

Alexi Raitio

POTKURILAITTEEN OHJAUSHYDRAULIIKAN ÖLJYSÄILIÖN
UUELLEENSUUNNITTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2017

Raitio, Aleksi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2017
Ohjaaja: Juuso, Jarmo
Sivumäärä: 56
Liitteitä: -

Asiasanat: tuotekehitys, suunnittelu, öljysäiliöt, valmistettavuus, kokoonpantavuus

Opinnäytetyö tehtiin Rolls-Royce Oy Ab:n Rauman yksikölle ja työn aiheena oli suunnitella uusi potkurilaitteen ohjaushydrauliikan öljysäiliö. Öljysäiliö on olennainen osa potkurilaitteen ohjaushydrauliikkaa ja sisältää paljon muutakin kuin pelkän teräsrungon, kuten esimerkiksi hydraulilohkon, jäähdyttimen ja erilaisia antureita.

Nykyisin käytössä olevan öljysäiliön on alun perin suunnitellut entinen alihankkija yli kymmenen vuotta sitten, jonka jälkeen öljysäiliön valmistus on siirtynyt uusille alihankkijoille. Nykyisellä öljysäiliökonstruktiolla ei kuitenkaan pystytä kunnolla hyödyntämään uusilla alihankkijoilla käytössä olevia nykyaikaisia valmistusmenetelmiä ja niiden tuomia hyötyjä. Lisäksi nykyisessä öljysäiliössä on vuosien varrella ilmennyt erilaisia toiminallisuusongelmia ja muita puutteita.

Opinnäytetyö toteutettiin tuotekehitysprojektina, jossa tavoitteena oli suunnitella uusi öljysäiliö ominaisuuksiltaan ja toiminnaltaan huomattavasti paremmaksi kuin nykyisin käytössä oleva öljysäiliö ilman, että uuden säiliön kustannukset nousevat nykyiseen säiliöön verrattuna. Tavoitteeseen pääsemiseksi suunnittelutyössä hyödynnettiin valmistus- ja kokonpanomyönteisen suunnittelun periaatteita sekä tehtiin tiivistä yhteistyötä öljysäiliötä valmistavien alihankkijoiden sekä Rolls-Royce Oy Ab:n eri osastojen kuten osto- ja valmistusosaston kanssa.

Työn tulokseksi saatiin suunniteltua vaatimuslistan vaatimukset täyttävä, ominaisuuksiltaan ja valmistettavuudeltaan huomattavasti nykyistä öljysäiliötä parempi ohjaushydrauliikan öljysäiliö. Uusi öljysäiliö sisältää huomattavasti vähemmän osia kuin nykyinen öljysäiliö ja se on mahdollista kokoon hitsata robottihitsausta hyväksikäyttäen. Työn tuloksena saadun uuden öljysäiliökonseptin pohjalta pystytään tämän projektin jälkeen tekemään yksikäsitteisesti öljysäiliön lopullinen viimeistely ja valmistuspiirustukset, joiden myötä uusi öljysäiliö voidaan lopulta ottaa käyttöön.

REDESIGNING OF THE AZIMUTH THRUSTER STEERING HYDRAULIC OIL TANK

Raitio, Aleksi

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

April 2017

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 56

Appendices: -

Keywords: product development, design, oil tanks, manufacturability, assembly

The thesis was made for Rolls-Royce Oy Ab and the purpose of the thesis was to design a new steering hydraulic oil tank for the Azimuth Thruster. The oil tank is an important part of the Azimuth Thruster steering hydraulics and it includes components such as a hydraulic block, a cooler as well as different sensors, so it is much more than just a steel frame.

Currently used oil tank is designed by a former subcontractor over ten years ago and after that, the manufacturing of the oil tank is transferred to the other subcontractors. The problem is that the current oil tank construction cannot take full advantage of the new subcontractors' modern manufacturing technology and the benefits provided by it. There is also appeared a couple of functionality and other problems in the current oil tank.

The thesis was implemented as a product development project and its goal was to design a new oil tank which functionality and manufacturability are much better than those of the current oil tank. Another goal was to keep the new oil tank costs at the same level than they are now in the current oil tank. To achieve the given project goals, design for manufacturing and assembly principles were used in the new oil tank design work. Additionally, close collaboration with the oil tank subcontractors and different Rolls-Royce departments such as purchasing and manufacturing were done during the whole project.

As a result of the project, a concept of the new oil tank was designed. The new oil tank concept fulfills all of the given requirements and its manufacturability and functionalities are much better than those of the current oil tank. The new oil tank includes much fewer parts than the current oil tank and it can be welded by using a robot welding. After the project, final manufacturing drawings can be made based on the new oil tank concept.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Taustaa	7
1.2	Tavoitteet	7
1.3	Rajaus.....	8
1.4	Työn rakenne	8
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	9
2.1	Rolls-Royce Plc.	9
2.2	Rolls-Royce Marine	9
2.3	Rolls-Royce Oy Ab.....	9
3	POTKURILAITTEEN TOIMINTA.....	12
3.1	Potkurilaitteen toiminta ja rakenne	12
3.2	Potkurilaitteen ohjaus.....	13
3.2.1	Sähkökäyttö	13
3.2.2	Hydraulikäyttö	13
3.2.3	Ohjaushydrauliikan öljysäiliö.....	14
4	VALMISTUS- JA KOKOONPANOMYÖNTEINEN SUUNNITTELU.....	17
4.1	DFMA	17
4.2	DFA.....	19
4.3	DFM.....	20
5	PROJEKTIN SUUNNITTELU	22
5.1	Aikataulu ja tehtäväpaketit	22
5.2	Riskienhallinta	23
6	PROJEKTIN TOTEUTUS	25
6.1	Tehtävän selvittely	25
6.1.1	Nykyisen öljysäiliön analysointi ja ongelmakohtien kartoitus.....	25
6.1.2	Uuden öljysäiliön vaatimukset	29
6.2	Konseptivaihtoehtojen luonnostelu.....	31
6.2.1	Alustavien layouttien luonnostelu	31
6.2.2	Alihankkijoiden tapaaminen.....	36
6.3	Konseptin jatkokehittäminen	37
6.3.1	Öljysäiliön teräsrungon suunnittelu.....	37
6.3.2	Hydrauliikan muutokset	45
6.3.3	Pintakäsittely	48
7	PROJEKTIN TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	49
7.1	Uuden öljysäiliön esittely	49

7.2 Tulosten arviointi.....	51
8 YHTEENVETO	54
LÄHTEET.....	56

TERMIT JA LYHENTEET

HYDRAULILOHKO	Teräksestä koneistettu kappale, johon on integroitu erilaisia hydrauliiikan komponentteja ja toimintoja kuten venttiileitä, painekeytkimiä ja suodatin
JAUHEMAALOUS	Maalaustapa jossa maalattavan kappaleen päälle ruiskutetaan muovijauhetta, jonka jälkeen kappale kuumennetaan uunissa siten, että jauhe sulaa ja kappaleen pintaan muodostuu maalikerros
MUHVI	Sisäkierteellinen lieriömäinen öljysäiliön runkoon hitsattava teräsosa, johon voidaan kiinnittää esimerkiksi erilaisia hydrauliiikan komponentteja
MÄRKÄMAALOUS	Maalaustapa jossa kappaleen maalaukseen käytetään nestemäistä maalia, joka kuivuessaan muodostaa kappaleen pintaan maalikerroksen
UL	Underhull Liftable eli tarvittaessa laivanrungon sisältä alas laskettava potkurilaite
US	Underhull Stationary eli laivan runkoon kiinteästi asennettava potkurilaite
UUC	Underwater Unit Complete eli US-laitetta suurempi yhtenä kappaleena asennettava potkurilaite
YHDE	Öljysäiliössä oleva liitännä hydrauliiikan komponenttien asennusta varten

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella uusi ohjaushydrauliikan öljysäiliö Rolls-Royce Oy Ab:n potkurilaitteelle. Öljysäiliö on olennainen osa potkurilaitteen ohjaushydrauliikkaa ja se sisältää paljon muutakin kuin pelkän teräsrungon, kuten esimerkiksi hydraulilohkon, jäähdyttimen ja erilaisia antureita.

Nykyisen ohjaushydrauliikan öljysäiliön on alun perin suunnitellut entinen alihankkija yli kymmenen vuotta sitten juuri heidän tuotantolinjalleen sopivaksi. Tämän jälkeen öljysäiliön valmistus kuitenkin siirtyi seuraavalle ja taas sitä seuraavalle alihankkijalle, konstruktion pysyessä edelleen samana. Nykyisellä öljysäiliökonstruktiolla ei kuitenkaan pystytä kunnolla hyödyntämään uusilla alihankkijoilla käytössä olevia nykyaikaisia tuotantomenetelmiä ja niiden tuomia hyötyjä. Lisäksi nykyisessä öljysäiliössä on vuosien varrella ilmennyt erilaisia ongelmia, joiden myötä on huomattu tarvetta monenlaisille parannuksille joita öljysäiliöön pitäisi tehdä.

Tarve uudesta öljysäiliöstä on siis tiedostettu jo vuosien ajan, mutta tehtävän laajuudesta ja muista kiireistä johtuen uutta öljysäiliötä ei ole vielä ehditty suunnittelemaan. Lopulta öljysäiliön kehittäminen sijoitettiin kesällä 2016 laajempaan kustannussäästöprojektiin, johon oli kerätty lista kohteista, joita kehittämällä saattaisi olla mahdollista saada aikaan kustannussäästöjä. Kesän päätteeksi kävimme listaa läpi yhdessä tuotepäällikkö Janne Urhosen kanssa ja tulimme siihen tulokseen, että öljysäiliön uudelleensuunnittelu sopisi aiheen monipuolisuuden ja ajankohtaisuuden vuoksi erinomaisesti opinnäytetyön aiheeksi.

1.2 Tavoitteet

Keskusteltaessa tarkemmin öljysäiliön uudelleensuunnittelusta hydrauliikan pääsuunnittelijan kanssa, huomattiin että uuteen öljysäiliöön haluttavat parannukset ja uudet ominaisuudet saattavat jopa nostaa öljysäiliön hintaa.

Toisiaan vastaan olevien kustannussäästö- ja parempi säiliö tavoitteiden vuoksi, öljysäiliön uudelleensuunnittelua lähdettiin toteuttamaan tavoitteena suunnitella ominaisuuksiltaan ja käytettävyydeltään parempi öljysäiliö siten, ettei uuden öljysäiliön kustannukset nousisi nykyiseen öljysäiliöön nähden. Tavoitteeseen pääseminen edellyttää uusien kustannustehokkaiden ratkaisujen keksimistä ja kustannusnäkökulman huomioon ottamista kaikissa öljysäiliöön tehtävissä muutoksissa.

Jotta uuden öljysäiliön valmistettavuusnäkökulma pystyttäisiin kunnolla ottamaan huomioon, tehdään uutta säiliötä suunniteltaessa tiivistä yhteistyötä myös öljysäiliötä valmistavien alihankkijoiden kanssa, ottamalla huomioon heidän kehitysajatukset ja käytössä olevat valmistusmenetelmät. Lisäksi uuden öljysäiliön suunnittelussa pyritään hyödyntämään valmistus- ja kokoonpanomyönteisen suunnittelun eli DFMA:n (Design For Manufacturing and Assembly) periaatteita.

1.3 Rajaus

Projektin laajuudesta johtuen työstä rajataan pois uuden öljysäiliön lopullinen viimeistely ja valmistuspiirustusten tekeminen. Tavoitteena on tämän projektin puitteissa luoda uusi vaatimukset täyttävä ja pitkälle kehitelty öljysäiliökonsepti, jonka pohjalta pystytään projektin jälkeen yksikäsitteisesti tekemään öljysäiliön lopulliset valmistuspiirustukset ja työohjeet.

1.4 Työn rakenne

Opinnäytetyöraportin alkuosassa esitellään työn toimeksiantajayritys, potkurilaitteen ja nykyisen öljysäiliön toiminta sekä uuden öljysäiliön suunnittelutyössä käytetyn valmistus- ja kokoonpanomyönteisen suunnittelun periaatteita. Opinnäytetyöraportin loppuosa on laadittu tuotekehitysprojektiin kuuluneiden eri työvaiheiden ja niiden toteutusjärjestyksen mukaisesti. Loppuosassa kerrotaan yksityiskohtaisesti mitä projektissa tehtiin ja miksi tehtyihin valintoihin päädyttiin.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

2.1 Rolls-Royce Plc.

Rolls-Royce Plc. on vuonna 1906 perustettu englantilainen pörssiyhtiö, jonka liiketoiminta jakautuu viidelle sektorille, jotka ovat siviili-ilmailu (Civil Aerospace), puolustusilmailu (Defence Aerospace), voimalaitokset (Power Systems), meriteknologia (Marine) ja ydinvoima (Nuclear). Yhtiön vuoden 2015 liikevaihto oli 13,725 miljardia puntaa ja työntekijöitä sillä oli yhteensä 50 500 henkilöä. (Rolls-Royce plc. www-sivut 2017.)

2.2 Rolls-Royce Marine

Rolls-Royce Marine on maailman johtava meriteollisuuden tuotteiden toimittaja, jonka tuotteita on käytössä 30 000 aluksessa ympäri maailman. Vuonna 2015 Rolls-Royce Marine työllisti yhteensä 6000 työntekijää ja sen osuus koko Rolls-Royce konsernin liikevaihdosta oli 10%. Marinen liiketoiminta jakautuu kolmelle sektorille jotka ovat kauppalaivasto, offshore ja merivoimat. (Rolls-Royce plc. www-sivut 2017.)

2.3 Rolls-Royce Oy Ab

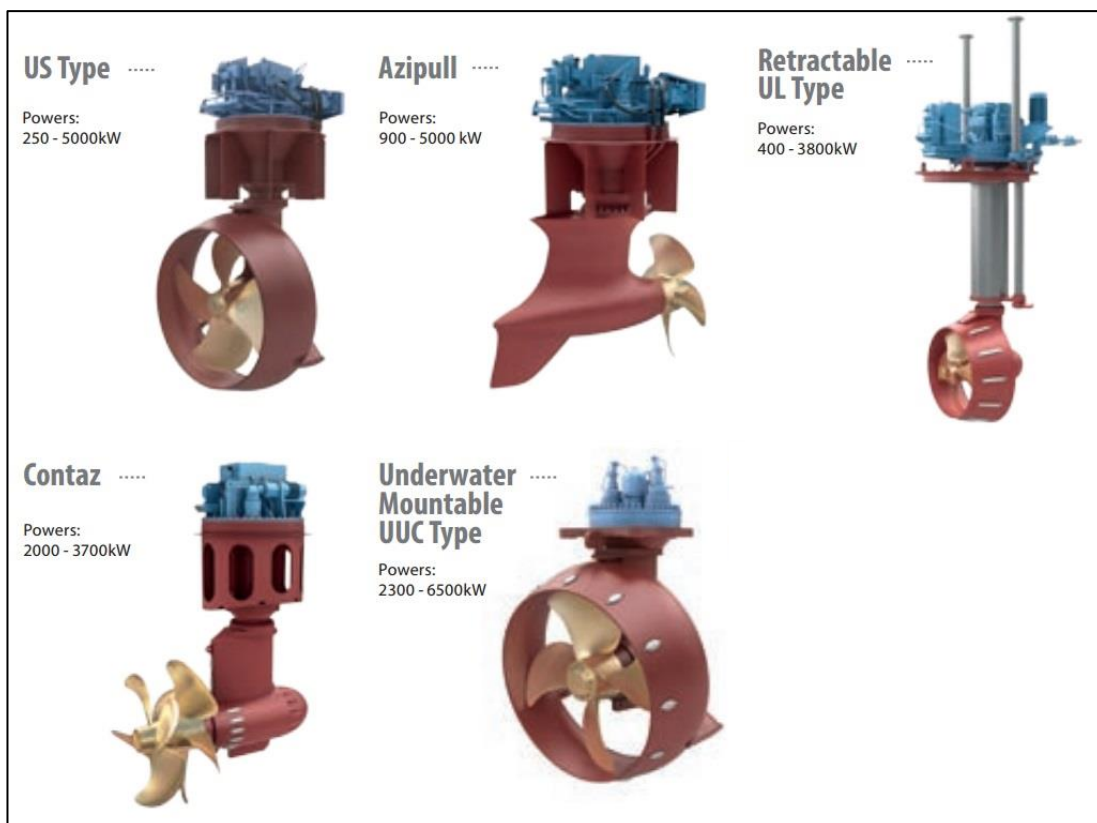
Rolls-Royce Oy Ab on osa Rolls-Royce Plc:n Marine toimialaa ja sen historia alkaa jo 1940-luvulta, jolloin valmistettiin ensimmäiset RAUMA-vintturit. Ensimmäinen Aquamaster-potkurilaite valmistui kuitenkin vasta vuonna 1965. Vuonna 1988 silloisen Hollming Oy:n Aquamaster-konepajan ja Rauma-Repolan kansikonetehtaan toiminnot yhdistettiin ja perustettiin Aquamaster Rauma Oy. Englantilainen pörssiyhtiö Vickers plc osti Aquamaster Rauma Oy:n vuonna 1995 ja lopulta vuonna 1999 koko Vickers konserni siirtyi yrityskaupan myötä toisen englantilaisen pörssiyhtiön Rolls-Royce plc:n omistukseen. (Rolls-Royce Oy Ab:n intranet-sivut 2017.)

Rolls-Royce Oy Ab:lla on tuotantolaitokset Suomessa Raumalla ja Kokkolassa. Rauman yksikön tuotanto-ohjelmaan kuuluvat potkurilaitteet sekä kansikoneet ja Kokkolan tuotanto-ohjelmaan vesisuihkulaitteet. Rolls-Royce Oy Ab:n vuoden 2015 liikevaihto oli 458 miljoonaa euroa ja työntekijöitä sillä oli Raumalla 554 ja Kokkolassa 78. Rolls-Royce Oy Ab:n liikevaihto jakautui tuoteryhmittäin vuonna 2015 seuraavasti: potkurilaitteet 61%, huolto 27%, kansikoneet 10% ja vesisuihkulaitteet 2%. Vientiin yrityksen liikevaihdosta menee 99%. (Rolls-Royce Oy Ab:n intranet-sivut 2017.)

Rolls-Royce Oy Ab on maailman johtava Azimuth Thrusterien eli 360° astetta pysty-akselinsa ympäri kääntyvien potkurilaitteiden valmistaja. Azimuth Thruster potkurilaitteiden avulla pystytään saavuttamaan täysi työntövoima joka suuntaan ja sen myötä aluksen erinomainen ohjattavuus. Rolls-Roycen potkurilaitteiden tehot vaihtelevat 250-7500 kW välillä ja niiden pääasiallisia sovelluskohteita ovat hinaajat, maantielautat ja offshore-huoltoalukset. (Rolls-Royce Oy Ab:n intranet-sivut 2017.)

Potkurilaitteita on saatavilla useaa eri tyyppiä, joista tulevan käyttökohteen ja asiakkaan toivomusten perusteella voidaan valita juuri haluttuun applikaatioon parhaiten sopiva laitevaihtoehto. Selvästi myydyin potkurilaitemalli on US-tyypin laite jota käytetään tyyppillisesti hinaajissa, työaluksissa ja rahtialuksissa. Muita laitetyppejä ovat aluksen sisäänvedettävä UL, kahdella vastakkain pyörivällä potkurilla varustettu Contaz, vedenalaisesti asennettava UUC ja vetävä potkurilaite Azipull. Contaz ja Azipull laitteita lukuun ottamatta, potkurilaitteet voidaan tarvittaessa varustaa työntövoimaa lisäävällä suulakkeella. Lisäksi potkurilaitteet voidaan valmistaa joko kiinteä- tai säätsiipisillä potkurinlavoilla tai kahdella vastakkain pyörivällä potkurilla.

Potkurilaitteiden alukseen asennus toteutetaan erilaisten runkosovitteiden avulla, joko hitsaamalla tai pulttaamalla. Öljynporauslautoissakin käytettävien erittäin suurikokoisten UUC-potkurilaitteiden asennus tapahtuu muista potkurilaitteista poiketen vedenalaisena asennuksena potkurilaitteen ollessa yhtenä kappaleena. Kuvassa 1 näkyy Rolls-Royce Oy Ab:n valikoimaan kuuluvat Azimuth Thruster potkurilaitetyypit.

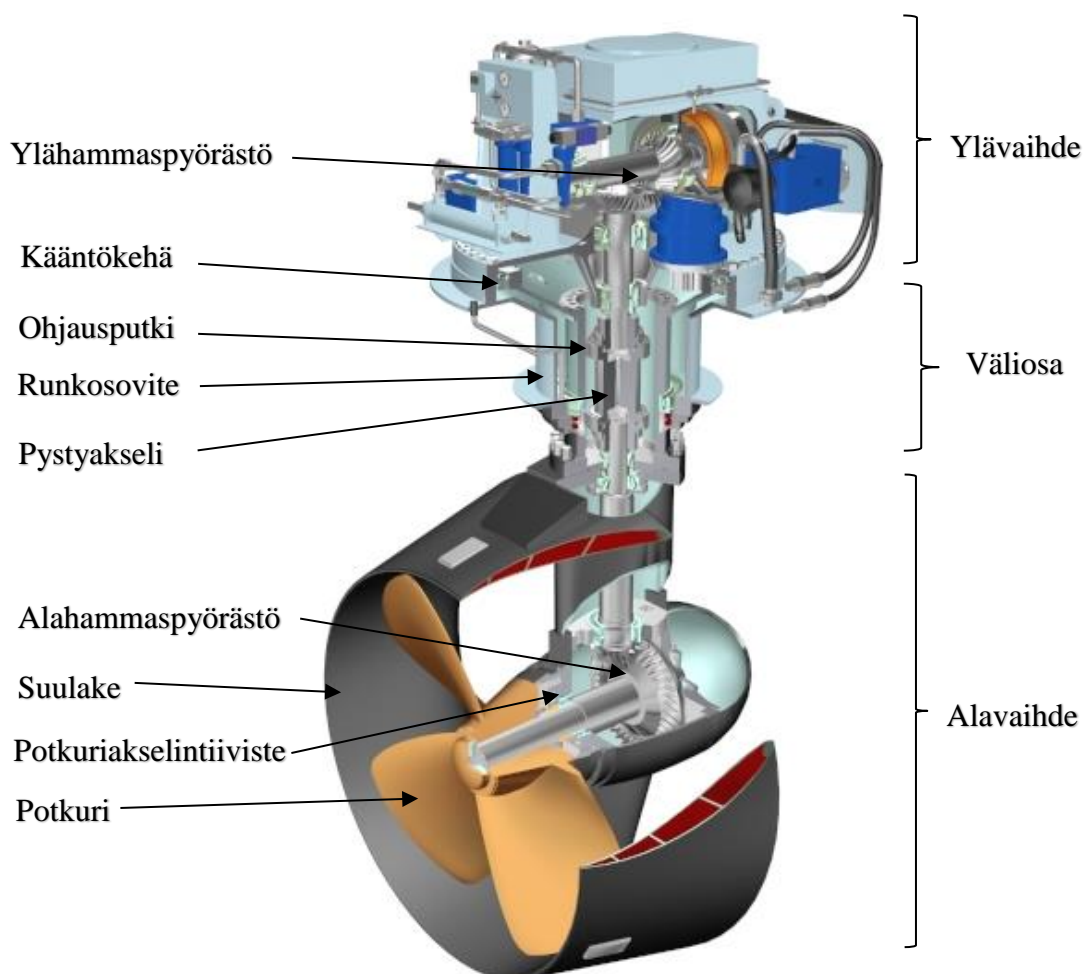


Kuva 1. Rolls-Roycen Azimuth Thruster potkurilaittevaihtoehdot ja niiden tehoalueet (Rolls-Royce plc. www-sivut 2017).

3 POTKURILAITTEEN TOIMINTA

3.1 Potkurilaitteen toiminta ja rakenne

Potkurilaite saa käyttövoimansa aluksen diesel- tai sähköpääkoneelta, josta voima välitetään väliakselistoa pitkin potkurilaitteelle ja siitä kulmavaihteiden välityksellä potkurille, joka tuottaa alusta liikuttavaa työntövoimaa. Potkurilaitteen sisäinen voimansiirto voidaan toteuttaa yhdellä tai kahdella kulmavaihteella. Yhdellä kulmavaihteella varustettua laitetta sanotaan L-tyyppiseksi- ja kahdella kulmavaihteella varustettua laitetta Z-tyyppiseksi potkurilaitteeksi. US-tyypin potkurilaite on jaettu kolmeen erilliseen moduuliin, jotka ovat ylävaihte, väliosaa ja alavaihte. Potkurilaitteen modulointi helpottaa laitteen kokoonpanoa ja räätälöintiä asiakastarpeiden mukaan. Alla olevassa kuvassa 2 on esitetty US-tyyppisen potkurilaitteen rakenne ja sen keskeisimpiä komponentteja.



Kuva 2. US-tyypin Azimuth Thruster potkurilaite ja sen keskeisimpiä komponentteja (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2017).

3.2 Potkurilaitteen ohjaus

Potkurilaitteen ohjaus voidaan toteuttaa joko hydraulisi- tai sähkökääntönä tai näiden yhdistelmällä eli hybridikäntönä. Potkurilaitteen ohjaukseen liittyen keskeisimpiä komponentteja itse potkurilaitteessa ovat mm. kääntökehä, ohjausputki, planeettavaihteet, kääntömoottorit sekä ohjausjärjestelmästä riippuen joko hydraulipumppu tai sähkömoottorit. Potkurilaitteen ohjaus tapahtuu siten, että aluksen ohjaaja kääntää ohjaamossa olevaa ohjaukskahvaa halutun kulman verran ympäri, jolloin potkurilaitteen ohjausjärjestelmä saa ohjaussignaalin, ja alkaa kääntää kääntömoottorien ja planeettavaihteiden avulla potkurilaitteen alavaihdetta annetun kulman verran pysty akselin ympäri. Kun aluksen ohjaamon kahvan ja laitteen kulmaero on nolla, niin potkurilaitteen kääntö pysäytetään. (Keskitalo henkilökohtainen tiedonanto 30.1.2017.)

3.2.1 Sähkökääntö

Sähkökääntöä käytetään yleensä, kun aluksessa on käytössä sähköpääkone, jolloin potkurilaitteen vaatima energia tuotetaan muutenkin sähköllä. Sähkökääntöön etuina ovat mm. sen huoltovapaus ja yksinkertainen rakenne verrattuna hydraulikäntöön. Etuna on myös nopea vasteaika ja nopeussäädön toiminnan helppous. Lisäksi sähkökääntöissä energiaa kuluu vain ohjattaessa, kun taas hydraulikäntöissä energiankulutus on jatkuvaa, riippumatta siitä ohjataan potkurilaitetta vai ei. Huonona puolena sähkökääntöissä on esimerkiksi sähkökääntöä alttius aluksen sähköverkon häiriölle, kuten ylijännitepiikeille. (Merikoski sähköposti 1.2.2017.)

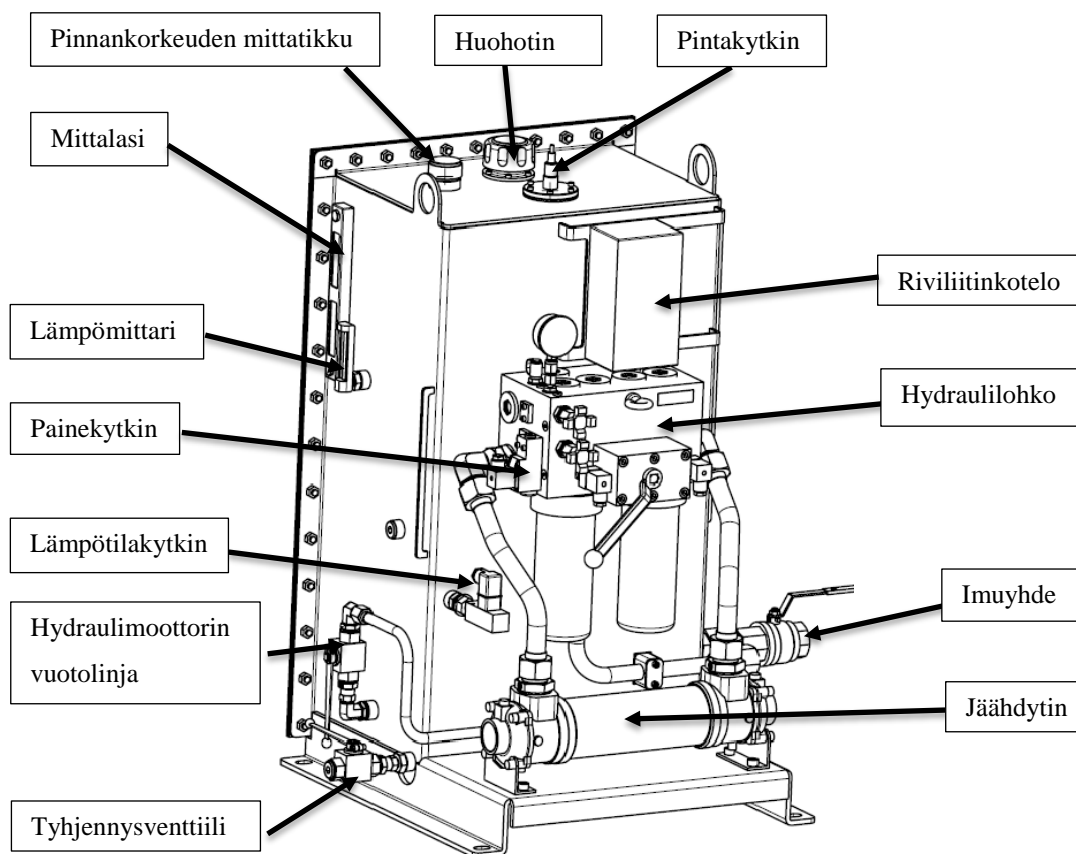
3.2.2 Hydraulikäntö

Hydraulikäntöä käytetään yleensä, kun käytössä on suora dieselkäyttöinen potkurilaitte, jolloin hydraulipumpun käyttövoima saadaan otetuksi kiilahihnakäytöllä samasta käyttöakselista potkurilaitteen kanssa. Hydraulikäntö voidaan toteuttaa myös hybridikäntönä, jossa hydraulipumpun käyttövoima saadaan erillisestä sähkömoottorista. Tärkeimpiä komponentteja hydraulikäntöissä ovat säätötilavuuspumppu, aksiaalimäntäpumppu, aksiaalimäntämoottorit, planeettavaihteet sekä öljysäiliö ja siihen kuuluvat suodatuslohko ja jäähdytin. (Keskitalo henkilökohtainen tiedonanto 30.1.2017.)

Hydraulikääntö on yleisin kääntövaihtoehto ja sen käyttökohteita ovat mm. hinaajat ja jääluokitettut alukset. Hydraulikäännön etuna on mm. sen riippumattomuus eli, kun aluksessa yleensä on kaksi potkurilaitetta ja molemmissa on oma hydraulipumppunsa, niin tällöin potkurilaitteet ovat täysin riippumattomia toisistaan, mikä parantaa turvallisuutta ja toimintavarmuutta. Hydraulikäännön ylikuormituksen kesto on myös hyvä, koska vaikka paineleikkuri pysäyttäisi säätötilavuuspumpun tehon oton, niin käytettäväksi jää silti täysi ohjausmomentti. Lisäksi hydraulisen ohjaukoneen kyky sietää ulkoisia kuormia on paljon parempi, kuin sähköisen ohjaukoneen ja osin tästä syystä hydraulikääntö soveltuu paremmin jääluokitettuihin laitteisiin. Hydraulikäännön huonona puolena on sen monimutkaisempi rakenne verrattuna sähkökäyttöön sekä jatkuva tehonkulutus eli vaikka potkurilaitetta ei ohjattaisikaan niin hydraulipumppu käy silti koko ajan. (Keskitalo henkilökohtainen tiedonanto 30.1.2017.)

3.2.3 Ohjaushydrauliikan öljysäiliö

Kaikissa hydraulikääntöisissä potkurilaitteissa on ohjaushydrauliikan öljysäiliö, joka toimii hydrauliohjauksen suodattajana, jäähdyttäjänä ja varastona. US- ja UL-potkurilaitteissa käytettävän ja tässäkin työssä käsiteltävän öljysäiliön tilavuus on noin 150 litraa ja se on saatavilla käyttökohteen vaatimuksista riippuen joko 400 mm tai 800 mm leveällä jäähdyttimellä, sekä erilaisilla paine- ja lämpötila-anturi tyypeillä ja yhdistelmillä. Lisäksi jokaiseen öljysäiliövaihtoehtoon voi valita pinnankorkeuden visuaaliseen tarkastukseen joko mittalasin tai mittatikun. Öljysäiliön teräsrunko pysyy säiliövaihtoehdosta riippumatta kuitenkin aina samana, ainoastaan anturien lukumäärä ja tyypit sekä jäähdyttimen leveys voivat muuttua. Leveämpää jäähdytintä varten öljysäiliön teräsrunkoon lisätään yksinkertainen adapterilevy, johon jäähdyttimen saa kiinnitettyä pulteilla. Kuvassa 3 on esitetty nykyisen öljysäiliön pääkomponentit.

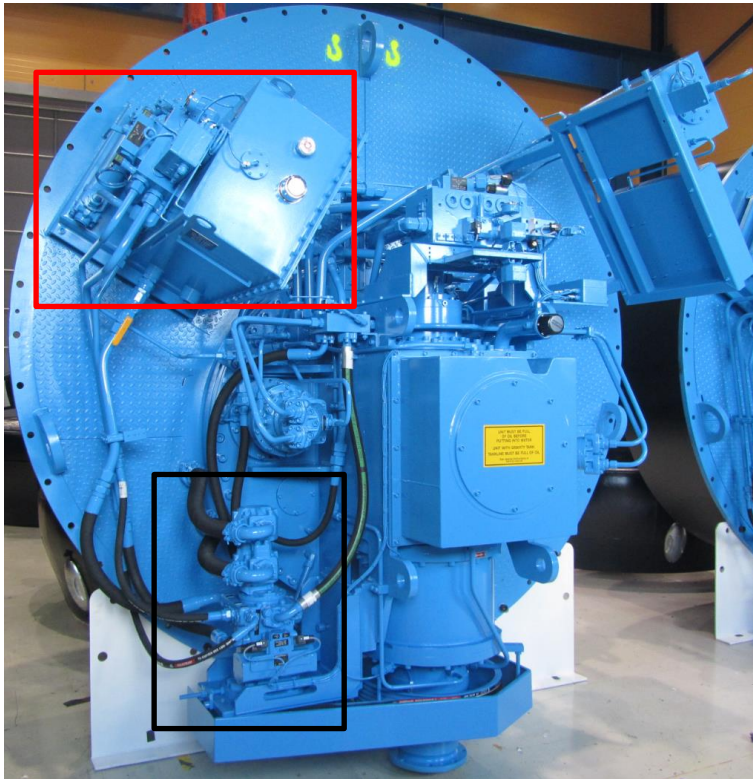


Kuva 3. Nykyinen ohjaushydrauliikan öljysäiliö ja sen pääkomponentit (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2017).

Potkurilaitetta ohjattaessa öljy kiertää hydraulipumpun, hydraulimoottorin ja öljysäiliön hydraulilohkon sisältämän duplex-suodattimen välillä. Duplex-suodattimessa on kaksi suodatinmaljaa, jolloin paineen noustessa toisessa suodatinmaljassa tietyn raja-arvon ylitse, voidaan suodatettava öljy laittaa kiertämään toisen suodatinmaljan kautta. Kahden suodatinmaljan avulla vältetään siis tarpeettomat toiminnan keskeyttävät huoltokatkot. Kun potkurilaitetta ei ohjata, kiertää öljy suoraan öljysäiliön jäähdyttimen kautta takaisin säiliöön. Öljysäiliöön on asennettu myös erilaisia antureita valvomaan ohjaushydrauliikan sujuvaa toimintaa. Öljysäiliössä olevia antureita ovat lämpötilakytin, pintakytin sekä 1-3 kpl painekytimiä.

Ohjaushydrauliikan öljysäiliö voi olla asennettuna potkurilaitteen pohjakaivon kannelle, aluksen sisään nostettavan UL-potkurilaitteen mukana nousevalle telineelle tai laivan konehuoneen lattialle hydraulipumpun läheisyyteen. Öljysäiliön asennusympäristössä on usein hyvin vähän tilaa käytössä, minkä vuoksi säiliön vaatima lattiapinta-

ala tulee olla mahdollisimman pieni. Kuvassa 4 näkyy tyypillinen öljysäiliön asennuspaikka potkurilaitteen pohjakaivon kannella.



Kuva 4. Öljysäiliö potkurilaitteen pohjakaivon kannella. Öljysäiliö on merkitty kuvassa punaisella- ja hydraulipumppu mustalla suorakulmiolla. (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2017.)

4 VALMISTUS- JA KOKOONPANOMYÖNTEINEN SUUNNITTELU

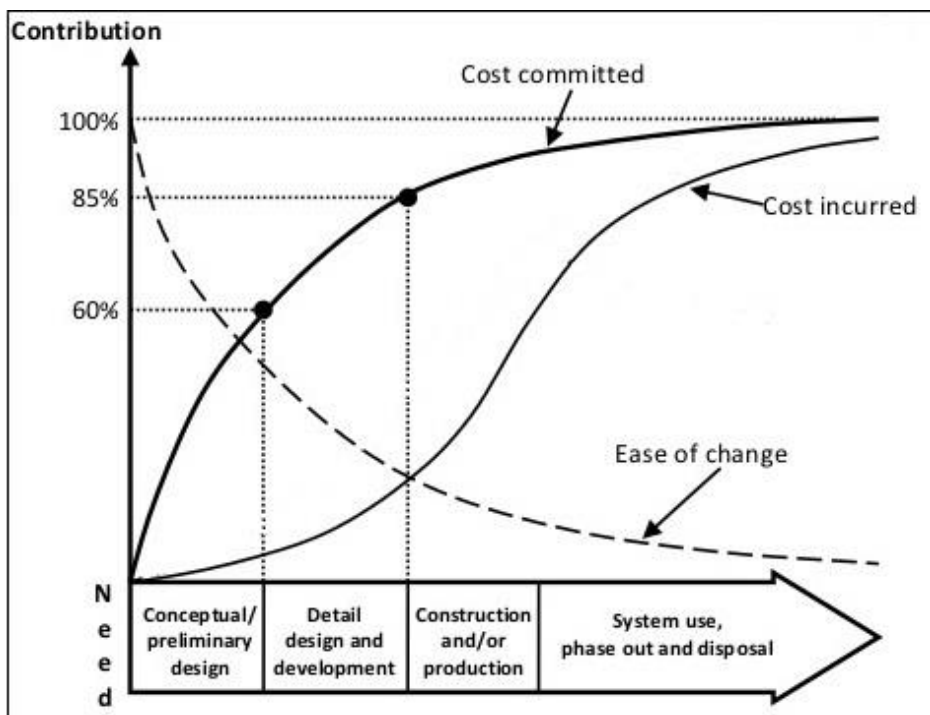
Koveneva kansainvälinen kilpailu sekä markkinoiden alati muuttuvat ja tiukentuvat vaatimukset edellyttävät yritysten tuotekehitysosastoilta yhä nopeampia sekä teknisesti ja kaupallisesti kehittyneempiä ratkaisuja. Erityisesti jo 1990-luvulta alkanut suuri laatuvaatimusten ja tuotantovolyyymien kasvu sekä tuotteen sarjakkoon, elinkaariodotteen ja tuotantoinvestointien takaisinmaksuaikojen lyheneminen ovat tuoneet huomattavia lisähaasteita yritysten toimintaympäristöihin. Tuotteen valmistettavuuden kehitys onkin yksi merkittävimmistä tuotekehityksen osa-alueista, jossa on huomattavasti hyödyntämätöntä potentiaalia edellä mainittujen osin ristiriitaistenkin vaatimusten täyttämiseen. (Lempiäinen & Savolainen 2002, 6.)

4.1 DFMA

Yksi tunnetuimmista valmistus- ja kokoonpanomyönteisistä suunnittelumenetelmistä on DFMA (Design For Manufacturing and Assembly), joka pitää sisällään kaksi osin päällekkäistä menetelmää, jotka ovat valmistusmyönteinen suunnittelu DFM (Design For Manufacturing) ja kokoonpanomyönteinen suunnittelu DFA (Design For Assembly). Menetelmien soveltamisjärjestys pitäisi olla sellainen, että ensin hyödynnetään DFA-menetelmää, jonka avulla pyritään vähentämään tuotteen osien lukumäärää ja vasta tämän jälkeen DFM-menetelmällä kehitetään jäljelle jäävien osien valmistettavuutta. Käytännössä menetelmiä käytetään usein rinnakkain, koska menetelmissä sovelletaan osin samoja periaatteita ja lisäksi tuotteen valmistettavuus ja kokoonpantavuus ovat käsitteinä hyvin lähellä toisiaan. DFMA:n yhtenä oleellisena tavoitteena on pyrkiä poistamaan suunnittelu- ja valmistusosastojen välinen ”muuri” ja lisätä osastojen välistä yhteistyötä.

Yleisesti on tiedossa, että suunnittelu määrittää tuotteen tulevista kustannuksista noin 65-85% ja erityisesti tuotekehityksen alkuvaiheessa tuotteen kustannukset alkavat sitoutua kiihtyvällä vauhdilla tuotteeseen suunnittelijan tekemien päätösten vuoksi (Lempiäinen & Savolainen 2002, 15). Tuotteeseen sitoutuneiden (Committed) ja tuotteesta aiheutuneiden (Incurred) kustannusten kehitystä havainnollistaa kuvio 1, josta huomataan, että jo konseptisuunnittelun aikana yleensä määritetään noin 60% tuotteen

tulevista kustannuksista, vaikka itse konseptisuunnittelun kustannukset ovat tuotteen koko elinkaaren kustannuksista alle 10%. Muutosten tekeminen konseptisuunnitteluvaiheessa onkin moninkertaisesti helpompaa ja halvempaa, kuin muutosten tekeminen tuotteen ollessa jo tuotannossa. Tämän vuoksi huolellinen konseptisuunnittelu ja DFMA:n hyödyntäminen koko tuotekehitysprosessin ajan on ensiarvoisen tärkeää.



Kuvio 1. Tuotteeseen sitoutuneet kustannukset tuotteen elinkaaren aikana (Swift & Brown 2003).

Jotta tuotteen valmistettavuutta ja kokoonpantavuutta pystyttäisiin arvioimaan, tarvitaan tähän tarkoitukseen erilaisia mittareita. Usein tuotteen tuotantokustannukset nähdään tärkeimpänä kriteerinä tuotteen valmistettavuudelle, mutta on tärkeä huomata, että ne ovat vain yksi monista arviointikriteereistä. Esimerkiksi tuotteen tuotantokustannusten pienentäminen muuttuu melko vähän kiinnostavaksi, jos samaan aikaan tuotteen laatu heikkenee ja tuotannon läpimenoaika kasvaa. Jotta tuotteen valmistettavuudesta saataisiin monipuolinen ja todenmukainen kuva, mittareina suositellaan käyttämään seuraavia seitsemää asiaa:

1. Laatu
2. Tuotantokustannukset
 - Kiinteät kustannukset kuten varastointi, ostot, tilat, laadunvalvonta jne.
 - Muuttuvat kustannukset kuten työvoima, materiaalit jne.

3. Tuotannon joustavuus
 4. Tuotannon riski
 - Tuotekonstruktion aiheuttama valmistuksen riskialttius sekä tuotantovolyymien nopean kohottamisen, ”ramp-up:in”, vaarantuminen.
 5. Tuotannon läpimenoaika
 6. Tuotannon tehokkuus
 7. Ympäristövaikutukset
- (Lempiäinen & Savolainen 2002, 20-21.)

DFMA-menetelmää tehokkaasti hyödyntämällä voidaankin saavuttaa lukuisia erilaisia hyötyjä, joista alla on esitetty muutamia tärkeimpiä:

- Tuotantokustannusten pienentyminen ja tuottavuuden lisääntyminen
- Tuotteen laadun ja luotettavuuden paraneminen
- Tuotteen ulkonäön ja huollettavuuden paraneminen
- Tuotekehityksen kuluvan ajan lyheneminen
- Läpimenoaikojen lyheneminen
- Asiakastyytyväisyyden paraneminen

(Engineers edge www-sivut 2017).

4.2 DFA

Kokoonpanomyönteisen suunnittelun eli DFA:n tavoitteena on tuotteen rakenteen yksinkertaistaminen ja sen myötä kokoonpanotyön helpottaminen. DFA:ssa huomio kiinnittyykin yleensä tuotteen osien määrän vähentämiseen ja toimintojen yhdistelyyn. Tuotteen kokoonpantavuuden voidaan yleisesti sanoa olevan tärkeämpää kuin valmistettavuuden, koska kokoonpanotyö on yleensä työvoimavaltaisempaa kuin valmistus, jossa työn tekemiseen käytetään enemmän automaatiota ja koneita. (Bralla 1999, 7.3.)

Osien määrän vähentämisellä on monia vaikutuksia yrityksen kiinteisiin kuluihin, koska poisjätettävää osaa ei tarvitse esimerkiksi suunnitella, valmistaa, ostaa, kuljettaa, testata, varastoida, sekä kierrättää ja lopulta hävittää. Boothroydin, Dewhurstin & Knightin (2011, 10-11.) mukaan osa on välttämätön konstruktiossa vain, jos se täyttää jonkin seuraavista kolmesta ehdosta:

- Osa liikkuu muihin kokoonpanon osiin nähden
- Osa on eri materiaalia kuin muut kokoonpanon osat
- Osa mahdollistaa tuotteen kokoonpanon ja purkamisen

Yllä olevasta listasta voidaan huomata, että osan välttämättömyyskriteereissä ei oteta huomioon esimerkiksi erilaisia ulkonäkö- tai kiinnitys-seikkoja, joten useimpiin tuotteisiin suunnitellaan aivan tarkoituksellakin ”ylimääräisiä” osia.

Hyvän kokoonpantavuuden saavuttamiseksi on olemassa monia erilaisia yleisperiaatteita, joista osa saattaa kuulostaa hyvin itsestään selviltä. Periaatteiden yksinkertaisuudesta huolimatta, niiden tavoitteisiin pääseminen voi kuitenkin vaatia huomattavan määrän työtä ja monia erilaisia kokeiluja. Alla olevassa listassa on esitetty joitakin edellä mainituista hyvän kokoonpantavuuden yleisperiaatteista:

- Suunnittele konstruktio aina automaattisen kokoonpanon ehdoilla, vaikka siihen ei vielä siirryttäisikään. Automaattisesti kokoonpantava konstruktio on usein myös helpompi koota manuaalisesti.
- Hyödynnä moduuleja konstruktiossa
- Minimoi osien, liitosten, sovittamisen ja tarkastusten määrä
- Huomioi komponenttien käsittelyn helppous, työkalujen tilavaatimukset, työergonomia sekä kappaleiden nostot ja riiputettavuus

(Lempiäinen & Savolainen 2002, 81-82.)

4.3 DFM

DFM:n eli valmistusmyönteisen suunnittelun tavoitteena on parantaa tuotteen valmistettavuutta. DFM:ssä huomio kiinnittyy yleensä yksittäisten osien yksinkertaistamiseen ja valmistuskustannusten pienentämiseen. Esimerkkinä DFM:n käytöstä on vaikkapa kappaleen muotoilu siten, että aihion laserleikkauksessa syntyisi mahdollisimman vähän levyhukkaa sekä kappaleen vaatimien tiukkojen toleranssien- ja erilaisten koneistusten määrän minimointi.

Vaikka DFM:ssä huomio kiinnittyykin helposti komponenttitason ideointiin, kannattaa ideoita valmistettavuuteen lähteä hakemaan myös laajemmin seuraavassa esitellyiltä erilaisilta hierarkiatasoilta:

- **Yritystaso**

Yritystasolla vertaillaan kehitettävää tuotetta yrityksen muihin jo olemassa oleviin tuotteisiin, pyrkien varmistumaan, ettei yritys kehitä tai valmista päällekkäisiä tuotteita ja että yrityksen eri tuotteissa käytetään hyväksi mahdollisimman paljon samoja teknisiä ratkaisuja.

- **Tuoteperhetaso**

Tuoteperhetasolla tarkastelu kohdentuu yrityksessä käytössä oleviin eri tuotevariantteihin, joissa olevia hyväksi todettuja teknisiä ratkaisuja voidaan hyödyntää myös uuden tuotteen kehityksessä.

- **Rakennetaso**

Rakennetasolla mielenkiinto kohdistuu siihen, miten tuote ja käytössä olevat valmistusprosessit sopivat toisiinsa. Valmistusprosessit muodostuvat monista erillisistä toiminnoista kuten osien- ja alikokoonpanojen valmistuksesta, kokoonpanosta, testauksesta, pakkauksesta sekä logistiikasta ja varastoinnista. Suunniteltaessa uutta tuotekonstruktiota, voidaan lähtökohtana pitää esimerkiksi joitakin tiedettyjä valmistuksen kriittisiä kohtia tai pyrkiä tuotteen sisäisen kustannusrakenteen perusteella vaikuttamaan niihin tuotekonstruktion kohtiin joilla on suurin vaikutus tuotteen hintaan.

- **Komponenttitaso**

Komponenttitasolla huomio kiinnitetään tuotteen yksittäisiin osiin ja niiden valmistettavuuden kehittämiseen. Huomio pitäisi pyrkiä kiinnittämään erityisesti kriittisiin osiin jotka ovat kalliita, niiden toimitusajat ovat pitkiä tai niihin liittyy muuten jotain ongelmia.

(Lempiäinen & Savolainen 2002, 16-17.)

5 PROJEKTIN SUUNNITTELU

5.1 Aikataulu ja tehtäväpaketit

Projektin alussa projektille tehtiin karkea aikataulutus, johon hahmoteltiin työhön tulevia tehtäväpaketteja ja niiden vaatimia aikoja. Aikataulutuksen teossa käytettiin hyväksi Gantt -janakaaviota, jonka avulla eri osioiden ja tehtävien välisen suhteen pystyy helposti hahmottamaan. Taulukossa 1 näkyy projektin alussa tehty projektin alustava aikataulutus ja siihen kuuluvat tehtäväpaketit.

Taulukko 1. Projektin alustava aikataulu ja tehtäväpaketit.

TEHTÄVÄ	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu
1. Projektin suunnittelu ja tehtävän selvittely					
1.1 Projektisuunnitelman tekeminen					
1.2 Valmistettavuusteorian opiskelu					
1.3 Nykyisen öljysäiliön analysointi					
1.4 Uuden öljysäiliön vaatimusten määrittely					
2. Konseptin luonnostelu					
2.1 Säiliön layout-suunnittelu					
2.2 Alihankkijoilla vierailut ja kehitysideoista keskustelu					
3. Konseptin jatkokehittely					
3.1 Säiliön yksityiskohtien suunnittelu					
3.1.1 Säiliön teräsrungon suunnittelu					
3.1.2 Säiliön hydraulikan suunnittelu					
3.1.3 Säiliön pintakäsittelyn ym. selvittäminen					
3.2 Alihankkijoiden arvioiden kuuleminen uudesta säiliökonseptista					
4. Projektin lopetus					
4.1 Projektin tulosten ja toteutuksen arviointi					
4.2 Projektinaikaisen dokumentaation arkistointi					

Projektin toteutuksen on siis tarkoitus noudattaa pitkälti perinteisen tuotekehitysprojektin kaavaa, jossa projekti aloitetaan tehtävän selvittelyllä, nykytilanteen analysoinnilla ja vaatimuslistan luomisella. Huolella tehty selvittelyvaihe helpottaa huomattavasti uuden säiliön suunnittelua, kun tiedetään mistä vanhan säiliön ongelmat johtuvat ja mitä ratkaisuvaihtoehtoja on mahdollisesti jo aiemmin pohdittu.

Seuraavana vaiheena on konseptivaihtoehtojen luonnosteluvaihe. Luonnosteluvaiheen aluksi kysytään öljysäiliötä valmistavilta alihankkijoilta alustavia kehitysajatuksia sekä suunnitellaan selvittelyvaiheessa laaditun vaatimuslistan pohjalta uudesta öljysäiliöstä karkeita layout-vaihtoehtoja, joissa määritellään, minkälainen säiliön runko suurin piirtein tulisi olemaan ja miten säiliön komponentit sijoittuisivat säiliön runkoon

nähdessä. Tämän jälkeen käydään öljysäiliötä valmistavien alihankkijoiden luona keskustelemassa tarkemmin kehitysajatuksista sekä mahdollisuuksien mukaan tutustumassa käytössä oleviin valmistusmenetelmiin. Alustavien luonnosvaihtoehtojen tekeminen ensin ja vasta niiden pohjalta syvällisemmin kehitysajatuksista keskustelu alihankkijoiden kanssa, antaa suunnittelijalle sekä säiliön alihankkijoille selkeän kuvan uuden säiliön vaatimuksista ja luo todennäköisesti parempaa keskustelua kuin pelkästään vanhan öljysäiliön piirustusten perusteella kehitysajatuksista keskustelu.

Kun uusi toteutettava öljysäiliön konseptivaihtoehto on saatu selville, alkaa konseptivaihtoehdon jatkokehittely. Jatkokehittelyvaiheessa uuden öljysäiliön eri yksityiskohdat suunnitellaan tekniset- ja taloudelliset näkökulmat huomioon ottaen siten, että projektin jälkeisessä viimeistelyvaiheessa öljysäiliön lopulliset työpiirustukset ja osaluettelot ovat yksikäsitteisesti tehtävissä. Jatkokehittelyvaiheen aikana keskustellaan tiiviisti alihankkijoiden kanssa uuden öljysäiliön mahdollisista parannusehdotuksista, pyrkien varmistumaan, että uusi säiliö on valmistettavissa kustannustehokkaalla ja järkevällä tavalla.

5.2 Riskienhallinta

Projektin onnistumisen kannalta on tärkeää jo heti projektin aluksi miettiä mitä kaikkia riskejä ja haasteita projektin aikana saattaa tulla vastaan, jotta niihin pystyttäisiin paremmin varautumaan. Tämän vuoksi projektin alussa tehtiin riskimatriisi, johon listattiin joitakin mahdollisia riskejä, niiden todennäköisyyksiä ja vakavuutta sekä ennaltaehkäisykeinoja. Taulukosta 2 huomataan, että suurimpia riskejä projektille ovat projektin laajuuden paisuminen sekä uusien vaatimusten seurauksena mahdollinen öljysäiliön kustannusten nouseminen.

Taulukko 2. Projektin riskimatriisi. Taulukossa arvo 1 tarkoittaa epätodennäköistä ja ei vakavaa ja vastaavasti arvo 5 tarkoittaa todennäköistä ja vakavaa.

Riski	Todennäköisyys	Vakavuus	Ennaltaehkäisy ja mahdollinen jatkoennettely
Öljysäiliön kustannusten merkittävä nousu Uusien ominaisuuksien ja vaatimusten seurauksena uuden säiliön lopullinen hinta saattaa muodostua nykyistä säiliötä kalliimmaksi.	4	4	Pyritään löytämään kustannuksia alentavia konstruktioratkaisuja sekä pidetään projektin eri sidosryhmät tietoisina mahdollisista lisäkustannuksista ja päivitetään tarvittaessa projektin tavoitteita.
Projektin laajuuden paisuminen Projektin aikana ilmenee jatkuvasti uusia tehtäviä, joiden myötä projektin laajuus kasvaa liian suureksi.	4	4	Tehdään projektin suunnittelu ja käytettävissä olevien työpäivien arviointi huolellisesti ja arvioidaan projektin tilannetta säännöllisesti koko projektin ajan. Arvioidaan uusien tehtävien tärkeys ja sovitaan niiden kohdalla mahdollisista erityisjärjestelyistä.
Yhteistyöongelmat Projektin eri sidosryhmien kuten alihankkijoiden yhteistyöhaluttomuus.	3	5	Vakuutetaan alihankkijat projektin molemminpuolisista hyödyistä ja otetaan huomioon heidän näkemykset ja toiveensa.
Tiedostojen häviäminen Projektin aikana luotuja materiaaleja ja tiedostoja häviää.	2	3	Varmuuskopioidaan aina päivän päätteeksi tehdyt materiaalit ja tiedostot muistitikun lisäksi myös käytössä olevaan pilvipalveluun.
Sairastuminen	2	2	Sairastumisen sattuessa arvioidaan vaadittavien lisätyöpäivien määrä ja otetaan tarvittaessa työaika käyttöön viikonlopuista.

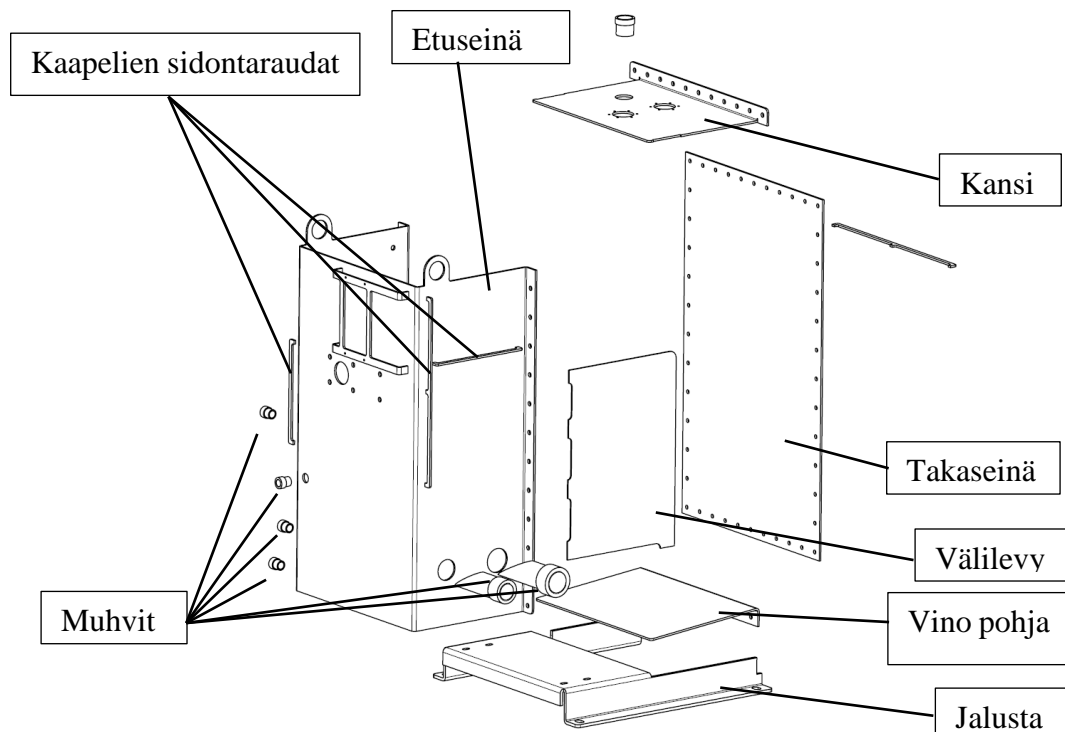
6 PROJEKTIN TOTEUTUS

6.1 Tehtävän selvittely

6.1.1 Nykyisen öljysäiliön analysointi ja ongelmakohtien kartoitus

Projektin toteutusvaihe aloitettiin nykyiseen öljysäiliöön perusteellisesti tutustumalla, koska työn tekijälle kyseinen öljysäiliö ei ollut entuudestaan vielä tuttu. Tässä työssä käsiteltävä ja selvästi yleisimmin käytetty öljysäiliövaihtoehto on varusteltu kapeammalla 400 mm leveällä jäähdyttimellä, lämpötilakytkimellä ja yhdellä painekeytkimellä.

Ensimmäiseksi tarkastelun alle otettiin nykyisen öljysäiliön teräsrunko, joka koostuu kuudesta levyosasta sekä runkoon hitsattavista muhveista ja sähkökaapelien sidontarautoista. Kuvassa 5 näkyy nykyisen öljysäiliön teräsrunkon räjäytyskuvanto, josta selviää, millaisista osista teräsrunko muodostuu.



Kuva 5. Nykyisen öljysäiliön teräsrunkon räjäytyskuvanto.

Nykyisen teräsrunгон levyosat ovat ainevahvuudeltaan 5 mm, lukuun ottamatta jalustaa (8 mm) ja välilevyä (3 mm). Säiliön teräsrunгон kaikki osat (pois lukien pultattava takaseinä) on yhdistetty toisiinsa ympärihitsaamalla molemmin puolin a3 kokoisella pienahitsillä. Säiliön hitsaus toteutetaan tällä hetkellä käsin hitsaamalla. Alla olevassa taulukossa 3 on listattu nykyisen öljysäiliön teräsrunгон sekä pääkoonpanon ominaisuuksia valmistettavuuden- ja kokoonpantavuuden näkökulmasta. Öljysäiliön pääkoonpano sisältää kaikki säiliön komponentit ja osat teräsrunko mukaan lukien.

Taulukko 3. Nykyisen öljysäiliön ominaisuuksia valmistettavuuden- ja kokoonpantavuuden näkökulmasta.

Teräsrunko	
Massa	117 kg
Osien lukumäärä yhteensä	109 kpl
Osien lukumäärä ilman kiinnityselimiä	21 kpl
Erilaisia osia yhteensä	17 kpl
Hitsisaumojen yhteispituus	10100 mm
Särmättäviä kohtia	13 kpl
Koneistettavia kierrereikiä	12 kpl
Pääkoonpano (sis. teräsrunгон)	
Ulkoiset äärimitat (korkeus, leveys, syvyys) (mm)	1053x902x676
Säiliön lattiapinta-ala (leveys, syvyys) (mm)	626x648
Öljytilavuus maksimissaan	145 dm ³
Massa	210 kg
Osien lukumäärä yhteensä	229 kpl
Osien lukumäärä ilman kiinnityselimiä	103 kpl
Erilaisia osia yhteensä	78 kpl
Hydrauliputket	5 kpl

Hitsattavaa nykyisessä öljysäiliössä on suhteellisen paljon ja osa hitseistä on hankalissa paikoissa, minkä vuoksi nykyisen säiliön hitsattavuus on huono. Varsinkin nykyisen kahdesta osasta koostuvan pohjan/jalustan rakenne hankaloittaa hitsausta, koska pohjaa/jalustaa pitää päästä hitsaamaan säiliön sisältä, -alta ja -sivusta. Lisäksi sähkökaapelien sidontaraudat (4kpl) ja riviliitinkotelon teline vaativat paikoittamista ja lisäävät hitsauksen työmäärää.

Öljysäiliö sisältää myös paljon osia ja ennen kaikkea erilaisia osia, mikä heikentää säiliön kokoonpantavuutta. Öljysäiliön runkoon liitettävien monien arvokkaiden komponenttien vuoksi säiliön kokonaishinta muodostuu myös suureksi. Karkeasti voidaan

sanoa, että öljysäiliön kokonaiskustannuksista 30% muodostaa hydraulilohko, 20% teräsrunko, 12% jäähdytin ja loput 40% muodostaa anturit, liittimet, hydrauliputket ja muut irto-osat.

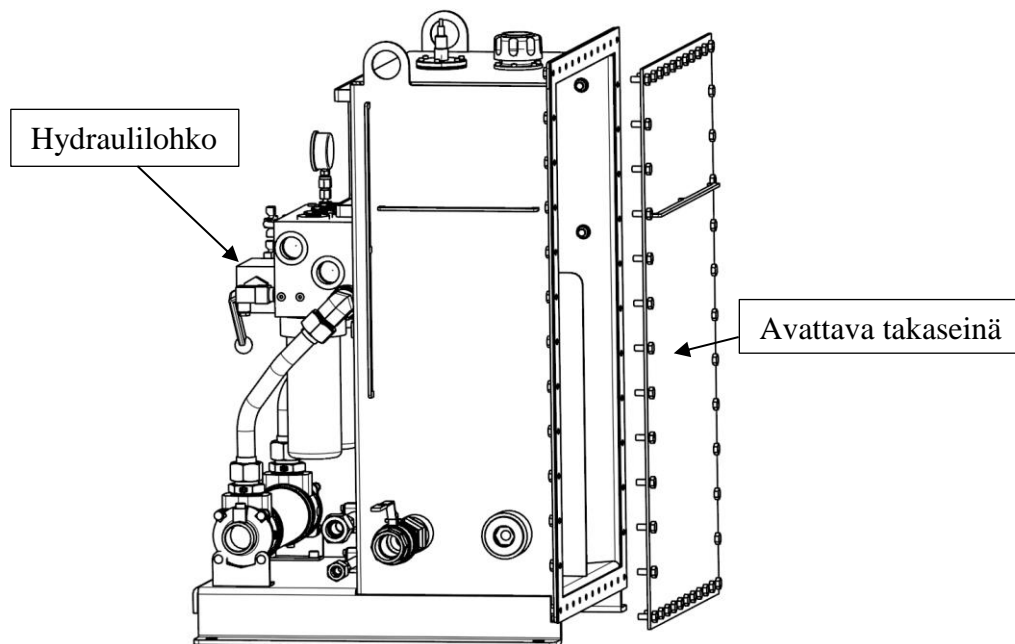
Nykyisen öljysäiliön ongelmista keskusteltaessa suurimmiksi ongelmakohtiksi nousivat seuraavat neljä asiaa:

1. Huoltoluukkuratkaisu, jossa koko öljysäiliön takaseinä on avattava

Nykyisen öljysäiliön koko takaseinä on pulteilla kiinnitettävä ja toimii säiliön huoltoluukkuna (kuva 6). Takaseinän tiiveyden kanssa oli kuitenkin ollut nykyisen säiliön alkuaikoina ongelmia, minkä vuoksi aikoinaan eräänlaisena pikaratkaisuna takaseinän pulttimäärä tuplattiin 22:sta M10 pultista 44:ään M10 pulttiin. Suuri pulttimäärä ja takaseinän paino (20kg) yhdessä tekivät kuitenkin takaseinän avaamisesta hankalaa. Lisäksi öljysäiliön takana on yleensä käytössä erittäin vähän tilaa, mikä hankaloittaa säiliön huoltamista entisestään.

2. Hydraulilohkon kiinnitys

Hydraulilohko on kiinnitetty nykyisen öljysäiliön etuseinään ”suoraan öljyä vasten” (kuva 6). Kiinnitystavasta on vuosien mittaan aiheutunut hydraulilohkon tiiveys-, asennus- ja huolto-ongelmia.



Kuva 6. Nykyisen öljysäiliön avattava takaseinä ja etuseinään kiinnitetty hydraulilohko.

3. Yhteiden käytön epäselvyydet

Välillä asiakas saattaa haluta liittää öljysäiliöön ulkoisen suodatusyksikön, jonka avulla säiliössä oleva öljy saadaan puhdistettua nopeasti. Lisäksi säiliöön pitäisi pystyä liittämään eräänlainen luokitusääntöjen vaatima varasäiliö. Ulkoisen suodatusyksikön ja varasäiliön liittämiseksi ei kuitenkaan ole olemassa selkeitä liittäytöhteitä säiliössä, minkä vuoksi suodatusyksikkö ja varasäiliö on liitetty aina kulloinkin vapaana olevaan yhteeseen.

4. Komponenttien sijoittelu öljysäiliön runkoon nähden

Tällä hetkellä öljysäiliön jokaisella seinustalla sekä kannella on jotain komponentteja tai muuta mihin tulisi päästä käsiksi tai näkemään. Öljysäiliön ympäristössä on usein kuitenkin hyvin ahdasta, minkä vuoksi säiliön sivuille ei aina ole mahdollista päästä.

Yllä olevasta listasta voidaan huomata, että suurimmat nykyisen öljysäiliön ongelmat liittyvät säiliön konstruktion ja komponenttien sijoituspaikkoihin rungossa, eikä niinkään öljysäiliön hydrauliteknisiin ominaisuuksiin.

Öljysäiliön historiasta keskusteltaessa selvisi, että ennen nykyistä öljysäiliötä käytössä olleessa öljysäiliössä ei vielä ollut hydraulilohkoa, vaan nykyisen hydraulilohkon sisältämät duplex-suodatin, jäähdyttimen vastaventtiili ja pieni painekeytkinlohko olivat kaikki erillisiä komponentteja. Lisäksi silloinen öljysäiliö oli ulkonäöltäänkin aivan erinäköinen ja kooltaan suurempi kuin nykyisin käytössä oleva öljysäiliö. Kun nykyistä öljysäiliötä suunniteltiin kymmenen vuotta sitten, päätettiin selkeyden vuoksi edellä mainitut irralliset komponentit koota yhteen nykyisin käytössä olevaksi hydraulilohkoksi.

Nykyiseen öljysäiliöön on myös vuosien mittaan ehditty tehdä paljon erilaisia lisäyksiä sekä pohdittu, miten rungon voisi toteuttaa nykyistä paremmin. Lisäksi nykyisestä öljysäiliöstä on jo muutama vuosi sitten yhden alihankkijan toimesta tehty luonnosehdotus, jossa avattava takaseinä on korvattu avattavalla kannella. Silloinen ehdotus ei kuitenkaan ratkaissut muita öljysäiliön ongelmia ja olisi saattanut toimia vain väliaikaisena ratkaisuna, joten ehdotusta ei silloin viety käytäntöön asti.

6.1.2 Uuden öljysäiliön vaatimukset

Kiinteissä teollisuusjärjestelmissä öljysäiliön tilavuuden suositellaan olevan vähintään 2-5 kertaa järjestelmän pumppujen minuuttituotto. Liikkuvan kaluston järjestelmissä säiliön nestemääräsuositus on erilaisista koko- ja painorajoituksista johtuen huomattavasti pienempi, ollen yleensä vain 1-2 kertaa järjestelmän pumppujen minuuttituotto. (Kauranne, Kajaste & Vilenius 2013, 415.) Nykyisen öljysäiliön öljytilavuus on maksimimerkin kohdalla 145 litraa ja tehokkaimman säiliöön liitettävän pumppuvaihtoehdon minuuttituotto on noin 95 litraa/min, joten uutta öljysäiliötä ei voida suunnitella ainakaan merkittävästi pienemmäksi kuin nykyinen öljysäiliö on.

Keskeinen vaatimus oli myös, että öljysäiliössä olevat hydrauliiikan komponentit kuten hydraulilohko, jäähdytin, venttiilit ja liittimet tulee pysyä saman osaluettelossa määritellyn toimittajan komponentteina kuin tähänkin asti. Vaatimus pohjautuu siihen, että halutaan pitää kiinni hyväksi todetuista komponenteista ja toisaalta siihen, että kyseisiä komponentteja on käytössä paljon muuallakin potkurilaitteessa, minkä seurauksena huollettavuus pysyy hyvänä ja varaosien saatavuus on parempi, kuin jos potkurilaitteen sisältämät hydraulikomponentit, liittimet ym. olisivat kaikki eri toimittajien komponentteja. Lisäksi nykyisessä öljysäiliössä olevien hydrauliputkien halkaisijat on tehohäviöiden välttämiseksi ja hydraulipumpun suojaamiseksi suunniteltu tarkoituksella reilun kokoisiksi, joten myöskään niiden kokoa ei lähdetä muuttamaan.

Nykyisen öljysäiliön ongelmakohtien kartoituksen ja kehitystarpeiden pohjalta laadittiin uuden öljysäiliön suunnittelua varten seuraavalla sivulla oleva vaatimuslista asioista, jotka uuden öljysäiliön tulisi täyttää.

Vaatimukset uudelle öljysäiliölle:

- Hydraulilohkoa ei saa kiinnittää öljysäiliön kylkeen suoraan öljyä vasten
- Öljysäiliön nykyinen huoltoluukkuratkaisu, jossa koko takaseinä on avattava, tulee korvata uudella huoltoluukkuratkaisulla
- Öljysäiliön tilavuus tulee pysyä suunnilleen samana kuin nykyisen säiliön
- Öljysäiliön vaatima lattiapinta-ala ei saa kasvaa paljoa
- Aluksen konehuoneen tilanpuutteesta johtuen hydrauliiikka ei saa kasvattaa potkurilaitteen kokonaiskorkeutta, joten myöskään öljysäiliön korkeus ei saa merkittävästi kasvaa
- Öljysäiliöön tulee lisätä uudet yhteen ulkoiselle suodatusyksikölle ja varasäiliölle
- Öljysäiliön hydrauliiikan komponentit ja liittimet tulee pysyä samojen toimittajien komponentteina kuin tähänkin asti
- Öljysäiliön valmistettavuus tulee huomioida koko uuden säiliön suunnittelun ajan
- Öljysäiliön käytettävyyden- ja huoltonäkökulma tulee huomioida
 - Hydraulilohkon suodatinmaljojen alle tulee jäädä vähintään 100 mm vaihtotilaa suodatinmaljoille
 - Pinta- ja lämpötilakytkimet pitää pystyä vetämään rungosta pois koko pituudeltaan ilman hydrauliputkien ym. purkamista
 - Säiliö pitää pystyä tyhjentämään öljystä ja puhdistamaan sisältä
- Öljysäiliön ulkoiset lähdöt potkurilaitteelle tulee olla sijoitettuna yhdelle säiliön sivulle
- Sähkökaapeleille tulee olla sidontakohdat öljysäiliön rungossa ja kaapelien reitit pitää olla järkevästi suunniteltu

6.2 Konseptivaihtoehtojen luonnostelu

6.2.1 Alustavien layouttien luonnostelu

Uuden öljysäiliön luonnosteluvaiheessa tarkoituksena oli siis luonnostella erilaisia karkeita vaatimukset täyttäviä layout-vaihtoehtoja uudesta öljysäiliöstä ja lopulta valita eri vaihtoehdoista se, jota lähdetään seuraavassa eli jatkokehittelyvaiheessa suunnittelemaan yksityiskohtaisemmin.

Luonnosteluvaihe aloitettiin kysymällä alustavia kehitysajatuksia öljysäiliön alihankkijoilta. Alihankkijat painottivat, että suurin osa öljysäiliön kustannuksista muodostuu säiliörunkoon liitettävistä komponenteista ja moni kehitysajatus liittyikin komponenttitoimittajan valinnanvapauden antamiseen säiliön alihankkijoille, jolloin nykyisiä säiliön komponentteja pystyttäisiin paremmin kilpailuttamaan ja mahdollisesti korvaamaan vastaavanlaisilla edullisimmilla komponenteilla. Kehitysajatus on kuitenkin riskitaitainen uuden öljysäiliön vaatimuslistassa olevaan kohtaan, jossa öljysäiliön komponenttien vaaditaan pysyvän samojen osaluettelossa määriteltyjen toimittajien komponentteina kuin tähänkin asti. Vaatimuksesta päätettiin pitää kiinni edelleen, koska käytettävien komponenttien valinta halutaan laatusyistä pitää jatkossakin itsellä ja lisäksi komponenttien valinnanvapauden antamisesta alihankkijoille on aiemmin kertynyt huonoja kokemuksia.

Kehitysajatuksia tuli myös öljysäiliön teräsrunkoon liittyen, joka myöskin muodostaa kohtalaisen suuren osan säiliön kustannuksista. Kiinnostavin huomio oli, että öljysäiliön teräsrunko pystyttäisiin joidenkin alihankkijoiden toimesta hitsaamaan robottihitsausta hyväksikäyttäen. Robottihitsauksen avulla voisi olla mahdollista saavuttaa mm. nopeampi läpimenoaika sekä tasaisempi ja parempi hitsauksen laatu. Robottihitsattavaksi suunniteltu rakenne on yleensä myös yksinkertainen ja hitsattavuudeltaan hyvällä tasolla, minkä vuoksi se on usein myös helpompi hitsata manuaalisesti eli käsin. Robottihitsauksen tarjoamien huomattavien etujen vuoksi uutta öljysäiliötä päätettiin lähteä suunnittelemaan robottihitsaukseen soveltuvaksi.

Robottihitsattavaa konstruktioita suunniteltaessa huomioon pitää kuitenkin ottaa mm. seuraavia asioita:

- Liitosten luoksepäästävyys: Hitsausrobotin nivelten vaatima tila tulee huomioida ja hitsauspolttimella tulee olla esteetön pääsy hitsattavaan railoon.
- Liitosmuodot ja hitsausasento: Robottihitsauksessa paras liitosmuoto on T-liitos, jossa langan kohdistusvaatimus on vain noin neljäsosa päittäisliitoksen kohdistusvaatimuksesta. Paras hitsausasento on jalkoasento, joka sallii noin 1,5 kertaiset sijaintipoikkeamat vaaka- ja pystyasentoihin nähden.
- Osien oikea mittatarkkuus: Robottihitsaus vaatii osavalmistukselta hieman suurempaa tarkkuutta kuin manuaalinen hitsaus, jossa osavalmistuksen epätarkkuuksia voidaan kompensoida hitsaajan pelisilmällä ja joustavalla toiminnalla.
- Standardisointi: Käytetään mahdollisimman vähän erilaisia levynpaksuuksia, railogeometrioita ja a-mittoja.

(Lempiäinen & Savolainen 2002, 83-92.)

Luonnostelun alussa suunnittelun avuksi tehtiin Excel-taulukko (taulukko 4), jonka avulla pystyttiin helposti ja nopeasti näkemään uuden säiliön öljytilavuus tietyillä leveyden, syvyyden ja korkeuden arvoilla. Hitsaukseen liittyen luonnosteluvaiheessa huomio kiinnittyi lähinnä vaadittavien hitsisaumojen määrän minimoimiseen rungon osia yhdistelemällä ja särmäystä hyödyntämällä sekä yleisellä tasolla hitsauksen helpouden huomioimiseen. Öljysäiliön rungon hitsausta suunnitellaan yksityiskohtaisemmin vasta konseptin jatkokehittelyvaiheessa.

Taulukko 4. Öljysäiliön tilavuuslaskentataulukko.

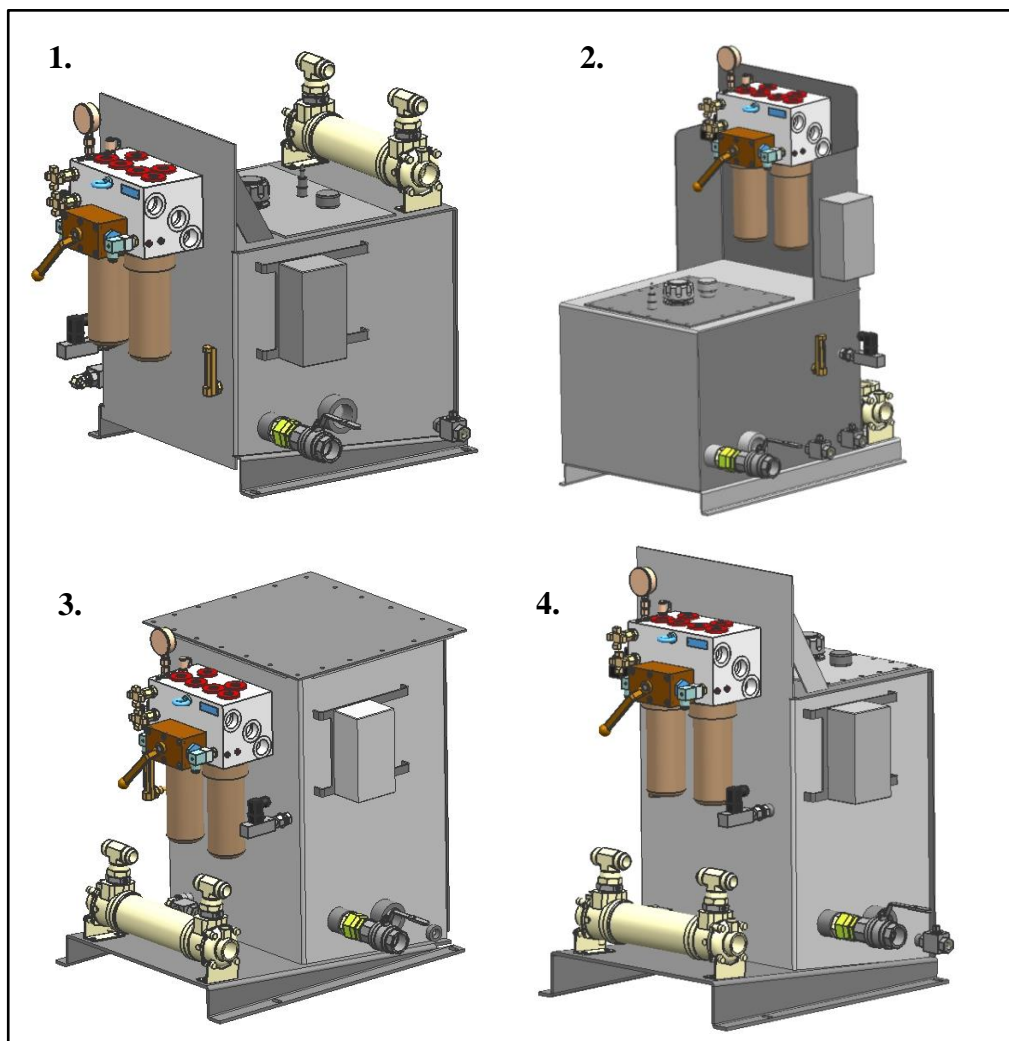
Luonnos X.		
Ulkoiset äärimitat: 1053*997*663		
Öljyosan mitat:		
Korkeus	875	mm
Leveys	495	mm
Syvyys	360	mm
Pohjan kaltevan osan korkeus	40	mm
Pohjan kaltevan osan leveys	340	mm
Säiliön suoran osan tilavuus:	155,9	dm ³
Pohjan kaltevan osan tilavuus:	3,4	dm ³
Tilavuus yhteensä:	159,3	dm³
Paisuntavara noin:	9,1	%
Öljytilavuus max.	145,0	dm³

Uusien toimivien ja vaatimukset täyttävien rakenneratkaisujen löytäminen osoittautui kuitenkin haastavaksi tehtäväksi, johtuen uuteen öljysäiliöön kohdistuvista tiukoista vaatimuksista, jotka sulkevat jo monia konstruktio mahdollisuuksia pois. Rajoittavimpina tekijöinä ovat vaatimukset lattiapinta-alan ja tilavuuden pysymisestä suunnilleen samoina kuin nykyisessäkin säiliössä. Avattavan takaseinän poistaminen ja hydraulilohkon kiinnitys ”ei öljyä vasten” tuovat myös merkittäviä rajoituksia uuteen konstruktion. Lisäksi suurimmat teräsrunkoon liitettävät komponentit eli hydraulilohko ja jäähdytin vaativat kumpikin paljon tilaa säiliön rungosta.

Öljysäiliön hitsausvaatimuksena on tällä hetkellä, että säiliön runko tulee hitsata sekä ulko- että sisäpuolelta a3 kokoisella pienahitsillä. Jos säiliö hitsattaisiin vain ulkopuolelta, niin tällöin hitsattujen levyjen väliin jäisi muutaman millimetrin levyinen rako, johon saattaisi jäädä valmistuksen jäljiltä esimerkiksi pieniä määriä hiekkapuhallushiekkaa, joka käytön aikana saattaisi sekoittua hydraulioöljyyn aiheuttaen vaurioita toimilaitteille ja hydraulipumpulle.

Hitsauksen toteuttaminen sisäpuolelta tuo kuitenkin suunnitteluun huomattavasti lisähaastetta, varsinkin kun uusi runko on tarkoitus suunnitella robottihitsaukseen sopivaksi. Suunniteltaessa huomioon tulee ottaa erityisesti säiliön sisäpuolisen hitsauksen onnistuminen huoltoluukun kautta eli luukun tulee olla riittävän suuri ja sillä korkeudella, että sen kautta ylettyy hyvin säiliön pohjalle asti. Toisaalta myöskin säiliön pintakäsittely ja huoltaminen sisäpuolelta vaativat huoltoluukulta samoja edellä mainittuja ominaisuuksia kuin hitsaus.

Luonnostelun tuloksena saatiin lopulta luotua muutamia erilaisia uuden öljysäiliön layout-vaihtoehtoja, joista seuraavassa kuvassa 7 on esitelty neljä parasta.



Kuva 7. Luonnostelun tuloksena saatuja uuden öljysäiliön layout-vaihtoehtoja.

Kaikki yllä olevassa kuvassa näkyvät layout-vaihtoehdot ovat tilavuudeltaan noin 150 litraa ja niiden vaatima lattiapinta-ala on suurin piirtein sama kuin nykyiselläkin öljysäiliöllä. Layout 1:ssä säiliön öljyosa on matala, minkä ansiosta kannella olevasta huoltoluukusta on hyvä ulottuvuus säiliön sisälle. Säiliö on kuitenkin syvyys-suunnassa noin 200 mm suurempi kuin nykyinen säiliö, johtuen etuseinässä ulokkeena olevasta hydraulilohkosta. Hydraulilohko on öljysäiliön selvästi kallein komponentti, joten vaurioiden välttämiseksi olisi hyvä, jos se olisi paremmin suojassa kuin tässä layoutissa.

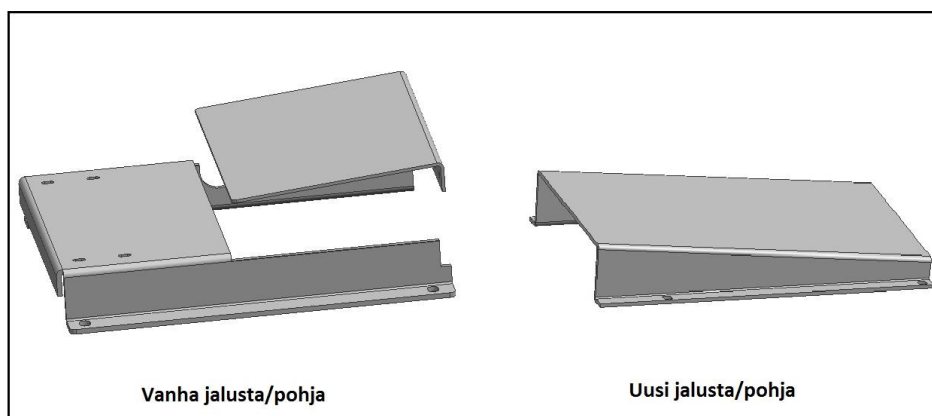
Myös layout 2:ssä huoltoluukusta on hyvä ulottuvuus säiliön sisälle ja siinä hydraulilohko on kiinnitetty säiliön takaseinään ja on hyvin suojassa. Hydraulilohkon massasta

ja toimintaympäristössä olevista värähtelyistä johtuen tässä layoutissa oleva hydraulilohkon kiinnitysratkaisu ei kuitenkaan käytön aikana todennäköisesti tulisi kestäväksi ja siitä saattaisi aiheutua huomattavaa melua.

Layout 3:ssa koko öljysäiliön kansi on pultattava, minkä ansiosta hitsaamista on vähemmän ja huoltoluukun koko on suuri. Layout 3 ei kuitenkaan täytä vaatimusta hydraulilohkon kiinnityksestä ei öljyä vasten, joten kyseinen vaihtoehto on sen vuoksi poissuljettu.

Layout 4:ssa hydraulilohko täyttää kiinnityksensä puolesta kaikki annetut vaatimukset ja säiliön ulkomitat sekä sen vaatima lattiapinta-ala ovat hyvin lähellä nykyistä säiliötä. Layout 4 valikoituikin edellä esitellyistä vaihtoehdoista yksimielisesti parhaaksi layout-vaihtoehdoksi, jota päätettiin alkaa seuraavassa vaiheessa tarkemmin jatkokehittelemään.

Nykyisessä öljysäiliössä hitsauksen kannalta hankalin kohta on kahdesta osasta koostuva jalusta/pohjarakenne, joka on vaatinut hitsaamista joka suunnasta ja jonka hitsit ovat hankalan muotoisia ja pituisia. Layout 4:ssä merkittävin osien yhdistäminen onkin uusi yhdestä osasta koostuva jalustarakenne (kuva 8), joka yksinkertaistaa huomattavasti säiliön hitsausta.



Kuva 8. Nykyisen- ja uuden öljysäiliön jalustan/pohjan rakenne. (Jalustat ovat kaltevia, jotta öljysäiliötä huollettaessa säiliö saataisiin mahdollisimman tyhjäksi öljystä.)

6.2.2 Alihankkijoiden tapaaminen

Alustavien luonnosehdotusten valmistuttua käytiin keskustelemassa öljysäiliön kolmen alihankkijan luona ja samalla tutustumassa tarkemmin heillä käytössä oleviin tuotantomenetelmiin. Erityishuomio tuotannossa kiinnittyi käytössä olevan hitsausrobotin ominaisuuksiin ja rajoitteisiin. Tapaamisten aikana käytiin läpi myös tehtyä luonnosvaihtoehtoa, pyrkien löytämään siinä olevia ongelmakohtia sekä pohdittiin miten sitä voisi edelleen kehittää.

Erityisen paljon keskustelua syntyi öljysäiliön hitsaamiseen liittyen, koska öljysäiliön rungon hitsaaminen sekä ulkoa, että sisältä tulisi olemaan haastavaa, eikä kaikkea hitsausta välttämättä pystyttäisi toteuttamaan tehokkaasti robotilla. Rungon hitsaukseen liittyen pohdittiin myös ratkaisua, jossa hitsirailot olisi viistetty siten, että hitseistä tulisi läpituokeumahitsejä, jolloin levyjen väliin ei jäisi enää rakoa ja säiliön runkoa ei näin ollen tarvitsisi enää hitsata sisäpuolelta. Hitsirailojen viistämisratkaisu todettiin kuitenkin ongelmalliseksi, koska tällöin hitsattavien levyjen välistä pääsisi lentämään roiskeita säiliön sisälle, jolloin kaikista tärkein eli säiliön sisäpuolinen laatu heikkenisi. Toki säiliön sisäpuolella voitaisiin käyttää myös juuritukea, joka estäisi sisäpuolelle tulevat roiskeet, mutta juurituen käyttö ja railojen viistäminen toisivat joka tapauksessa hitsaukseen huomattavasti lisätyötä.

Ylivoimaisesti paras vaihtoehto hitsattavuuden kannalta olisikin, jos säiliön runko voitaisiin hitsata pelkästään ulkopuolelta ilman railojen viistämistä. Tästä johtuen päätettiin, että öljysäiliön hitsausvaatimuksia arvioidaan vielä uusiksi pohtien yhdeltä puolen hitsauksen mahdollisuutta.

Toinen asia josta syntyi paljon keskustelua, oli öljysäiliössä oleva hydraulilohko, joka on tällä hetkellä selvästi öljysäiliön kallein osa. Nykyinen hydraulilohko sisältää duplex-suodattimen, jäähdyttimen vastaventtiilin sekä pienen painekytinlohkon. Kehitysehdotuksena oli, että nykyinen hydraulilohko hajotettaisiin edellä mainituiksi irrallisiksi standardikomponenteiksi, jolloin erikseen ostettujen osien yhteishinta tulisi todennäköisesti olemaan huomattavasti alhaisempi kuin arvokkaan koneistetun hydraulilohkon.

6.3 Konseptin jatkokehittely

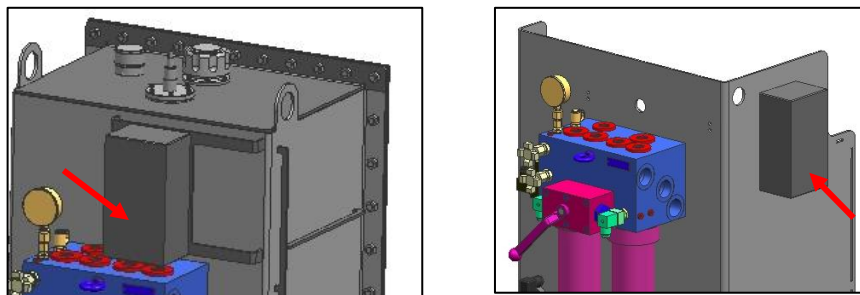
6.3.1 Öljysäiliön teräsrunгон suunnittelu

Osien yhdistäminen ja vähentäminen (DFA)

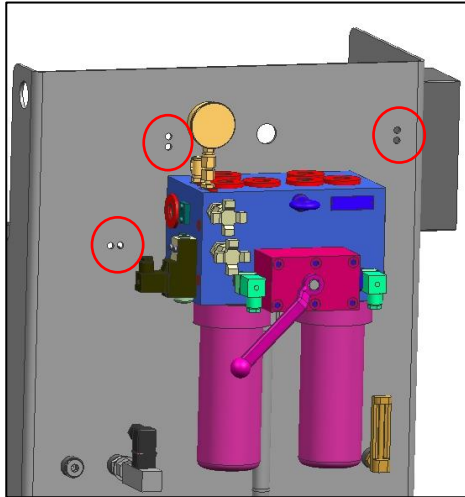
Konseptin jatkokehittelyvaihe aloitettiin pyrkimällä yhdistelemään ja vähentämään vielä lisää uuden öljysäiliönluonnoksen teräsrunгон osia. Yhtenä mahdollisena yhdistämiskohteena nähtiin nykyisen öljysäiliön rungossa olevat neljä hitsattua sidontarautaa, joihin antureilta tulevat sähkökaapelit saadaan sidottua nippusiteillä ja ohjattua kulkemaan siististi öljysäiliössä olevaan riviliitinkoteloon.

Sähkökaapeleita nykyisessä öljysäiliössä tulee pinta-, lämpötila ja painekeytkimiltä sekä hydraulilohkossa olevilta kahdelta indikaattorilta. Riviliitinkotelon vasempaan kylkeen liitetään öljysäiliöstä tulevat kaapelit ja kotelon oikeaan kylkeen joitakin telakalta tulevia kaapeleita. Nykyisessä öljysäiliössä riviliitinkotelolle on valmistettu oma telineensä, joka on pitänyt leikata, särmätä ja hitsata runkoon kiinni. Samat toimenpiteet särmäystä lukuun ottamatta on pitänyt tehdä myös sähkökaapeleita varten valmistetuille neljälle sidontaraudalle.

Uudessa öljysäiliössä kaapelien sidontaraudat korvattiin säiliön etuseinään laserleikkauksen yhteydessä tehtävillä rei'illä, joihin kaapelit saadaan siististi kiinnitettyä nippusiteillä. Myös riviliitinkotelon teline onnistuttiin korvaamaan kiinnittämällä kotelo säiliön oikealle kyljelle tehtyyn sivujäykistykseen. Lisäksi nykyisessä säiliössä ulokkeena olleet nostokorvat korvattiin tekemällä nostoreiät uudessa säiliössä oleviin sivujäykistyksiin. Edellä mainittuja muutoksia havainnollistaa kuvat 9 ja 10.



Kuva 9. Riviliitinkotelon kiinnityspaikka ja säiliön nostokohdat vasemmalla nykyisessä- ja oikealla uudessa öljysäiliössä. Riviliitinkotelo on osoitettu kuvannoissa punaisella nuolella.



Kuva 10. Sähkökaapelien sidontaa varten tehdyt kiinnityspaikat nippusiteille.

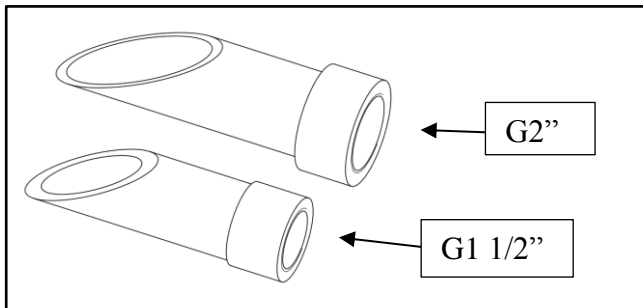
Kaapelien sidontarautojen ja riviliitinkotelon telineen lisäksi öljysäiliön teräsrunkoon hitsattavia osia ovat myös monet erilaiset muhvit, joita uuteen öljysäiliöön haluttiin vielä lisätä ulkoista suodatusyksikköä ja varasäiliötä varten. Ulkoinen suodatusyksikkö vaatisi sekä imu- että paluumuhvin ja muhvien tulisi olla G3/4” kokoisia. Varasäiliö vaatisi vain imumuhvin, joka olisi myöskin G3/4” kokoinen. Muhvien koon merkinnällä ilmaistaan muhvin sisällä olevan sisäkierteen kierretyyppeä ja tuumakokoa.

Uuteen öljysäiliöön tulisi siis seuraavanlaiset muhvit (lukumäärä, koko, käyttökohde):

- 1 kpl, G2”, imumuhvi hydraulipumpulle
- 1 kpl, G1 1/2”, imumuhvi hydraulipumpulle
- 1 kpl, G1 1/4”, pinnankorkeuden mittatikulle
- 3 kpl, G3/4”, ulkoiselle suodatinyksikölle ja varasäiliölle
- 6 kpl, G1/2”, lämpömittarille, lämpötilakytkimelle, lämpötila-anturille, huoltopumpulle sekä drain- ja tyhjennysventtiilille.

Yllä olevasta listasta huomataan, että hydraulipumpulle on tällä hetkellä olemassa kaksi erikokoista imumuhvia, koska välillä öljysäiliöön voi olla tarpeen liittää kaksi pumppua. Hydraulipumppu käyttää normaalitilanteessa pienempää eli G1 1/2” imumuhvia. Tarkemmin asiaa selvitettäessä, toisen muhvin suuremmalle G2” koolle ei löytynyt mitään ehdotonta tarvetta, joten imumuhvit päätettiin muuttaa saman kokoisiksi G1 1/2” muhveiksi, jolloin päästiin eroon yhdestä erilaisesta valmistettavasta

osasta. Kuvassa 11 näkyy aiemmin käytössä olleet erikokoiset hydraulipumpun imumuhvit.



Kuva 11. Nykyisen öljysäiliön erikokoiset imumuhvit hydraulipumpulle.

Nykyisin jokaiselle muhville on olemassa oma piirustuksensa, jossa määritellään millaisilla ulkomitoilla ja kierteellä muhvi tullaan valmistamaan. Projektin aikana yritettiin löytää standardeja, joiden avulla teräksiset muhvit voisi ostaa suoraan nimikkeellä, ilman että tarvittaisiin piirustuksia. Standardinmukaiset muhvit, jotka voisi ostaa suoraan nimikkeellä tulisivat todennäköisesti olemaan jonkin verran halvempia kuin nykyiset piirustuksen perusteella valmistetut muhvit. Juuri oikeanlaista ja kaikki vaatimukset täyttävää muhvi-standardia ei kuitenkaan löytynyt, joten muhvit tullaan ainakin toistaiseksi vielä valmistamaan piirustusten pohjalta samalla tavalla kuin nykyisinkin.

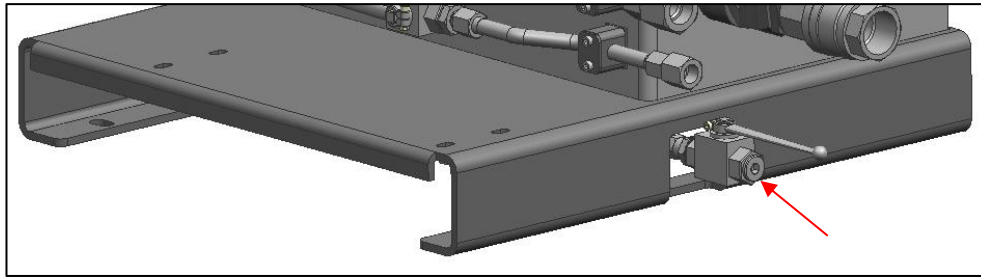
Tällä hetkellä jokaisesta öljysäiliövaihtoehdosta on olemassa kaksi eri variaatiota, joista ensimmäinen variaatio on varustettu pinnankorkeuden visuaaliseen havainnointiin tarkoitetulla mittalasilla ja toinen variaatio samaan tarkoitukseen tarkoitetulla mittatikulla. Mittalasi-variaatiolle ei kuitenkaan nähty enää mitään välttämätöntä tarvetta, joten siitä päätettiin luopua ja tarjota jatkossa vain mittatikulla varustettua versiota säiliöstä. Näkölasivariaation poistaminen vähentää öljysäiliön pääkokoonpanon osaluettelossa olevia osia kahdeksalla kappaleella sekä poistaa öljysäiliövaihtoehtojen varianttisuuden, mikä taas selkeyttää tuotehallintaa.

Öljysäiliön tilavuus ja ulkomitat

Osien yhdistelyn ja vähentämisen jälkeen alettiin pohtia tarkemmin uuden öljysäiliön rakennetta ja valmistettavuutta. Ensimmäiseksi alettiin muokata luonnosteluvaiheen tuloksena saatua uutta öljysäiliökonseptia ulkomitoiltaan ja tilavuudeltaan vaatimusten mukaiseksi. Yhdeksi tavoitteeksi ajateltiin, että öljysäiliön jalustassa olevat neljä kiinnitysreikää pysyisivät uudessa öljysäiliössä samoissa kohdissa kuin nykyisessä, jolloin uusi säiliö voitaisiin asentaa potkurilaitteeseen samoihin kiinnityspaikkoihin kuin aiemminkin. Uusien huoltoluukku- ja hydraulilohkon kiinnitysratkaisujen vuoksi säiliön öljyosan korkeudesta lähtenyt tilavuus piti kuitenkin pystyä kompensoimaan leventämällä ja/tai syventämällä hieman uutta säiliötä, jolloin jalustassa olevien kiinnitysreikien paikat tulisivat muuttumaan.

Jalustan kiinnityslaipat päätettiin kuitenkin muuttaa sisäänpäin taivutetuiksi, jolloin öljysäiliöön saatiin lisätilavuutta ilman, että kiinnitysreikien paikat muuttuvat ja säiliön vaatima lattiapinta-ala kasvaa paljoa. Jalustan kiinnityslaippojen taivutus sisäänpäin tekee myös jalustan särmäyksestä helpompaa vähentäen jalustan kääntämistarvetta särmäyksen aikana.

Lisäksi uudessa öljysäiliökonseptissa ollut uusi yhdestä osasta koostuva kalteva jalusta muutettiin suoraksi osavalmistuksen ja teräsrungon hitsauksen helpottamiseksi. Jotta öljysäiliö saataisiin huollettaessa riittävän tyhjäksi myös uudella suoralla jalustalla, siirrettiin säiliön tyhjennysventtiilin kiinnitysmuhvi säiliön pohjalle lähelle säiliön oikeaa kylkeä. Jalustan oikeaan reunaan tehtiin kolo, josta kulmaliittimellä pohjan muhviin kiinnitettävä tyhjennysventtiili tulee säiliön oikealle kyljelle hyvin saataville. Uusi tyhjennysventtiili sijoitettiin uudessa öljysäiliössä suoraan hydraulipumpun imuyhteen alle, minkä ansiosta eri puolilta säiliön runkoa ulospäin sojottavia ulokkeita on jatkossa vähemmän. Kuvassa 12 näkyy uusi jalusta ja tyhjennysventtiilin sijainti.



Kuva 12. Uusi suora jalusta, jossa kiinnitysliipat on taivutettu sisäänpäin ja tyhjennysventtiilin kiinnitys siirretty pohjaan. Tyhjennysventtiili on osoitettu kuvassa punaisella nuolella.

Ainevahvuudet ja lujuus

Öljysäiliön teräsrungon levyjen ainevahvuuksia on ohennettu melkein puolella jo aikoinaan, kun nykyistä öljysäiliötä suunniteltiin. Lujuuden puolesta vielä nykyistäkin pienemmät ainevahvuudet saattaisivat olla sallittuja, mutta levyjen ohentaminen nykyisestä lisäisi säiliön värähtelyherkkyyttä sekä hankaloittaisi hitsaamista (lämmöntuonti, muodonmuutokset) ja komponenttien kiinnitystä runkoon. Vaikka siis levyjen ohentaminen saattaisi näennäisesti tuoda säästöjä materiaalikuluissa, niin samaan aikaan valmistuksen ja käytön aikaisten kulujen määrä tulisi nousemaan ja kompensoimaan materiaalikuluista saadun kustannushyödyn.

Öljysäiliön teräsrungossa käytetty materiaali on tällä hetkellä rakenneteräs S355, johon kyseisen materiaalin hyvästä saatavuudesta ja mekaanisista ominaisuuksista. Esimerkiksi terästä huomattavasti kevyempää alumiinia ei säiliössä voida käyttää luokitustilastosten vaatimusten vuoksi. Nykyisen öljysäiliön teräsrungossa on siis käytössä kolme eri ainevahvuutta 3 mm, 5 mm ja 8 mm. Ainoa 3:n millimetrin vahvuinen levy on öljysäiliön sisällä oleva välilevy, jonka ainevahvuus päätettiin muuttaa myös 5 millimetriin, jotta päästiin eroon yhdestä ylimääräisestä ainevahvuudesta.

Pohdinnassa oli myös 8 mm vahvuisen jalustan muuttaminen 5 mm vahvuiseksi, jolloin jalustan massa kevenisi noin 15 kilogrammalla ja säiliössä olisi käytössä enää yksi ainevahvuus. Jalustan yhtenä tehtävänä on kuitenkin ottaa vastaan öljysäiliön massasta aiheutuva taivutusmomentti tilanteessa, jossa valmista potkurilaitetta kuljetetaan vaakatasossa, jolloin öljysäiliö on ulokepalkkina. Lisäksi jalustan ohentaminen lisäisi öljysäiliön värähtelyherkkyyttä, joten jalustan ainevahvuus päätettiin pitää entisellään eli 8 millimetrissä.

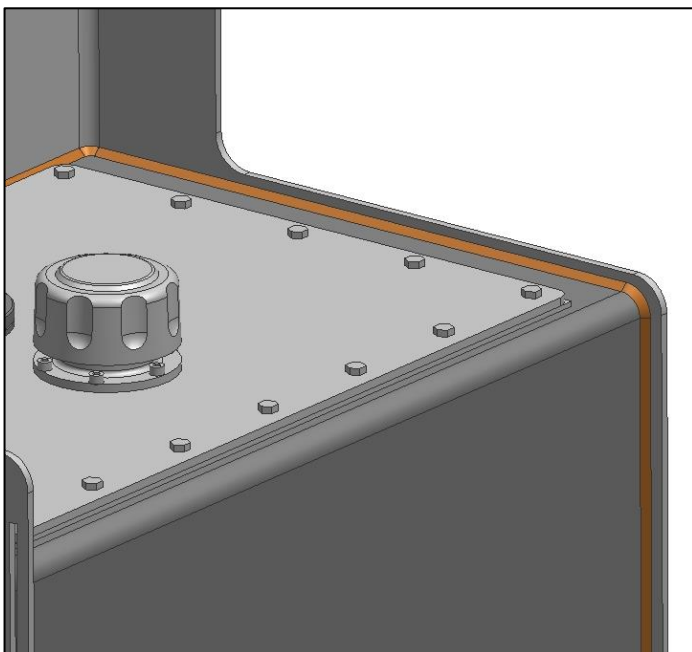
Hitsaus

Öljysäiliön alihankkijoiden näkemyksistä johtuen luonnosteluvaiheessa sovittiin, että uuden öljysäiliön hitsausvaatimuksia pitää arvioida uusiksi ja selvittää voitaisiinko säiliön sisäpuolen hitsausvaatimuksesta luopua ja hitsata uusi säiliörunko vain ulkopuolelta.

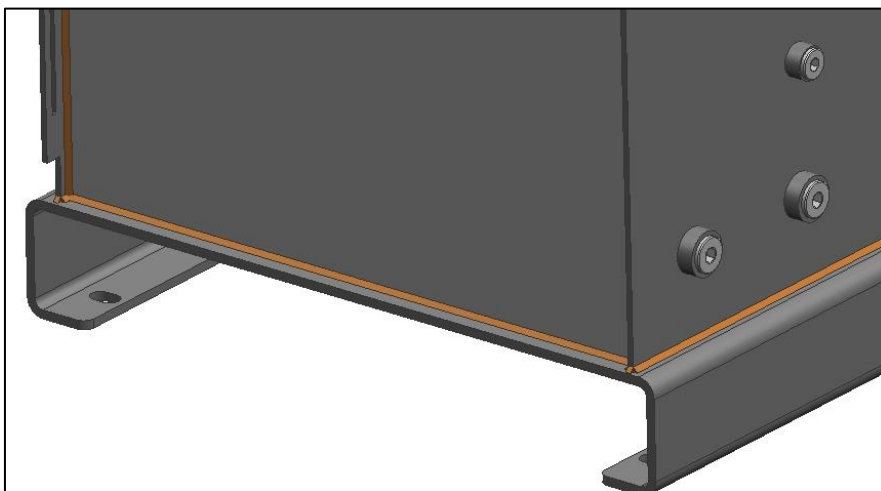
Nykyaikaisia osavalmistusmenetelmiä kuten laserleikkausta käyttäen teräsrunгон hitsattavat osat saisi valmistettua sellaisella tarkkuudella, että valmiit hitsattavat levyt asettuisivat aivan kiinni toisiinsa, jolloin levyjen väliin ei jäisi enää juuri lainkaan rakoja. Lisäksi hiekkapuhalluksen jälkeen öljysäiliön teräsrunko maalataan sekä sisältä että ulkoa, jolloin levyjen väliin jääneen raon päälle tullut maalikerros sitoisi ainakin osin mahdolliset rakoon jääneet epäpuhtaudet ja estäisi niiden sekoittumisen hydrauliöljyyn.

Yhdessä Rolls-Roycen hitsausasiantuntijan ja hydrauliiikan pääsuunnittelijan kanssa päätettiin, että huomattavasti paremman hitsattavuuden saavuttamiseksi ja ylipäättään robottihitsauksen mahdollistamiseksi, öljysäiliön molemmin puolin hitsauksesta luovutaan ja uuden öljysäiliön runko hitsataan vain ulkopuolelta. Runkoon hitsattavat muhvit tullaan kuitenkin myös jatkossa hitsamaan molemmin puolin runkoa, lukuun ottamatta uutta pohjassa olevaa tyhjennysventtiilin muhvia, joka hitsataan valmistuksen helpottamiseksi vain säiliön sisäpuolelta.

Jotta uuden öljysäiliörungon robottihitsaus olisi mahdollisimman sujuvaa, suunniteltiin kaikki uuden öljysäiliön rungon hitsiliitokset robottihitsaukseen parhaiten sopiviksi T-liitoksiksi sekä lisäksi kiinnitettiin erityishuomiota hitsausliitosten luoksepäästävyyteen, yksinkertaisuuteen sekä hitsien pituuteen ja jatkuvuuteen. Standardoinnin vuoksi kaikki öljysäiliöön tulevat hitsit päätettiin pitää a3 kokoisina pienahitseinä. Robottihitsauksen railon seurannan ja vaaputuksen helpottamiseksi sekä levyn reunan läpipalamisen estämiseksi T-liitoksiin jätettiin 12 mm uloke joka puolelle runkoa. Lisäksi säiliön U:n mallinen etuseinä ja L:n mallinen takaseinä toleroitiin siten, että levyt asettuvat tiivistä toisiaan vasten, minimoiden hitsauksen jälkeen levyjen väliin jäävän raon sekä samalla estäen hitsausroiskeiden pääsyn säiliön sisäpuolelle. Kuvissa 13 ja 14 on esimerkkejä uuden öljysäiliön teräsrunгон hitsisaumojen paikoista. Hitsisaumat on esitetty kuvissa ruskealla värillä.

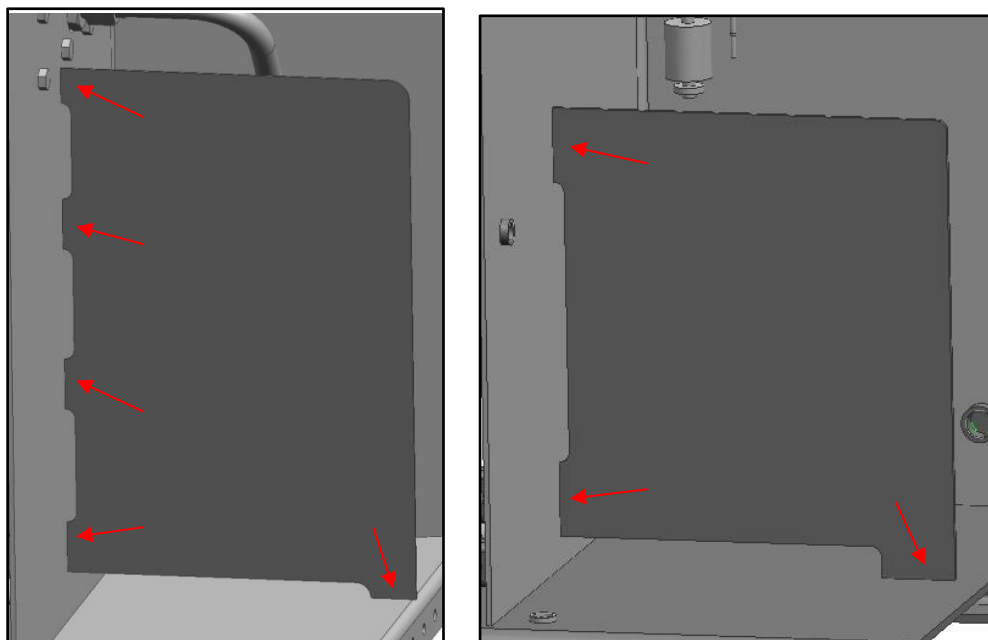


Kuva 13. Teräsrungon yläosan hitsaus ja pienahitsiä varten jätetty 12 mm uloke.



Kuva 14. Teräsrungon alaosan hitsaus.

Öljysäiliön varsinaisen teräsrungon lisäksi säiliön sisällä on välilevy, jonka tehtävänä on erottaa hydrauliohjain- ja paluupuoli toisistaan sekä hillitä öljyn heiluntaa. Nykyisessä säiliössä välilevy hitsataan muuhun runkoon kiinni viidestä kohdasta. Uuteen säiliöön tulevan välilevyn hitsausta yksinkertaistettiin siten, että se sisältää enää kolme kohtaa, joista se tulee hitsata runkoon kiinni (kuva 15).

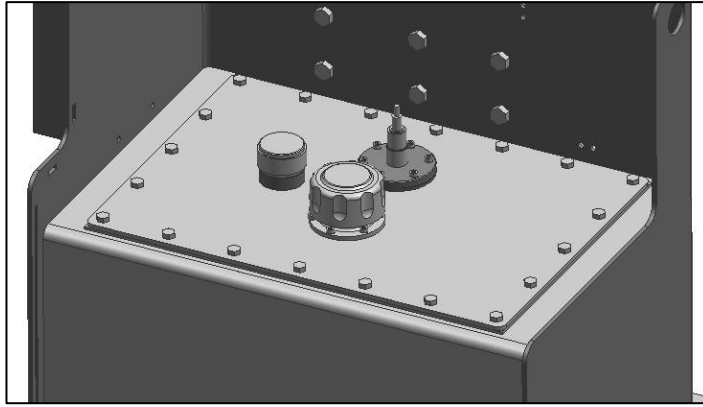


Kuva 15. Vasemmalla nykyisen- ja oikealla uuden säiliön välilevyn hitsauskohdat.

Koneistus

Nykyisen öljysäiliön teräsrungossa koneistusta vaaditaan ainoastaan kannella olevan pintakytkimen asennuslaipan- ja huohottimen kiinnitystä varten. Kumpikin edellä mainituista osista kiinnitetään kanteen kuudella M5 kokoisella pultilla. Uusi öljysäiliö vaatii kuitenkin enemmän koneistusta kuin nykyinen, koska pulteilla ja muttereilla kiinni ollut avattava takaseinä korvattiin säiliön kanteen tehdyllä huoltoluukulla, jossa kiinnitys tapahtuu pulteilla ja alimmaisessa levyssä olevien kierreareikien avulla.

Uuden huoltoluukun kiinnitystä varten kierreareikien lukumääräksi valittiin ensin 28 kpl ja kooksi M5, koska kannella olevat pintakytkimen asennuslaipan- ja huohottimen kierreareiät ovat myös M5 kokoisia. Alihankkijoiden korjausehdotusten vuoksi kannen kierreareikien lukumäärää vähennettiin kuitenkin 20 kappaleeseen ja kokoa kasvatettiin M8:ksi, koska pienen M5 kierreareiän koneistus on huomattavasti hankalampaa kuin isomman M8 kierreareiän. Kuvassa 16 näkyy uusi öljysäiliön huoltoluukku.



Kuva 16. Uuden öljysäiliön huoltoluukku ja siihen kiinnitettävät huohotin, mittatikku sekä pintakytkin ja sen asennuslaippa.

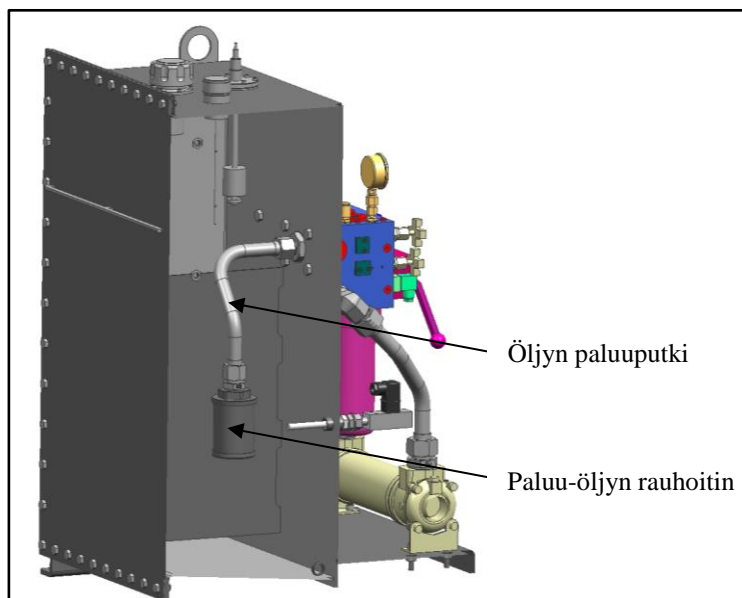
6.3.2 Hydraulikan muutokset

Öljysäiliön hydraulikomponentteihin liittyen suurin muutos jota pohdittiin, oli alihankkijan kehitysehdotus hydraulilohkon hajottamiseksi irrallisiksi standardiosiksi eli duplex-suodattimeksi, jäähdyttimen vastaventtiiliksi sekä pieneksi painekytkinlohkoksi. Standardiosat kyllä saattaisivat tulla ostettaessa edullisemmiksi, mutta samalla erilliset komponentit vaatisivat enemmän putkitusta sekä tekisivät öljysäiliöstä sekavamman näköisen, vieden uuden öljysäiliön lähemmäs ennen nykyistä säiliötä käytössä ollutta säiliötä. Hydraulilohkon totaalinen muuttaminen tulisi myös vaatimaan paljon aikaa sekä yhteistyötä hydraulilohkon valmistajan kanssa, joten tämän projektin puitteissa hydraulilohkoa ei edes ehdittäisi suunnitella uusiksi.

Pienempiä hydraulikan muutoksia piti kuitenkin vielä pohtia. Nykyisessä öljysäiliössä öljy palautuu takaisin säiliöön hydraulilohkon takaa tulevan paluuputken ja sen päässä olevan paluu-öljyn rauhoittimen kautta (kuva 17). Uuden öljysäiliön, jossa hydraulilohko ei enää ole kiinnitetty suoraan öljyä vasten, parempaa toteutumista auttaisi kuitenkin huomattavasti, jos hydraulilohkon takaa ei enää tulisi paluuputkea säiliöön.

Jos hydraulilohkon takaa tuleva paluuputki poistettaisiin, niin tällöin tulisi kehittää myös uusi ratkaisu öljyn palautukselle takaisin säiliöön. Käytännössä uusi ratkaisu tarkoittaisi siis sitä, että hydraulilohkon sisällä tällä hetkellä oleva jäähdyttimen vastaventtiili tulisi korvata erillisellä putkistoasenteisella vastaventtiilillä, jolloin hyd-

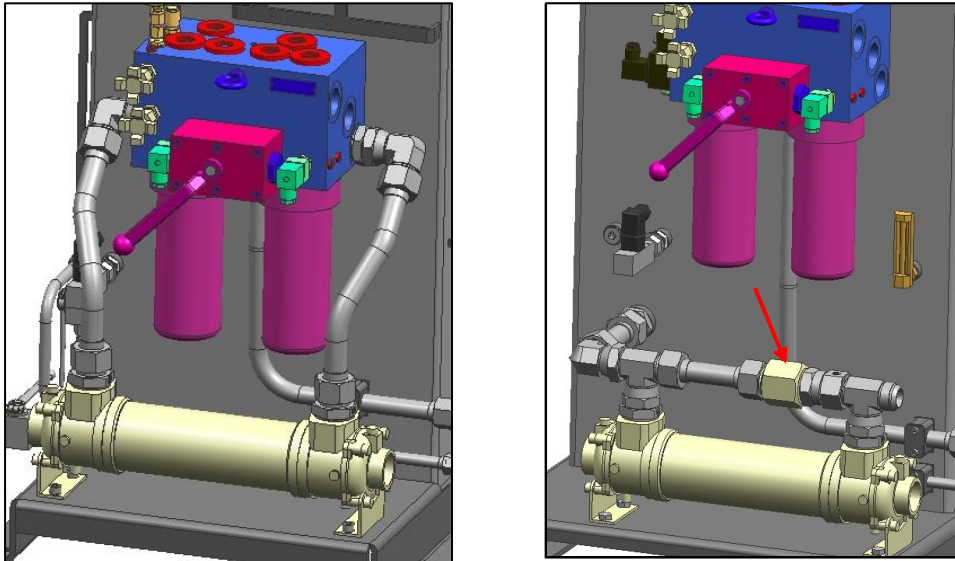
rauliöljyn paluun öljysäiliöön pystyisi paremmin uudelleensuunnittelemaan. Jäähdyttimen vastaventtiilin tarkoituksena on siis suojata hydraulipumppua ja päästää tietyn painerajan ylittyttyä öljy suoraan takaisin öljysäiliöön ilman jäähdyttimen kautta kierätystä. Edellä mainittuihin kehitysajatuksiin liittyen päätettiin kysyä hydraulilohkon toimittajalta lohkon muutosmahdollisuutta sellaiseksi, että lohkon sisällä oleva vastaventtiili sekä muutamia porauksia poistettaisiin lohkosta.



Kuva 17. Leikkauskuvanto, jossa näkyy nykyisen öljysäiliön hydraulilohkon takaa tuleva öljyn paluuputki ja sen päässä oleva paluu-öljyn rauhoitin.

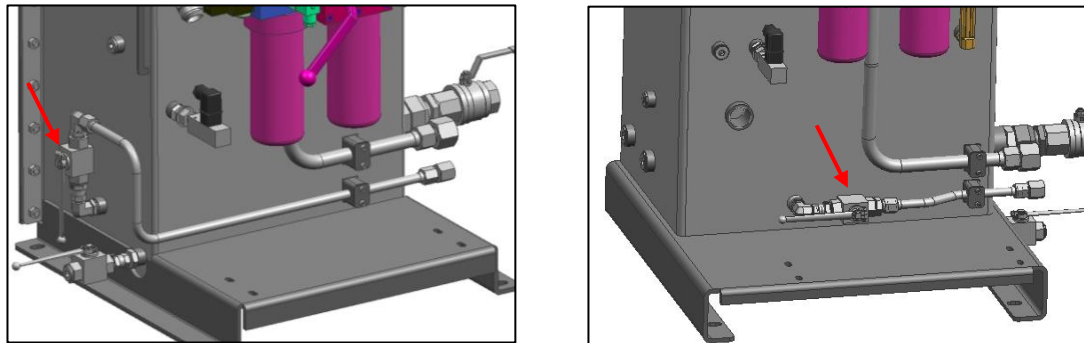
Vastauksena hydraulilohkon toimittajalta saatiin, että hydraulilohkoon halutut muutokset on mahdollista tehdä ja niiden seurauksena uuden hydraulilohkon hinta laskisi noin 8 prosenttia nykyiseen verrattuna. Tämän seurauksena päätettiin suunnitella uusi putkitus jäähdyttimen, vastaventtiilin ja öljysäiliön välille.

Uuden putkituksen suunnittelussa haasteeksi muodostui löytää sopivat jäähdyttimen ja vastaventtiilin väliin tulevat liittimet ja järjestää ne siten, että liittimien väliin tulevat hydrauliputket olisi mahdollista valmistaa. Hydrauliputkien pituus tulisi olla vähintään 100 mm, koska putkien päähän pitää pystyä tekemään liittimien vaatimat 37 asteen kartiopinnat ja lisäksi hydrauliputkeen tulevat vaippamutterit pitää mahtua asentamaan putkeen. Nykyisen öljysäiliön öljyn paluuputken päässä olevalle paluu-öljyn rauhoittimelle ei uudessa öljysäiliössä nähty enää käyttöä, joten se päätettiin jättää uudesta säiliöstä pois. Uusi jäähdyttimen, vastaventtiilin ja öljysäiliön välinen putkitus on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Jäähdyttimen putkitus. Vasemmalla näkyy jäähdyttimen putkitus nykyisessä- ja oikealla uudessa öljysäiliössä. Uusi jäähdyttimen vastaventtiili on osoitettu kuvassa punaisella nuolella.

Myös öljysäiliön muuta putkitusta yksinkertaistettiin siirtämällä hydraulimoottorin vuoto- eli drain-linja säiliön vasemmalta kyljeltä säiliön etuseinään (kuva 19). Siirron seurauksena säiliön vasemmalle kyljelle ei jäänyt enää mitään kiinteitä komponentteja.



Kuva 19. Vasemmalla nykyisen- ja oikealla uuden öljysäiliön drain-linjan sijainti osoitettuna punaisella nuolella. Kuvasta voidaan huomata myös öljysäiliön vasemman kyljen tyhjentyminen kiinteistä komponenteista.

Öljysäiliön putkitusmuutosten ansioista uudessa öljysäiliössä on yksi hydrauliputki vähemmän ja lisäksi jäljelle jääneet putket ovat yksinkertaisemman muotoisia ja paremmin sijoitettu kuin nykyisessä säiliössä. Hydraulilohkon muutoksesta saatu noin 8 prosentin lohkon hinnan lasku, korvautui kuitenkin uuden jäähdyttimen putkitusratkaisun vaatimien liittimien suuremmalla määrällä ja kalliimmilla hinnoilla. Öljysäiliössä olevat lämpötila-, pinta- ja painekeytkimet pysyvät uudessa säiliössä samoina kuin nykyisessä säiliössä.

6.3.3 Pintakäsittely

Yksi tärkeä osa öljysäiliön valmistusta on säiliön pintakäsittely, joka toteutetaan tällä hetkellä siten, että teräsrunгон kokoon-hitsauksen jälkeen runko hiekkapuhalletaan ja puhdistetaan hitsausroiskeista, jonka jälkeen runko märkämaalataan ulko- ja sisäpuolelta valkoisella pohjamaalilla. Tämän jälkeen teräsrunkoon liitetään kaikki öljysäiliöön tulevat komponentit ja osat ja lopuksi koko säiliö märkämaalataan ulkoa kaikkine komponentteineen sinisellä pintamaalilla. Säiliön pintakäsittely muodostaa kohtalaisen suuren kuluerän ja vaatii kaksi eri maalaamokäyntiä. Alihankkijoilta ehdotettiin, että voisiko öljysäiliön ylimaalauksen kaikkine komponentteineen siniseksi jättää kokonaan pois, ja antaa komponenttien olla sen värisiä kuin ne toimittajalta tullessa ovat.

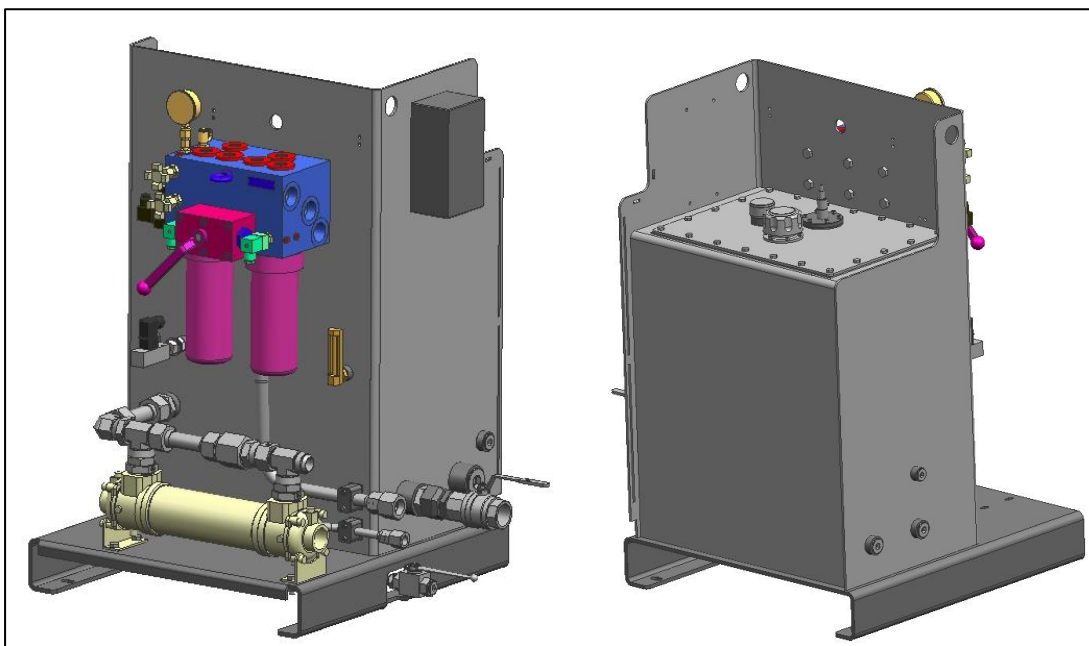
Öljysäiliön pintakäsittelystä keskusteltiin yhdessä Rolls-Roycen pintakäsittelyasiantuntijan ja hydraulikan pääsuunnittelijan kanssa. Öljysäiliön komponentteineen ylimaalauksen syynä on se, että potkurilaitteen kaikki konehuoneessa näkyvillä olevat osat ylävaihteessa on maalattu myös sinisellä, jotta saadaan aikaiseksi yhteneväinen ja siisti yleisilme koko potkurilaitteelle. Pelkän korroosiosuojan vuoksi ei siis öljysäiliössä olevia komponentteja välttämättä tarvitsisi maalata enää yli siniseksi, eli korrosionäkökulmasta komponenteille tulisi todennäköisesti riittämään niissä valmiina oleva komponenttitoimittajan tekemä pintakäsittely. Siistin- ja yhteneväisen yleisilmeen saavuttamiseksi päätettiin öljysäiliö jatkossakin maalata kaikkine komponentteineen siniseksi.

Lisäksi alihankkijat kysyivät, että voisiko öljysäiliön maalauksen toteuttaa jauhemaalauksena, joka olisi kustannuksiltaan märkämaalausta edullisempi vaihtoehto. Asiasta keskusteltaessa kuitenkin selvisi, että maalaustavan muuttaminen märkämaalauksesta jauhemaalaukseen tulisi aiheuttamaan ison, muutaman kuukauden kestävän testausrypeaman maalien ja öljyjen yhteensopivuuden varmistamiseksi. Jauhemaalauksella ei myöskään voitaisi käyttää kuin teräsrunгон maalaukseen, koska öljysäiliötä kaikkine komponentteineen ei voida komponenttien lämmönkeston vuoksi laittaa jauhemaalauksen loppuvaiheessa uuniin. Näiden syiden vuoksi märkämaalaus päätettiin pitää jatkossakin öljysäiliön maalaustapana.

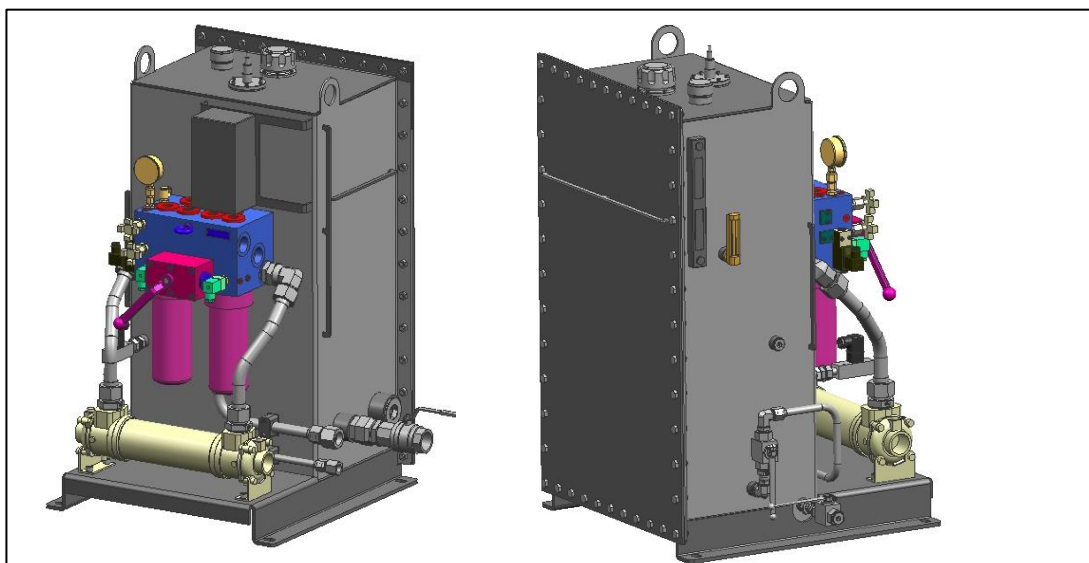
7 PROJEKTIN TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

7.1 Uuden öljysäiliön esittely

Opinnäytetyöprojektin tuloksena saatiin suunniteltua uusi vaatimuslistan vaatimukset täyttävä pitkälle kehitelty öljysäiliökonsepti, joka on ominaisuuksiltaan ja valmistettavuudeltaan huomattavasti nykyistä öljysäiliötä parempi. Uusi öljysäiliö näkyy kokonaisuudessaan alla olevassa kuvassa 20 ja vertailun vuoksi nykyinen öljysäiliö kuvassa 21.



Kuva 20. Uusi ohjaushydrauliikan öljysäiliö edestä ja takaa.



Kuva 21. Nykyinen ohjaushydrauliikan öljysäiliö edestä ja takaa.

Uuteen öljysäiliöön tehtyjen suurimpien muutosten hahmottamiseksi, uudesta säiliöstä tehtiin taulukko (taulukko 5), jossa on esitelty uuteen säiliöön tehtyjä suurimpia muutoksia ja niistä aiheutuvia hyötyjä.

Taulukko 5. Uuteen öljysäiliöön tulleet suurimmat muutokset ja niiden hyödyt.

Muutos	Hyöty
<p>Öljysäiliön teräsrunkoa yksinkertaistettu ja osia vähennetty: Pohja koostuu vain yhdestä osasta. Sähkökaapeloinnin sidontaraudat (4kpl) korvattu runkoon integroiduilla nippusiteiden kiinnitysrei'illä. Riviliitinkotelon teline korvattu kotelon kiinnityksellä sivun jäykistimeen. Imumuhvit muutettu saman kokoisiksi (G1 1/2").</p>	<p>+ Vähemmän valmistettavia ja hitsattavia osia rungossa</p>
<p>Öljysäiliön hitsattavuutta parannettu: Öljysäiliön uusi teräsrunko hitsataan vain ulkopuolelta ja se soveltuu robottihitsaukseen. Hitsauksen helppouteen kiinnitetty erityis- huomiota.</p>	<p>+ Hitsisaumojen määrä vähenee ja hitsaus helpottuu. Sisäpuolelle tulee vähemmän roiskeita. Robottihitsauksella hitsaus on tasalaatuisempaa ja nopeampaa kuin käsin.</p>
<p>Öljysäiliön avattava takaseinä korvattu kanteen sijoitetulla huoltoluukulla</p>	<p>+ Öljysäiliön taakse ei tarvitse jättää tilaa huoltamiselle ja luukun avaamiselle. Kannella oleva huoltoluukku huomattavasti helpompi avata eikä se ole suoraan öljyä vasten. Pulttien ja mutterien lukumäärä väheni 68 kappaleella.</p>
<p>Hydraulilohkon kiinnityspaikka muutettu pois "suoraan öljyä vasten" kiinnityksestä. Hydraulilohkossa ollut jäähdyttimen vastaventtiili korvattu putkistoasenteisella vastaventtiilillä ja porauksia poistettu hydraulilohkosta.</p>	<p>+ Hydraulilohkon asentaminen helpompaa. Ei tiiveysongelmia. Hydraulilohkon takaa ei enää tule paluuputkea säiliöön mikä mahdollistaa nykyisen huoltoluukukuratkaisun. Hydrauliputkien määrä vähenee yhdellä ja hydrauliputket ovat yksinkertaisempia.</p>
<p>Öljysäiliön komponenttien uudelleensijoittelu: Uudessa säiliössä komponentit, mittarit ym. sijoitettu kolmelle sivulle (etuseinä, oikea kylki ja kansi) joihin tulee olla pääsy. Nykyisessä säiliössä piti päästä käsiksi/näkemään kaikille viidelle sivulle (etuseinä, takaseinä, vasen kylki, oikea kylki ja kansi).</p>	<p>+ Käytettävyys ja huollettavuus paranee</p>
<p>Öljysäiliöön lisätty uusia yhteitä: Varasäiliölle (1x G3/4"), ulkoiselle suodatusyksikölle (2x G3/4") ja analogiselle lämpötila-anturille (1x G1/2").</p>	<p>+ Yhteiden käyttö selkeytyy: Enää ei tarvitse pohtia asiakkaan kysyessä, että mihin varasäiliö ja ulkoinen suodatusyksikkö kytketään. Lämpötila-anturin yhdettä varten on aikaisemmin ollut olemassa kokonaan oma teräsrunko, joka nyt poistuu käytöstä.</p>
<p>Öljyn pinnankorkeuden visuaalisen tarkastukseen käytetty näkölasivariaatio poistettu ja korvattu mittatikulla</p>	<p>+ Tuotehallinta selkeytyy, kun jokaisesta öljysäiliövaihtoehdosta on jatkossa käytössä vain yksi variaatio</p>

7.2 Tulosten arviointi

Nykyisen- ja uuden öljysäiliön ominaisuuksien- ja valmistettavuuden vertailun helpottamiseksi uudesta öljysäiliöstä tehtiin samanlainen ominaisuustaulukko kuin nykyisestä öljysäiliöstä tehtiin projektin selvittelyvaiheessa. Alla olevassa taulukossa 6 on esitetty sekä nykyisen että uuden öljysäiliön taulukot vierekkäin.

Taulukko 6. Nykyisen- ja uuden öljysäiliön valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden vertailua.

Nykyinen öljysäiliö		Uusi öljysäiliö	
Teräsrunko		Teräsrunko	
Massa	117 kg	Massa	124 kg
Osien lukumäärä yhteensä	109 kpl	Osien lukumäärä yhteensä	40 kpl
Osien lukumäärä ilman kiinnityselimiä	21 kpl	Osien lukumäärä ilman kiinnityselimiä	20 kpl
Erilaisia osia yhteensä	17 kpl	Erilaisia osia yhteensä	12 kpl
Hitsisaumojen pituus yhteensä	10100 mm	Hitsisaumojen pituus yhteensä	7860 mm
Särmättäviä kohtia	13	Särmättäviä kohtia	8
Koneistettavia kierrereikiä	12	Koneistettavia kierrereikiä	32
Pääkokoonpano (sis. teräsrungon)		Pääkokoonpano (sis. teräsrungon)	
Ulkoiset äärimitat (korkeus, leveys, syvyys) (mm)	1053x902x676	Ulkoiset äärimitat (korkeus, leveys, syvyys)	1045x865x720
Säiliön lattiapinta-ala (leveys, syvyys) (mm)	626x648	Säiliön lattiapinta-ala (leveys, syvyys)	653x711
Öljytilavuus max.merkissä	145 dm ³	Öljytilavuus max.merkissä	137 dm ³
Massa	210 kg	Massa	217 kg
Osien lukumäärä yhteensä	229 kpl	Osien lukumäärä yhteensä	142 kpl
Osien lukumäärä ilman kiinnityselimiä	103 kpl	Osien lukumäärä ilman kiinnityselimiä	88 kpl
Erilaisia osia yhteensä	78 kpl	Erilaisia osia yhteensä	64 kpl
Hydrauliputkia	5 kpl	Hydrauliputkia	4 kpl

Suurin muutos nykyisen- ja uuden öljysäiliön välillä on osien lukumäärän radikaali väheneminen yhteensä 87 kappaleella. Vaikka suurin osa poisjääneistä osista on kiinnityselimiä kuten pultteja ja muttereita, niin osien lukumäärä kiinnityselimet pois lukiinkin väheni 15 kappaleella. Öljysäiliön sisältämien osien lukumäärääkin tärkeämpää on säiliön sisältämien erilaisten osien eli nimikkeiden määrän väheneminen yhteensä 14 kappaleella. Osien ja nimikkeiden lukumäärän väheneminen parantaa öljysäiliön kokoonpantavuutta sekä vaikuttaa alentavasti moniin epäsuoriin kustannuksiin kuten varastointiin, ostoon, tuotehallintaan jne.

Valmistettavuuden kannalta suurin parannus uudessa öljysäiliössä on hitsauksen merkittävä helpottuminen. Hitsaus helpottui, koska uudessa öljysäiliössä on neljännes vähemmän hitsaamista kuin nykyisessä säiliössä, ja lisäksi säiliössä olevat hitsit ovat yksinkertaisia, pitkiä, standardisoituja ja helposti luoksepäästäviä. Öljysäiliön valmistusta helpottaa myös monet teräsrunosta poisjääneet levyosat kuten sähkökaapeliin sidontaraudat, riviliitinkotelon teline ja aiemmin kahdesta osasta koostuneen jalustan/pohjan toinen osa. Hieman lisätyötä teräsrunon valmistukseen tuovat kuitenkin uuteen öljysäiliöön lisätyt viisi uutta muhvia sekä uutta huoltoluukkua varten koneistettavat kierrereiät.

Öljytilavuutta uudessa öljysäiliössä on kahdeksan litraa vähemmän kuin nykyisessä, mikä hydrauliiikan pääsuunnittelijan mukaan on vielä riittävä määrä. Lisäksi öljysäiliön vaatima lattiapinta-ala kasvoi nykyiseen säiliöön verrattuna leveys-suunnassa 27 mm ja syvyys-suunnassa 63 mm. Lattiapinta-alan kasvu on kuitenkin niin vähäistä, että siitä ei vielä pitäisi koitua ongelmia.

Projektin päätteeksi alihankkijoilta kysytyistä uuden öljysäiliön teräsrunon karkeista kustannusarvioista selvisi, että uuden öljysäiliön teräsrunon hinta tulisi olemaan suurin piirtein samaa luokkaa kuin nykyisen säiliön teräsrunon hinta. Uuden teräsrunon kustannuksia lisäsivät erityisesti runkoon lisätyt viisi uutta muhvia sekä nykyisessä säiliössä olleiden huonoiksi todettujen takaseinä- ja hydraulilohkon kiinnitysratkaisujen korvaaminen uusilla paremmin toimivilla ratkaisuilla. Edellä mainittujen muutosten tuomia lisäkustannuksia kuitenkin kompensoi teräsrunon uusi yksinkertaisempi vähemmän osia sisältävä rakenne, joka pystytään tulevaisuudessa hitsaamaan kokoon robotin avulla.

Saadut kustannusarviot ovat kuitenkin vasta alustavia ja saattavat vielä laskea, kun pyydetään virallisia tiukkoja tarjouksia ja otetaan huomioon tilausmäärät ja riittävä tuotantovolyyymi. Muuttuvien kustannusten eli valmistuskustannusten pysyminen samassa tasossa kuin nykyisessä öljysäiliössä oli kuitenkin yksi projektin päätavoitteista, joten tässä kohtaa tavoitteisiin päästiin. Valmistuskustannusten lisäksi huomioon tulee ottaa, että uusi öljysäiliö vaikuttaa moniin kiinteisiin kustannuksiin alentavasti, johon tuen öljysäiliön sisältämien osien ja erilaisten nimikkeiden lukumäärän radikaalista vähenemisestä. Lisäksi nykyisessä öljysäiliöissä olleista ongelmakohtista päästiin

eroon ja öljysäiliön käytettävyyttä, ominaisuuksia ja valmistettavuutta onnistuttiin parantamaan merkittävästi, joten myöskin tässä kohtaa päästiin projektin tavoitteisiin.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella työn toimeksiantaja Rolls-Royce Oy Ab:lle uusi potkurilaitteen ohjaushydrauliikan öljysäiliö. Tavoitteena oli suunnitella uusi öljysäiliö siten, että se olisi sekä ominaisuuksiltaan että valmistettavuudeltaan huomattavasti nykyisin käytössä olevaa öljysäiliötä parempi ilman, että sen kustannukset nousisivat nykyiseen öljysäiliöön verrattuna.

Projektin tuloksena saatiin suunniteltua projektin alussa laaditun vaatimuslistan vaatimukset täyttävä pitkälle kehitelty konsepti uudesta öljysäiliöstä. Uusi öljysäiliö on mahdollista hitsata robottihitsausta hyväksikäyttäen ja se sisältää huomattavasti vähemmän osia kuin nykyinen öljysäiliö. Uuden öljysäiliökonseptin pohjalta pystytään tämän projektin jälkeen laatimaan yksikäsitteisesti uuden säiliön lopulliset valmistuspiirustukset, joiden myötä uusi öljysäiliö voidaan ottaa käyttöön.

Erityisen haastavaa projektissa oli haluttuun kustannustavoitteeseen pääseminen, koska erilaisia öljysäiliön laadun- ja ominaisuuksien parannusajatuksia oli esillä paljon ja välillä piti tehdä tarkkaa arviointia, jotta tehdyiksi tulisivat sellaiset muutokset joiden hyöty/lisäkustannus-suhde on riittävän hyvä. Haastavaa projektissa oli myös monen eri alihankkijan kanssa yhteistyön tekeminen, koska huomioon piti ottaa alihankkijoiden erilaiset valmistusmenetelmät ja toimintatavat. Lisäksi luonnollisesti kaikilta alihankkijoilta ei saatu vastauksia aina samaan aikaan, minkä vuoksi joitakin päätöksiä jouduttiin välillä tekemään ilman kaikkien mielipiteiden kuulemista. Projekti oli myös laajuudeltaan kohtalaisen laaja ja jälkeenpäin ajateltuna sitä olisi voinut rajata vielä hieman lisääkin.

Oppimiskokemuksen kannalta laajan, monipuolisen ja haastavan projektin tekeminen oli kuitenkin erittäin hyvä asia ja antoi arvokasta käytännön kokemusta oikean tuotekehitysprojektin kokonaisvaltaisesta toteuttamisesta ja siihen sisältyvistä haasteista.

Lopuksi haluan lausua kiitoksen projektissa tiiviisti mukana olleille alihankkijoille, hydrauliikan pääsuunnittelija Markku Hyöriselle, sekä lukuisille muille projektissa

avustaneille henkilöille. Kiitos myös Rolls-Roycellle mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta ja opinnäytetyön tekemisen mahdollistamisesta sekä opinnäytetyön ohjaajaleni Jarmo Juusolle työni ohjauksesta.

LÄHTEET

Boothroyd, G. Dewhurst, P. & Kight, W. 2011. Product Design for Manufacture and Assembly. 3. p. Taylor & Francis Group.

Engineersedge www-sivut. Viitattu 19.2.2017. <http://www.engineersedge.com>

James G. Bralla. 1999. Design for manufacturability. New york: McGraw-Hill.

Lempiäinen, J. & Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu – Puoliksi valmistettu. Helsinki: Hakapaino Oy.

Kauranne, H., Kajaste, J., Vilenius, M. 2013. Hydraulitekniikka. 2. uud.p. Helsinki: Sanoma Pro.

Keskitalo, A. 2017. Hydraulikkasuunnittelija, Rolls-Royce Oy Ab. Rauma. Henkilökohtainen tiedonanto 30.1.2017.

Merikoski, J. Potkurilaitteen sähkökääntö. Vastaanottaja: raitio.aleksi@gmail.com. Lähetetty 1.2.2017 klo 8.12. Viitattu 1.2.2017.

Rolls-Royce Oy Ab:n intranet-sivut. Company Profile. Viitattu 19.1.2017. Ei saatavilla.

Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta. 2017. Viitattu 28.1.2017.

Rolls-Royce plc. www-sivut. Viitattu 20.1.2017. <http://www.rolls-royce.com>

Swift, K. & Brown, N. 2003. Implementation Strategies for Design Manufacture Methodologies. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part B - Engineering Manufacture.