



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KOTELOITU HYDRAULIIKKA- KONEIKKO

TEKIJÄ/T: Jaro Pääkkönen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Jaro Pääkkönen			
Työn nimi Koteloitu hydrauliiikkakoneikko			
Päiväys	3.5.2020	Sivumäärä/Liitteet	31+8
Ohjaaja(t) Arto Liuha, Mikko Nissinen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) PaineteHo Oy			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella koteloitu hydrauliiikkakoneikko. Työn tilaajana oli PaineteHo Oy Kuopiosta, joka on hydrauliiikan ja pneumatiikan erikoisliike. Työn tavoitteena oli suunnitella koteloitu hydrauliiikkakoneikko, tehdä riskianalyysi ja toimintakaavio. Koteloidun hydrauliiikkakoneikolla kasvatetaan yrityksen tuotevalikoimaa ja markkinavalmiutta kysynnän tultaessa.</p> <p>Työssä käytiin läpi hydrauliiikan peruskomponentteja, 3D-mallintamista ja riskien hallintaa. Osaluettelon työhön laati PaineteHon henkilökunta. Suunnittelu toteutettiin PaineteHon tiloissa ja laitteilla. Koteloidun hydrauliiikkakoneikon suunnittelussa käytettiin SolidWorks-mallinnusohjelmaa, toimintakaaviossa AutoCAD:a ja riskianalyysin teossa Excel-taulukkolaskentaohjelmaa.</p> <p>Tuloksena opinnäytetyössä valmistui markkinointiin ja tuotantoon valmis koteloitu hydrauliiikkakoneikko. Työssä tuotetut dokumentit ja aineisto ovat PaineteHo Oy:n hallussa valmiina käyttöön. Koteloitu hydrauliiikkakoneikko kasvattaa yrityksen tuotevalikoimaa. Suunnittelun koneikon ympärille on yrityksen mahdollista alkaa rakentamaan uutta tuoteperhettä.</p>			
Avainsanat Hydrauliiikka, Hydraulitekniikka, Hydrauliiikkakoneikko, koteloitu hydrauliiikkakoneikko			
Hydrauliiikka			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Jaro Pääkkönen			
Title of Thesis Encapsuled Hydraulic Power Unit			
Date	6 May 2020	Pages/Appendices	31+8
Supervisor(s) Mr Arto Liuha, Senior Lecturer, Mr Mikko Nissinen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Paineteho Ltd.			
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to design an encapsuled hydraulic power unit, do a risk analysis and draw up the hydraulic diagram. The thesis was commissioned by Paineteho Ltd. Paineteho Ltd. operates in the field of hydraulics and pneumatics. The encapsuled hydraulic power unit enhances Paineteho's product range and market readiness as demand increases.</p> <p>The thesis contains the theory of hydraulic components, 3D-modeling and risk management. The part list was drawn up by Paineteho. The thesis was done at Paineteho's premises and with the company's equipment. The encapsuled hydraulic power unit was designed by using SolidWorks modeling program. In drawing up the hydraulic diagram AutoCAD and in risk analysis Excel was used. In the theory section literature and Internet sources were used.</p> <p>As a result of the thesis an encapsuled hydraulic power unit ready for marketing and production was designed. The documents and material produced in the study are in Paineteho's possession and ready for use. The encapsuled hydraulic power unit enhances Paineteho's product range. It is possible for the company to start building a new product family around the designed machine</p>			
Keywords Hydraulic, Hydraulic power unit,			

## SISÄLTÖ

TERMISTÖN SELITTEET .....	5
1 JOHDANTO .....	6
2 YRITYSESITTELY .....	7
3 HYDRAULIIKKAKONEIKON KOMPONENTIT .....	8
3.1 Säiliö .....	8
3.2 Moottori .....	9
3.3 Pumppu .....	10
3.4 Venttiilit .....	10
3.4.1 Vastaventtiilit .....	11
3.4.2 Suuntaventtiilit .....	11
3.4.3 Paineventtiilit.....	12
3.4.4 Virtaventtiili.....	13
3.5 Suodattimet.....	14
4 KARTOITUS .....	15
4.1 Riskienhallinta.....	15
4.2 Riskiarvio .....	15
5 MEKANIIKKASUUNNITTELU.....	17
6 TOIMINTAKAAVIO .....	18
7 RISKIANALYYSI.....	19
8 MEKANIIKKASUUNNITTELU.....	20
8.1 3D-mallintaminen.....	20
8.1.1 Säiliö.....	20
8.1.2 Vuotoallas.....	23
8.1.3 Kansi.....	23
8.1.4 Kotelointi .....	24
8.2 Tekniset piirustukset.....	27
9 TOIMINTAKAAVIO .....	28
10 YHTEENVETO.....	29
11 JATKOKEHITYS .....	30
LÄHDELUETTELO.....	31

## TERMISTÖN SELITTEET

AutoCAD = Tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto.

CAD = "Computer Assisted Detection", Eli tietokoneavusteinen suunnittelu

DXF = (Drawing Interchange Format, Drawing Exchange Format), eli CAD- tiedostomuoto.

Hydrauliikka = Tehonsiirtoa nesteen paineen ja virtauksen avulla.

Hydrauliikkakoneikko = Laite, joka tuottaa hydraulista tehoa.

SolidWorks = 3D-Mekaniikkasuunnitteluohjelmisto

PDM = "Product data management", eli tuotteiden hallinta.

PDF = (Portable Document Format), tiedostomuoto.

Pneumatiikka = Tehonsiirtoa Kaasun paineen ja virtauksen avulla.

Yhde = Liitetään jokin komponentti, letku tai putki metallirakenteeseen.

3D = "Three-dimensional" eli kolmiulotteinen.

## 1 JOHDANTO

Hydrauliteknikka on iso osa suomalaisessa teollisuus maailmassa vielä tänäkin päivänä. Hydrauliteknikan avulla pystytään tuottamaan suuria voimia, jonka avulla pystytään liikuttelemaan mm. isoja massoja. Hydrauliteknikan kehittymisen myötä Paineteho Oy antoi toimeksiannon kartoittaa ja suunnitella hydraulikoneikon, joka on koteloitu niin, että se on ympäristön epäpuhtauksien ja sään kestävä. Toimeksiannolla laajennetaan Painetehon markkinointituotteita ja pyritään kehittämään hydraulikoneikkoa modernimpaan suuntaan.

Tavoitteena on suunnitella markkinavalmis tuote, joka pystytään valmistamaan sarjatuotantona. Työ edellytti huolellista kartoitusvaihetta, dokumentointia ja 3D-mallinusta. Työssä lähtötiedoksi Painetehon yksi sidosryhmistä määritteli osaluettelon, jonka pohjalta kartoitus saatiin käyntiin. Kartoituksessa tehdään todella yksityiskohtainen riskianalyysi ja vertailunkehittämisosio. Riskianalyysi tehdään Paineteho Oy:n omaan Excel-pohjaiseen riskianalyyssitaulukkoon. Hydraulikkakoneikon suunnitteluun kuuluu hydraulikkakaavion piirtäminen, joka toteutetaan AutoCAD-ohjelmistolla. 3D-malli suunnitellaan SolidWorks-ohjelmistoa käyttäen ja samalla ohjelmistolla valmistetaan työkuvat DXF- ja PDF-muotoon. Kaikki työssä tuotettu aineisto tallennetaan PDM-järjestelmään. Suunnitteluun kuuluu myös putkistojen mitoitus 3D-malliin.

Opinnäytetyön alussa käydään teoriassa läpi hydraulikan komponentteja, joita esiintyy hydraulikkakoneikossa. Riskienhallinta osiossa kerrotaan, mihin riskianalyyisin teko on perustunut ja miksi riskianalyysi on tehty. Teoria jatkuu tästä teknisten piirustusten teoriaosioon.

Lähdemateriaalina käytetään alan standardeja, komponenttivalmistajien tuottamaa kirjallisuutta, hydrauliteknikan kirjallisuutta ja internet-lähteitä. Teknisten piirustuksien lähdemateriaalina käytetään teoriakirjallisuutta.

Opinnäytetyö alkaa lähtötietojen määrittämisen jälkeen. Tämän jälkeen on valmiina osaluettelo, jonka pohjalta opinnäytetyötä etenee. Opinnäytetyön lopuksi kaikki ennakkoon sovittu materiaali on dokumentoitu ja suunnittelutyö on valmis. Lopputulemana on markkinointivalmis tuote, joka on valmis kokoonpantavaksi.

## 2 YRITYSESITTELY

Painetehto Oy on hydraulikkaan ja pneumatiikkaan erikoistunut yritys, joka on perustettu vuonna 1979 Pertti Koljosen toimesta. Yritys sijaitsee Kuopion kelloniemessä Ankkuritie 1. Paineteholla on myös oma hydraulilohkojen valmistus koneistuspaja, joka sijaitsee Pirkkalassa. Kuopion Toimipisteessä on jälleenmyynti piste, suunnittelu/tekninen tuki ja tuotannon/huollon tilat. (Painetehto.)

Painetehto Oy suunnittelee ja valmistaa hydraulikkakoneikkoja ja paineilma kompressoreja. Painetehto on markkinoiden johtavien komponentti tuotemerkkien virallinen jälleenmyyjä, joista tunnetuimpia ovat: Hydac, Bosch Rexroth, Dunlop hiflex ja monia muita alan laatumerkkejä. Myös huolto-, asennus- ja korjauspalvelut kuuluvat yrityksen toimenkuvaan. Suunnitellut ja myydyt tuotteet menevät pää osin teollisuuteen ja suurin teollisuuden alan tilaaja varmastikin saha-, ja kaivosteollisuus, mutta myös lääketeollisuus ja sairaalat ovat Painetehton isoja asiakkaita. (Painetehto.)

Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2019 5.2 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos 20 000 euroa. Yrityksessä on noin 25 työntekijää. Yrityksen Tämänhetkinen toimitusjohtaja on Jukka Korvela ja hallituksen puheenjohtaja on Jussi-Pekka Koljonen. Jussi Koljonen on yrityksen perustajan Pertti Koljosen poika. (Yritystiedot. Painetehto.; Kuopiolainen painetehto Oy kansainvälistyy omilla tuotteilla 2016.)

### 3 HYDRAULIIKKAKONEIKON KOMPONENTIT

Yksinkertainen hydrauliiikkakoneikko koostuu voimalähteestä, säiliöstä, nesteestä, Pumpusta, venttiilistä/venttiileistä, sylinteristä ja hydraulimoottoreita. Lähtökohtana on tuottaa mekaaninen energia hydrauliseksi energiaksi, jolla voidaan liikuttaa esineitä/asioita. Hydrauliiikan etuja on monia, jonka vuoksi sitä esiintyy erittäin monessa paikassa. Hydrauliiikan avulla voidaan tuottaa helposti pyöriä ja lineaarisia liikevoimia. Hydrauliiikalla siirretään tehoa putkia ja letkuja hyödyntäen, joten teho voidaan tuottaa eri paikassa missä itse toimilaitte on. Tällöin ei olla riippuvaisia tarkoin määrätyn tehonsiirtorataan. Hydrauliiikalla toimivat laitteet ovat helposti hallittavissa, jonka vuoksi voidaan tehdä erittäin tarkkoja liikkeitä. Lisäksi hydrauliiikan komponenteilla on hyvät tehopainosuhteet. (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2008, 1–2.)

#### 3.1 Säiliö

Hydrauliikkakoneikossa on nestesäiliö, jota kutsutaan laitteen tankiksi. Tankissa on hydrauliiikkaöljyä, jolla voima siirretään. Säiliön toimii järjestelmän nestevarastona, jonka lisäksi säiliö myös siirtää lämpöä, erottaa epäpuhtauksia öljystä ja säiliön kannelle tai välittömään läheisyyteen voidaan kiinnittää komponentteja. Oikein mitoitettu säiliö kompensoi myös mahdollisia vuotoja, joita esiintyy hydraulijärjestelmässä. Hydraulijärjestelmästä irtoaa epäpuhtauksia komponenteista ja tämän takia järjestelmään laitetaan kiinteiden epäpuhtauksien vuoksi erilaisia suodattimia. Järjestelmään tulee suodattimista huolimatta kaasumaisia ja nestemäisiä epäpuhtauksia, kuten ilma ja vesi. Näiden epäpuhtauksien poistaminen järjestelmästä on helpointa erottaa hydraulinesteestä luonnollisen erottumisen kautta. Säiliössä oleva ilma nousee kuplina nesteen pinnalle ja mikäli veden tiheys on hydraulines-tettä suurempi, vajoaa vesi tällöin säiliön pohjalle.

(Kauranne, Kajaste, Vilenius 2008, 405.)

Säiliö on usein suorakaiteen muotoinen ja sen tilavuus vaihtelee aina litrasta tuhansiin litroiin, riippuen koneikkoon liitetystä laitteista. Tankin pohja kuuluu olla kalteva, jotta tämän tyhjentäessä kaikki öljy saadaan helposti poistettua. Usein Tankissa on myös huoltoluukulle tehty paikka, jotta puhdistettaessa tankin kantta ei tarvitse irrottaa, koska kannella on usein sijoitettu erilaisia komponentteja, letkuja ja putkia. Mahdollisesti myös moottori ja pumppu kokoonpano. PSK Standardin mukaan tankki tulee olla valmistettu haponkestävästä austeniittisestä teräksestä tai rakenneteräksestä, mikä on pinnoitettu maalaamalla. Tankin kylkeen tulee olla sijoitettu mittalasi, jossa on merkitty tankin maksimi- ja minimiöljymäärä. Suuritulavuuksissa tankeissa on myös väliseinä, jolla pyritään erottamaan tuleva öljy ja lähtevä öljy. Väliseinän tulee olla 2/3 säiliön korkeudesta ja tasausaukko korkeintaan puolet imuaukon koosta. Koska säiliö on usein suorakaiteen muotoinen, voidaan tämän tilavuus tällöin, laskea kaavan 1. mukaan

$$A = a * b * c \quad (1)$$

$A = \text{pinta-ala} [mm^3]$

$a = \text{Pituus} [mm]$

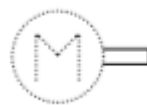
$b = \text{Leveys [mm]}$

$c = \text{Korkeus [mm]}$

(Järjestelmän komponentit, 12.)

### 3.2 Moottori

Hydrauliikkakoneissa on mahdollista nähdä kolmen tyyppisiä eri moottoreita. Poltto-, -hydrauli-, - ja sähkömoottoreita, josta viimeisin lienee yleisin. Poltto-, - ja sähkömoottorin tarkoitus laitteessa on pyörittää pumppua. Hydraulimoottorin tarkoitus on taas muuttaa hydraulienergia takaisin mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottoreiden tehot koneikossa vaihtelevat muutamasta kilowatista (kW) aina isoihin 75 kW sähkö moottoreihin. Polttomoottoreita ei teollisuus hydraulikassa juuri tänä päivänä enää törmää, mutta mobiilihydraulikaassa tämä on arkipäivää. Usein mobiililaitteen oma polttomoottori pyörittää hydraulipumppua.

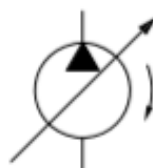


KUVA 1. Moottorin piirrosmerkki (Suomen standardisointiyhdistys ry, a))

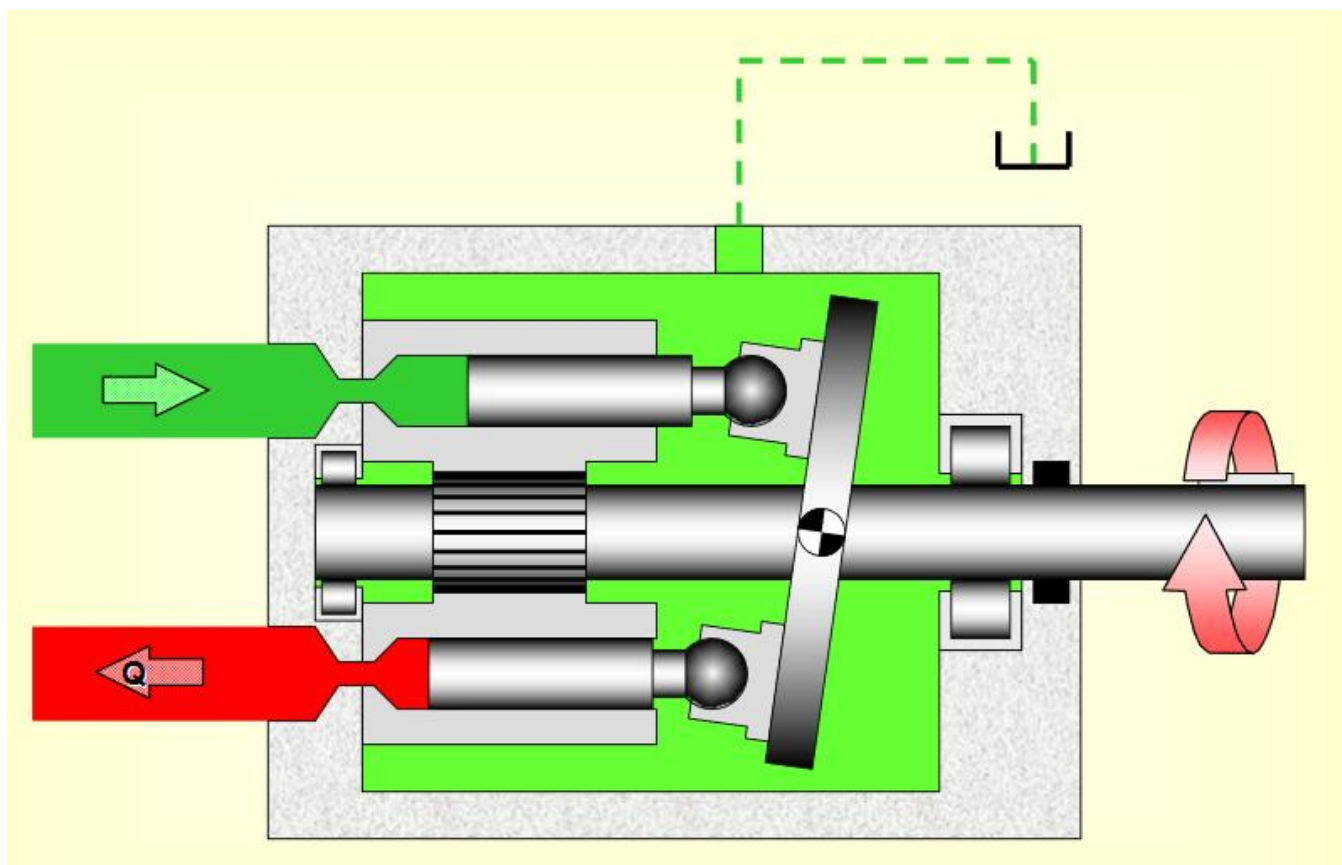
### 3.3 Pumppu

Hydraulipumpun tarkoitus laitteessa on muuntaa mekaaninen energia hydrauliseksi energiaksi (tilavuusvirta ja paine). Pumppua valittaessa laitteeseen on otettava huomioon lukuisia asioita. Yleisimpiä kriteerejä, joita tulee miettiä pumppua hankkiessa, millaista nestettä pumpun on tarkoitus pumpata ja paineistaa. Millaisia paineita pumpun on tarkoitus tuottaa ja miten nopeasti pumpun on tarkoitus pyöriä. Koska kriteerejä on paljon edellä mainittujen lisäksi ei ole olemassa yhtä ja ainutta pumpputyyppeä mikä sopisi kaikkiin tilanteisiin, on tämän vuoksi keksitty monen erityyppisiä pumppuja. Pumput voi jaotella seuraavanlaisesti. Hammasratas-, -ruuvi-, ja mäntäpumput. Teollisuushydrauliikassa yleisimpiä pumppuja ovat mäntä-, - ja hammasrataspumput.

(Kauranne, Kajaste, Vilenius 2008, 137.; Hydraulitekniiikan perusteet ja komponentit 1991, 57–72.)



KUVA 2. Säättötilavuus pumppu piirrosmerkki (Suomen standardisointiyhdistys ry, a)



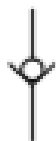
KUVA 3. Mäntäpumpun toimintaperiaate. (Skinner, 2000.)

### 3.4 Venttiilit

Erilaisia venttiileitä hydrauliteknikassa on lukuisia. Venttiilien tehtävä järjestelmässä on ohjata virtausta/painetta, muuttaa painetta, muuttaa virtausta yms. Siksi ei ole olemassa vain yhdenlaisia venttiileitä, vaan näitä on jaoteltu erilaisiin pääryhmiin. Yhden lähteen mukaan on olemassa paine-, virta- ja suuntaventtiileitä. (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2008, 227.)

### 3.4.1 Vastaventtiilit

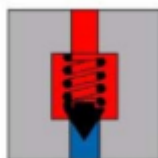
Vastaventtiilien tarkoitus hydraulijärjestelmässä on estää virtausta toiseen suuntaan ja sallia virtaus vastakkaiseen suuntaan. Vasta venttiiliä voidaan myös kutsua takaiskuventtiiliksi. Vasta venttiilit ovat istukkatyyppisiä venttiileitä ja lähes aina ne ovat jousikuormitteisia. Usein sulkumekanismina toimii kuula, kartio tai lautanen. Yleisin on kuula, sillä se on halvin valmistaa. Vastaventtiileitä voidaan mm. käyttää hydraulimoottorin yhteydessä. Tällöin tämän tarkoitus on estää moottoria pyörimästä väärään suuntaan. Myös usein paluusuodattimessa, jolloin paluusuodattimen tukkeutuessa vastaventtiili aukeaa ja laskee hydrauliohjain suodatuksen suoraan tankkiin. (Hydrauliteknikan perusteet ja komponentit 1991, 179–182.)



Kuva 4. Vastaventtiili piirrosmerkki (Suomen standardisointiyhdistys ry, a))



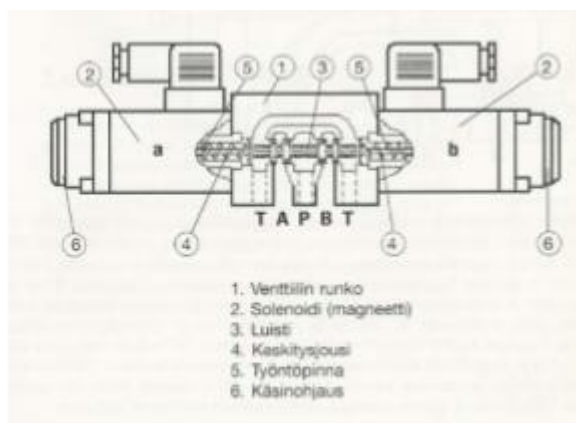
Kuva 5. Jousikuormitteinen vastaventtiili (Suomen standardisointiyhdistys ry, a))



Kuva 6. Jousikuormitteinen vastaventtiilin rakenne. (Paavilainen 2009, 53.)

### 3.4.2 Suuntaventtiilit

Suuntaventtiilien ryhmään luetaan kaikki ne venttiilit, joiden toiminto järjestelmässä on tehdä käynnistyksiä, pysäytyksiä tai tilavuusvirran suunnan ohjaustoimintoja. Suuntaventtiileillä on oma nimeämis periaatteensa. Esim. 2/2 suuntaventtiilissä on kaksi liitäntä aukkoa ja kaksi asentoa. Ensimmäinen numero kertoo liitäntä aukkojen lukumäärän ja seuraavalla numerolla kerrotaan luistimen asentojen lukumäärä. Teollisuudessa törmää usein 4/3 suuntaventtiileihin. (Hydraulitekniiikan perusteet ja komponentit 1991, 189–192.)



Kuva 8.17.

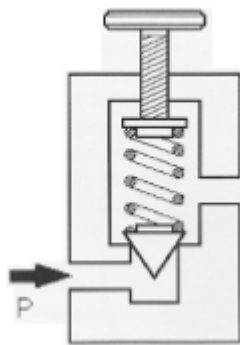
Kuva 7. Sähköisesti ohjattu suuntaventtiilin rakenne. (Paavilainen 2009, 38.)

### 3.4.3 Paineventtiilit

Paineventtiilien ryhmään kuuluvat kaikki ne venttiilit, joiden funktio järjestelmässä on säätää painetta ennalta määrättyyn arvoon. Paineen muuttaminen tapahtuu mekaanisella, hydraulisella, pneumaattisella, sähköisellä tavalla. Paineventtiilit voidaan jakaa neljään pääryhmään, jotka ovat: Paineenrajoitus, - painesekvenssi, - vapaakierto, ja paineenalennusventtiili. Kaikkien näiden venttiilien perimmäinen tarkoitus on kuitenkin vaikuttaa järjestelmän paineeseen. (Hydraulitekniiikan perusteet ja komponentit 1991, 213–214.)



Kuva 8. Suoraohjattu paineenrajoitusventtiili piirrosmerkki (Suomen standardisointiyhdistys ry, a))



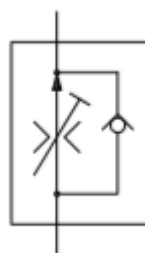
Kuva 9. Paineenrajoitusventtiilin rakenne. (Paavilainen 2009, 44.)

#### 3.4.4 Virtaventtiili

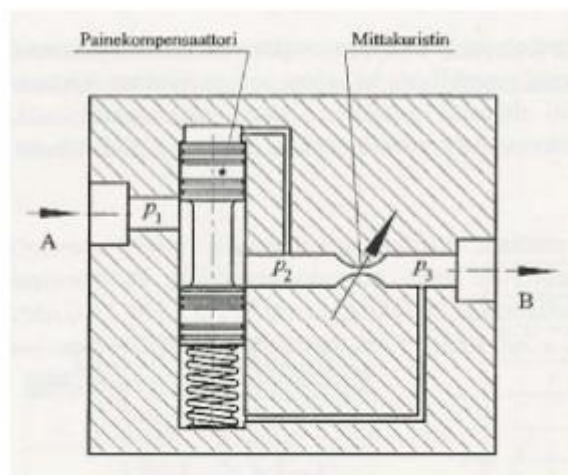
Virtaventtiileiden tarkoitus järjestelmässä on muuttaa toimilaitteen nopeutta pienentämällä ja suurentamalla nesteen virtausta säätämällä. Tilavuusvirran muuttaminen tapahtuu kuristimen avulla. Virtaventtiilitkin voidaan jakaa useampaan ryhmään. Nämä ovat vastusvastaventtiilit ja virransäätöventtiilit. Vastusvastaventtiiliä käytetään tilanteissa, jossa ei tarvitse olla vakiona pysyvä tilavuusvirta. Vastusvastaventtiili on näistä kahdesta halvempi ratkaisu. Virransäätöventtiilin funktio on pitää tilavuusvirta vakiona järjestelmässä, vaikka painevaihtelua tapahtuu. (Hydrauliteknikan perusteet ja komponentit 1991, 241–243.)



Kuva 10. Säädettävä vastusvastaventtiili piirrosmerkki (Suomen standardisointiyhdistys ry, a))



Kuva 11. kolmitievirransäätöventtiili piirrosmerkki (Suomen standardisointiyhdistys ry, a))



KUVA 12. 3-tie Virransäätöventtiili. (Paavilainen 2009, 51.)

### 3.5 Suodattimet

Suodattimien tehtävä on suodattaa hydraulijärjestelmässä olevat kiinteät epäpuhtaudet. Suodatinmateriaali on tehty kuidusta tai rakeista. Suodatustapa riippuu suodatuspaikasta ja nesteen ominaisuuksista ja vaatimuksista. Nesteellä on monia tehtäviä hydraulijärjestelmässä, joista tärkein on yleensä voiman siirtäminen. Lisäksi se voitelee eri komponentteja ja siirtää lämpöä. Epäpuhtauksia nesteeseen pääsee monista erilähteistä. Komponenttien liikkuaessa tapahtuu kulumista ja näin kulumisesta irtoava lika siirtyy nesteeseen. Huoltojen yhteydessä järjestelmään on mahdollista päästä likaa samoin kuin käyttöönoton yhteydessä. Vuotavat liitoskohdat ovat myös yhtä lailla epäpuhtauksien lähteitä. Hydraulijärjestelmässä on mahdollista suodattaa ilmaa, kentältä tulevaa nestettä ja kentälle menevää nestettä. Ilmansuodattimen tarkoitus on suodattaa nimensä mukaisesti korvausilman epäpuhtauksia. Ilmansuodatin tunnetaan myös nimellä huohotinsuodatin. Usein hydraulijärjestelmä menee likaisiin olosuhteisiin, kuten kaivoksiin tai sahoille, jolloin kyseinen suodatin on välttämätön. Myös paluusuodatin on pakollinen järjestelmässä. Paluusuodatin suodattaa toimilaitteelta tulevan nesteen, jonka jälkeen suodatettu neste palaa takaisin tankkiin. Imusuodatin suodattaa pumpun ja tankin välistä imuyhdettä. Imusuodattimen tarkoitus on järjestelmässä suojata pumpun epäpuhtauksilta, joka voi estää pumpun rikkoutumisen. Imusuodatin ei ole välttämätön järjestelmässä, mutta suositeltava. Putkistosuodatin sijoitetaan järjestelmän painelinjaan niin, että se on ennen muita komponentteja. Eli painesuodatin suodattaa toimilaitteille menevän nesteen.

(Hydraulitekniiikan perusteet ja komponentit 1991, 257–260; Kauranne, Kajaste, Vilenius 2008, 373.)



Kuva 13. Suodattimen piirros merkki (Suomen standardisointiyhdistys ry, a))

## 4 KARTOITUS

### 4.1 Riskienhallinta

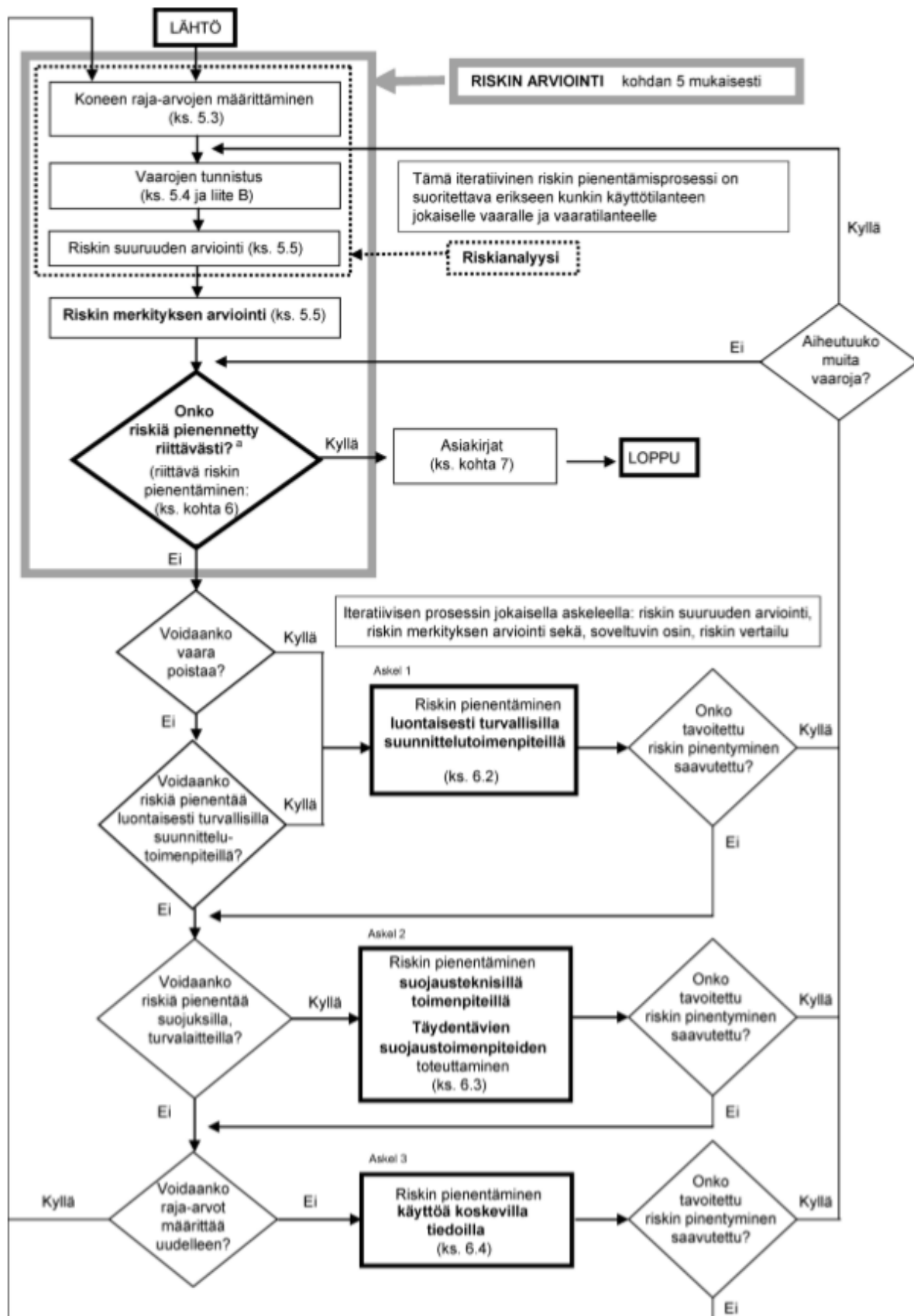
Riskienhallinnan tavoitteena on välttää tai poistaa onnettomuuksien tai vahinkojen mahdollinen syntyminen. Riskienhallinnan tarkoitus on organisaatiolle tai työlle tämän arvonluominen ja säilyttäminen ja se myös tukee innovointia ja tavoitteiden saavuttamista. Erään lähteen mukaan riskit voidaan jaotella neljään ryhmään, strategiset riskit, taloudelliset riskit, operatiiviset riskit ja vahinkoriskit. strategiset riskit ovat riskejä, jotka liittyvät organisaation jonkin ajanjakson tavoitteisiin. Operatiiviset riskit ovat organisaation päivittäisiin toimintoihin liittyviä vahinkojen tai maineen riskejä. Taloudelliset riskit liittyvät organisaation rahaprosessiin uhkaaviin riskeihin ja vahinkoriskit ovat taas niitä yleisimpiä riskejä, jotka ovat läsnä meidän jokapäiväisessä elämässämme. Vahinkoriskejä ovat mm. henkilön kompastuminen tai jonkin laitteen tai asian kaatuminen. (Ilmonen, Kallio, Koskinen ja Rajamäki 2010, 69–121.)

### 4.2 Riskiarvio

Riskiarviossa määritetään koneen raja-arvot ja määritetään koneen käyttötarkoitus sekä pohtia kohtuudella ennakoitavissa olevat riskit. Arviossa pohditaan vaaroja ja vaaratilanteita, jotka on mahdollista ilmetä koneen eri elinkaaren vaiheissa. Kun riski, vaara tai vaaratilanne on tiedostettu, tästä arvioitava riskin merkitys ja tehtävä päätös siitä onko riskiä pienennettävä tai mahdollisesti poistettava. Päätöksen teon jälkeen mietitään, millä keinoilla tämä on mahdollista pienentää taikka poistaa kokonaan. Riskiarviota tehdessä on oletettava se, että ennalta arvioitu riski toteutuu, mikäli tälle ei tehdä toimenpiteitä jo suunnittelu vaiheessa. Tavoitteena on pienentää riskiä parhaalla mahdollisella tavalla, kuitenkin niin, että koneella on kyky suorittaa sen toimintansa, koneen kestoian muuttumattomuus, koneen turvallisuus sen elinkaaren aikana ja niin että koneen kustannukset eivät toimenpiteen takia nousisi merkittävästi. Vaarojen tunnistaminen tulee ottaa huomioon koneen kaikkien elinkaarien aikana, jotka ovat lueteltu alla:

- Kuljetus, kokoonpano, asennus
- käyttöönotto
- käyttö
- Käytöstä poistaminen

(Suomen standardisointiyhdistys ry, b) 17–26.)



KAAVIO 1. Kaavio esitys riskin pienentämisprosessin kolmen askeleen menetelmästä. (Suomen standardisointiyhdistys ry, b) 30.)

## 5 MEKANIKKASUUNNITTELU

Kokoonpanopiirustukset tehdään tuotetun 3D-mallin pohjalta. Kokoonpanopiirustukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään, jotka ovat pääkokoonpano, - kokoonpano, ja osakokoonpanopiirustus. Pääkokoonpanopiirustuksen alla on kaikki tuotteeseen liittyvät osat. Se pitää sisällään siis myös kokoonpano ja osakokoonpanot. Pääkokoonpanopiirustusta ei useinkaan mitoiteta tai esitetä tarkasti, sillä se on havainnollistava kuva. Kokoonpanopiirustus laaditaan silloin kun on vain yksi kokoonpanoryhmä. Kokoonpanoryhmään kuuluu osat ja osakokoonpanot.

Osakokoonpano muodostuu osista, jotka on jollain tavalla riippuvia toisistaan. Osakokoonpano koostuu osista ja mahdollisista alemman asteen kokoonpanoryhmistä. Osakokoonpanopiirustus tehdään tuotteista, jossa on niin paljon komponentteja, jotka on mahdoton sisällyttää vain yhteen kokoonpanopiirustukseen. Tällöin käytetään pääkokoonpanoa ja eri asteisia osakokoonpanoja. (Pere 2004, 16.1–16.2.)

## 6 TOIMINTAKAAVIO

Toimintakaaviolla esitetään laitteen toimintaperiaate kaaviomaista esitystapaa käyttäen. Toimintakaaviossa tulee esittää kaikki komponentit, jota järjestelmässä käytetään. Toimintakaavion tarkoitus on selventää lukijalle toimilaitteiden ja eri komponenttien välinen kytkentä. Osien ei tarvitse olla mittasuhteessa toisiin komponentteihin nähden tai muutenkaan mittakaavassa. Piirrosmerkeillä kuvataan kaaviossa toimintaa ja tämä koostuu yhdestä tai useammasta perusmerkistä. Perusmerkki voi muodostua pisteestä, viivasta ympyrästä tai neliöstä. Toimintamerkit muodostuvat, kun edellä mainittuja yhdistetään. Joten toimintakaavio muodostuu perus-, - ja toimintamerkeistä. Toimintakaaviolla on täten mahdollista esittää hyvinkin monimutkaisia laitekokonaisuuksia. Piirrosmerkkeihin on laadittu standardi, johon kaikki perustuu. Vaikka mittasuhteet voivat poiketa toisistaan tulee piirrosmerkkien ulkomuoto perustua SFS 2247 (SFS-ISO 1219-1) standardiin. Edellä mainitut standardit eivät kuitenkaan tarjoa kaikkia piirrosmerkkejä kaikille komponenteille, joten siksi toimintakaaviossa on mahdollista käyttää valmistajan itsensä määrittämää piirrosmerkkiä. Ongelmaksi on muodostunut esim. sähköisesti ohjatut komponentit. Toimintakaaviota tehdessä on piirrosmerkit mahdollista piirtää mihin tahansa asentoon, mutta suositeltavaa on, että piirrosmerkeissä käytettäisiin vain 90° kierroja. Symboleja on myös mahdollista peilata pysty tai vaaka akselinsa suhteen, mikäli tämä selkeyttää toimintakaaviota. (Pere 2004, 15.1; Kauranne, Kajaste, Vilenius 2008, 8–12.)

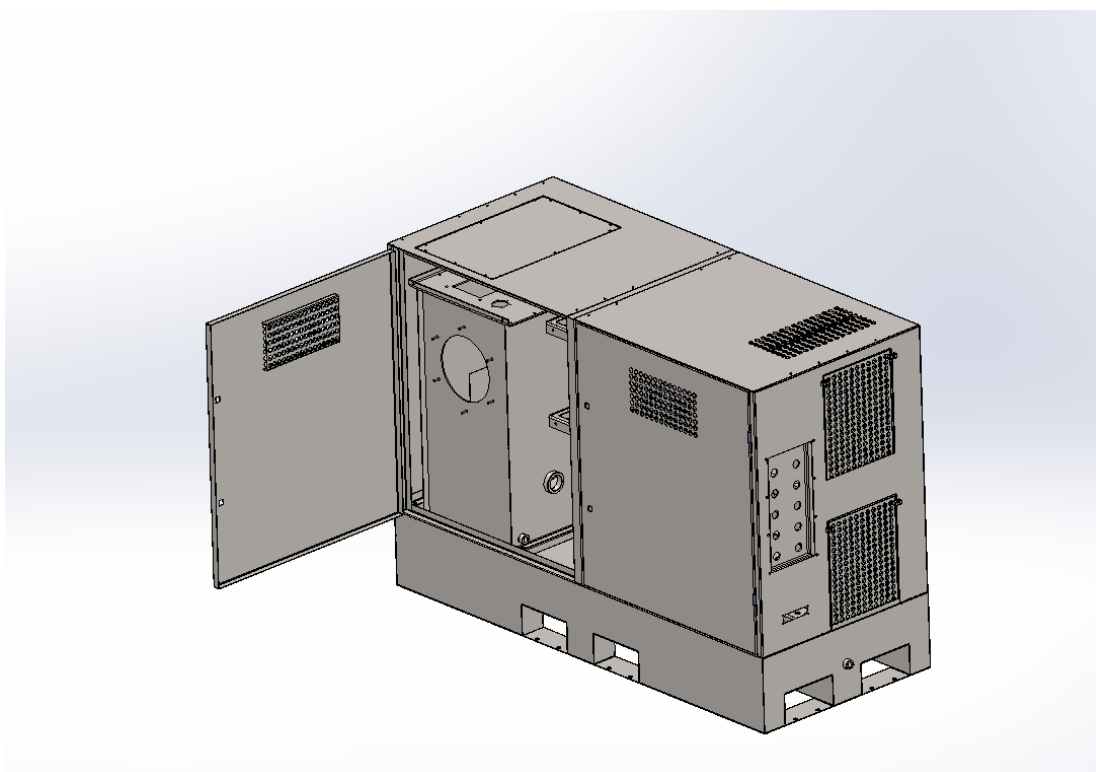
## 7 RISKIANALYYSI

Ennen projektin mallinnuksen aloittamista tehtiin laitteesta riskianalyysi. Riskianalyysissä käytiin läpi niin turvallisuusasioita, kuin suunnitteluun kohdistuvia haasteita. Riskianalyysin tarkoitus projektissa oli pohtia laitteessa ilmenevät riskit, jota lähdetään suunnittelemaan poistamaan tai pienentämään. Riskianalyysi tehtiin Painetehto Oy:n omalle riskianalyysipohjalle. Yhden riskin arviointiin täytettiin neljä kohtaa. Seuraukset/vakavuus (S), altistumisen taajuus ja kesto (F), Todennäköisyys (O) ja vältettävyys (A). Mikäli riskiluokitus (RI) todettiin hyväksytyksi, voitiin alkaa miettimään seuraavaa riskiä. Mikäli riskiä ei hyväksytty pyrittiin tälle miettimään toimenpide, joka vähentää riskiä ja tämän jälkeen täytettiin edellä mainitut neljä saraketta uudelleen, kunnes riski muuttui siedettäväksi. Toimenpide tyyppejä riskianalyysissä käytettiin rakenteellinen muutos (RM), ohjeistus (OHJ), varoitus (VAR) ja henkilökohtainen suojaus (HSJ). Riskianalyysin valmistuessa käytettiin riskianalyysia ohjaavana työkaluna 3D-mallia suunniteltaessa. Riskianalyysin tulosten perusteella laite on turvallinen. Mallintaessa otettiin huomioon vaarat, jotka oli mietitty ennakkoon. Esimerkiksi nostoon kohdistuva riski oli, että koneikkoa nostetaan väärin tai väärästä kohdasta nosttaessa laite vaurioituu. Tämän vuoksi laitteeseen tehtiin selkeät nostokohdat, josta laitetta saa ainoastaan nostaa. Riskeihin puuttumisen seurauksesta saatiin laitteesta turvallisempi käyttää ja kokoonpanna. Liikuteltavuus parani, kuin myös liikutuksen turvallisuus. Riskianalyysi todettiin toimivaksi työkaluksi suunnittelun tueksi.

## 8 MEKANIKKASUUNNITTELU

### 8.1 3D-mallintaminen

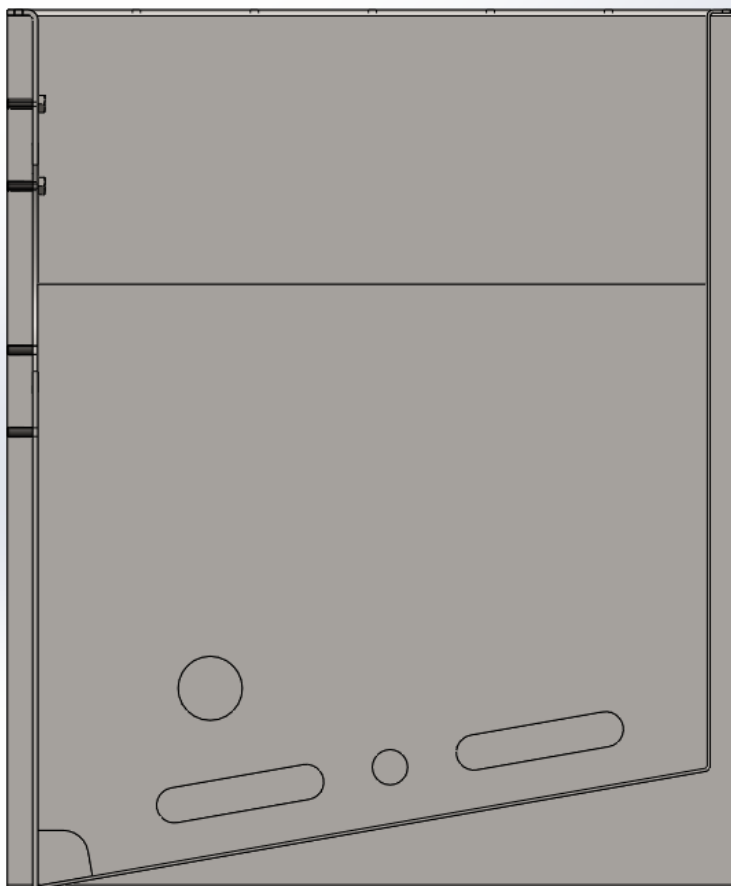
3D-mallia lähdettiin luomaan jo ennalta määrättyjen lähtötietojen ja komponenttien myötä. Tärkein kriteeri oli suunnitella sellainen hydraulikkakoneikko, joka on koteloitu. Koneikon fyysiset mitat tuli olla sellaiset, että se syvyys olisi tasan tai alle 800 millimetriä ja leveys alle tai tasan 2400 millimetriä. Koneikko suunniteltiin nojautuen PSK 6701-6711 standardiin. Koneikossa tuli näin ollen suunnitella vuotoallas, säiliö ja tämän kokonaisuuden kotelointi. Kotelointi muodostui erilaisista paneeleista ja kahdesta ovesta. Paneelit pyrittiin tekemään symmetrisiksi toisiinsa nähden ulkonäön ja kokoonpantavuuden takia.



KUVA 14. Koteloitu hydraulikkakoneikko ilman komponentteja. (Pääkkönen 2020.)

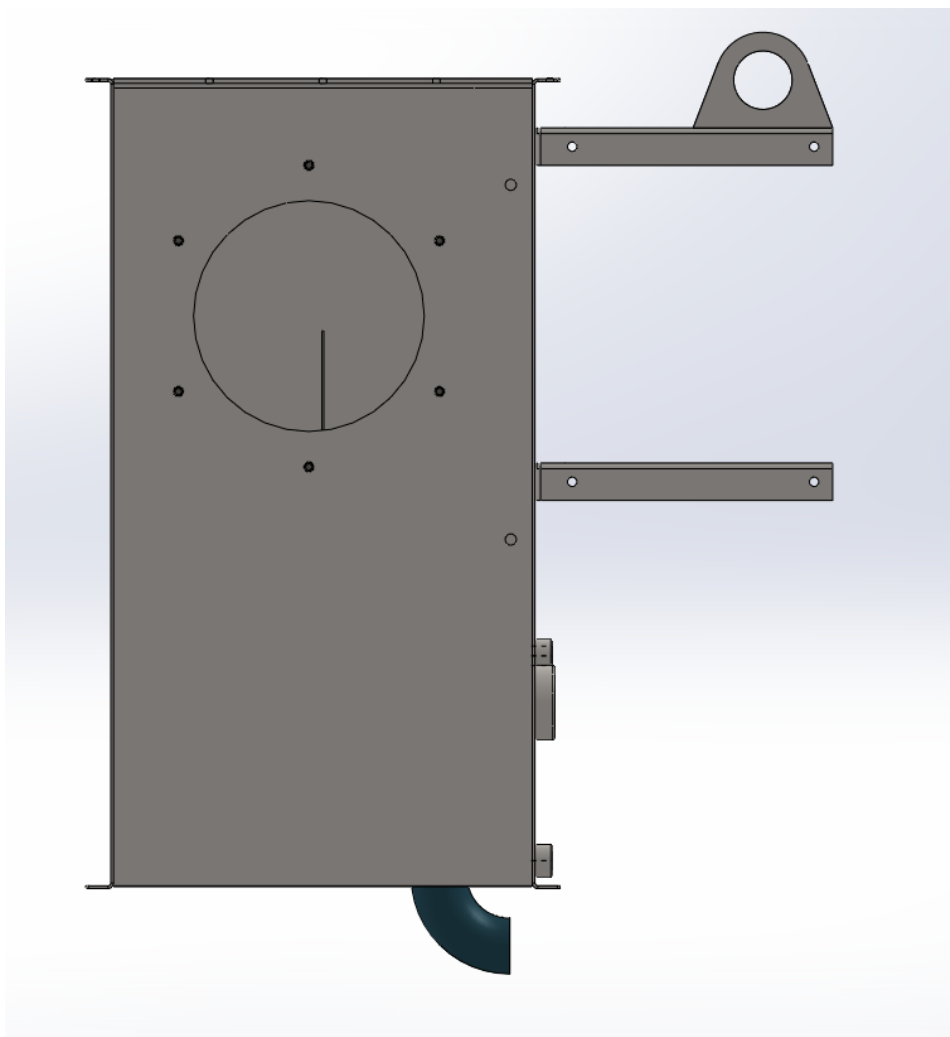
#### 8.1.1 Säiliö

Säiliön tilavuus oli ennalta määrätty 200 litraan. Säiliön todellinen tilavuudeksi tuli 239 litraa, koska PSK standardin 6702 mukaan säiliö tulee ylittää 10 % - 20 %. Säiliön pohja on kalteva, jotta järjestelmän öljyn vaihdossa se on helppo tyhjentää. Säiliön sisään on hitsattu väliseinä, joka erottaa lähtevän ja tulevan öljyn toisistaan. Paineteholla näitä puolia kutsutaan likaiseksi ja puhtaaksi puoleksi. Likaiselle puolelle tulee kaikki kentältä tuleva öljy ja puhtaalla puolella sijaitsee pumpun imu yhde. Säiliö on kiinnitetty vuotoaltaaseen pulttiliitoksella. Säiliön etuseinään on sijoitettu mittalasi, jonka yhteydessä on myös lämpötilamittari. Mittalasi on sijoitettu niin, että sen maksimikohta on tasan 200 litrassa. Mittalasin vieressä on huoltoluukku, josta voidaan puhdistaa säiliö sisältä huollon yhteydessä. Tällöin säiliön kantta ei välttämättä tarvitse irrottaa. Säiliön toisella sivulla on yhteitä tehty lämmittimelle, lämpötila-anturille ja termostaatille.



KUVA 15. Poikkileikkaus säiliöstä (Pääkkönen 2020.)

Kuvassa 15. näkyvät reiät ovat väliseinän tasausaukkoja. PSK 6705 mukaan tasausaukkojen tulisi olla korkeintaan puolet imuaukon koosta, mutta yrityksen omien käytäntöjen mukaan tätä ei noudatettu. Väliseinän korkeus on  $2/3$  osaa säiliön korkeudesta. PSK 7205:ssa sanotaan myös, että säiliön pohjan tulisi olla V-muotoinen ja kalteva tai kaksoiskalteva, mutta tässäkin yrityksen oma linjaus on, että pohjan tarvitsee olla vain yhteen suuntaan kalteva.



KUVA 16. Säiliön etuseinä. (Pääkkönen 2020.)

Öljymäärän tilavuus määrättiin, että sen tulee olla 200 litraa. PSK standardin 6702 mukaan säiliöntilavuuden täytyy olla 10–20 % yli määritetyn öljytilavuuden. Säiliön tilavuus laskettiin kaavan 1. mukaisesti ja koska 3D-mallinnusohjelma antaa mitat millimetreinä tulee jakajaksi yksi miljoona, jotta tulos on litroina.

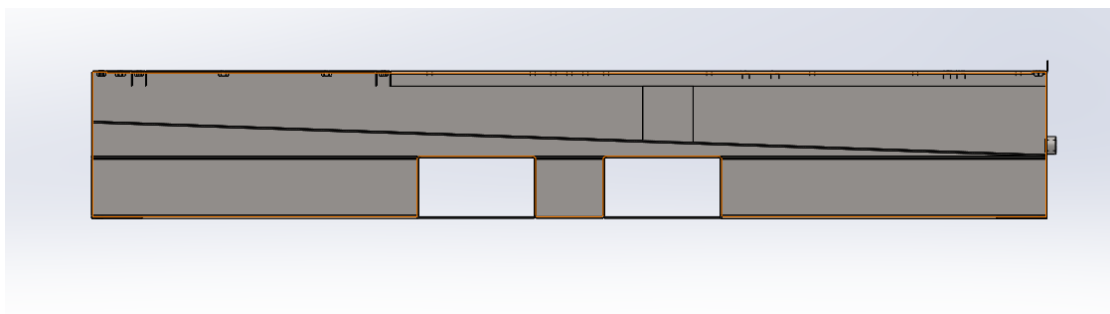
$$A = \frac{660\text{mm} * 450\text{mm} * 810\text{mm}}{1000000} = 240,57 \text{ m}^3$$

Kun säiliön tilavuus ja äärimitat olivat pysyviä, mitoitettiin mittalasin ylälaita tasan 200 litran korkeuteen. Ylälaita mitoitettiin kaavaa 1. johtaen.

$$c = \frac{200 \text{ m}^3 * 1000000}{660\text{mm} * 450\text{mm}} = 673.40 \text{ mm}$$

### 8.1.2 Vuotoallas

Vuotoaltaan tilavuus tulee olla PSK 6702 Standardin mukaan vähintään 30 % säiliön tilavuudesta. Niin kuin säiliön myös vuotoaltaan pohja on kalteva. Vuotoaltaan matalimpaan kohtaan on tehty tyhjennys yhde, jotta mahdollisesti tullut öljy on helppo poistaa tämän kautta. PSK Standardin mukaan tämän poisto yhteen tulisi olla 300 millimetriä irti lattiasta, mutta yrityksen omien käytäntöjen mukaan tätä ei toteutettu. Vuotoaltaan pohja on suunniteltu niin, että koneikkoa on mahdollista liikuttaa pumppukärryillä ja trukilla.



KUVA 17. Poikkileikkaus vuotoaltaasta. (Pääkkönen 2020)

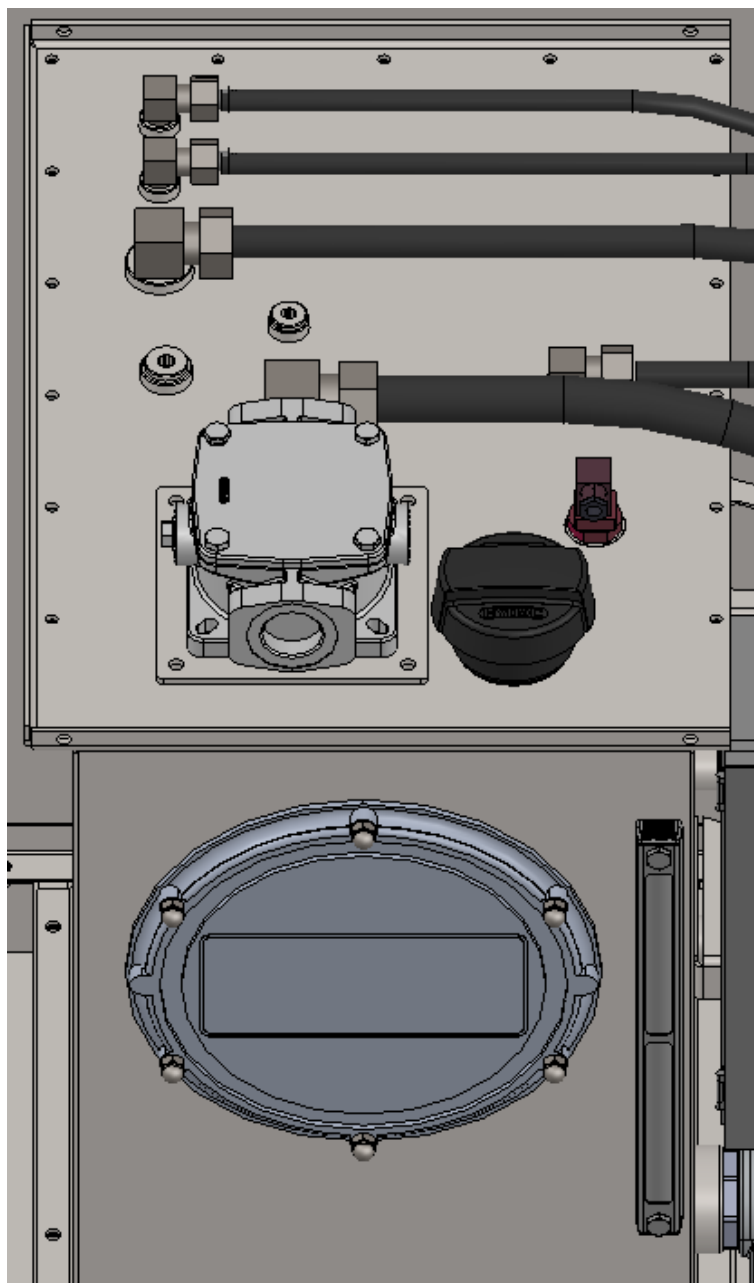
Vuotoaltaan tilavuus saatiin tämänkin laskettua kaavan 1 mukaisesti.

$$A = \frac{796\text{mm} * 1896\text{mm} * 133\text{mm}}{1000000} = 200,73 \text{ m}^3$$

Vuotoallasta voidaan kutsua täysvuoto altaaksi, sillä säiliön vaurioituessa niin, että se tyhjentyysi kokonaan. Pystyy vuotoallas pitämään

### 8.1.3 Kansi

Säiliön kansi on valmistettu 5 millimetrin paksuisesta ohutlevyypelistä. Kannen kolme sivua on särmätty 25 millimetriä ylöspäin. Tämä on tehty siksi, että nämä kolme sivua ovat lähellä vuotoaltaan reunaa ja näin mahdollisen vuodon yhteydessä näiltä kolmelta sivulta öljy tippuisi vuotoaltaan ohi maahan. Särmätyillä sivuilla estetään öljyn tippuminen maahan. Kansi on kiinni säiliössä pulttiliitoksella. Kannella sijaitsee paluusuodatin, Pintakytkin, jäähdyttimen imu- ja paluuyhde ja muut paluuyhteet. Kannella sijaitsee myös kaksi kappaletta ylimääräisiä yhteitä jotka ovat kooltaan G1/2 ja G3/4. Näistä yhteistä voidaan ottaa säiliöstä näytteitä puhtaus mittaukseen tai lisätä tarvittaessa jokin komponentti, joka tarvitsee paluu tai imu yhteen kannelta. Kannen kanttauksiin on tehty reiät, jotta M10 A4 kokoisella sakkeliilla saa kannen tai kannen ja säiliön yhdessä nostettua.

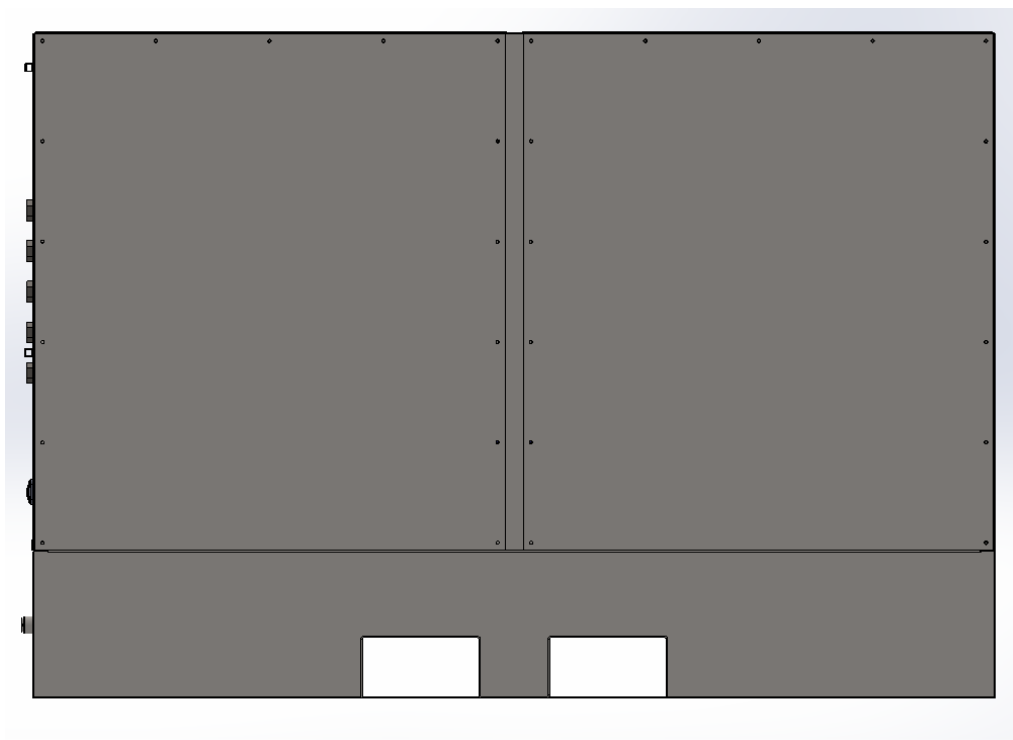


KUVA 18. Kuvanto säiliön kannesta (Pääkkönen 2020.)

#### 8.1.4 Kotelointi

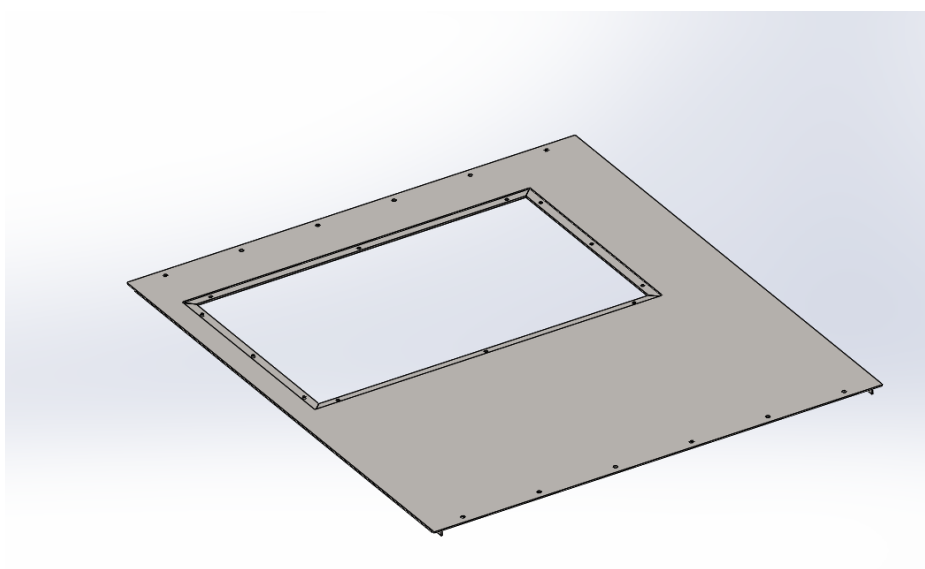
Kotelointi on tehty paneeleista. Koneikon etuseinässä sijaitsee pariovet, jotka symmetriset toisiinsa nähden. Ovien yläreunassa on ilmanvaihtoritilät, jossa sisäpuolella on vaihdettava ilmansuodatinmatto. Ilmansuodatinmatto on vaihdettavissa ilman työkaluja.

Koneikon takaseinät koostuvat niin ikään kahdesta symmetrisen kokoisesta palasta. Takaseiniin ei ole suunniteltu läpivientejä tai ilmanvaihtoja, jotta koneikko on mahdollista sijoittaa lopullisessa kohteessa seinän viereen. Myös ovien suunnasta katsottuna koneikon vasen sivupaneeli on jätetty tyhjäksi, jotta tämänkin voi sijoittaa seinustalle.

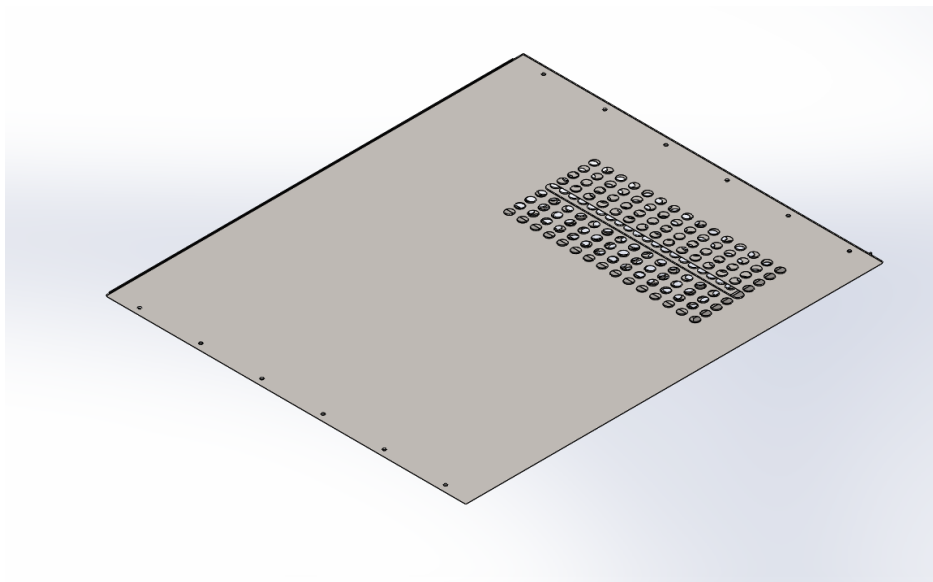


KUVA 19. Koteloidun hydraulikkakoneikon takaseinä (Pääkkönen 2020.)

Koneikon katto on myös suunniteltu kahdesta samankokoisesta paneelista. Säilön yläpuolella olevaan kattopelti kokoonpanoon on tehty aukotus huoltoa vaativille komponenttien osille, jotta huollon yhteydessä ei tarvitsisi ottaa koko kokoonpanoa pois. Aukotus on suojattu pellin palasella, joka on pulttiliitoksella kattopeltikokoonpanossa kiinni. Oikean puolen kattopellissä on ilmanvaihtoritilä jäähdyttimelle. Ilmanvaihtoritilän suodatinmatto on vaihdettavissa koneikon sisäpuolelta ilman työkaluja.

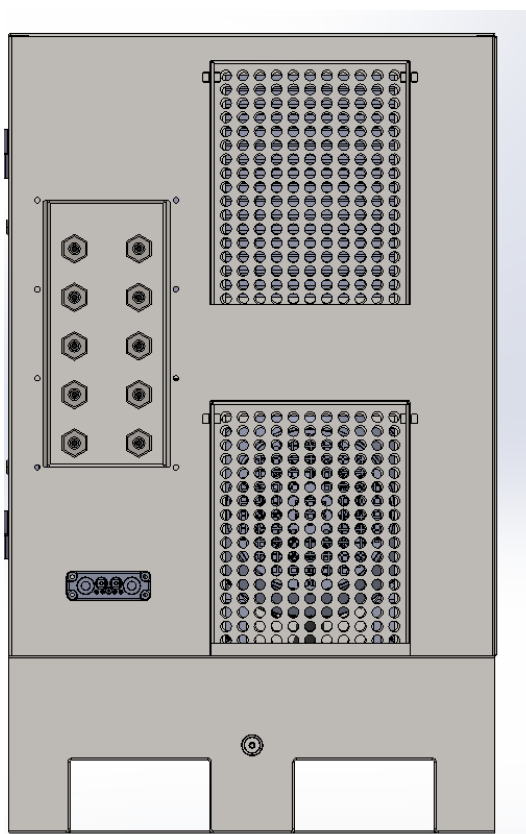


KUVA 20. Vasen kattopaneeli (Pääkkönen 2020.)



KUVA 21. Oikea katto paneeli (Pääkkönen 2020.)

Koneikon oikealla seinustalla sijaitsee kaikki laitteen läpiviennit ja ilman otot. Ilman otot on toteutettu suodatinkasetein, jota yritys käyttää hyvin paljon muissakin laitteissa. Tässä suodatinmatto laitetaan kahden ohutlevystä särmätyn ritiläpellin väliin. Suodatinkasetti on irrotettavissa ja suodatinmatto vaihdettavissa ilman työkaluja. Suodatinkasetit on sijoitettu niin jäähdyttäjän kuin sähkömoottorin ilman oton kohdalle. Molemmat suodatinkasetit ovat samankokoisia, joten näiden väärin laittaminen on vaikeaa. Suodatin kasettien vieressä on hydrauliiikan läpivienti levy ja sähkön läpivienti. Hydrauliiikan läpivienti levy on pulttikiinnitteisesti paneelissa kiinni ja läpivienti levyyn on laitetut siihen kuuluvat hydrauliiikan läpivientiliittimet. Sähkön läpivientiin on suunniteltu sähkön läpivientilevy, joka on myös pulttikiinnitteisesti paneelissa kiinni.



KUVA 22. Oikea seinäpaneeli (Pääkkönen 2020.)

Kaikki seinäpaneelit ovat kiinni vuotoaltaassa pulttiliitoksella. Seinärakenteen hitsaaminen vuotoaltaaseen oli toinen vaihtoehto, mutta logistisista syistä oli parempi, että nämä ovat kiinni pulttiliitoksella. Logistisilla syillä tarkoitetaan tässä sitä, että kun runkorakenne tulee alihankinnasta, niin korkea rakenne vaurioituu helpommin kuljetuksen aikana.

## 8.2 Tekniset piirustukset

Jokaisesta osasta ja kokoonpanosta tehtiin tekninen piirustus. Osista tehtiin mittakuvat painetehon omille piirustusohjelmille. Ohutlevy osissa vietiin aukilevityskuva tyhjälle piirustusohjelmalle, jotta alihankinta yrityksen on helpompi aukaista nämä omissa ohjelmissaan. Osista toimitetaan tekniset piirustukset PDF ja DXF muodossa alihankkijalle.

Hitsaus / Kokoonpanokuvissa mitoitetaan aina hitsattavien osien paikat ja määritetään hitsaustyyppi. Hitsaus / Kokoonpanokuvissa numeroidaan jokainen osa ja piirustusohjelman oikean alalaitaan sijoitetaan osaluettelo osista, joita kuvassa esiintyy. Osat numeroidaan järjestyksessä osaluettelon mukaisesti. Lisänä lopullisesta tuotteesta tehtiin kokoonpano kuva, jossa on nimetty kaikki komponentin, läpiviennit ja ilmanotot/poistot niiden paikoissaan.

## 9 TOIMINTAKAAVIO

Toimintakaavio tehtiin AutoCAD-ohjelmalla painetehon piirustus pohjalle. Toimintakaaviossa käytettiin SFS-ISO 1219-1 piirrosmerkkejä ja komponenttitoimittajien tehtyjä piirrosmerkkejä. Toimintakaaviossa on esitetty kaikki komponentit, jotka on sijoitettu koneikon 3D-malliin. Komponentit on numeroitu toimintakaavioon samoilla numeroilla, jotka esiintyvät osaluettelossa. Koneikkoon tarvittavat letkut on myös numeroitu toimintakaavioon. Kannella, säiliössä ja läpivienneissä olevat liitoskohdat on määritetty toimintakaavioon ja merkattu näiden tuuma koko tulkitsemisen helpottamiseksi. Toimintakaavio tallennettiin Painetehon PDM järjestelmään sekä DWG, että PDF muotoon. Toimintakaavioon jätettiin tilavaraus mahdollisille venttiileille, sillä tässä vaiheessa koneikon venttiilien tyyppiä taikka määrää ei tiedetä.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin koteloitu hydraulikkakoneikko Paineteho Oy:lle. Koteloitu hydraulikkakoneikko suunniteltiin kasvattamaan Paineteho Oy:n tuotevalikoimaa. Ennen tätä Paineteholla ei ollut koteloituja hydraulikkakoneikkoja, jotka olisivat olleet valmiita yleiseen markkinointiin.

Työn tavoitteena oli suunnitella koteloitu hydraulikkakoneikko, riskianalyysi ja toimintakaavio. Opinnäytetyö suunniteltiin Painetehon tiloissa ja heidän ohjelmillansa. Koneikko suunniteltiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla ja 3D-mallin dokumentit tallennettiin PDM järjestelmään. Riskianalyysi tehtiin Painetehon valmiiseen riskianalyysipohjaan. Toimintakaavio piirrettiin AutoCAD-ohjelmistolla ja dokumentoitiin myös PDM järjestelmään.

Työ aloitettiin aloituspalaverilla, jossa määritettiin lähtötiedot. Osaluettelo annettiin Painetehon puolesta, joka osakseen antoi osviittaa lopullisen tuotteen fyysisestä koosta. Palaverissa myös todettiin, että koneikon pohjan ääriimitat olisivat korkeintaan kahden euro lavan mitoissa. Riskianalyysi tehtiin painetehon omalle pohjalle, joka tarkastettiin eri sidosryhmien kanssa. Toimintakaavio tuli piirtää painetehon piirustus pohjalle.

Suunnittelu aloitettiin riskianalyysin pohtimisella, jossa käytettiin apuna eri kirjallisuuslähteitä. Riskianalyysissä käytiin läpi turvallisuusasioita, huollettavuutta ja hieman työergonomiaa. Riskianalyysin valmistuttua aloitettiin mallintamaan itse koneikkoa. Koneikon säiliön tilavuus oli määritetty osaluettelossa, voitiin täten aloittaa vuotoaltaasta. Painetehon puolelta tuli toivomus, että vuotoallas olisi kattaisi 100 % säiliön öljytilavuuden. Vuotoaltaan valmistuessa sijoitettiin vuotoaltaaseen komponentit, jotka ovat kiinni vuotoaltaassa. Kun isoimmat komponentit olivat löytäneet paikkansa, suunniteltiin tankki paikoilleen, josta jatkettiin seinä ja kattopaneelien suunnitteluun. Toimintakaavio tehtiin lopuksi, jonka tarkasti painetehon kaaviosuunnittelija.

Työssä saavutettiin tavoitteet, kun ne työn alussa oli asetettu. Työ eteni tasaisesti läpi projektin, eikä taukoja tullut koko opinnäytetyön aikana. SolidWorksin aiemmasta kokemuksesta oli suuri apu työssä, sillä työ pääosin keskittyi SolidWorksillä mallintamiseen. Eduksi oli myös hydraulikan komponenttien tuntemus ja näiden toimittajien. Toimintakaavion teossa haasteellista oli AutoCAD:in vähäinen kokemus, mutta yhden sidosryhmäläisen pienellä avustuksella toimintakaavio saatiin tehtyä ammattimaisesti.

Opinnäytetyötä tehdessä huomasi oppivansa projektin hallintaa runsaasti. Projektissa aikataulutettiin paljon työn eri vaiheita ja projekti palaverien muodossa harjaantui palaveri käyttäytyminen ja siihen kuuluvien dokumenttien tuottaminen. Mitä pidemmälle työ eteni huomasi, kuinka tärkeäksi oikein jäsennelty piirrepuu SolidWorks-mallissa muodostui.

## 11 JATKOKEHITYS

Koteloidun hydraulikoneikon suunnittelun seurauksena tästä tehdään ensimmäinen protoversio. Proto tullaan tilaamaan ilman pintakäsittelyä Painetehon tuotantoon ja kokeillaan miten osat menevät paikoilleen. Mikäli komponenttien paikoissa huomataan ongelmia, tullaan nämä revisioimaan 3D-malliin ja työkuviin. Koneikossa tullaan huomioimaan parannusehdotukset tämän jokaisessa elinkaaren vaiheessa. Näitä ovat mm. liikuteltavuus, kokoonpantavuus ja kohteessa tämän huollettavuus/korjattavuus. Parannuksia laitteeseen tehdään yhdessä sidosryhmien kanssa, jotka työskentelevät koneen ympärillä. Mikäli koneessa vaihtuu jokin komponentti, joka vaatii koneikolta rakenteellista muutosta, tullaan tämä huomioimaan niin osaluettelossa, kuin myös 3D-mallissa. Kun ensimmäinen kone toimitetaan asiakkaalle, tullaan toimintakaavioon lisäämään toimilaitteet ja venttiilit ennalta suunnitelluille paikoille. Mikäli jossain elinkaaren aikana huomataan riski, jota ei ole huomioitu, puututaan tähän asiaankuuluvalla tavalla ja tehdään tarvittavat muutokset riskianalyyysiin, kuin muihinkin osa-alueisiin, mihin riski vaikuttaa.

## LÄHDELUETTELO

PERE, Aimo 2004. Koneenpiirustus 1 & 2. Kirpe Oy: Espoo.

ILMONEN, Ilkka, KALLIO, Jani, KOSKINEN, Jani ja RAJAMÄKI, Markku 2010. Johda riskejä. Tammi: Helsinki

HYDRAULITEKNIIKAN PERUSTEET JA KOMPONENTIT. 1991. Tekijät: H. Exner, R.Freitag, DR.-ing. H. Geis, R. Lang, J. Oppolzer, P. Schwab, E. Sumpf. Mannesmann Rexroth GmbH: Saksa.

JÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT. PSK 6705 Teollisuushydraulijärjestelmän suunnittelu ja hankinta. 2014. PSK Standardisointiyhdistys ry: Helsinki.

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS RY, 2018. SFS-ISO 31000 Riskienhallinta: Helsinki

SKINNER, Steve 2000. Koulutusmateriaali. Eaton Hydraulics: Havant, UK.

KAURANNE, Heikki, KAJASTE, Jyrki, VILENIUS, Matti. 2008. Hydrauliteknikka. WSOY: Helsinki.

SUOMEN STANDARDISOINTIYHDISTYS RY, a), 2015. SFS-ISO 1219-1. Hydrauliset ja pneumaattiset tehonsiirtojärjestelmät ja komponentit, piirrosmerkit ja piirikaaviot. Osa1: Piirrosmerkit tavanomaiseen käyttöön ja ATK-sovelluksiin: Helsinki.

SUOMEN STANDARDISOINTIYHDISTYS RY, b), 2010. SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. yleiset suunnitteluperiaatteet, rikin arviointi ja riskin pienentäminen.: Helsinki.

YRITYSTIEDOT. PAINETEHO. Kauppalehti [www-sivut]. [Viitattu 2020-04-05.] Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/paineteho+oy/17443860>

PAINETEHO. Yrityksen tietoja [www-sivut]. [Viitattu 2020-04-05.] Saatavissa: <https://www.paineteho.fi/>

KUOPIOLAINEN PAINETEHO OY KANSAINVÄLISTYY OMILLA TUOTTEILLA. 2016–15–05. Savon Sanomat. Talous. [Verkkolehti]. [Viitattu 2020-04-05.] Saatavissa: <https://www.savonsanomat.fi/talous/Kuopiolainen-Paineteho-Oy-kansainv%C3%A4listyy-omilla-tuotteilla/769286>

PAAVILAINEN, Heikki 2009. Hydrauliiikka 1 metropolia. hydrauliiikka1. [www-dokumentti]. [Viitattu 2020-04-05.] Saatavissa: <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/13.+Hydrauliiikkakomponenttien+valinnasta>

LIITE 1. Riskianalyysi

(Ei julkinen)

LIITE 2. Riskianalyysi

(Ei julkinen)

LIITE 3. Riskianalyysi

(Ei julkinen)

LIITE 4. Riskianalyysi

(Ei julkinen)

LIITE 5. Toimintakaavio

(Ei julkinen)

LIITE 6. Pääkokoonpano piirustus  
(Ei julkinen)

LIITE 7. Runko kokoonpanopiirustus  
(Ei julkinen)

LIITE 8. Runko kokoonpanopiirustus 2.  
(Ei julkinen)