaan pulttiliitoksin. Runko toimii myös alustana laitteiston koteloinnille sekä ohjauselektroniikalle. Itse testilaitteiston runkorakenne koostuu yhteen hitsatuista rakenneputkista. Lisäksi runko toimii pöytänä, jonka päälle annostelijat voidaan

nostaa, ennen niiden asettamista pohjalaatan päälle. Runkorakenne voidaan jakaa kahteen osaan, pöytään sekä suojakatteeseen.

Pöydän tarkoitus on toimia runkona, jonka yhteyteen kaikki testilaitteistoon kuuluvat komponentit on asennettu. Pöydän rungon muodostavat rakenneputket, jotka on hitsattu yhteen. Rungossa on välitasoja, joihin testilaitteiston hydrauliikka kiinnitetään. Ulkomitoiltaan pöytä on noin 1500 mm leveä ja 800 mm syvä, mikä vastaa normaalin työpöydän mittoja. Pöydän työskentelytason korkeus on noin 800 mm ja testilaitteiston peruslaatat sijaitsevat noin 250 mm etäisyydellä pöydän reunasta. Pöydän alapuolella on tilaa erilliselle vuotokaukalolle. Runkorakenteen stabiliteettia tarkasteltiin alustavasti SolidWorksin FEMillä, asettamalla siihen 2000 N suuruinen kuormitus. Alustavaksi materiaaliksi runkorakenteelle valittiin 40x40x4 neliöputkipalkki, jonka materiaali on S235.



KUVIO 13 Runkorakenne

Suojakate on erillinen pöydän yläpuolelle sijoitettava suojarakenne, johon kiinnitetään testilaitteiston käyttö- sekä huoltoluukut. Suojakatteen runkona toimii kulmatangoista hitsattu rakenne, joka on liitetty ruuviliitoksilla pöytään. Suojakatteen etupuolelle on ruuviliitoksin liitetty liukuovi, joka toimii testilaitteiston käyttöluukkuna. Takapuolella on huoltoluukku. Suojakatteeseen kuuluu myös

akryylipaneelit, jotka on leikattu runkorakenteen muotoihin sopiviksi. Täyttöluukkuna käytetään valmiita liuku-oviprofiileja.

8.3.5 Testilaitteiston hydrauliikka

Testilaitteistoon kuuluu kaksi erillistä hydrauliikkapiiriä, joista toinen kiinnittää annostelijat testilaitteistoon ja toinen suorittaa testauksen. Kahdella piirillä on hyvin erilaiset toimintavaatimukset, sillä kiinnityksessä tilavuusvirran tuottoa tarvitaan ainoastaan liikuttamaan mäntää, mutta testauspuolella virran tuotto on paljon epäsäännöllisempää. Esimerkiksi painetta tarvitsee muuttaa useita kertoja testausprosessin aikana.
Testattavien annostelijoiden kiinnitys tapahtuu hydraulisylinterien avulla. Mitoituksen ainoa kriteeri oli tarvittava voima. Sylinterien männän liikenopeus tuli olla kuitenkin alle 1 cm/s, joka on turvallisuusstandardin mukainen lähestymisnopeus puristimille. Hydraulipuristimien paineentuotto suoritetaan erillisellä pienkoneikolla, joka asennetaan vuotoaltaan päälle. Paineakkuja käytetään pitämään annostelijat lukittuna pumpun ollessa lepotilassa, sillä tilavuusvirtaa ei tarvita enää sylinterien ollessa ääriasennossa. (ks. LIITE 7).

Sylinterien toimintaa ohjataan 4/3-solenoidiventtiileillä, joiden valmistaja on Rexroth. Yhtä sylinteriparia kohden on yksi 4/3-venttiili ja liikenopeuden tasaus tapahtuu virtauksenjakoventtiileillä. Venttiilien ja sylinterien välillä on letkuliitos. Suodatus tapahtuu sekä paine- että paluupuolella. Painelinjan hydrauliputkien halkaisijaksi saatiin 6 mm ja imulinjan 9 mm (ks. LIITE 5).

Testipuolen hydrauliikan paineentuotto tapahtuu SKF:n paineilmatoimisella rasvapumpulla. Etuja paineilmapumpun käytössä on hiljaisuus, alhainen lämmöntuotto sekä hyvät paineensäätömahdollisuudet. (ks. LIITE 20)

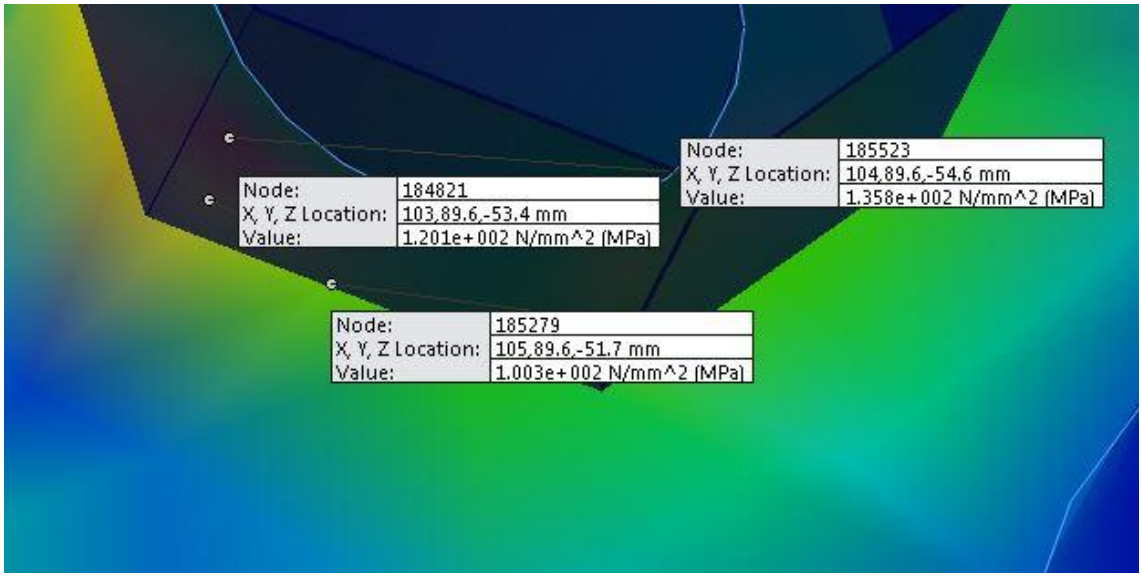
8.4 Yksityiskohtien suunnittelu

8.4.1 Kiinnittimen runkorakenne

Kiinnittimen runkorakenteen tärkein tehtävä on toimia alustana hydraulisylintereille sekä peruslevyille. Hydraulisylinterit aiheuttavat yhteensä noin 48 kN suuruisen voiman, joka pyrkii erottamaan palkit toisistaan.Hydraulisylinterien kiinnitykset tapahtuvat ylemmän runkopalkin porauksiin (LIITE 8). Hydarulisylinterien ohjaushydrauliikka kiinnitetään reikälevyyn, joka sijaitsee itse kiinnittimen takana. Alempaan runkopalkkiin tulevat poraukset peruslevyille, sekä näiden antureille (LIITE 9). Runkorakenteen lujuustarkastelun kohteena olivat jännitykset sekä muodonmuutokset. Lisäksi tarkastettiin hitsausliitosten mitoitukset.

Runkorakenteen käyttäytymistä ääritilanteissa tarkasteltiin SolidWorksin FEM-ohjelmalla (LIITE 2) luomalla rakenteesta palkkimalli sekä tilavuusmalli (LIITE 10-12). Palkkimallia käytetään erityisesti kehärakenteiden tarkastelussa, mutta se ei anna tarkkaa kuvaa jännitysten sijainneista. Palkkimalli antaa tilavuusmalleja realistisemman kuvan, kun sitä käytetään pitkiin palkkimaisiin rakenteisiin.

Tilavuus- eli solidimallin avulla pystytään tarkemmin paikallistamaan jännitysten sijainnit. Suurimpien jännityskeskittymien havaittiin olevan hydraulisylinterien pulttien kiinnityskohdissa noin 136 Mpa. (ks. KUVIO 15).



KUVIO 14 Jännityskeskittymien tarkastelua

SolidWorksin avulla voidaan tarkastella rakenteen varmuuskertoimia tietyillä alueilla, ohjelmiston verratessa saatuja jännityksiä asetetun materiaalin myötörajaan. Runkorakenteen materiaalina käytetyn S355J2-rakenneteräksen myötöraja on 275 Mpa ja suurimman jännityksen arvo on 136 Mpa, joten varmuusluvuksi tulee 2. Ohjelmisto antaa FOS-arvoksi 2,2(LIITE 11).

Hitsaukset mitoitettiin liitoskohtiin vaikuttavien voimien perusteella (LIITE 12 ja 13).

8.4.2 Venttiilirungon suunnittelu

Venttiilirunko on patruunaventtiililohko, johon on venttiilien ohella yhdistetty myös suodatus. Öljyn virtausta venttiilirungon lävitse ohjataan 2/2-patruunaventtiileillä, joita on yhteensä 12 kpl jokaista venttiilirunkoa kohden. Testausprosessi perustuu 2/2-venttilien toimintaan tietyissä sekvensseissä.

Öljy kulkeutuu heti peruslevyltä 100 µm suodattimeen, joka erottelee suurimmat hiukkaset öljystä. Suodatin on malliltaan rasvasuodatin, jossa suodatinelementtinä on metalliverkko. Suodatuksen jälkeen öljy kulkeutuu 2/2-venttiilille, joka päästää öljyn kulkeutumaan testiputkeen. Venttiililohko on valmistettavissa toimeksiantajan omilla työstövälineillä (ks. LIITE 18)

8.4.3 Testilaite

Testilaite koostuu muokatusta SKF:n omasta SF10- virtausmittarin rungosta sekä siihen liittyvistä komponenteista. Testilaitteen tavoitteena on tarkastella männän liikkumista lasiputkesta öljyn tilavuusvirran vaikutuksesta. Jokaisen testiputken yhteydessä on kaksi induktiivista anturia, joista toisen tehtävä on toimia ylärajana männälle ja toisen tarkoitus on ilmoittaa männän irtoamisesta päätyrajasta. Liitteessä 21 on kokoonpanopiirros testilaitteesta.

SF10-runkoon suunniteltiin pesä EDI:n valmistamalle patruunaventtiilille, joita SKF käyttää omissa järjestelmissään. Kyseinen patruunaventtiili on tyypiltään NO-venttiili, eli venttiilin kelan olessa virrattomana, venttiilin läpi pääsee kulkemaan virtaus. Patruunaventtiilien pesät ovat standartoituja ja mitoitukset löytyivät työpiiroksesta (ks. LIITE 19). Mitoituksessa on otettu myös huomioon kelan koko.

Rajoittava tekijä testilaitteen suunnittelussa oli lasiputken paineenkestokyky, joka oli 30 bar. Paine ei kuitenkaan nouse testiputkessa koskaan yli tämän, sillä putkessa oleva mäntä vaatii noin 3 bar paineen liikkuakseen. Testiputken täyttyessä toinen induktiivisista antureista lähettää signaalin logiikalle, joka avaa tankkilinjaa kontrolloivan patruunaventtiilin. Lisäksi testilinjaan on asennettu paineenrajoitusventtiili logiikan toimintahäiröiden varalle.

Testiputken mäntä on teräksestä sorvattava lieriö (LIITE 22), johon asennetaan kaksinkertaiset huulitiivisteet.

8.5 Turvallisuussuunnitelu

8.5.1 Testilaitteiston riskianalyysi

Riskien arvioinnin tarkoituksena on tunnistaa koneen toimintaan liittyvät riskit, jotka voivat olla koneen normaalista toiminnasta tai vikaantumisen yhteydessä aiheutiva vaaratilanteita. Riskien suuruuteen vaikuttavat niiden vakavuus sekä todennäköisyys.

Testilaitteiston riskianalyysissä on käytetty SKF:n omaa riskianalyysipohjaa. Merkittävimmät riskit liittyivät öljyn pääsyyn ulost testilaitteistosta sekä puristumisvaaraan. Riskin analysointi liitteet 23-25.

8.5.2 Turvallisuustekniset laitteet

Puristimissa on vaarana, että käyttäjän kädet voivat jäädä koneeseen puristuksiin. Puristuminen voidaan estää käyttämällä kotelointia. Testilaitteisto on ympäröity suojuksilla, jonka etuosassa on käsin operoitava liukuva suojus ja toimii samalla syöttöluukkuna. Hydraulisylinterien liikematka on mitoitettu siten että puristimen ja aluslevyn väliin jää noin 20 mm turvaväli, joka pienentää puristumisriskiä.

Hydraulijärjestelmä sisältää paineistettua öljyä, joka vuodon yhteydessä saattaa aiheuttaa vakavia vammoja käyttäjälle. Hydraulisylinterien ja käyttöhydrauliikan väliin asennetaan letkut, jotka vähentävät samalla paineiskujen vaikutusta. Letkujen yhteyteen kiinnitetään räjähdyssuojat sekä letkurikkoventtiilit. Testilaitteiston kotelointi estää mahdollisen korkeapaineisen vuodon pääsyn ympäröivään tilaan ja kerää vuotavan öljyn vuotoaltaaseen.

Hätä-seis kytkin asennettiin näkyvälle paikalle, ohjauspaneelin yläpuolelle. Ohjauspaneelin sijoittelussa, on otettu huomioon käyttäjän työskentelykorkeus, niin ettei hän törmää hallintalaitteisiin annostelijoita siirrettäessä.

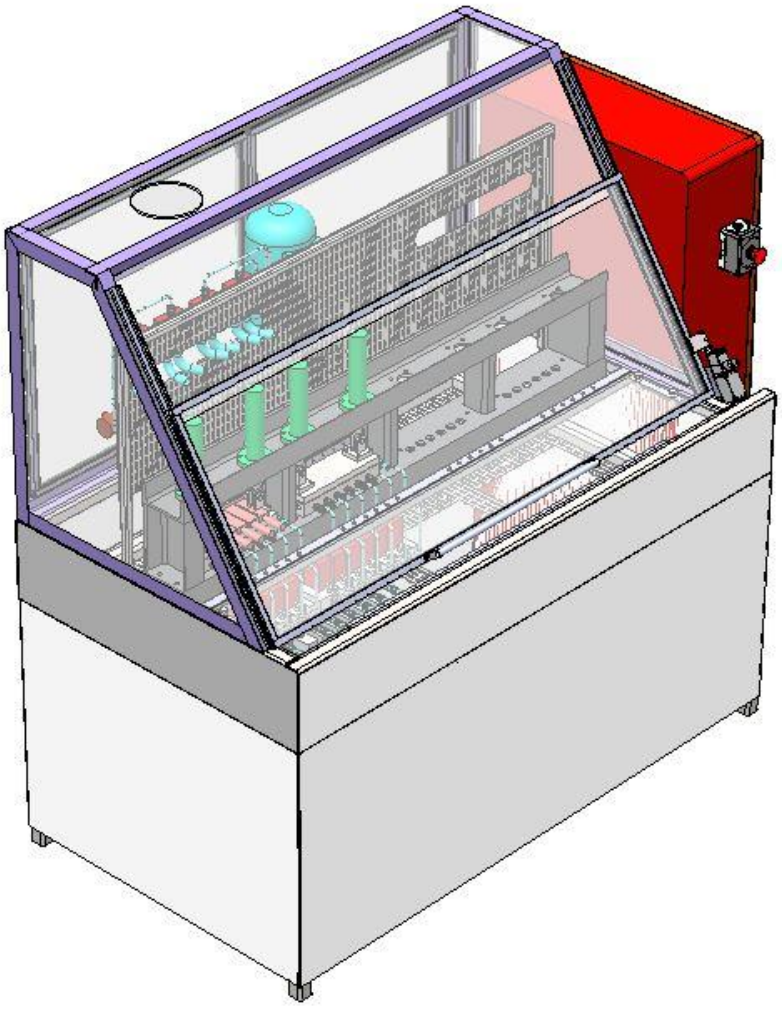
Testilaitteiston avattavat suojukset, kuten huolto- ja syöttöluukku ovat turvalukittuja. Turvalukkona käytetään Leuzen L10-sarjan turvalukkoa.

.

9 TULOKSET

Kehitysprosessin lopputuloksena saatiin alustavat työ- ja kokoonpanopiirustukset (ks. liitteet) voiteluannostelijan testauslaitteistosta. SolidWorksilla tehdyistä piirustuksista tehtiin dwg-tiedostot, joiden avulla suunniteltuja 2D-geometrioita voidaan helposti muokata. Laitteiston valmistusta ei ole kuitenkaan vielä lyöty lukkoon.

Hinta-arvio on hyvin suuntaa antava, mekaniikkapuolelta noin 15 000 – 20 000 €. Tähän tulee vielä lisäksi elektroniikkapuolen kustannukset, jotka ovat noin 10 000 €. Testilaitteiston kokonaiskustannusten voidaan olettaa jäävän alle budjetoidun 50 000€.



KUVIO 15 Testilaitteisto

Testilaitteiston laajennukset nostavat hintaa merkittävästi, sillä suurinosa mekaniikkapuolen komponenttien kustannuksista tulee hydrauliikkapuolelta. Mikäli testattavien annostelijoiden määrä kaksinkertaistuu, kaksikertaistuu myös komponenttien määrä. Käyttämällä SKF:n omia komponetteja saadaan laskettua hintaa entisestään, sillä hinta-arviot on laskettu listahinnoin. Liitteessä 26 kokoonpanopiirros koko laitteistolle.

Testilaitteistolle tehtiin myös alustavat käyttö- ja huolto-ohjeet. (LIITE 27)

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää sekä suunnitella SGA-annostelijan automaattinen testauslaitteisto. Laitteistosta tuli myös tuottaa valmistukselle tarpeelliset dokumentaatiot, kuten työ- ja kokoonpanopiirustukset. Testilaitteiston suunnittelun punainen lanka oli turvallisuus.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin monia opintojen aikana hankittuja taitoja, kuten lujuuslaskentaa, 3D-mallinnusta, FEM-analysointia, tuotekehitystä ja hydraulijärjestelmän suunnittelua. Opinnäytetyössä ei kuitenkaan paneuduttu taloudellisiin näkökulmiin, mikä näin jälkikäteen olisi ollut perusteltua. Kyseessä on kuitenkin aika suuri investointi.

Kehitysprosessi alkoi lähtötietojen projektisuunnitelman tekemisellä ja lähtötietojen kirjaamisella. Aikataulussa pysyminen tuotti ongelmia loppua kohden. Aiheeseen sisältyi monipuolisia ongelmia, joiden ratkaisu vaati myös luovuutta. Yleinen tuotekehitysmalli tarjosi monipuoliset työkalut ideointiin sekä eri tuotekonseptien arviointiin. Lopulliset ratkaisumallit pyrittiin pitämään yksinkertaisina.

Laitteistolle alunperin vaadittu yli 20 annostelijan testierä aiheutti suurimmat ongelmat suunnittelun kannalta, sillä testilaitteiston ulkomitoille asetetut rajoitukset olivat tiukat. Kehitystyön varrella päädyttiin kompromissiratkaisuun ja eräkooksi valittiin alustavasti 12 annostelijaa. Laitteisto on kuitenkin modulaarinen ja mahdollistaa laajentamisen aina 24:lle annostelijalle.

Laitteiston tuli olla helposti huollettavissa, joten yksinkertainen rakenne oli suotavaa. 3D-mallien avulla komponenttien ja osakokoonpanojen paikkojen vaihtaminen oli helppoa, mikä auttoi layoutsuunnittelussa.

Laitteiston mekaniikkaa ei ole käytännössä testattu, joten luotettavuus on kyseenalaista. SKF:ltä löytyy kuitenkin itseltään menetelmät valmistaa annettujen tietojen pohjalta esimerkiksi testilinja yhden annostelijan testausta varten. Merkittävimmät kysymysmerkit ovat venttiilien toiminta pienillä virtausmäärillä sekä vuodonilmauksen luotettavuus. Kiinnittimen rungon lujuuslaskennassa on käytetty pelkästään SolidWorksin FEM-simulaatiosta saatuja tuloksia ja sen pohjalta tehdyt materiaalivalinnat voidaan ainakin teoriassa asettaa kyseenalaiseksi.

Yhteistyö toimeksiantajan kanssa ainakin aluksi hyvin tiiviisti ja yritykseen tehtiin useita vierailuja, joiden aikana käytiin läpi eri kehitysideoita. Yritysvierailut toteutettiin noin 1-2 viikon välein, riippuen saaduista tuloksista. SKF:n henkilökunta oli hyvin asiantuntevaa ja toivat omat näkökantansa esille. Pääosin yhteydenpito tapahtui sähköpostitse.

Jatkotoimina ovat testauslinjaprototyypin valmistaminen sekä testaus. Valmistuksen alustaminen on myös ajankohtaista, mikäli testauksesta tulee hyviä tuloksia. Laitteiston budjetti on myös tarkistettava toimeksiantajan omien hankintalinjojen hintojen pohjalta.

LÄHTEET

Yleiskuvaus. 2014. SKF. Viitattu 10.5.2014 http://www.skf.com/fi/our-company/index.html

SKF Group structure. 2014. SKF-esittely. Viitattu 10.5.2014 http://www.skf.com/irassets/sites/default/files/14-0183_skf_group_structure_4_3.pdf

Ulrich, K., Eppinger, S. 2003. Product Design and Development.

Fonselius, J. 1999. Hydrauliikka koneautomaatio. 8.p. Helsinki: Oy Edita Ab.

Airila, M. 2009. Koneenosien suunnittelu. 4. p. Helsinki: WSOYpro Oy.

Koneturvallisuuden esite. 2014. Suomen Standardoimisliitto Viitattu 24.3.2014. http://www.sfs.fi/files/63/sfs_koneturvallisuuden_esite_netti.pdf

Metalliteollisuus ry. 2003. Suojaustekniikan käsikirja. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

SFS-EN 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 24.3.2014. http://www.jamk.fi/kirjasto, Nelli-portaali, SFS Online.

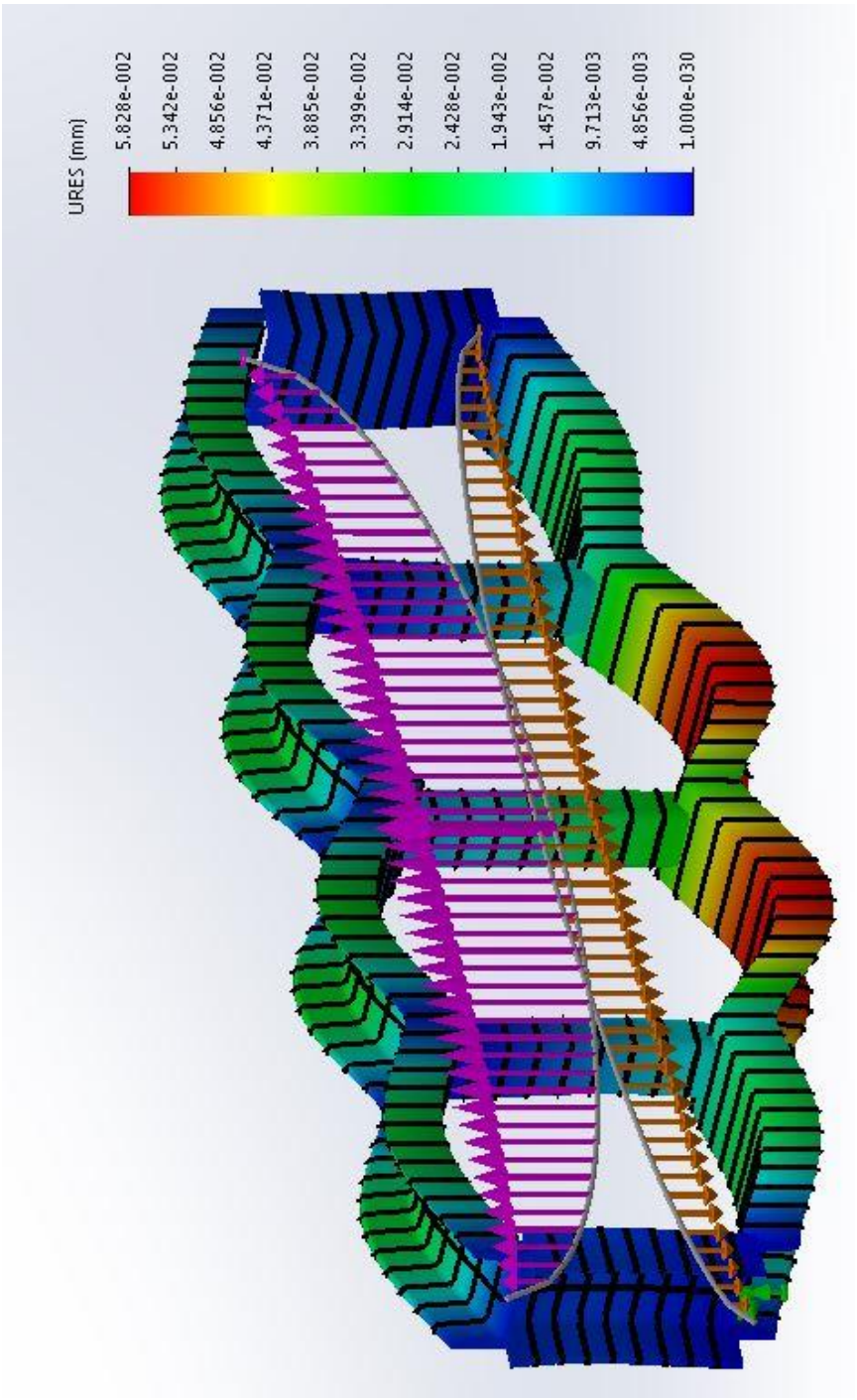
SFS-EN 953 +A1. 2010. Koneturvallisuus. Suojukset, kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 24.3.2014. http://www.jamk.fi/kirjasto, Nelli-portaali, SFS Online.

LIITTEET

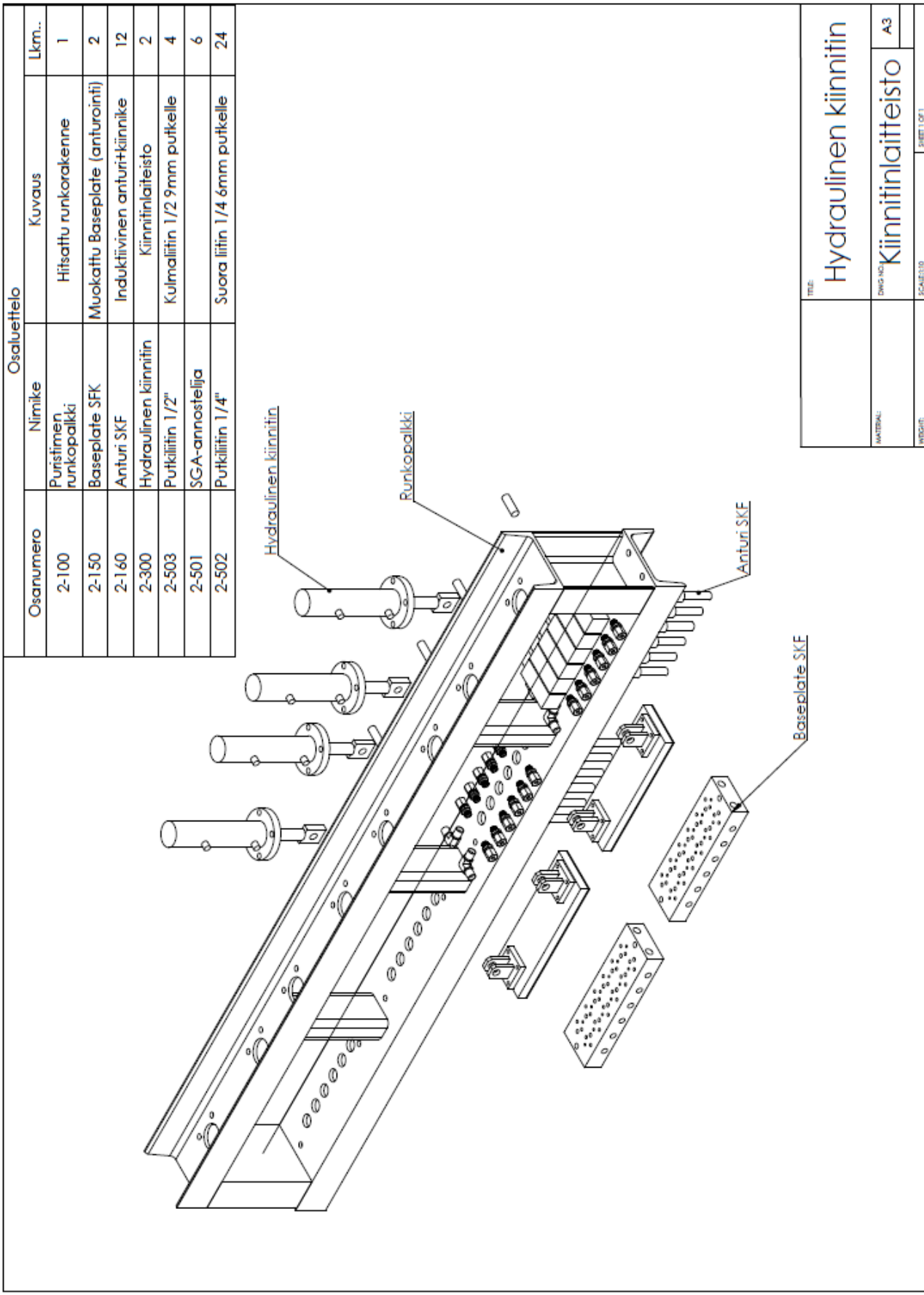
LIITE 1 Vaatimuslista

Vaatimuslista testilaitteistolle		
KV=Kiinteävaatimus, VV=Vähimmäisvaatimus, T=toivomus		
Tyyppi	Vaatimus	Huomioita
	Kapasiteetti	
VV	Vähintään 20 kpl kerrallaan	
T	Testierä 6:lla jaollinen	
VV	Vuodessa 20 000 kpl	
	Paine	
KV	Testipaine 200 bar	
KV	Ilmauspaine 50 - 70 bar	
	Testattavat parametrit	
KV	Vuoto maksimissaan 5-10 tippaa	
	Öljy	
KV	Viskositeetti määritellyissä rajoissa	
KV	Puhtaus	
	Testaustapahtuma	
KV	Ei työntekijän läsnäoloa testauksen aikana	
KV	Ei käsin siirreltäviä raskaita kuormia	
KV	Käyttöliittymä kätettävissä hanskoilla	
T	Yksinkertainen käyttöliittymä	
	Geometria	
KV	Pohjapintala 1500 mm x 800mm	
T	Normaali työskentelykorkeus	
	Turvallisuus	
KV	CE-merkintä	
KV	Konedirektiivi	
KV	Kotelointi/liikkuvien osien suojaus	
KV	Öljyvuodot pysyvät laitteen sisällä	
	Voimat	
VV	Kiinnityksen voima 2 kN/ annostelija	
	Komponentit	
T	Standardiosien käyttö	
T	Yritykseltä löyvien komponenttien hyödyntäminen	
	Budjetti	
KV	alle 50 000€	
	Dokumentointi	
KV	Työpiirustukset	
KV	Osaluettelot	
KV	Kustannusarviot	
KV	Testaus-ja työohjeet	

LIITE 2 SolidWorks FEM, muodonmuutokset palkkimallissa



LIITE 3 Kiinnittimen kokoonpano



LIITE 4 Sylinterin mitoitus

Sylinterin mitoitus

$$P_1 := 200\text{bar} = 2 \times 10^7\,\text{Pa}$$

$$A_1 := \left(\frac{10.75}{2}\text{mm}\right)^2 \cdot \pi = 90.763 \cdot \text{mm}^2$$

$$F_1 := P_1 \cdot 1 \cdot A_1 = 1.815 \times 10^3 \cdot \text{N}$$

$$F_1 = 1.815 \cdot \text{kN}$$

Voima mikä pyrkii irroittamaan annostelijan aluslevystä korkeapainetestauksessa on noin 1,8 kN. Käytännössä tämä voima on kuitenkin pienempi, koska väliin tulee vielä tiivisterengas.

Hydraulisylintereiltä vaadittava kokonaisvoima on

$$F_1 \cdot 6 = 10.892 \cdot \text{kN}$$

Kun käytetään kahta sylinteriä yhtä pohjalaattaa kohti, vaaditaan s sylinteriltä 5,5 kN puristusvoima.

Suurin sallittu korkeus sylinteriltä kun se on pohjattuna on 110 mm. Työliikkeen pituus 60 mm.

Männän liikenopeudelle ei ole asetettu vaatimuksia.

$$F_{sylinter} := 3 \cdot F_1$$

$$P_1 = 2 \times 10^7\,\text{Pa}$$

$$A_2 := \frac{F_{sylinter}}{P_1} = 272.288 \cdot \text{mm}^2$$

$$r_1 := \sqrt{\frac{A_2}{\pi}} = 9.31 \cdot \text{mm}$$

Sylinterin männän vähimmäishalkaisijan on oltava 19 mm, mikäli käytetään 200 bar painetta.

$$d_1 := r_1 \cdot 2 = 18.62 \cdot \text{mm}$$

LIITE 5 Putkiston mitoitus

$F_{sylinteri} := 1800N \cdot 3$ 1800 N on yhden annostelijan kiinnitysvoima, yksi sylinteripari yhtä aluslevyä kohti. Eli sylinteriltä vaadittu voima on 1800 N * 3

$v_1 := 0.01 \frac{m}{s}$ 1 cm/s kiristysliike kestää silloin noin 6s

$P_{sylinteri} := F_{sylinteri} \cdot v_1$

$P_{sylinteri} = 54 W$

$P_{kokonais} := 8 \cdot P_{sylinteri} = 0.432 \cdot kW$

$\eta_{pumppu} := 0.85$

$A_1 := (16mm)^2 \cdot \pi = 804.248 \cdot mm^2$

$$p_1 := \frac{F_{sylinteri}}{\eta_{pumppu} \cdot A_1} = 7.899 \cdot MPa$$

$p_1 = 78.992 \cdot bar$

$q_1 := v_1 \cdot A_1 = 0.483 \cdot \frac{L}{min}$

$q_{tot} := 8 \cdot q_1 = 3.86 \cdot \frac{L}{min}$ Madollistaa pienkoneikon käytön.

Hydrauliputken mitoitus

Paineputkien suositeltu virtausnopeus kun p < 160 bar ja q < 10 l/min 1-2 m/s

Imuputkelle suositus 0.5 - 1.5 m/s
Paluuputkelle 1 - 3 m/s

$v_{paineputki} := 2 \frac{m}{s}$

$v_{imuputki} := 1 \frac{m}{s}$

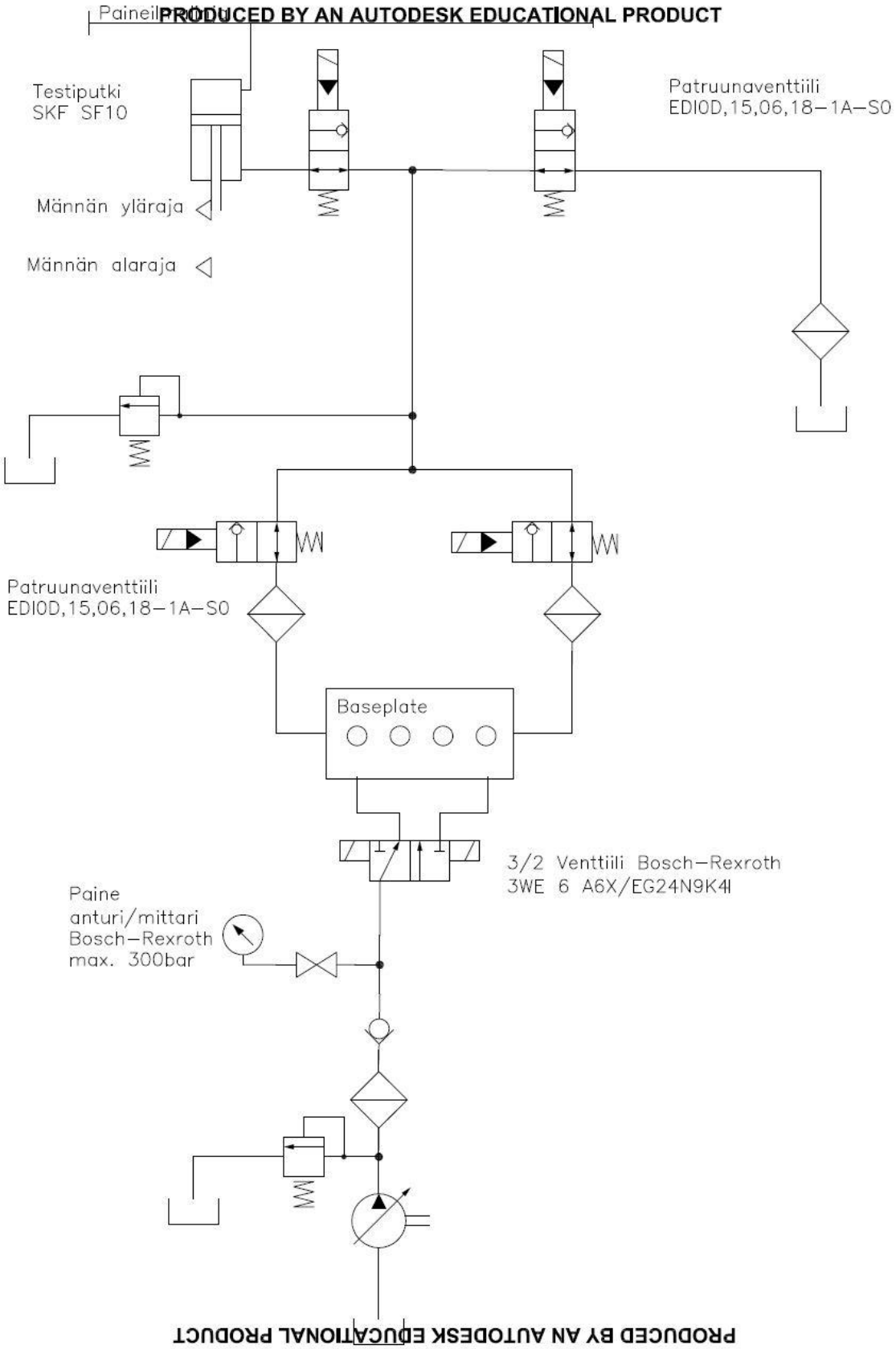
$v_{paluuputki} := 1 \frac{m}{s}$

Ohuemmat putket sylintereille

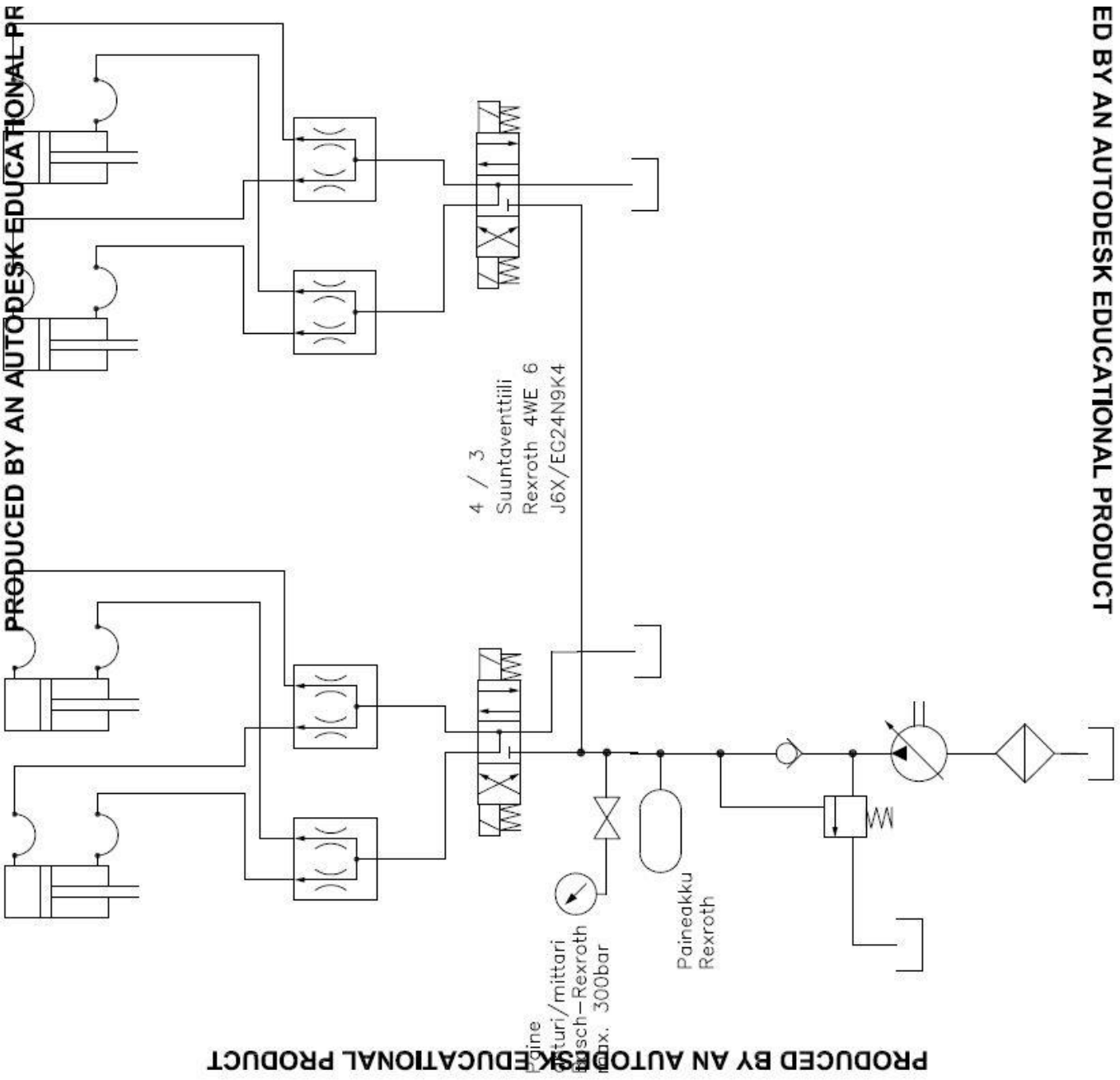
$$d_1 := 2 \sqrt{\frac{q_{tot}}{\pi \cdot v_{paineputki}}} = 6.4 \cdot mm \qquad d_{11} := 2 \sqrt{\frac{q_1}{\pi \cdot v_{paineputki}}} = 2.263 \cdot mm$$

$$d_2 := 2 \sqrt{\frac{q_{tot}}{\pi \cdot v_{imuputki}}} = 9.051 \cdot mm$$

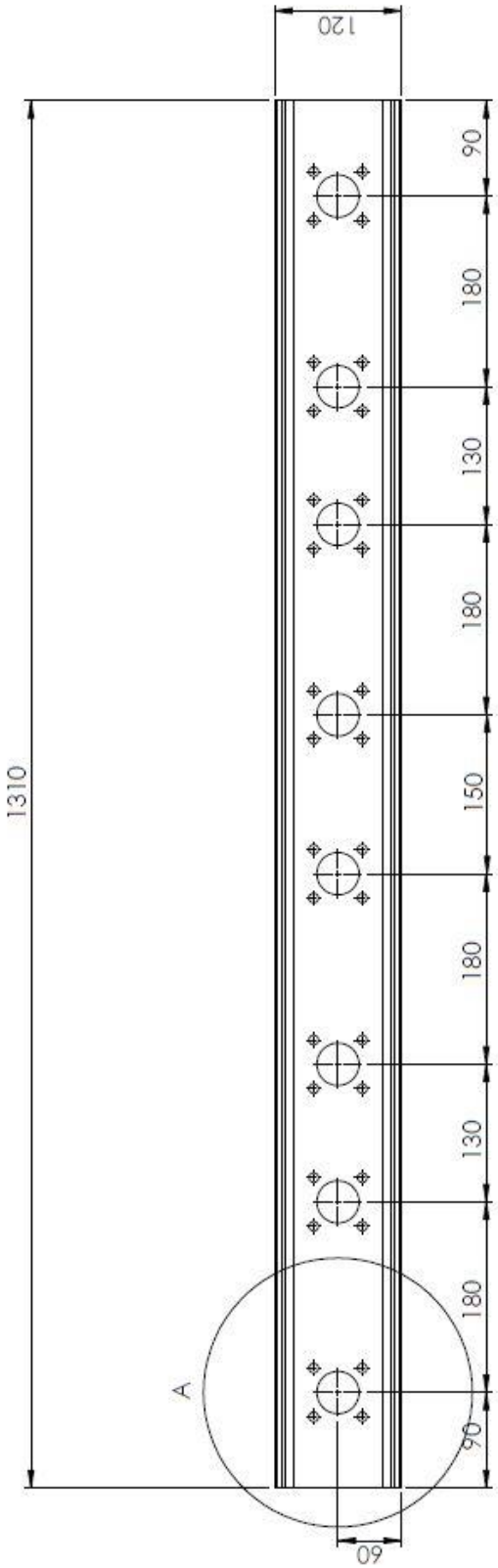
LIITE 6 Testipuolen hydraulikaavio

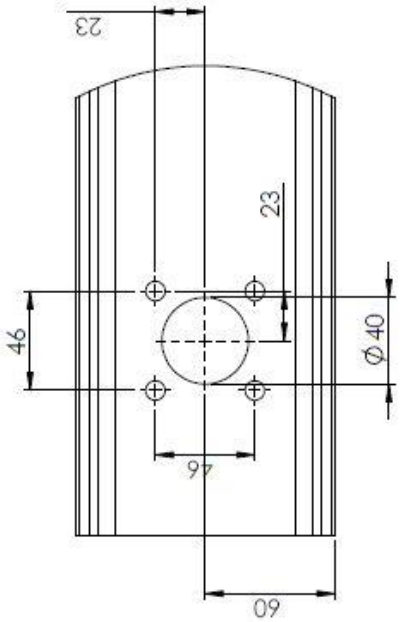


LIITE 7 Kiinnittimen hydraulikaavio

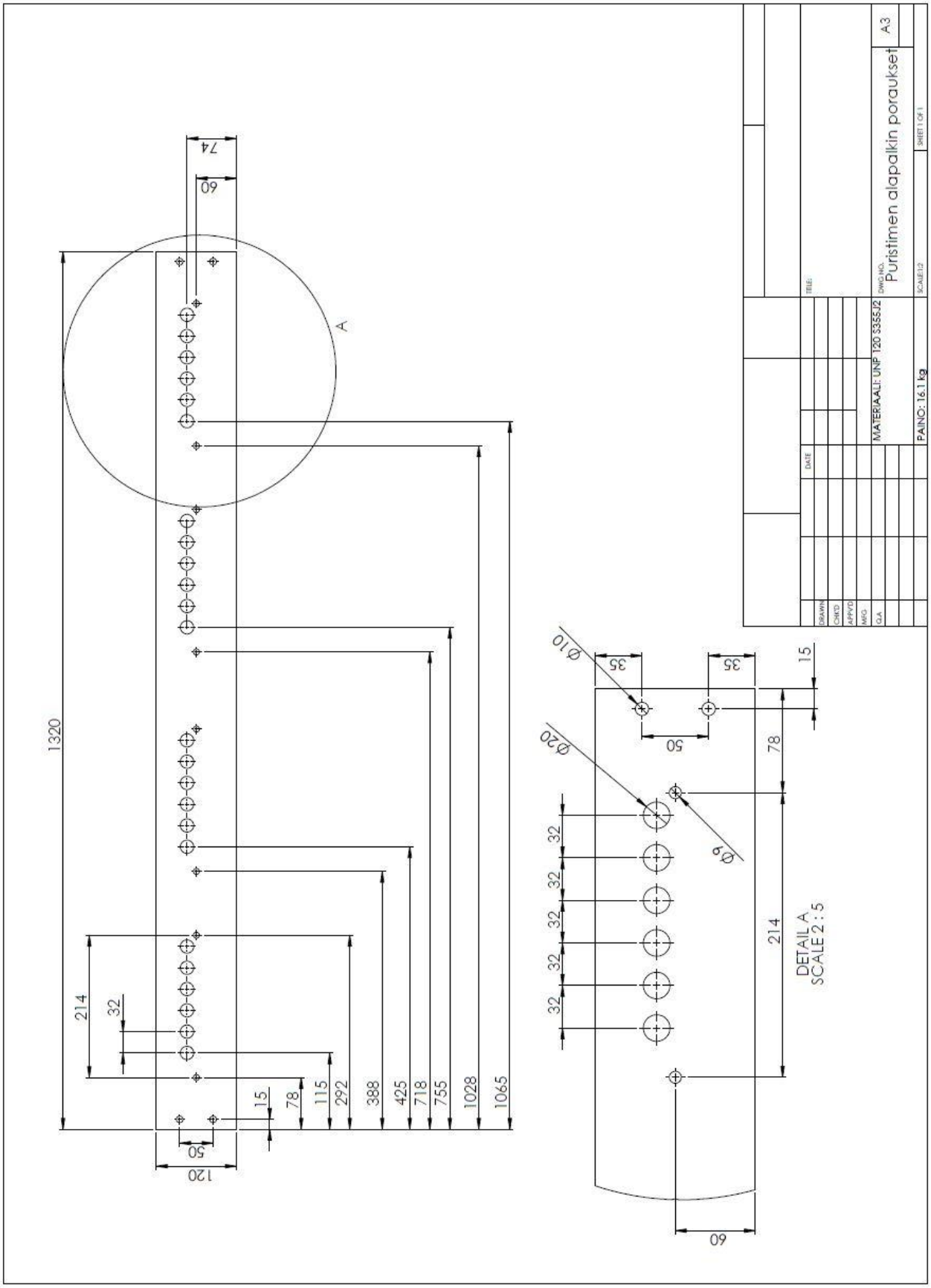


LIITE 8 Ylemmän runkopalkin poraukset

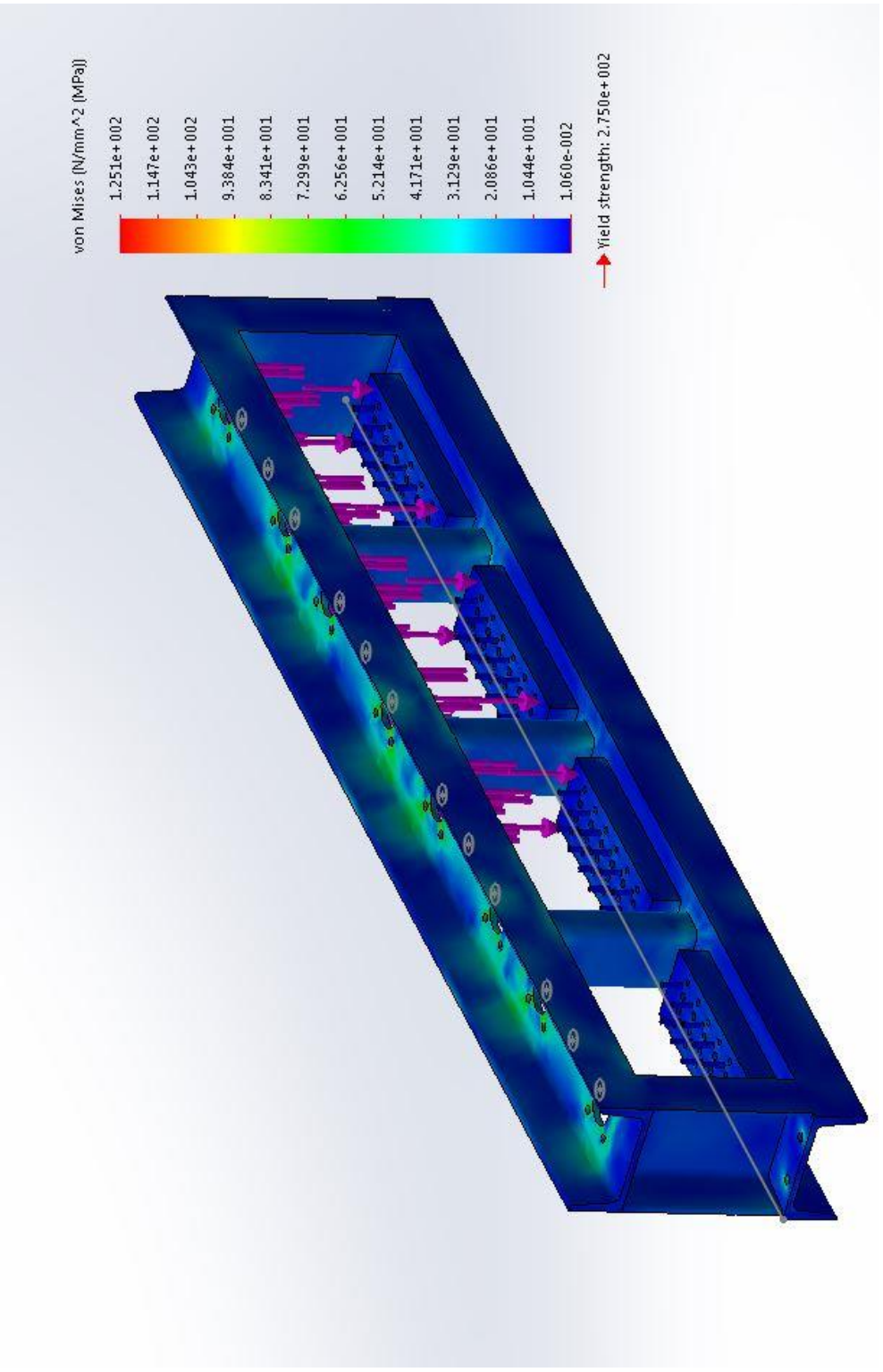




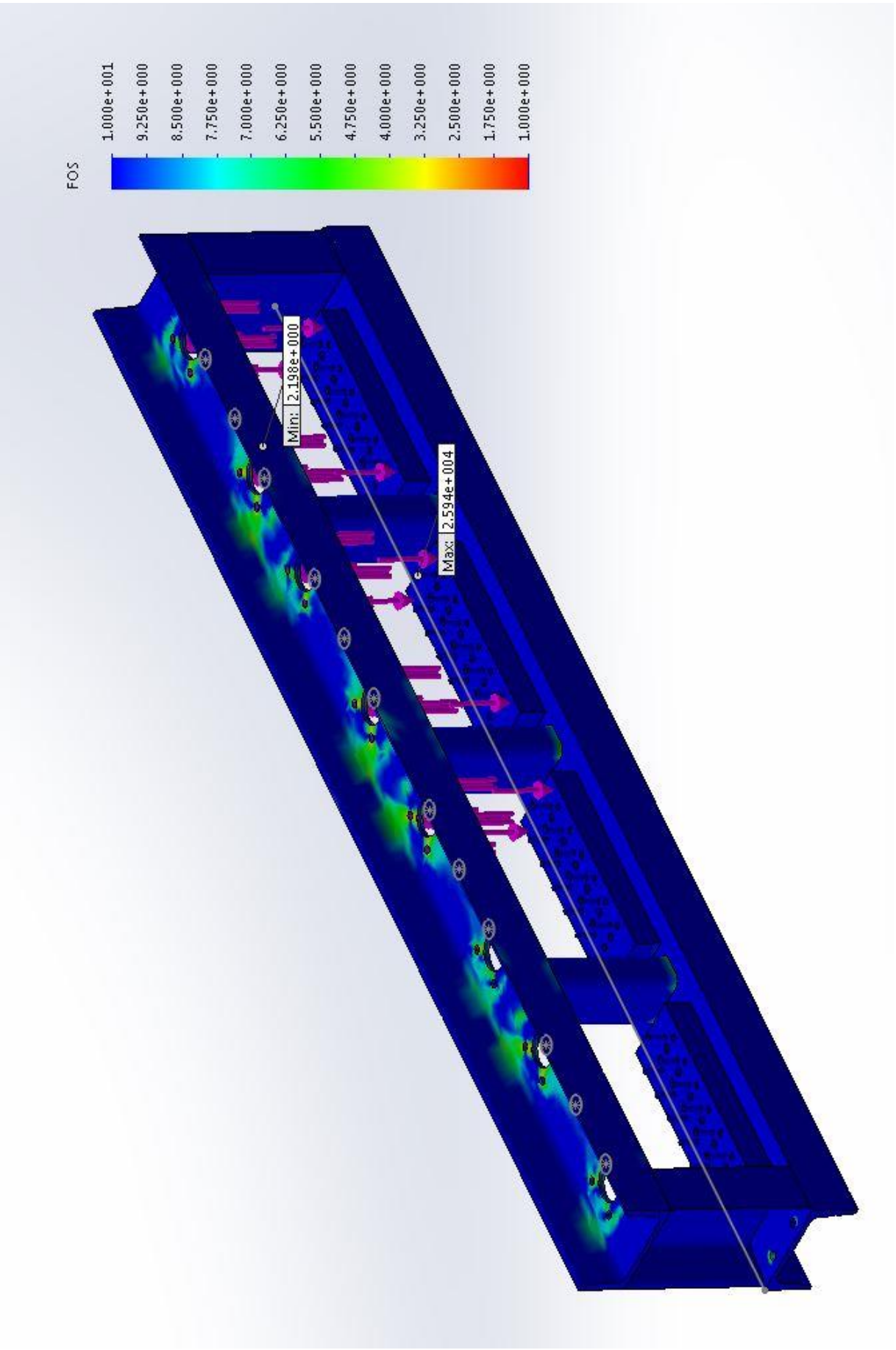
LIITE 9 Alemman runkopalkin poraukset



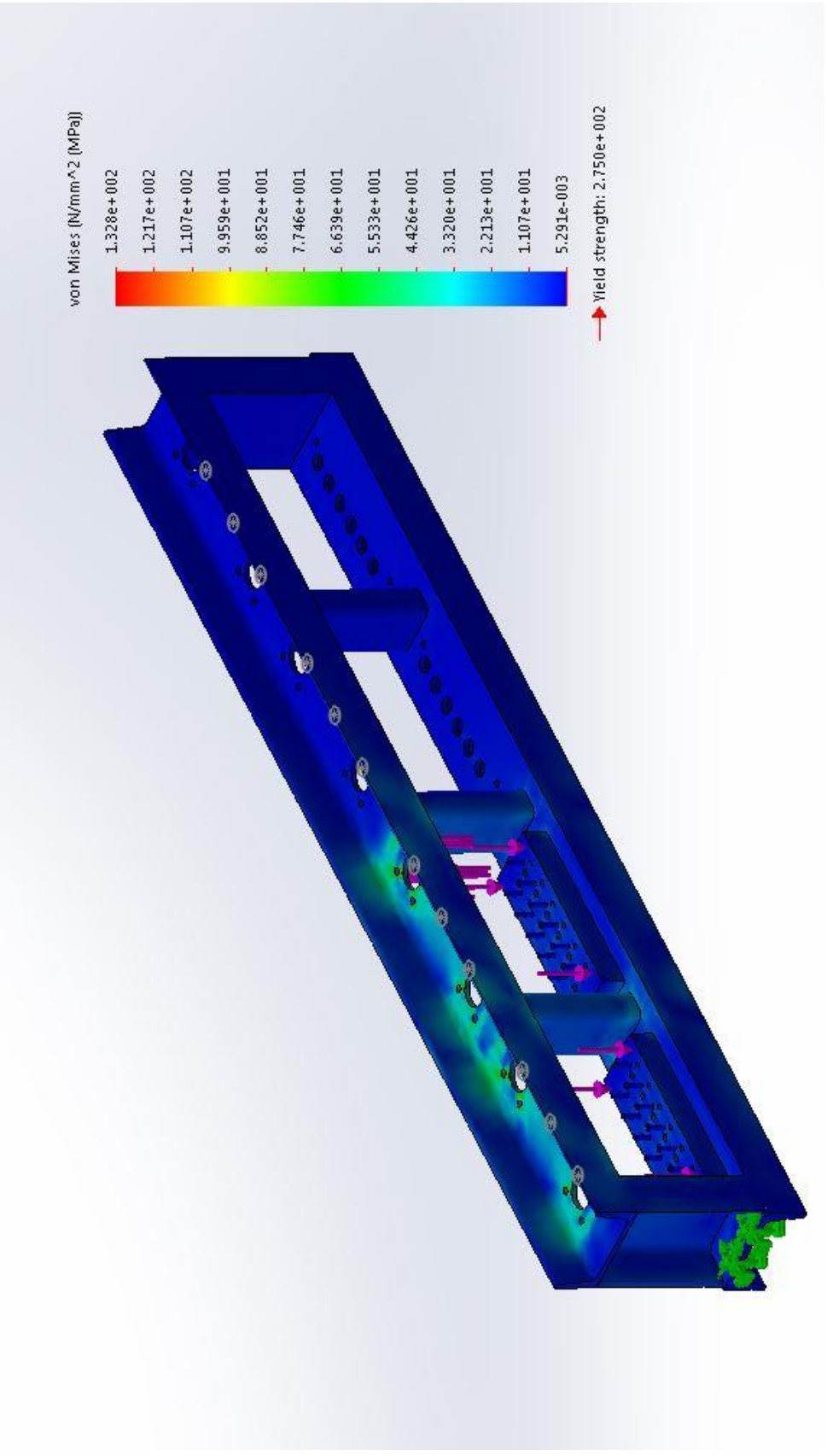
LIITE 10 Tilavuusmalli jännityksistä



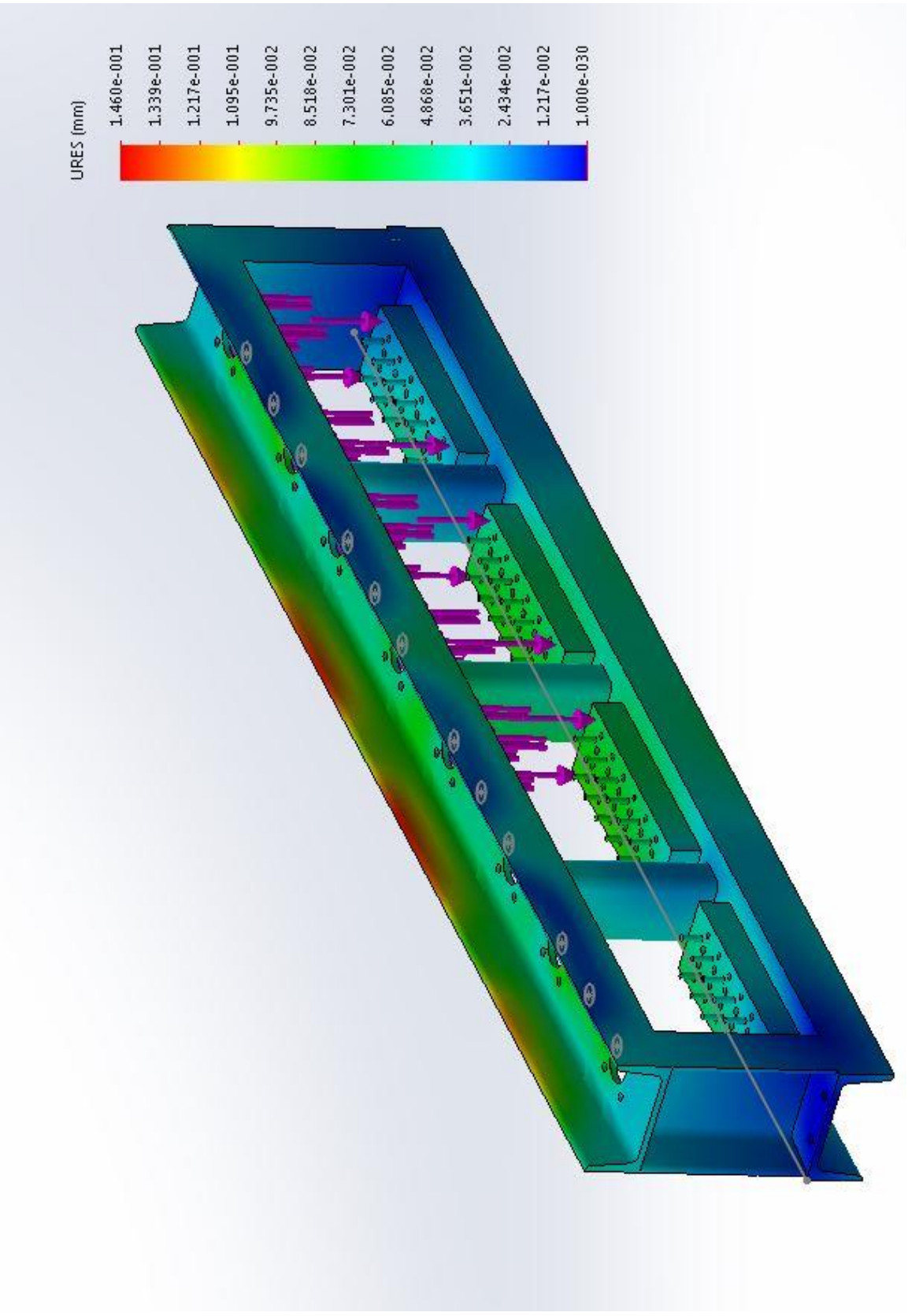
LIITE 11 Varmuusluku



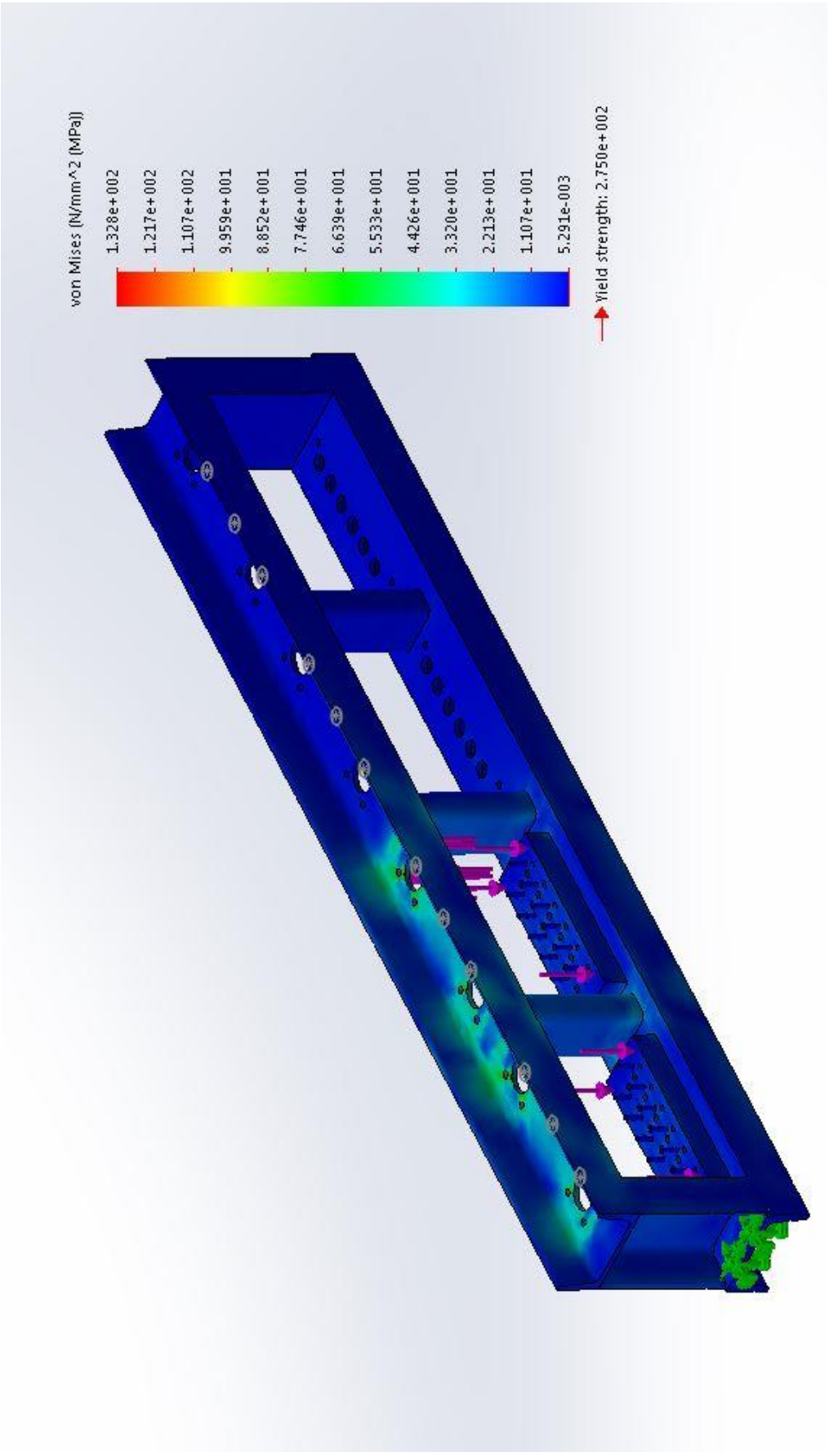
LIITE 12 Von Mises- jännitykset tilavuusmallissa



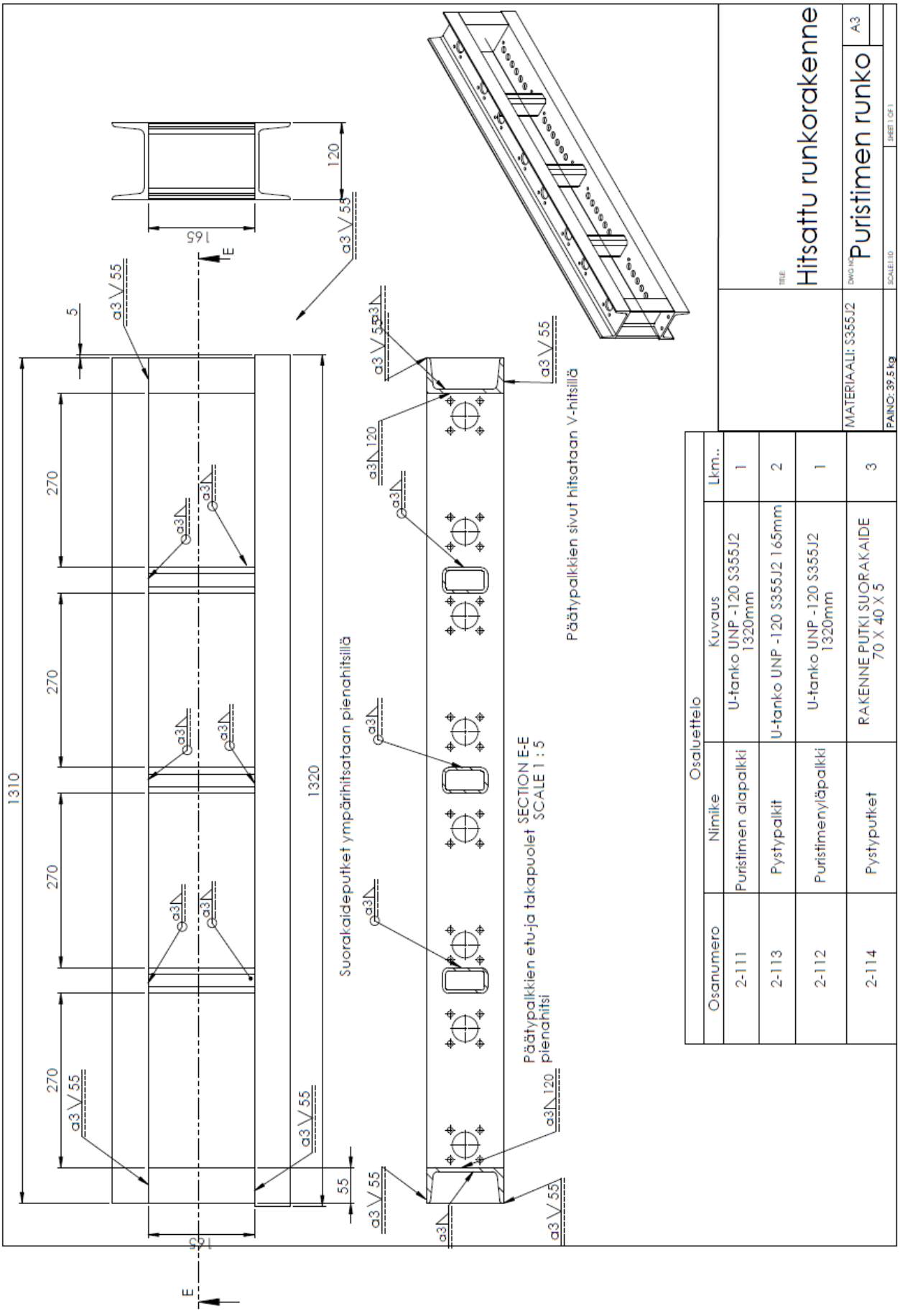
LIITE 13 Muodonmuutokset tilavuusmallissa



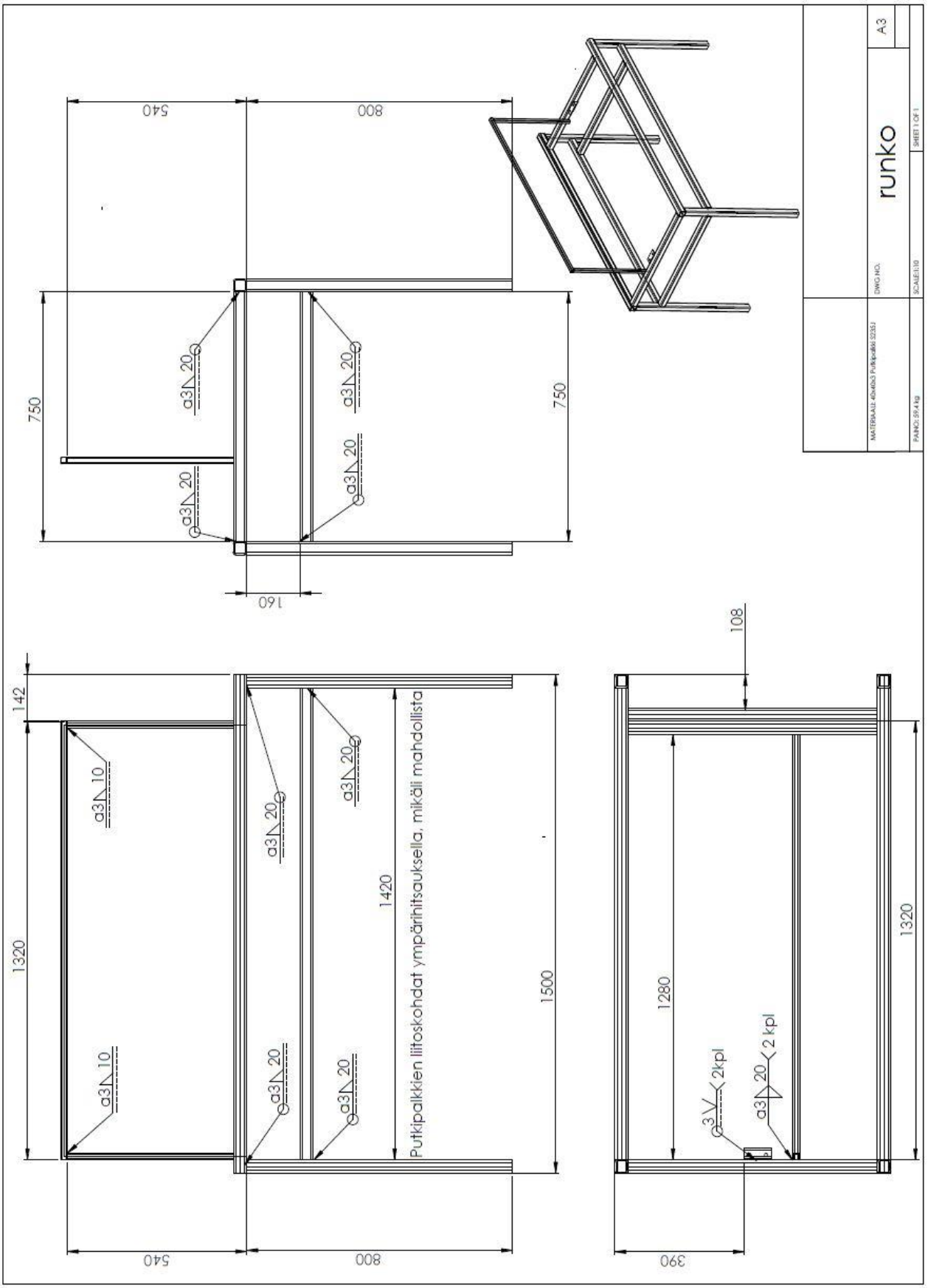
LIITE 14 Von Mises- jännitykset 12 annostelijan testauksessa



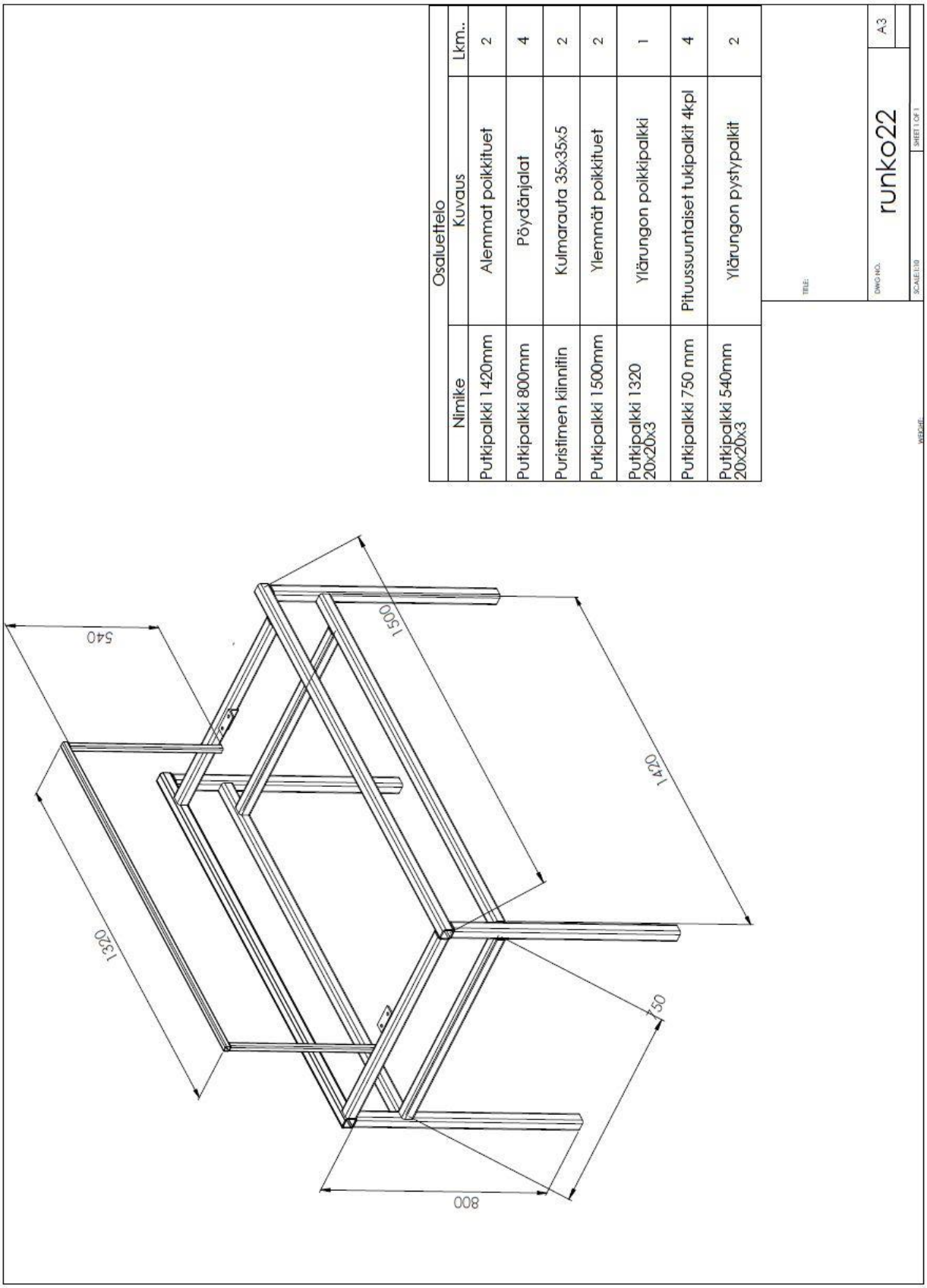
LIITE 15 Kiinnittimen runkopalkin hitsaukset



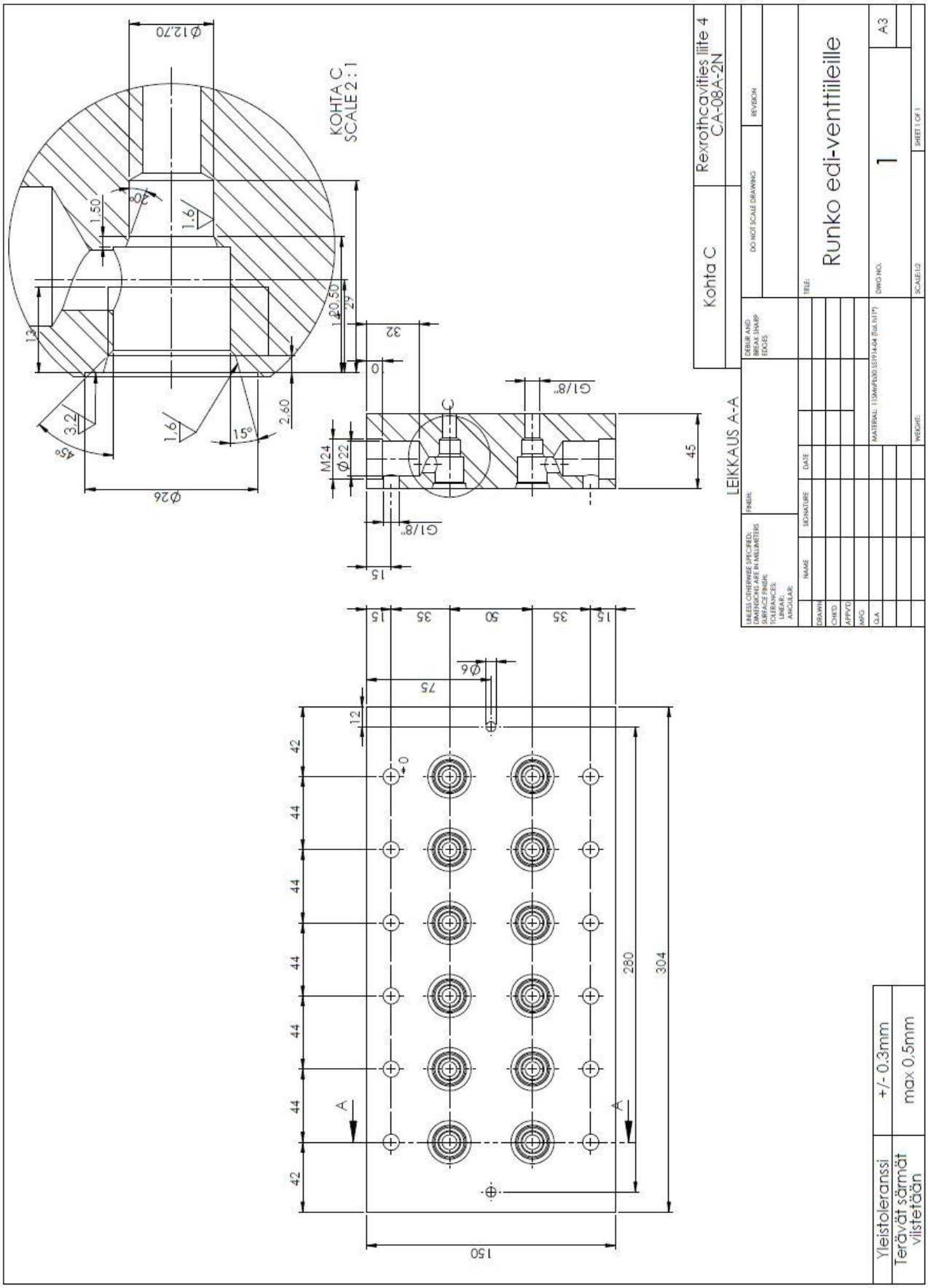
LIITE 16 Rungon hitsaukset



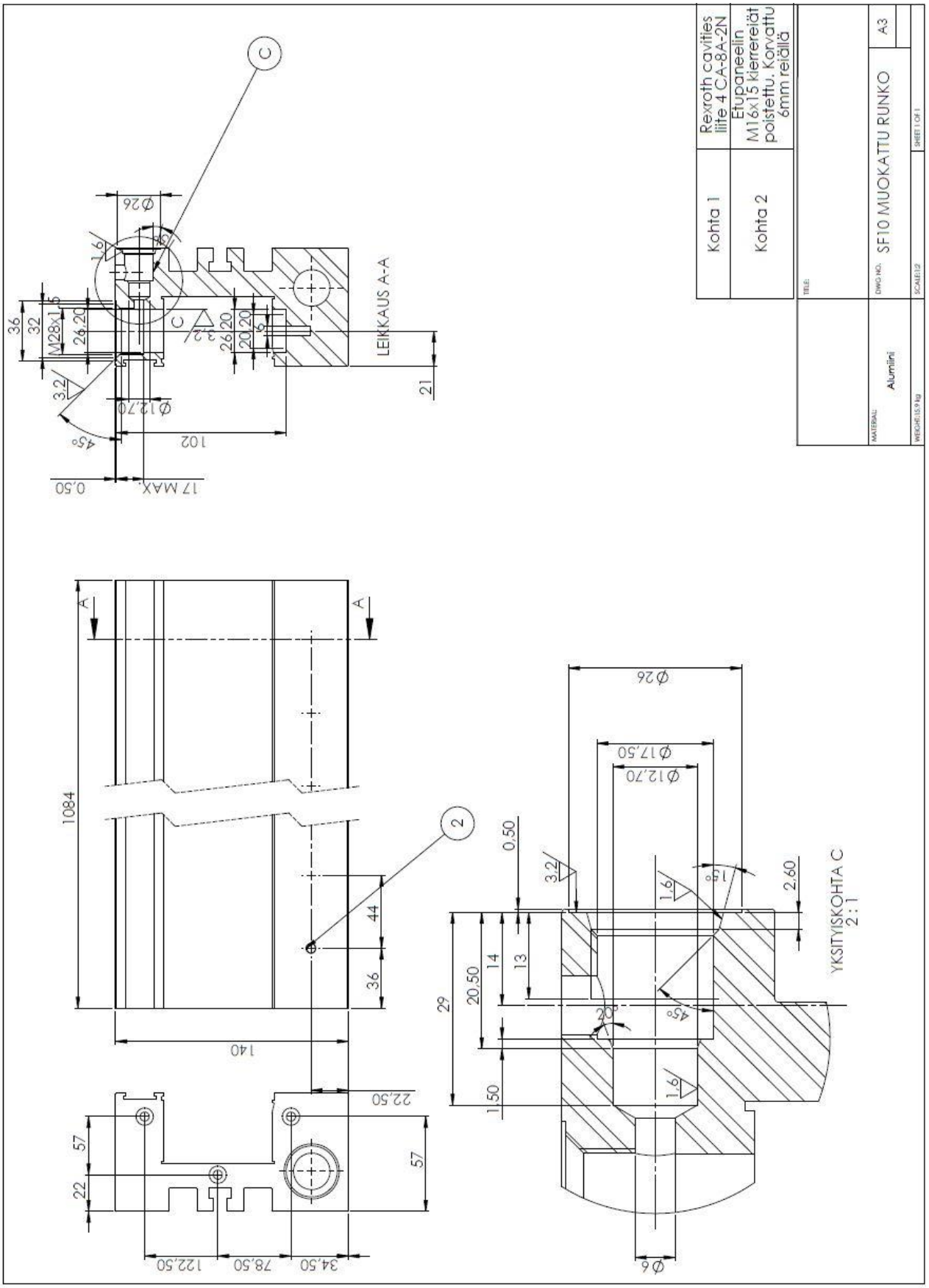
LIITE 17 Rungon kokoonpano



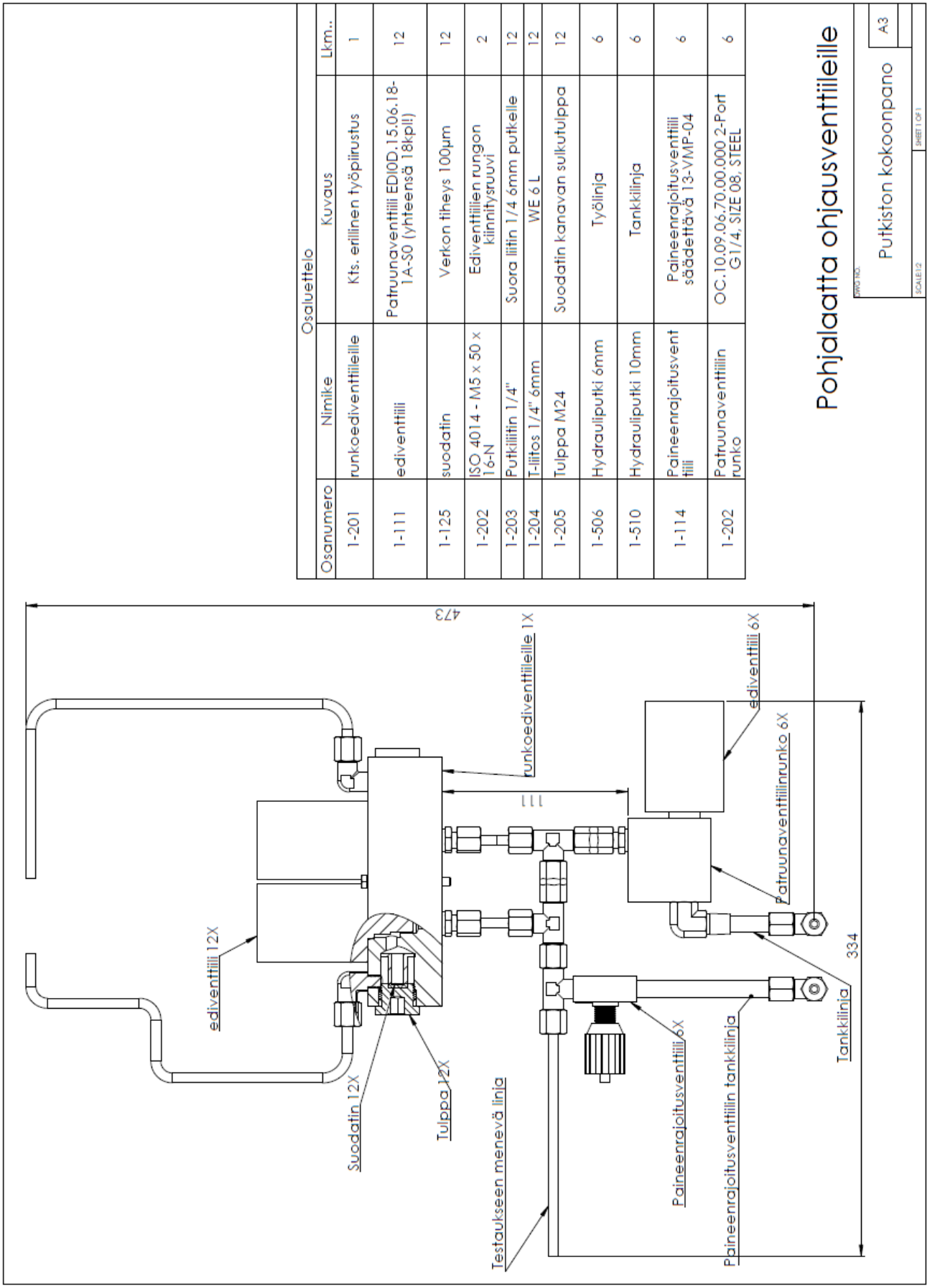
LIITE 18 Patruunaventtiilien lohko



LIITE 19 Muokattu SF10 runko



LIITE 20 Ohjaushydrauliikkaa

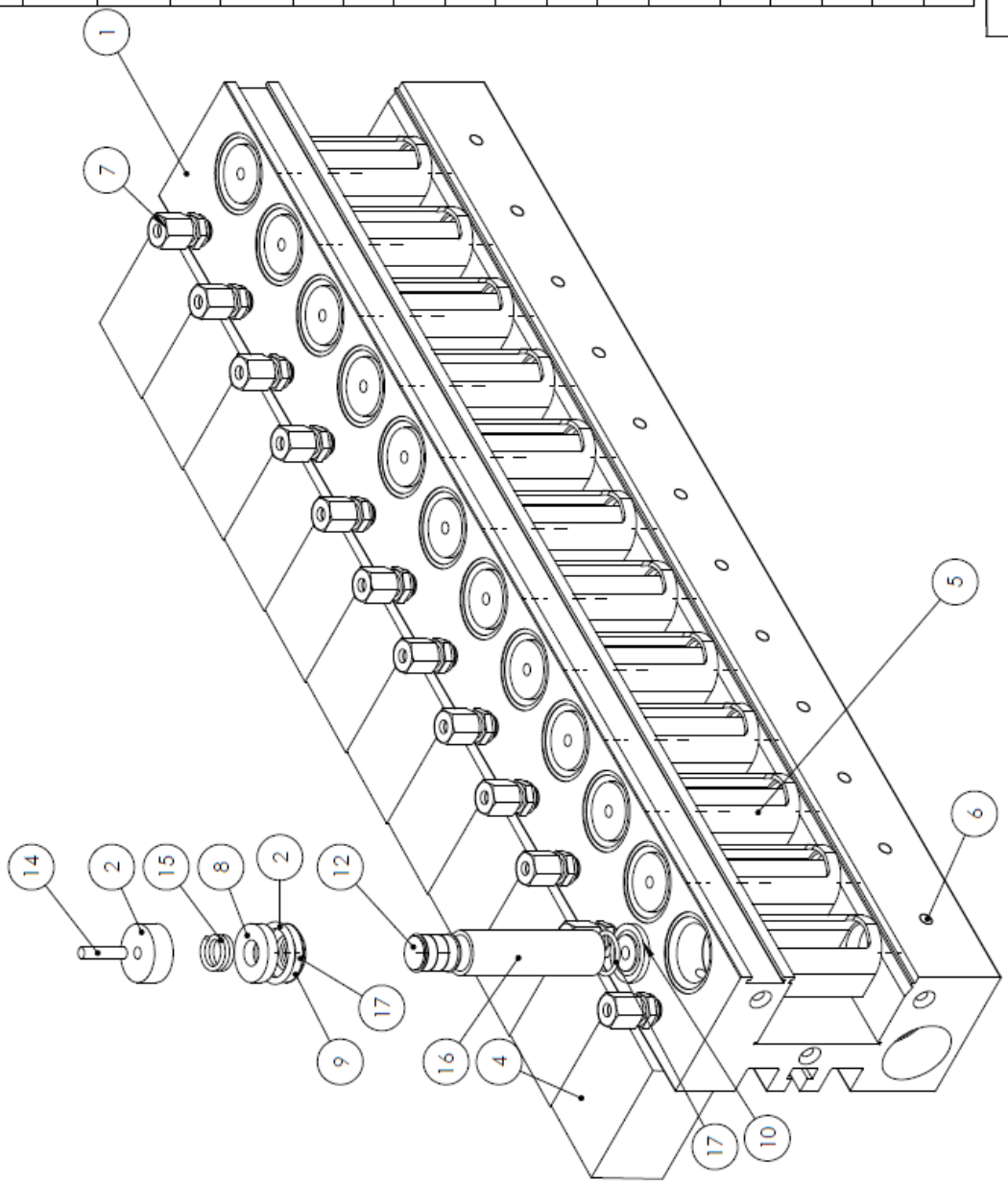


LIITE 21 Testilaite

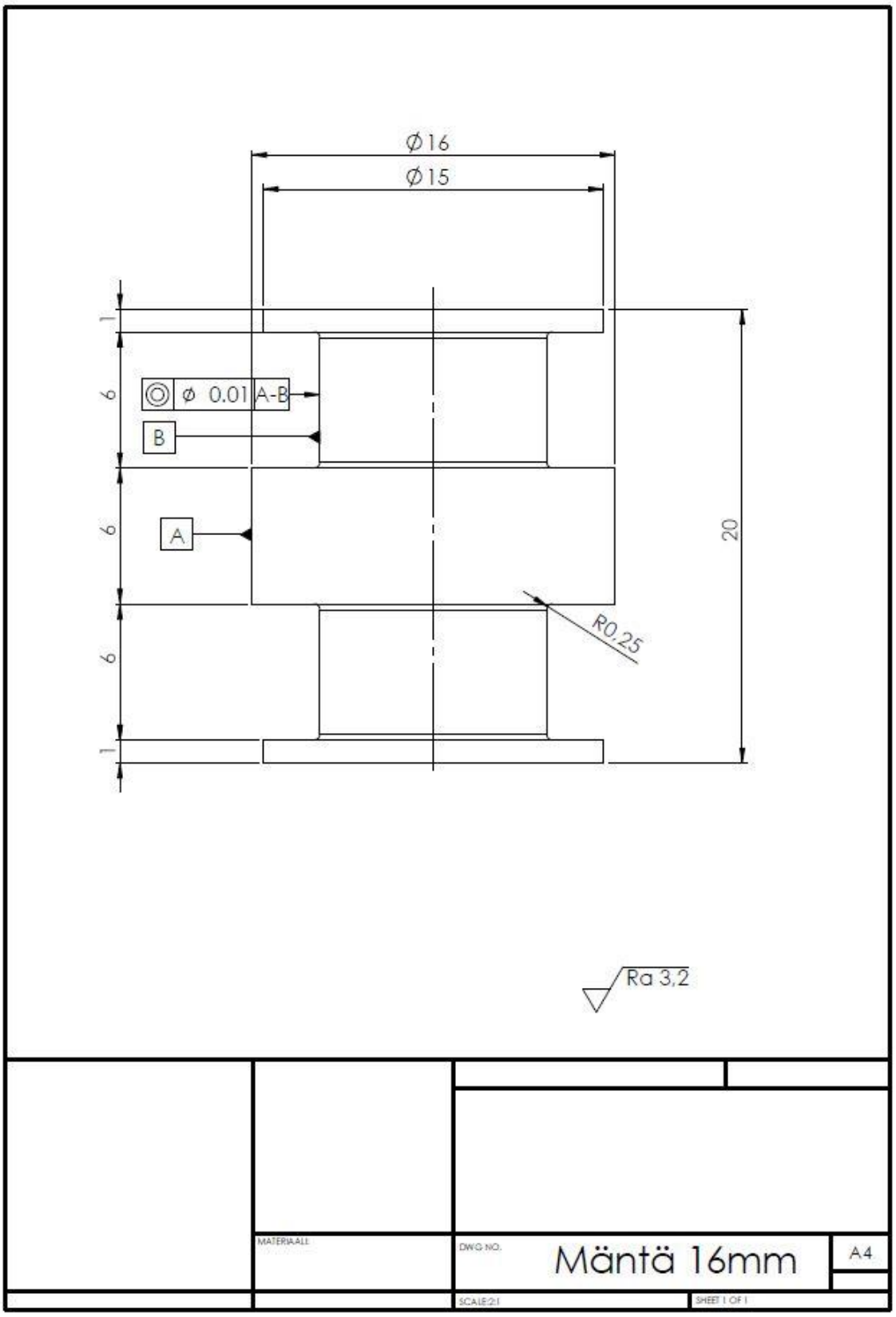
Osaluettelo

OsaNro.	Nro.	Nimike	Kuvaus	Lkm
1-138	1	SF10 runko muokattu	Poraukset patruunaventtiileille	1
1-141	2	Testiputken yläsulku	SF0510	12
1-1	3	Testilaite kokoonpano	Testilaite	1
1-111	4	ediventtiili	Patruunaventtiili EDIOD.15.06.18-1A-S0 (yhteensä 18kpl!)	12
1-135	5	anturinpidin	BS15	12
1-152	6	nasta	sulkunasta 6mm	12
1-150	7	Putkiliitin 1/4"	Suora liitin 1/4 6mm putkelle	12
1-129	8	Yläiaippa B	SF0510A	12
1-130	9	Yläiaippa A	SF0510A	12
1-131	10	Alalaippa	SF0510A	12
1-132	11	Laippa	SF15A	12
1-134	12	Testiputken mäntä	Mäntä 16mm	12
1-136	13	Anturi	BS-15	12
1-137	14	Anturi	M6	12
1-133	15	Asetusjousi	Jousi SKF	12
1-128	16	Lasiputki	Lasiputki 16mm SKF	12
1-140	17	Tiiviste	Tiiviste viton 16mm	24

MATERIAALI: Alumiini | DWG NO. | Testilaite | A3 | SCALE 1:10 | SHEET 1 OF 1 | PAINO: 10 kg



LIITE 22 Testiputken mäntä



Riskien arviointi ja analysointi		
Esineiden ja laitteidn aiheuttamat vaarat	**Vaaratilanteen aiheuttajat**	**Toimenpiteet**
Liikkuvan laitteen aiheuttamat vaarat	Hydraulisylinteri	Kotelointi, turvarajakytkimet
Esineiden putoaminen	Annostelijoiden pudottaminen laitteiston sisään	Pöytärakenne suojattu
Öljyn roiskeet	Hallitsematon vuoto	Laitteiston kotelointi
Laitteen vikaantuminen	Toimintahäiriö	Laitteiston palautuminen turvalliseen tilaan
Turvalaitteet	Turvalaitteiden toiminnan puutteellisuus	Turvalaitteiden oikeaoppinen toiminta
Käyttäjän toiminnasta seuranneet vaaratilanteet	**Vaaratilanteen aiheuttajat**	**Toimenpiteet**
Koulutuksen puute	Riittämätön perehdytys, huolimattomuus	Koulutuksen varmistaminen, vastuuhenkilöt
Suojainten puute	Käyttäjä laiminlyö suojainten käytön	Turvakytkimet, opastus
Poikkeavat tilanteet	Huoltotoiminta- ja manuaalikäyttö	Opastus
Väsymys	Heikentynyt työkyky	Valvonta
Sairaus/vamma	Heikentynyt työkyky	Valvonta
Päihteet	Käyttäjän työkyvyttömyys	Valvonta

SKF RISKIN ARVIOINTI

NIMITYS:
LYHENNE:

Tälle lomakkeelle kirjataan kaikki tunnistetut vaaratekijät, tilanteet ja tapahtumat, jotka voivat aiheuttaa vamman tai vahingon henkilölle, omaisuudelle tai ympäristölle. Tunnistamisessa käytetään apuna standardia SFS-EN ISO 14121-1. Luettelo sisältää viittaukset konedirektiivin liitteeseen 1. ja B-standardeihin, joissa esitetään turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia. Vaaratekijät numeroidaan juoksevalla numerolla (NRO) sekä vaaratekijäluettelon kyseiseen kohtaan viittaavalla kappalenumerolla (KOHTA). Jos vamman tai vahingon aiheuttanut tekijä tiedetään kirjataan se myös. Vamman tai vahingon vakavuus, todennäköisyys ja vältettävyys arvioidaan viereisen taulukon mukaan. Vahingon vakavuuteen vaikuttaa myös sen kohteeksi joutuneiden henkilöiden määrä. Vältettävyydellä tarkoitetaan henkilön mahdollisuuksia tietoisesti välttää vaaralliseen tilanteeseen joutuminen. Jokainen havaittu riski on pyrittävä poistamaan, varsinkin jos riski-prioriteettiluku (RPN) nousee korkealle.

VAKAVUUS
1 lievä (tavallisesti parantuva vamma tai terveyshaitta)
2 vakava (tavallisesti parantumaton vamma tai terveyshaitta)
3 erittäin vakava (esimerkiksi kuolema tai suuronnettomuus)

TODENNÄKÖISYYS	VÄLTETTÄVYYS
1 pieni	1 helppoa
2 keskinkertainen	2 mahdollista
3 suuri	3 vaikeaa

KOKONAISARVIO		
	1-5	Vähäinen riski
	6-11	Kohtalainen riski
	12-27	Suuri riski

NRO	KOHTA	POTENTIAALINEN VAARATEKIJÄ, TILANNE TAI TAPAHTUMA	POTENTIAALINEN VAMMA TAI VAHINKO HENKILÖLLE, OMAISUUDELLE TAI YMPÄRISTÖLLE	POTENTIAALINEN VAMMAN TAI VAHINGON AIHEUTTAJA	VAKAVUUS (1-3) A	TODENNÄKÖISYYS (1-3) B	VÄLTETTÄVYYS (1-3) C	KOKONAISARVIO (A*B*C) RPN
1		Sormien jääminen kiinnityspuristimen väliin	Raajan ruhjoutuminen	Hydraulisylinterin odottamaton liike	2	2	2	8
2		Sormien jääminen syöttöluukun väliin	Raajan ruhjoutuminen	Luukun odottamaton sulkeutuminen	1	3	1	3
3		Liukastuminen öljyyn	Henkilövamma	Liukkaus	1	3	3	9
4		Paineistetun öljyletkun katkeaminen	Öljy leviää ympäristöön	Paineistettu öljy	1	1	3	3
5		Paineistetun öljyletkun katkeaminen	Henkilövamma	Paineistettu öljy	3	1	3	9
6		Terävät kulmat	Käyttäjä viiltää itseään terviin reunoihin	Viimeistelemätömät rakenteet	1	2	1	2
7		Huoltotoimenpiteet	Kolhii itsenään laitteen reunoihin	Ahdas rakenne	1	1	2	2
8		Käytön yhteydessä sähköisku	Rytmihäiriöt	Puutteellinen maadoitus	3	1	1	3
9								
10								

SKF

RISKIN PIENENTÄMINEN

NIMITYS:
KOODI:

Jokainen vaaratekijä on yritettävä poistaa kohtuuden rajoissa. Tällä lomakkeelle kirjataan vaaratekijän poistamiseen tai sen aiheuttaman riskin pienentämiseen liittyvät toimenpiteet.

NRO Vaaratekijän juokseva numero (kirjautuu automaattisesti edelliseltä lomakkeelta).
KOHTA Vaaratekijäluettelon asianomainen kohta (kirjautuu automaattisesti edelliseltä lomakkeelta).
VAATIMUKSET Sarakkeeseen kirjataan vaaratekijään liittyvät konedirektiivin liitteen 1. ja B-standardien vaatimukset.
TOIMENPITEET Ne suunnitteluun, suojuksiin ja turvalaitteisiin liittyvät toimenpiteet, joilla poistetaan tai pienennetään vaaratekijän aiheuttamaa riskiä. Mikäli riskiä ei kyetä teknisistä tai taloudellisista syistä pienentämään riittävästi, otetaan käyttöön koneeseen kiinnitettävät varoitus merkinnät ja käyttöä rajoittavat ohjeet.
VASTUUHENKILÖ Kyseisen toimenpiteen toteuttamisesta vastaava henkilö.

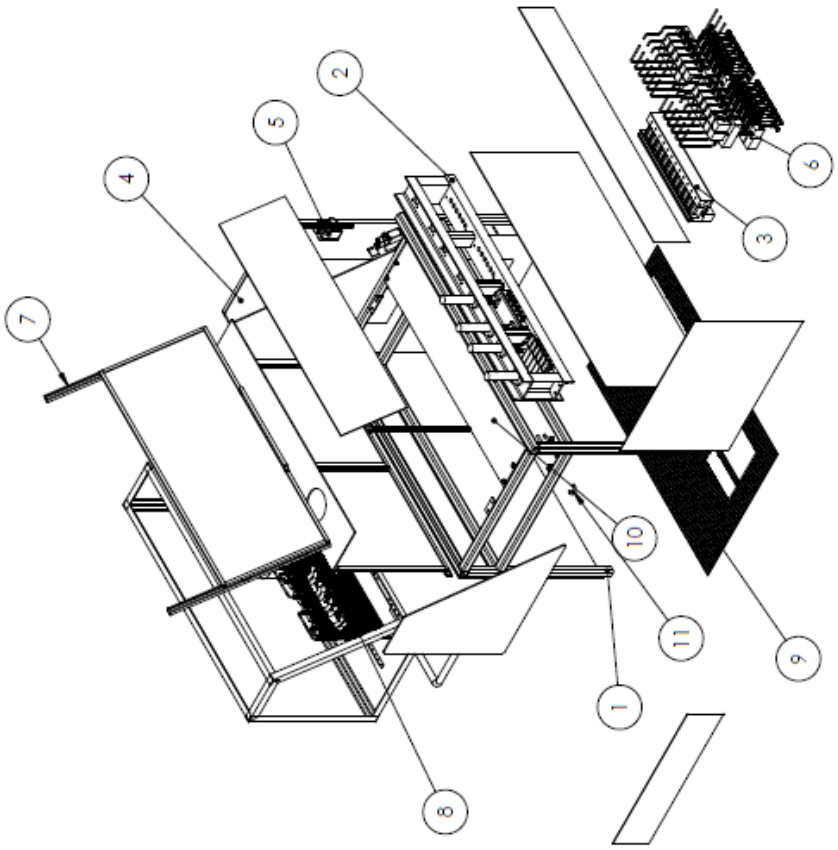
Ensimmäiseen pystysarakkeeseen kirjataan nimikirjaimet kun asianomainen toimenpide on suoritettu. Sen jälkeen arvioidaan toimenpiteen tuloksellisuus merkitsemällä x , johonkin kolmesta vaihtoehdosta. Lopuksi päätetään halutaanko mahdollisesti vielä jäljelle jäänyt riski hyväksyä vai suoritetaanko vielä lisätoimenpiteitä sen pienentämiseksi.

NRO	KOHTA	VAATIMUKSET	TOIMENPITEET VAARATEKIJÄN POISTAMISEKSI TAI PIENENTÄMISEKSI	VASTUUHENKILÖ	TOIMENPIDE SUORITETTU	VAARATEKIJÄ POISTETTU: KYLLÄ	VAARATEKIJÄ POISTETTU: OSITTAIN	VAARATEKIJÄ POISTETTU: EI	JÄÄNYT RISKI HYVÄKSYTÄÄN
					???	(x)	(x)	(x)	(ok)
1		ISO 12100-1	Laitteisto suojataan ja koteloidaan; hydraulisylinterin liike rajataan						
2		ISO 1088 /A2:	Kiinnitin luukulle						
3		ISO 12100-1 /A1:4.10	Lattioilla liukuesteet						
4		ISO 12100-1 /A1:4.2.1	Öljyletkujen suojaus räjähdyssukilla; hydrauliputkien käyttö; kotelointi;						
5		ISO 12100-1 /A1:4.2.1	Öljyletkujen suojaus räjähdyssukilla; hydrauliputkien käyttö; kotelointi;						
6		ISO 12100-1 /A1:4.2.1	Laitteiston osien viimeistely						
7		ISO 12100-1 /A1:4.2.1	Rakenteen suunnittelu helppohuoltoiseksi						
8		ISO 12100-1 /A1:4.3	Johdot suojataan ja maadoitus tehdään oikein						
9									

LIITE 26 Testilaitteiston kokoonpano

Osaluettelo

Nro	Osanumero	Nimike	Kuvaus	Lkm.
1	3-1	Runko	Testilaitteiston runko	1
2	2-1	Kiinnitin	Hydraulinen kiinnitin	1
3	1-1	Testilaite	Testausputkisto	1
4	3-6	Sähkökaappi	Sähkölaitteet	1
5	3-5	Hätä-seis painike	Siemens hätäseis	1
6	1-2	Ohjausventtiilit	Pohjalaatta ohjausventtiileille	2
7	3-2	Suojaluukku	Suojaluukku	1
8	2-2	Hydrauliikkaseinä	Kiinnittimen hydrauliikkakomponentit	1
9	1-3	Pohjalevy	Testilaitteiston hydrauliikka	1
10	3-10	Kansilevy	Pöydän kansilevy	1
11	1-10	Testilaitteiston hydrauliikka	Suodattimet, paineentuotto	



DWG NO. Testilaitteisto A3

SCALE:1:20 SHEET 1 OF 1

FANDI

LIITE 27 Huolto- ja käyttöohje

Poistettu julkisesta raportista.

LIITE 27 Huolto- ja käyttöohje

Poistettu julkisesta raportista.

LIITE 27 Huolto- ja käyttöohje

Poistettu julkisesta raportista.

LIITE 27 Huolto- ja käyttöohje

Poistettu julkisesta raportista.

LIITE 27 Huolto- ja käyttöohje

Poistettu julkisesta raportista.

LIITE 27 Huolto- ja käyttöohje

Poistettu julkisesta raportista.