

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Meritekniikka

2014

Tuukka Vihtakari

SUURTEN TUOTTEIDEN MODULAARISUUS

– Meritekniikasta prosessiteollisuuteen



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Meritekniikka

2014 | 38

Lauri Kosomaa & Veli-Matti Rajala

Tuukka Vihtakari

SUURTEN TUOTTEIDEN MODULAARISUUS

Tämän insinööriyön tarkoitus on selvittää valkeakoskelaisen Anpap Oy:n toimeksiannosta, onko heidän markkinoimansa pölysuodattimen rakenne mahdollista järkevästi muuttaa integroidusta modulaariseksi. Yritys pyrkii selvityksen avulla kilpailukykyisemmäksi maailmanlaajuisilla markkinoilla, välttämään turhaa työtä sekä parantamaan kustannustehokkuutta.

Työssä esitellään modulaarisuutta käsitteenä, meritekniikan modulaarisia sovelluksia, nykyisen pölysuodattimen konstruktiota ja kustannusongelmia sekä ehdotetaan parannuksia konstruktion kustannustehokkuuteen teknisestä laadusta/tasosta tinkimättä.

Tämän työn pohjalta lähdettiin kehittämään uutta, modulaarista pölysuodatinta, joka olisi valmistustekniikan ja maantie-/merikuljetusten osa-alueelta edeltäjänsä parempi/kustannustehokkaampi.

Alustavien laskelmien mukaan pölysuodattimen rakennetta muuttamalla saavutettaisiin mittavia säästöjä sekä kuljetus- että materiaalikustannuksissa. Tuotteen muokattavuus ja kokoonpantavuus paranisi huomattavasti ja toimitusajat lyhenisivät.

ASIASANAT:

Modulaarisuus, pölyntorjunta, prosessiteollisuus, meritekniikka

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bachelor of Engineering | Marine Technology

2014 | 38

Lauri Kosomaa & Veli-Matti Rajala

Tuukka Vihtakari

MODULARITY OF LARGE PRODUCTS

This Bachelor's thesis is made for Anpap Oy, located in Valkeakoski, Finland. The subject is to find out, if it's reasonably possible to change the construction of their dust filter from integral to modular. With the help of this thesis, the company tries to avoid excess work, improve cost efficiency, and improve its capability to compete in global market.

This thesis includes modularity in theory and modularity in naval industries. The thesis goes through the current dust filter concept and gives suggestions, how to make it more cost effective, without compromising the quality.

Based on this thesis, a new, better, modular dust filter is being developed.

KEYWORDS:

Modularity, process industry, dust suppression, marine technology

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Insinööriyön tausta	7
1.2 Toimeksiannon esittely	8
1.3 Yrityksen esittely	9
2 MODULAARISUUS	10
2.1 Määritelmä	10
2.2 Positiiviset sekä negatiiviset vaikutukset tuotteelle sekä yritykselle	10
2.3 Modulaarinen rakenne vs. integroitu rakenne	12
2.4 Modulaarinen tuoterakenne	14
2.5 Ohjaavat tekijät sekä tuotteen elinkaari	16
3 MODULAARISUUS MERITEKNIKASSA	21
3.1 Modulaarinen hytti	21
3.2 Modulaarinen hissi	23
3.3 Meritekniikasta prosessiteollisuuteen	25
4 KUIVAPAPERIKONEEN PÖLYSUODATTIMEN MODULOINTI	26
4.1 Pölysuodattimen rakenne	26
4.2 Nykyisen rakenteen toiminnallisuus ja varjopuolet	28
4.3 Rakenteen uudelleensuunnittelu modulaariseksi	28
4.4 Modulaaristen konseptien muodostaminen	29
4.5 Moduulien kuljetus	34
5 TULOSTEN TARKASTELU	35
6 YHTEENVETO	36
LÄHTEET	37

KUVAT

Kuva 1. Peräkärri, integroitu tuoterakenne.	13
Kuva 2. Peräkärri, modulaarinen tuoterakenne.	13
Kuva 3. Modulaarisuuden eri tyyppejä.	15
Kuva 4. Moduulin osoitusmatriisi - MIM.	17
Kuva 5. Rajapintamatriisi.	19
Kuva 6. Hyttimoduuli ilman lattiaa.	22
Kuva 7. Modulaarisen hytin rakenne.	22
Kuva 8. KONE MonoSpace-hissi.	23
Kuva 9. Hissin nosto laivaan.	24
Kuva 10. Pölysuodatin Anpap.	27
Kuva 11. Moduuli a.	30
Kuva 12. Moduuli a, neljän moduulin kokoonpano.	31
Kuva 13. Osasuurennos pulttiliitoksesta.	32
Kuva 14. FEM-analyysi.	32
Kuva 15. Moduuli b, ilman rei'itystä.	33

TAULUKOT

Taulukko 1. Viisi modulaarisen järjestelmän eri tyyppiä.	14
Taulukko 2. QFD-matriisi.	16
Taulukko 3. Tuotteen modulaarisuutta ohjaavat tekijät.	18

KÄYTETYT LYHENTEET

MFD	Modular Function Deployment - Systemaattinen tuotekehitysmenetelmä modulaaristen tuotteiden ja tuoteperheiden suunnittelemiseksi
DFX	Design for X – suunnittelun painottaminen tiettyyn asiaan/alaan
DFA	Design for Assembly – Kokoonpanoystävällinen suunnittelu
DFM	Design for Manufacturing – Valmistusystävällinen suunnittelu
DFMA	Design for Manufacture and Assembly – Valmistus- ja kokoonpanoystävällinen suunnittelu
MIM	Module Indication Matrix - Moduulin osoitusmatriisi
QFD	Quality Function Deployment – Tuotekehitysmenetelmä
KONE	Kone Oy – Suomalainen osakeyhtiö
Pöly-	
suodatin	Viitataan sellupölysuodattimeen
Pöly	Viitataan sellupölyyn
FEM	Finite element method - Lujuuslaskenta
Yläosa	Viitataan sellupölysuodattimen suodatinkammion yläosaan
Alaosa	Viitataan sellupölysuodattimen suodatinkammion alaosaan

1 JOHDANTO

1.1 Insinööriyön tausta

Esivalmistus ja mittavat moduuliratkaisut ovat olleet meritekniikassa arkipäivää jo vuosikymmeniä. Kustannustehokkuus, tilojen maksimaalinen hyödyntäminen ja toiminnallisuus ovat olleet aina vahvasti läsnä meritekniikassa. Edellä mainitut asiat ovat vuosia ajaneet kehitystä eteenpäin tehden meritekniikasta yhden innovatiivisimmista ja kehittyneimmistä teollisuuden aloista maailmassa. Jatkuva asioiden kehittäminen ja uuden kokeilu luovat uusia toimintatapoja ja konsepteja joita kannattaa soveltaa myös muihin teollisuuden aloihin, esimerkiksi prosessiteollisuuden laitteistoihin.

Tässä insinööriyössä on käytetty meritekniikan innovatiivista ajattelutapaa kivi- ja paperikoneen pölysuodattimen kehittämistyössä tarkoituksena luoda toimiva ja edistysellinen tuote toimivuudesta tinkimättä. Kun nykyisen pölysuodattimen esiasteet suunniteltiin 80- ja 90-lukujen vaihteessa, materiaalivalinnat ja työstötavat valittiin kyseisen aikakauden mukaan. Toiminnallisuus on ollut tärkeintä, eikä tuotanto- ja asennuskuluihin ole kiinnitetty niin suurta huomiota, kuin tänä päivänä kiinnitetään. Työstömenetelmien kehittyminen viimeisen 30 vuoden aikana on ollut erittäin suurta. Aikanaan levyille tehdyt kalliit erikoistyöt, ovat tänä päivänä täysin normaalia konepajoilla tehtävää levytyöstöä. Nykyään automatisoidulla koneella tehtävä levytyöstö on suurilta osin syrjäyttänyt ihmisten tekemän, niin sanotun manuaalisen levytyöstön, silloin kun puhutaan suurissa määrissä valmistetuista kappaleista.

Automatisoidusta levytyöstöstä tekevät taloudellisesti kannattavaa

- Kustannukset
- Nopeus
- Monipuolisuus
- Laatu

Automatisoitu leikkuri käyttää tehokkaasti koko materiaalin hyväksi. Työn suorituksessa automatisoitu leikkuri on paljon manuaalista nopeampi ja sillä voidaan helposti tehdä myös haastavia muotoja. Koska automatisoidulla leikkurilla saadaan tyypillisesti toistuva, tarkka työn jälki, on työn jälki laadukasta. Automaattinen laite pystyy usein tekemään kappaleen lähes asennus- tai maalausvalmiiksi, koska levyä pystytään leikkaamaan, kanttaamaan, taivuttamaan sekä reiättämään samalla laitteella.

1.2 Toimeksiannon esittely

Tämä insinööri työ on tehty Anpap Oy:n toimeksiantona. Pää tavoitteena on selvittää, voidaanko moduuliajattelua soveltaa prosessiteollisuuden laitevalmistuksessa ja olisiko prosessiteollisuudessa mahdollista hyväksikäyttää meritekniikan toimintatapoja. Toimeksiannon keskeisimpänä tavoitteena on kuivapaperikoneen pölysuodattimen kehitys valmistus- ja kuljetusystävällisempään suuntaan, sekä näillä tavoin kulujen vähentäminen. DFMA:ta ja modulaarisuuden periaatteita pyritään mahdollisimman tehokkaasti hyödyntämään pölysuodattimen kehittämisessä. Prosessitekniinen toimivuus ja suurten rakenteiden jäykkyys/stabiliteetti tulee olla vähintään nykyisellä tasolla. Moduloinnissa aihe rajataan koskemaan vain yläpaneeleita. Ilman aiheen rajausta, työstä tulisi erittäin laaja, eikä se siten olisi soveltuva insinööri työksi. Aihetta käsitellään teoreettisesti.

1.3 Yrityksen esittely

Anpap Oy on suomalainen kuivapaperialan yritys, joka sijaitsee Valkeakoskella. Anpap Oy:n tuotteisiin kuuluvat täydelliset kuivapaperilinjat, vanhojen koneiden päivitys ja modernisointi, tuotekehitys, koelinjat sekä varaosat. Yritys tarjoaa myös konsultointipalveluita sekä kuivapaperin tuottajille että muille asiakkailleen. Yritys aloitti toimintansa vuonna 2002 ja työllistää tällä hetkellä 9 henkilöä. Yritys teettää kaiken valmistuksen, asennustyön ja osan suunnittelusta alihankintana, mutta valvoo työt ja vastaa kaikesta laitteistosta sekä prosessista itse. Anpap Oy käyttää suureksi osaksi suomalaisia resursseja/yrityksiä, mutta sillä on alihankkijoita myös muun muassa Saksassa, Japanissa, Ranskassa ja USA:ssa, asiakkaat ovat enimmäkseen Suomen ulkopuolella toimivia kansainvälisiä yrityksiä.

2 MODULAARISUUS

2.1 Määritelmä

Modulaarisuudelle ja moduulille ei ole yksiselitteistä määritelmää kirjallisuudessa, koska eri tutkijoiden käsitys modulaarisuudesta vaihtelee. Lähtökohtana modulaarisuuden määrittelyyn, käytetään usein osakokoonpanon toiminnallisuutta. Moduloinnilla käytännössä tarkoitetaan tuotteen jakamista omiin itsenäisiin yksikköihinsä(moduuleihin). Moduuleille on määritelty tarkasti vakiona pidettävät rajapinnat, jotka mahdollistavat sekä moduulien vaihdettavuuden että yhdistettävyyden. Näin saadaan tehtyä järkevästi mahdollisimman suuri määrä standardikomponentteja, joten tuotevariaatiot ovat helpompia hallita, koska tuotteen muokkauksen vaikutukset voidaan rajata vain tiettyyn tuotteen osaan(moduuliin). (Österholm & Tuokko 2001, 8; Koukkunen 2010, 14; Tiimonen 2012, 3.)

2.2 Positiiviset sekä negatiiviset vaikutukset tuotteelle sekä yritykselle

Tuotteen moduloinnilla on sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia yrityksen toimintaan. (Pahl & Beitz 1990, 448-451; Österholm & Tuokko 2001, 8-9; Tiimonen 2012, 4). Seuraavassa on joitakin esimerkkejä sekä positiivisista että negatiivisista vaikutuksista tuotteelle ja yritykselle.

Positiiviset vaikutukset

- Moduloinnin avulla voidaan lyhentää tuotteiden tuotekehitysaikaa, esimerkiksi rinnakkaistamalla suunnittelua. Tämä pienentää niitä markkinoiden ja käytettävän teknologian riskejä, jotka liittyvät uusien tuotteiden kehittämiseen. Esimerkiksi kysyntä/tarjonta-suhteen pitäminen neutraalina markkinoilla, sekä tuotantovarmuus teknologiapuolella.
- Tuotteisiin tehtäviä muutoksia pystytään nopeuttamaan, koska muutoksista aiheutuvat vaikutukset koskevat vain tiettyä osaa tuotteesta.

- Kokoonpanoa voidaan rinnakaistaa, jolloin modulointi lyhentää tuotannon läpimenoaikaa.
- Sarjatyön mahdollisuus valmistuksessa.
- Laatu paranee tuotannossa, koska kaikki toiminnalliset yksiköt ovat erillisesti testattavia moduuleita.
- Markkinat jakautuvat useisiin segmentteihin, jolloin moduloinnin ohjauksiksi tekijöiksi tulevat aina asiakastarpeet ja käyttöympäristö, tämä takaa asiakkaalle oikean tuotteen oikeaan paikkaan.
- Asennus on sekä helpompaa että nopeampaa, koska tuotteet ja niiden rajapinnat ovat tarkemmin suunniteltuja.

Negatiiviset vaikutukset

- Erikoistoivomuksia valmiiseen tuotteeseen on mahdollisesti hankala toteuttaa.
- Muutoksia ei kannata tehdä lyhyellä tähtäimellä.
- Kehityskustannukset ovat korkeammat, johtuen tarkemmasta suunnittelusta.
- Tuote/idea helpommin kopioitavissa moduulista.
- Laitteilla mahdollisesti huonompi hyötysuhde.
- Kaikkia asiakkaan toiveita ei välttämättä voida täydellisesti toteuttaa.
- Mikäli moduulit on suunniteltu huonosti, aiheutuu varmasti mittavia lisäkustannuksia muutoksista sekä asennuksesta.

2.3 Modulaarinen rakenne vs. integroitu rakenne

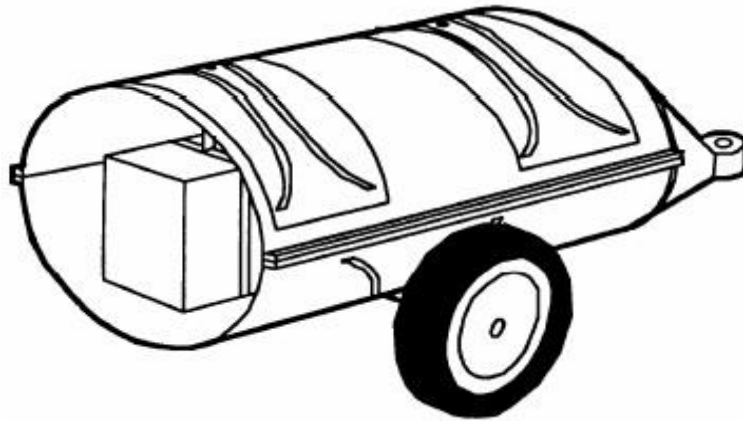
Integroitu rakenne käsittää tyypillisesti seuraavia asioita (Schiffauerova, s4):

- Yleensä useampi kuin yksi komponentti.
- Yleensä yksi komponentti suorittaa useampaa kuin yhtä toimintoa.
- Yleensä komponenttien väliset vuorovaikutukset eivät ole tarkasti määritettyjä

Integroidun rakenteen etuina ovat tietyissä tapauksissa, alentuneet tuotantokustannukset ja suorituskyvyn nousu. Haittapuolena integroidussa rakenteessa on muutosten laatiminen. Se saattaa osoittautua erittäin ongelmalliseksi ja vaatia suuria tuotteen muokkauksia. (Schiffauerova, s4)

Esimerkkinä sekä integroidulla- (kuva 1.), että modulaarisella tuoterakenteella (kuva 2.) valmistetut peräkärret, sekä osat jotka vaikuttavat peräkärren toiminnallisuuteen. Integroitu tuoterakenne. (Schiffauerova, s6):

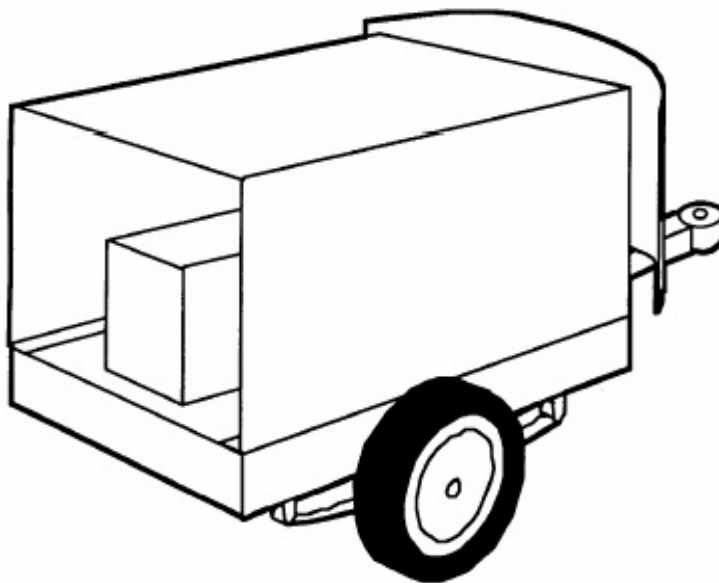
- Renkaat siirtävät voimat tiehen.
- Alaosa ottaa vastaan kuormasta johtuvat voimat, tukee peräkärren rakennetta, sekä suojaa sääolosuhteilta.
- Yläosa ottaa vastaan kuormasta johtuvat voimat, tukee peräkärren rakennetta, sekä suojaa sääolosuhteilta.
- Keulaosa ottaa vastaan kuormasta johtuvat voimat, tukee peräkärren rakennetta, suojaa sääolosuhteilta, vähentää ilmanvastusta ja mahdollistaa peräkärren kytkemisen kulkuneuvoon.



Kuva 1. Peräkärri, integroitu tuoterakenne. (Schiffauerova, s6)

Modulaarinen tuoterakenne (Schiffauerova, s5):

- Renkaat sekä akselisto kannattavat kuormasta johtuvat voimat ja siirtävät ne tiehen.
- Jousitus/alusta kannattelee kuormaa, vaimentaa kuorman liikkeitä ja parantaa ajo-ominaisuuksia.
- Kuomu suojaa sääolosuhteilta.
- Keulasuoja vähentää ilmanvastusta.
- Aisa mahdollistaa peräkärryn kytkemisen kulkuneuvoon.



Kuva 2. Peräkärri, modulaarinen tuoterakenne. (Schiffauerova, s5)

2.4 Modulaarinen tuoterakenne

Modulaarisessa tuoterakenteessa on kaksi ominaisuutta (Österholm & Tuokko 2001, s9)

1. Moduuleilla voidaan toteuttaa yhtä tai useampaa toimintoa.
2. Välttämätöntä tuotteen perustoiminnoille on, että vuorovaikutukset moduulien välillä ovat tarkoin määriteltäviä.

Ideallisen tuotteen mallissa yksi toiminto on toteutettu yhdessä moduulissa ja vuorovaikutukset moduulien välillä ovat mahdollisimman vähäisiä ja hyvin määriteltäviä. Edellä mainittu rakenne mahdollistaa yksittäisten moduulien muutokset ilman, että tuotteen muihin moduuleihin olisi tehtävä muutoksia, jotta tuote toimisi oikein. Kun moduulirakennetta luodaan, pyritään moduulien kokonaismäärä pitämään minimissä, kuitenkin täyttäen kaikki tarvittavat asiakastarpeet. Jos jokaisesta asiakastarpeesta tehdään oma moduuli, niin tulevaisuudessa vanhoja asiakastarpeita ei välttämättä tarvitse poistaa, vaan jälleen voidaan lisätä uusi moduuli kokonaisuuteen, joka täyttää uudet asiakastarpeet. Kaikki moduulit joista tuotteet muodostetaan, voidaan jakaa yhteensä viiteen eri tyyppiin moduulien ja rajapintojen mukaan, nämä ovat esitelty taulukossa 1. (Österholm & Tuokko 2001, s9-10)

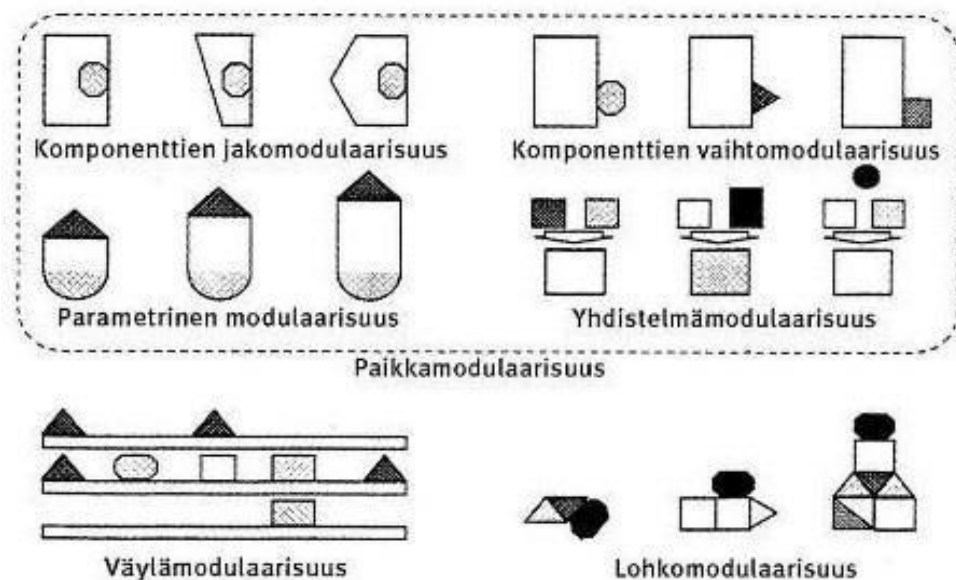
Taulukko 1. Viisi modulaarisen järjestelmän eri tyyppiä. (Österholm & Tuokko 2001, 10)

Suljettu järjestelmä	Komponenttinvaihtomodulaarisuus	Paikkamodulaarisuus
	Komponenttienjakomodulaarisuus	
	Parametrinen modulaarisuus	
	Väylämodulaarisuus	Väylämodulaarisuus
Avoin järjestelmä	Lohkomodulaarisuus	Lohkomodulaarisuus

Paikka-, väylä- ja lohkomodulaarisuus ovat tyypit, joihin modulaarisen järjestelmän tuotteet on tyypillisesti ryhmitelty (kuva 3.). Paikkamodulaarisuus on mahdollista jakaa kolmeen eri tyyppiin (Österholm & Tuokko 2001, 10-12):

- Komponenttinvaihtomodulaarisuus, samaan perustuotteeseen voidaan yhdistää vähintään kaksi eri komponenttia.
- Komponenttienjakomodulaarisuus, useat eri tuotteet voivat käyttää samaa komponenttia.
- Parametrinen modulaarisuus, rakenteessa standardikomponentteja yhdistetään parametrisesti muunneltavaan moduuliin.

Neljäntenä tyyppinä paikkamodulaarisuudessa voidaan pitää yhdistelmämodulaarisuutta (kuva 3.), joka on kolmen edellisen modulaarisuustyyppin yhdistelmä. Väylämodulaarisuudessa käytetään perusväylää, johon on mahdollista liittää väylään sopivia, standardoituja moduuleita. Lohkomodulaarisuudessa standardoiduilla rajapinnoilla varustetut moduulit voidaan yhdistää toisiinsa mielivaltaisesti. (Österholm & Tuokko 2001, s10-11)



Kuva 3. Modulaarisuuden eri tyyppiä. (Österholm & Tuokko 2001, s11)

2.5 Ohjaavat tekijät sekä tuotteen elinkaari

Modular Function Deployment (MFD) -menetelmä on viidestä päävaiheesta koostuva, modulaaristen tuotteiden kehittämiseen suunniteltu systemaattinen prosessi. MFD-menetelmän päävaiheet ovat (Österholm & Tuokko 2001, 12):

1. Asiakastarpeiden selvittäminen
2. Teknisten ratkaisujen valinta
3. Modulaaristen konseptien muodostaminen
4. Modulaaristen konseptien arviointi
5. Moduulikohtainen suunnittelu

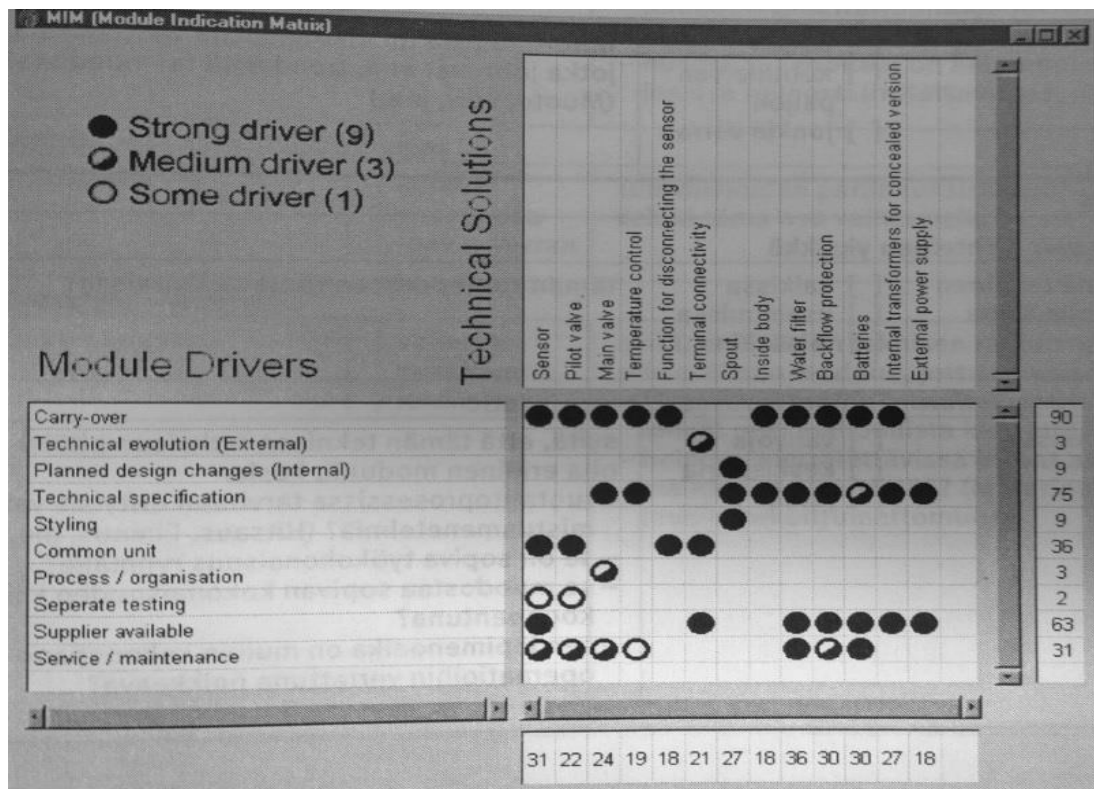
Ensimmäisen vaiheen alussa selvitetään markkinat sekä asiakastarpeet ja tehdään QFD-analyysi. QFD-analyysissä tarpeista tehdään sekä suunnitteluvaatimuksia että tuoteominaisuuksia ja näitä ominaisuuksia analysoidaan matriisin avulla (taulukko 2.). (Österholm & Tuokko 2001, 19-21; Tiimonen 2012, 7)

Taulukko 2. QFD-matriisi (Österholm & Tuokko 2001, 21).

"WHAT"	"How"		Other Design Requirements				
	Modularity						
CUSTOMER "WANTS"					○		
	●						
			◐			●	
	●			◐			
	●						
			○		●		◐
	◐						
Sum:	30	-	4	3	10	9	3

- = Strong relation (9)
- ◐ = Medium relation (3)
- = Weak relation (1)

Toisessa vaiheessa valitaan tuotteeseen parhaiten sopivat tekniset ratkaisut. Tässä vaiheessa luodaan tuotteelle toimintorakenne, sekä analysoidaan eri teknisiä ratkaisuja ja valitaan niistä sopiva. Teknisiä tarkasteluja voidaan suorittaa esimerkiksi toimintopuun ja toimintoanalyysin avulla. Tällä haetaan toimintojen välille riippumattomuutta toisistaan, jotta moduulien välinen vuorovaikutus on minimaalista ja rakenne toimiva. (Österholm & Tuokko 2001, 22)



Kuva 4. Moduulin osoitusmatriisi - MIM (Österholm & Tuokko 2001, 25).

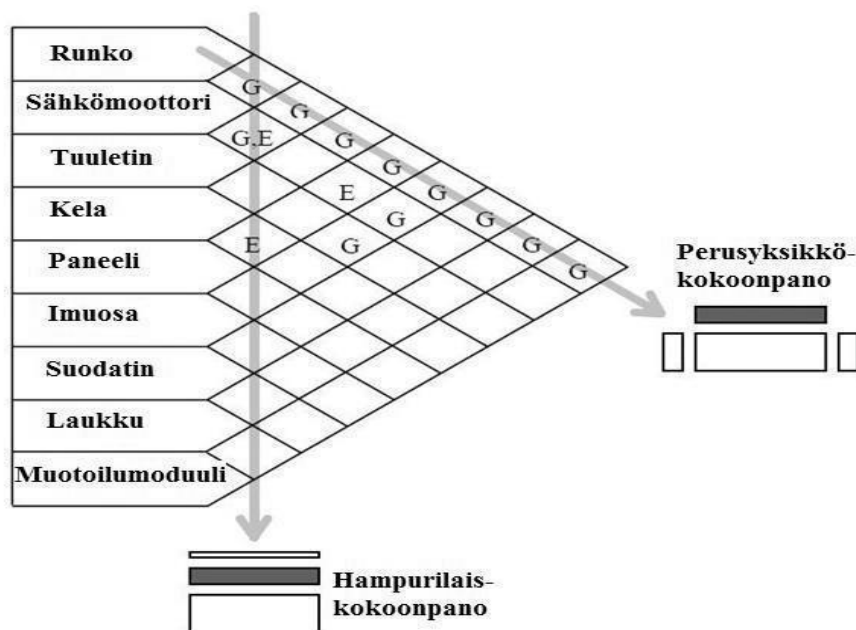
Moduulin osoitusmatriisi (MIM, kuva 4.) on kolmas ja keskeinen osa modulaarisen konseptin muodostamisesta. Moduulin osoitusmatriisissa valitut tekniset ratkaisut verrataan modulointia ohjaaviin tekijöihin (Taulukko 3.). Tällä pyritään löytämään moduulikandidaatit, joista voidaan muodostaa toimiva moduuli. (Österholm & Tuokko 2001, 24-25; Tiimonen 2012, 8)

Taulukko 3. Tuotteen modulaarisuutta ohjaavat tekijät (Österholm & Tuokko 2001, 26-27).

Toiminto	Ohjaava tekijä
Tuotekehitys ja suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> • Tuoteominaisuuksien siirto seuraavaan tuotesukupolveen • Tekninen kehitys • Tuotteeseen suunnitellut muutokset
Varioituvuus	<ul style="list-style-type: none"> • Tekninen variointi • Ulkonäöllinen variointi
Valmistus	<ul style="list-style-type: none"> • Yhteinen yksikkö • Tuotantoprosessi ja organisaatio
Laatu	<ul style="list-style-type: none"> • Erillinen testaus
Alihankinta	<ul style="list-style-type: none"> • Soveltuva toimittaja saatavilla
Myynnin jälkeinen palvelu	<ul style="list-style-type: none"> • Huolto ja kunnossapito • Parannus ja päivitys • Kierrätys

Neljännessä vaiheessa keskitytään kolmannessa vaiheessa muodostettujen modulaaristen konseptien arviointiin. Uusia konsepteja arvioidaan tuotannon sekä tuotekehityksen kannalta ja myös verrataan olemassa oleviin ratkaisuihin. Uusien konseptien kohdalla pyritään selvittämään niiden vahvuudet ja heikkoudet, sekä kannattaako niitä toteuttaa. Tuotetta arvioitaessa, sen koko elinkaarta tarkastellaan, jotta kaikki vaiheet varmasti otetaan huomioon. Moduulikonseptin valinnassa rajapintaliityntöjen arviointi on tärkeässä osassa, sillä se on tärkeä osa modulaarista tuoterakennetta. Se vaikuttaa sekä tuotevalikoiman joustavuuteen, että lopputuotteeseen. Rajapintamatriisia käytetään, kun moduulien välisiä rajapintoja arvioidaan. (Österholm & Tuokko 2001, 30-32)

Kuvassa 5. on kaksi kokoonpanon kannalta ideaalista rajapintaperiaatetta, Hampurilaiskokoonpano (Hamburger assembly) sekä Perusyksikkökokoonpano (Base unit assembly). Hampurilaiskokoonpanossa kokoonpano suoritetaan kuvan mukaisesti ylhäältä alas, pinoten moduulit päällekkäin, kun taas perusyksikkökokoonpanossa kokoonpano tehdään perusmoduulin ympärille. Rajapintamatriisissa näkyy myös sellaisia rajapintoja jotka eivät ole toivottuja. Nämä rajapintoja ovat matriisissa nuolien ulkopuolella olevat merkinnät, joista pyritään mahdollisimman tehokkaasti pääsemään eroon. (Österholm & Tuokko 2001, 31)



Kuva 5. Rajapintamatriisi (Österholm & Tuokko 2001, 32).

Viides vaihe käytetään moduulikohtaiseen suunnitteluun. Tässä vaiheessa keskitytään moduulitasolla moduulikonseptin parantamiseen. Jokaiselle moduulille luodaan moduulispesifikaatiot, joista selviää esimerkiksi eri varianttien lukumäärät, tekniset tiedot moduuleista, tulevaisuuden muutossuunnitelmat ja kustannustavoitteet.

MFD-menetelmää täydennetään hyväksikäyttäen DFX (Design for X - suunnittelun painottaminen tiettyyn asiaan/alaan) -periaatteen mukaisia lyhenteitä, kuten DFM (Design for Manufacturing - Valmistusystävällinen suunnittelu) ja DFA (Design for Assembly – Kokoonpanoystävällinen suunnittelu). Usein kun käsitellään sekä DFM- ja DFA-menetelmiä yhdessä, käytetään lyhennettä DFMA (Design for Manufacturing and Assembly). DFM sisältää käytännössä menetelmät ja järjestelyt, jotka alentavat kuluja ja yksinkertaistavat tuotekonstruktioita. DFA taas painottuu kokoonpanoa alentaviin sekä helpottaviin asioihin. Kun esimerkiksi DFA:n mukaan osia tulisi yhdistää keskenään, MFD-menetelmällä nähdään milloin yhdistämisiä tulisi välttää. (Österholm & Tuokko 2001, 37-38; Koukkunen 2010, 50; Lempiäinen & Savolainen 2003, 13)

3 MODULAARISUUS MERITEKNIKASSA

Modulaarisuus on meriteknikassa keskeisessä osassa suunnittelua ja kehitystä. Meriteknikassa haasteita suunnitteluun asettavat:

- Tilat: koska sitä on laivassa rajallisesti ja usein tuotteet joudutaan räätälöimään tiloja vastaaviksi.
- Paino: tulee aina saada mahdollisimman pieneksi, koska ylimääräinen ”turha paino” kulminoituu suoraan ylimääräisiksi materiaali-, logistiikka- ja asennuskustannuksiksi. Paino vaikuttaa myös negatiivisesti laivan polttoainekuluihin sekä hallittavuuteen.
- Käyttöympäristö: koska eri ympäristöillä on erilaisia vaateita käytön, sekä selkeyden suhteen. Esimerkiksi konehuoneessa saatetaan vaatia tarkkoja tietoja erinäisistä moottorin alueista, mutta komentosillalle voi riittää pelkkä tehon määrä prosentteina.
- Käyttöolosuhteet: koska laite saattaa altistua värinöille, suurille lämpötilavaihteluille ja ankarille sääilmiöille. Edellä mainittujen asioiden vuoksi on aina kiinnitettävä huomiota käyttökohteessa vallitseviin olosuhteisiin. Esimerkiksi tankkeri saattaa altistua erittäin suurille lämpötilavaihteluille ajaessaan Pohjois-Atlantilta Välimerelle, mutta silti sen on kyettävä pitämään toimintakykynsä yllä koko matkan ajan.

3.1 Modulaarinen hytti

Moduulihytit ovat oiva esimerkki meriteknikan moduuliajattelusta, koska niissä esivalmistus on viety erittäin pitkälle. Kuvassa 6. näkyy kuinka osa hyteistä toimitetaan ilman lattiaa, koska painoa on haluttu vähentää, mutta usein sisustus on tehty lähes täysin valmiiksi.



Kuva 6. Hyttimoduuli ilman lattiaa (STX-Finland Cabins).

Hyttien kohdalla esivalmistus, joka tehdään telakan ulkopuolella, on johtanut hyttien korkeampaan laatuun, sekä parempaan suunnitteluun. Esivalmistuksella säästytään myös turhalta siivoamiselta, koska hytti on ollut mahdollista kokoonpanna puhtaassa työympäristössä ja paketoita tiiviisti, se saapuu kohteeseensa siistinä. Kuvasta 7. saa selkeän näkemyksen, millaisista rakenteista modulaarinen hytti koostuu.



Kuva 7. Modulaarisen hytin rakenne (Alvedoor Marine).

3.2 Modulaarinen hissi

Hissejä käytetään laivassa useisiin eri tarkoituksiin ja rakenteeltaan ne saattavat olla hyvinkin erilaisia. Suomalainen KONE tarjoaa laivoihin niin sanottuja plug-in-ratkaisuja joissa hissit suunnitellaan, valmistetaan ja testataan etukäteen, jotta tuote täyttää varmasti sille asetetut vaatimukset. KONE MonoSpace-hisseissä (kuva 8.) kaikki laitteisto sijaitsee hissikuilun sisällä, jolloin kaikki tila käytetään tehokkaasti hyväksi eikä erillistä konehuonetta tarvita. Hissi koostuu useista moduuleista, moduulit kuljetetaan kustannuksellisista- sekä logistisista syistä telakalle irrallaan toisistaan.



Kuva 8. KONE MonoSpace-hissi (KONE).

Telakalla hissi kootaan moduuleista ja nostetaan kuvan 9. mukaisesti kokonaisena laivaan. Kun hissi on kiinnitetty laivan rakenteisiin ja sähköt ovat kytkettyinä, asentajat tekevät viimeiset säädöt jonka jälkeen hissi on täysin käyttövalmis. Tämä helpottaa ja nopeuttaa laivan rakentamista, koska tarvikkeita on helpompi ja nopeampi kuljettaa. Hissin käyttö rakennusaikana parantaa turvallisuutta huomattavasti, koska kaikkia tavaroita ei tarvitse kuljettaa rappusia pitkin ja ihmisvirrat saadaan kohdistettua vain tietyille alueille. (KONE cruise ship solutions.)



Kuva 9. Hissin nosto laivaan (KONE).

3.3 Meritekniikasta prosessiteollisuuteen

Meritekniikassa on useita prosessiteollisuuteen sopivia sovelluksia ja ideoita, joita voidaan käyttää hyväksi nykyisissä prosessiteollisuuden laitteistoissa. Tässä insinööriyössä sovelletaan laivahisseissä hyväksi havaittuja menetelmiä jotka parantavat laatua sekä säästävät aikaa ja rahaa. Yhtäläisyyksiä suunnitteluun ja toteutukseen saadaan esimerkiksi seuraavista asioista:

- Sekä pölysuodatin että laivan hissi valmistetaan usein räätälöitynä tilaustyönä. Tämän vuoksi on tärkeää selvittää ensiksi asiakkaan kanssa tuotteelta vaaditut kriteerit jonka jälkeen voidaan aloittaa suunnittelu.
- Molempien tuotteiden suunnittelussa on avainasemassa toimivuus sekä logistiikan ja asennuksen helppous.
- Hissimoduulit on suunniteltu niin, että ne on mahdollista kuljettaa kuorma-autolla kohteeseensa ilman erikoiskuljetuksia. Pölysuodattimen kohdalla muokataan hisseissä käytettävää ideaa niin, että moduulit pyritään mahdollittamaan kontteihin logistiikan helpottamiseksi.
- Hissit kokoonpannaan esivalmistetuista moduuleista ja asennetaan kokonaisena laivaan. Vastaava toimintatapa sopii myös pölysuodattimeen. Ehdotuksena on muuttaa pölysuodattimen tuotantoa ja kokoonpanoa niin, että asennus suoritettaisiin vastaavalla tavalla kuin laivahissien kohdalla.

Edellä mainituin tavoin siirretään meritekniikassa toimiviksi todettuja menetelmiä prosessiteollisuuteen ja samalla kehitetään prosessiteollisuudessa käytettyjä toimintamalleja.

4 KUIVAPAPERIKONEEN PÖLYSUODATTIMEN MODULOINTI

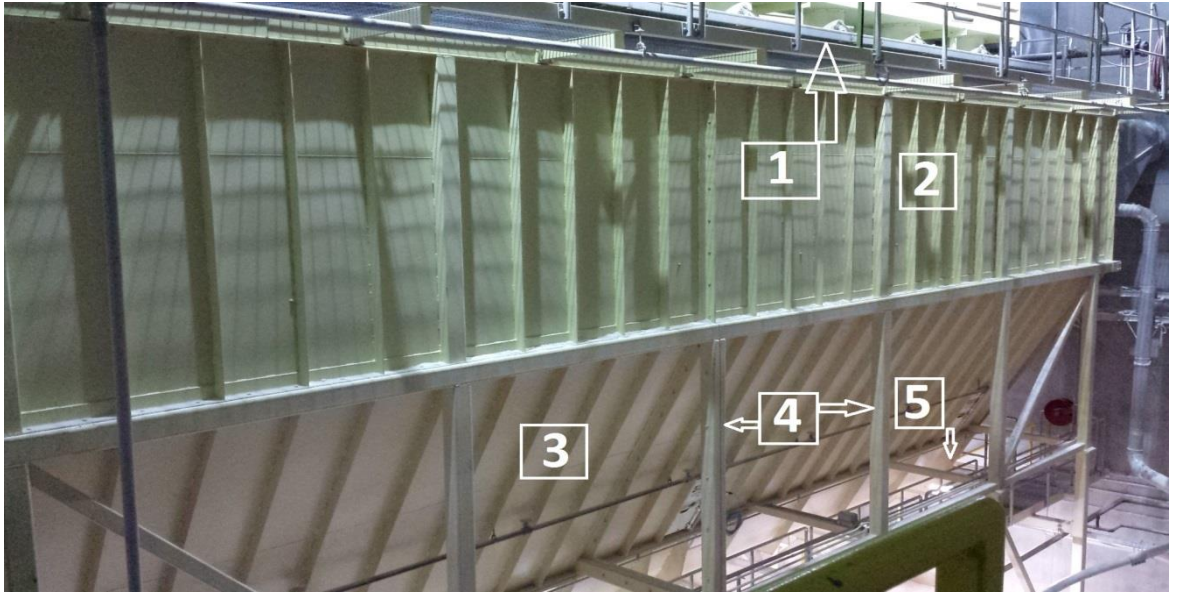
Pölysuodatin on laite jolla kuivapaperin valmistusprosessissa syntyvä sellupöly poistetaan tuotteesta, johtamalla pölyinen ilma suodatettavaksi pölysuodattimeen. Suodatuksen jälkeen puhdas ilma voidaan palauttaa uudelleen prosessiin tai esimerkiksi kylmänä vuodenaikana käyttää tuotantotilojen lämmitykseen.

Pölysuodattimen moduloinnissa pyritään asentamisen helppouteen, sekä materiaalisäästöihin. Säästöjä pyritään toteuttamaan ainevahvuuksia tarkastelemalla, sekä suunnittelemalla osat niin, että ne olisivat heti valmiita asennettaviksi.

4.1 Pölysuodattimen rakenne

Pölysuodatin (kuva 10.) koostuu käytännössä viidestä eri osa-alueesta, jotka ovat:

1. ulkoinen hoitotaso & suodatinyksikkö
2. suodatinkammion yläosa
3. suodatinkammion alaosa
4. runko
5. ruuvikuljetin.



Kuva 10. Pölysuodatin Anpap (Anpap Oy).

Suodattimen ympärillä kulkee hoitotaso, joka helpottaa yleisiä tarkastuksia ja mahdollisia huoltotöitä. Suodatinyksikkö kannattelee ja puhdistaa suodatinpusseja. Suodatinyksikkö sijaitsee suodattimen päällä helpottaen merkittävästi huoltotöitä. Yläosaan johdetaan pölypitoinen ilma suodatettavaksi. Pölysuodattimen yläosan sivut on rakennettu useista metallilevyistä. Metallilevyjen välissä on lattarauta johon levyt hitsataan kiinni. Levyjen välissä oleva lattarauta toimii jäykisteenä levypinnalle. Jäykiste varmistaa, ettei paine kammiossa aiheuta peltille lommahdusta. Alaosa on myös rakennettu metallilevyistä, samalla tavalla kuin yläosakin, mutta seinät on kallistettu sisäänpäin, jotta pöly valuu luonnostaan ruuvikuljettimeen ja sitä kautta pois suodattimesta. Rungon tehtävänä on tukea ja kannatella pölysuodatinta ja kaikkia sen rakenteita. Runko valmistetaan ensiksi, jonka jälkeen itse pölysuodatin kootaan runkoon tukeutuen.

Ruuvikuljetin huolehtii pölyn siirtämisestä suodattimesta ulos. Kun pöly johdetaan suodattimesta ulos ruuvikuljettimen avulla, on asiakkaalla mahdollista valita laitteita, jotka helpottavat pölyn jatko käsittelyä. Pöly voidaan johtaa:

- Suoraan jäteastiaan, joka ei ole suositeltavaa, koska sellupölyllä on hyvin alhainen ominaispaino, mikä tekee pölystä erittäin sotkevaa.
- Ruuvipuristimeen, joka tiivistää pölyn ja siirtää sen jäteastiaan.
- Paalaus koneeseen, joka tiivistää pölyn ja tekee pölystä tiiviitä paaleja.
- Brikettikoneeseen, joka tekee pölystä polttokelpoisia brikettejä. Suuren lämpöarvonsa vuoksi, sellubriketit eivät sovi ainoana polttoaineena kotitalouskäyttöön, koska ne saattavat esimerkiksi sulattaa takan/kiukaan arinan.

4.2 Nykyisen rakenteen toiminnallisuus ja varjopuolet

Toiminnalliselta kannalta nykyinen pölysuodatin suoriutuu tehtävästään kiitettävästi, joten toiminnallisuus ei ole päällimmäinen huomion kohde. Suodattimen konstruktion varjopuolena ovat sen materiaalivalinnat, hitaat asennustavat sekä kuljetuksen korkea hinta. Suodatin on valmistettu erittäin paksuista materiaaleista, koska on haluttu olla täysin varmoja että lommahdusvaaraa ei ole ja rakenne näyttää tukevalta. Valmistustapa juontaa juurensa 80-luvulle, jolloin esivalmistus ei ollut niin yleistä asia kuin nykyään. Korkeat valmistuskustannukset johtuvat pääsääntöisesti siitä, että materiaalivalinnoissa ja valmistustavoissa ei ole otettu valmistus- ja kuljetuskustannuksia riittävästi huomioon.

4.3 Rakenteen uudelleensuunnittelu modulaariseksi

Pölysuodattimen modulointia lähdettiin kehittämään MFD-menetelmää käyttäen. Kaikkia vaiheita ei käyty läpi, koska osa vaiheista oli jo aiemmin suoritettu, joten emme nähneet aihetta tehdä asioita uudelleen. Esimerkiksi asiakastarpeet olivat jo ennestään tiedossa, koska asiakkaan tilaama kuivapaperikone määrittelee sen, millainen pölynsuodatuskapasiteetti vaaditaan. Myös tekniset ratkaisut

olivat jo tiedossa, eikä esimerkiksi moduulin osoitusmatriisia koettu tarpeelliseksi, koska tässä keskityttiin olemassa olevan tuotteen päivittämiseen. Ohjaavina tekijöinä tässä työssä on valmistus- ja kuljetuskustannukset sekä asennuksen helppous.

4.4 Modulaaristen konseptien muodostaminen

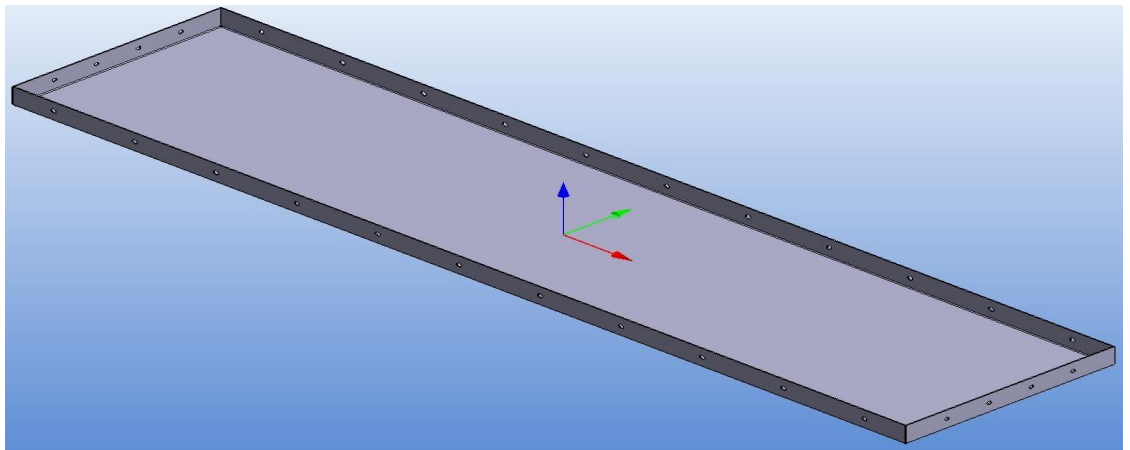
Konseptien suunnittelu aloitettiin miettimällä, kuinka suodatin saataisiin valmistettua, kokoonpantua sekä rahdattua nykyistä edullisemmin. Tuotteen on pystyttävä toimimaan vähintään nykyisellä tasolla ja rakenteiden tulee kestää tuotteen paino. Päädyimme siihen, että hitsausliitokset pyritään korvaamaan lähes kokonaan käyttämällä mahdollisimman paljon pulttiliitoksia, jolloin asennuspaikalla ei tarvita esimerkiksi hitsareita käytännössä lainkaan. Paneelit valmistettaisiin sinkitystä pellistä. Tällä välttyttäisiin maalauskuksannuksilta. Paneelit taivutettaisiin ja rei'itettäisiin valmiiksi, jolloin asentajien olisi helppo asentaa ne paikalleen.

Paneeleissa pyritään käyttämään sellaisia geometrisiä muotoja tai muita merkitsemistapoja, jotka estävät niiden asentamisen väärin.

Konsepteja päätettiin muodostaa kaksi kappaletta, moduuli a ja moduuli b. Moduuli a:n kohdalla päivitettiin käytännössä alkuperäinen malli kiinnitystensä osalta vastaamaan haluttuja kriteerejä. Moduuli a:n etuna on pieni moduulikoko, jolloin moduulit on helppo kuljettaa, esimerkiksi merikonteissa kohteeseensa. Negatiivisena puolena on rajapintojen kasvaminen, joka johtuu suuremmasta moduulimäärästä verrattuna rakenteeseen jossa käytettäisiin moduuli b-tyyppistä ratkaisua. Moduuli b-tyyppisen ratkaisun positiivisina puolina voidaan pitää seinäpaneelien vähentymisenä viidesosaan alkuperäisestä, joka myös johtaa rajapintojen vähenemiseen.

Kuvassa 11. näkyy moduulin perusidea, joka on valmiiksi kantattu ja rei'itetty ohutlevy. Uuden konseptin etuina verrattuna nykyiseen konstruktion ovat muun muassa seuraavat asiat:

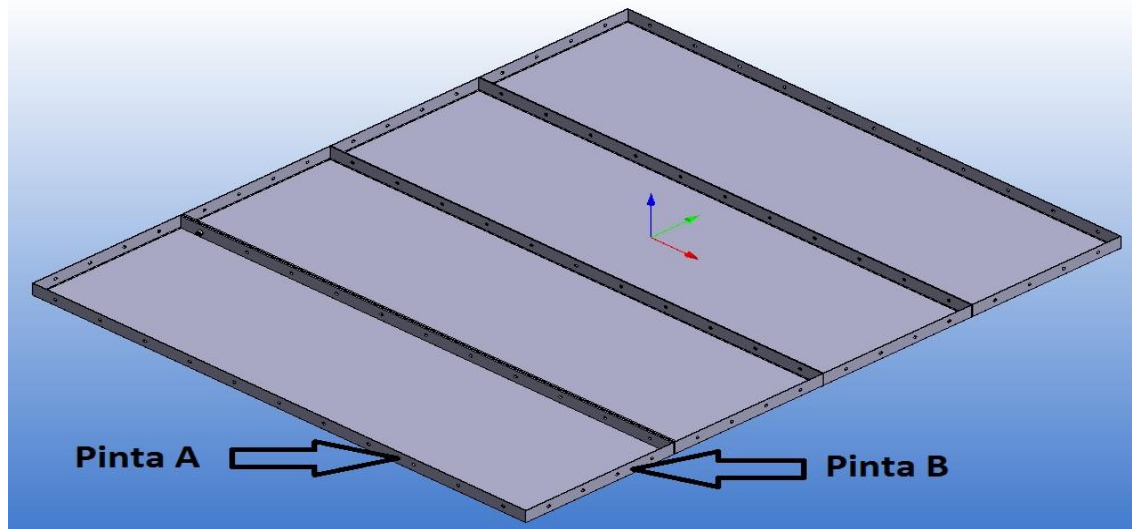
- Helppo ja edullinen asentaa.
- Hyvä korroosionkesto, sillä moduuli ei vaadi erillistä pintakäsittelyä, koska levy materiaali on jo valmiiksi sinkitty.
- Moduulit on keveytensä tähden helppo esivalmistaa levytyöpajalla asennusvalmiiksi.
- Keveytensä ansiosta ei vaadita nostureita siirtelemään moduuleita
- Moduuleita on mahdollista muokata, purkaa ja siirtää myöhemmin, ilman että suodatinta tarvitsisi vaurioittaa millään tavalla.



Kuva 11. Moduuli a.

Kuvasta 12. näkee moduulien liittymisen toisiinsa. Suunnitelman mukaan moduuli on symmetrinen ja reikäjako toteutetaan niin, että moduulit on mahdollista kiinnittää toisiinsa kolmella eri tavalla:

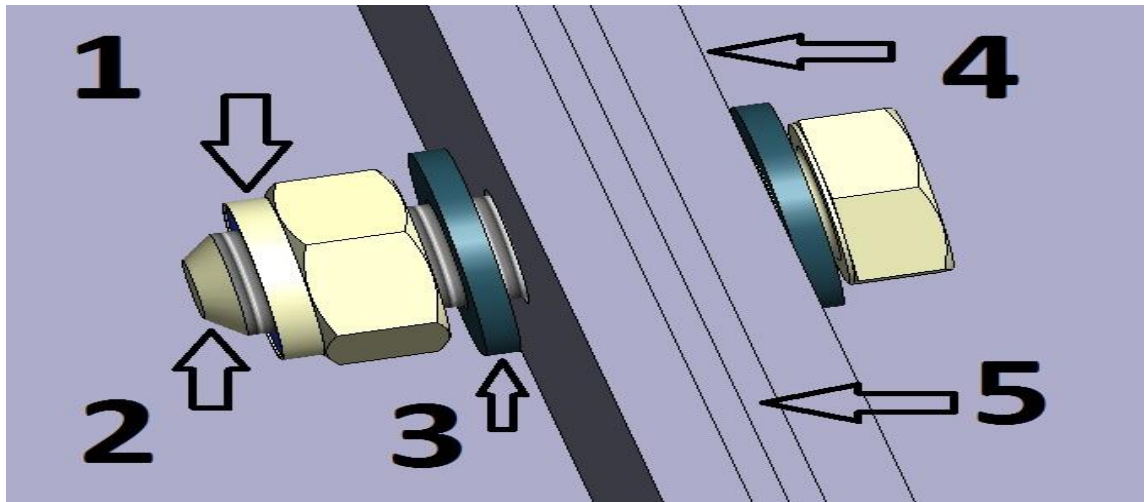
1. Pinnat A-A
2. Pinnat B-B
3. Pinnat A-B



Kuva 12. Moduuli a, neljän moduulin kokoonpano.

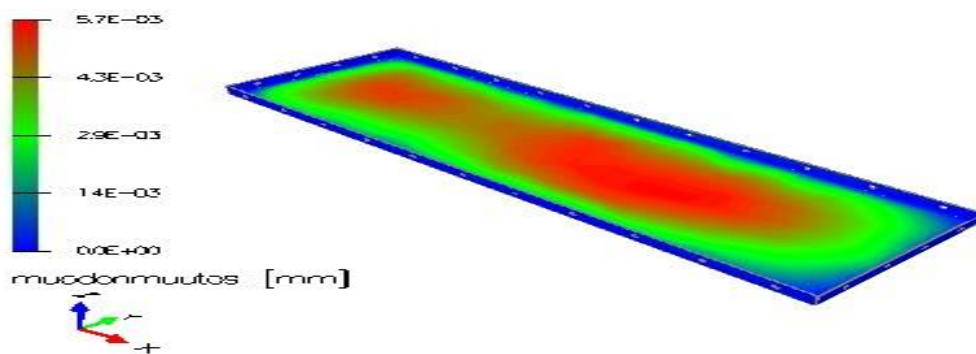
Kiinnityksessä käytetään käytännössä pulttiliitoksen lisäksi tiivistemassaa, mikäli se koetaan tarpeelliseksi. Pulttiliitoksessa käytettäisiin lukkomutteria, jotta mahdolliset värinät eivät löysentäisi ja heikentäisi liitoksia sekä siten suodattimen rakennetta. Asennuksessa moduulien laidat asetetaan vastakkain ja laitojen vahvikkeeksi asennetaan rei'itetyt lattaraudat, jotka estävät mahdollisen aaltoilun ja takaavat tukevan liitoksen. Kuvasta 13. käy ilmi miten paneelit on tarkoitus liittää toisiinsa, sekä liittäessä käytettävät tarvikkeet, jotka ovat lueteltuna alla:

1. Lukkomutteri M10
2. Pultti M10
3. Aluslevy
4. Lattarauta
5. Moduulin kiinnitysreuna



Kuva 13. Osasuurennos pultiliitoksesta.

Moduulin seinämävahvuutta tarkasteltiin FEM:in avulla. Koska nykyisillä ainevahvuuksilla suodattimen kokonaisuudessa on erittäin suuri, oli tarve selvittää voidaanko seinämävahvuutta vähentää nykyisestä. Moduulista tehtiin muutama lujuusanalyysi eri ainevahvuuksilla siten, että kappaleen oletettiin pysyvän täysin paikallaan liitoksistaan. Kuva 14. näyttää selkeästi, miten moduuliin kohdistuvat voimat jakautuvat moduulin pinnassa, sinisen värin kuvatessa vähäistä muodonmuutosta ja punaisen suurta.



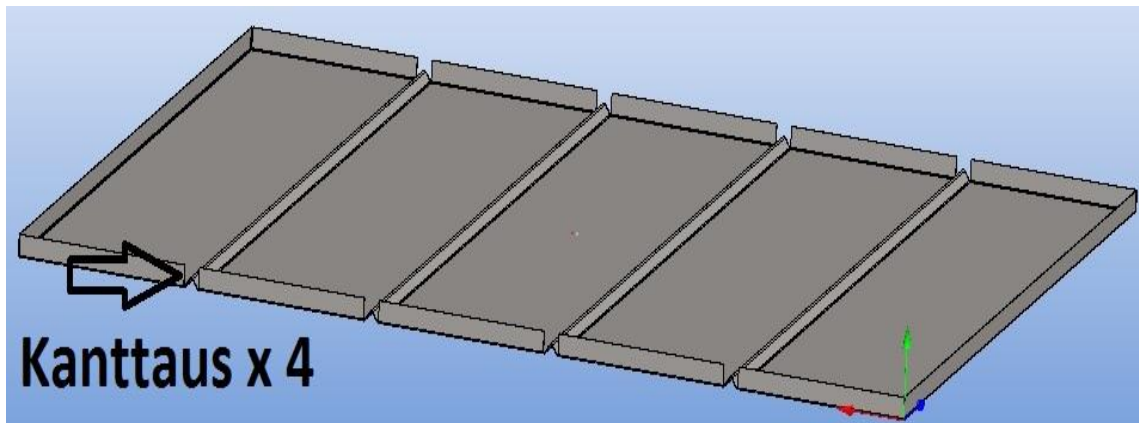
Kuva 14. FEM-analyysi.

FEM-analyysi tehtiin moduuli a:lle, jotta voitiin varmistua rakenteen riittävästä vahvuudesta. Analyysistä kävi ilmi, että käytettävillä paineilla moduulin muodonmuutos on olematonta. Analyysi paljasti myös että ainevahvuutta voidaan vähentää yhdellä millimetrillä nykyisestä, tuotteen säilyttäen silti toiminnallisuutta.

tensa. Tämä tarkoittaa noin 12kg moduulikohtaista painon säästöä, verrattuna nykyisessä rakenteessa tarvittaviin materiaaleihin samansuuruista seinäpinta-alaa kohden.

Moduuli b (kuva 15.) eroaa moduuli a:stä siten, että se on viisi kertaa suurempi kuin moduuli a. Moduulien välissä olevat pulttiliitokset on korvattu pokkaamalla pelti neljästä kohdasta, edellä mainitulla tavalla saadaan moduuliin paljon suurempi jäykkyys, verrattuna suoraan peltiin. Tekemällä yksi iso moduuli, hävitään hieman kuljetus sekä käsittelykuluissa, koska kappaletta on hankalampi käsitellä. Toisaalta valmistuskustannukset laskevat, koska moduuli b on kevyempi ja vaatii suhteessa vähemmän valmistusmateriaalia kuin moduuli a. Moduuli b on tehtävissä levytyöstokeskuksessa, joten erikoistyöstöjä ei vaadita. Myös asennusaika pienenee, koska asennettavien kappaleiden kokonaismäärä putoaa viidennekseen alkuperäisestä. Koska moduuli a:n kohdalla muodonmuutokset olivat niin vähäisiä, FEM mallinnusta ei tehty moduuli b:lle. Moduuli b:n pokkausten odotetaan tuovan tarvittava lisäjäykkyys, jotta rakenne olisi toimiva.

Tulevaisuudessa on mahdollista, että moduuli b käytetään FEM mallinnuksessa, mikäli moduuli b laitetaan tuotantoon.



Kuva 15. Moduuli b, ilman rei'itystä.

Liitokset tehdään samalla tavalla kuin moduuli a:ssä, liitos on muuten kuva 13. mukainen, mutta liitännässä ei tarvita toista lattarautaa, koska moduuli 2 kiinnitetään suodattimen tukirunkoon. Moduuli 2 vaatii tiivistemassan käyttöä kanttausten kohdilta, jotta suodatin saadaan tiiviiksi. Moduuli 2-tyyppisellä ratkaisulla

saavutetaan noin 15kg painonsäästö jos verrataan moduuli 1-tyyppisen ratkaisun rakenteessa tarvittaviin materiaaleihin samansuuruista seinäpinta-alaa kohden. Nykyiseen konstruktion verrattuna painonsäästö moduuli 2-tyyppistä ratkaisua hyväksikäyttäen olisi noin 27kg samansuuruista seinäpinta-alaa kohden.

4.5 Moduulien kuljetus

Moduulit suunniteltiin niin, että ne mahtuvat jokaiseen ISO-standardin mukaiseen konttiin. Standardi kontteja käyttämällä, kuljetuskustannukset ovat matalampia verrattuna erikoiskuljetuksiin. Kontteja on myös helppo kuljettaa maa- ja meriteitse. Konttikuljetuksella turvataan se, että tuotteet ovat suojassa sääolosuhteilta ja saapuvat kohteeseensa ehjinä. Esimerkiksi moduuli 2-tyyppiset paneelit saadaan helposti mahtumaan yhden pölysuodattimen osalta 20 jalan konttiin.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Työn tavoitteena on konseptitasolla kehittää pölysuodatinta suotuisampaan suuntaan hinnassa, valmistuksessa, kuljetuksessa ja kokoonpanossa. Suodattimen valmistaminen on työläs ja kallis prosessi, minkä vuoksi suunnitelmat on laadittava tarkkaan ennen valmistusta. Tässä työssä keskityttiin pölysuodattimen yläpaneloinnin modulointiin. Suodattimen muita osa-alueita ei käsitelty, koska työn laajuus olisi moninkertaistunut. Konseptien moduuli a:n ja moduuli b:n avulla pyrittiin esittämään, kuinka suodattimen modulointia voitaisiin suorittaa.

Alustavien laskelmien pohjalta voidaan sanoa, että pelkästään suodattimen yläosan moduloinnilla saataisiin pelkästään painoa pudotettua tuhansia kiloja. Lisäksi modulaarisuus tuo etuja suodattimen muokattavuuteen ja samalla huollettavuus paranee. Mikäli jostain syystä suodattimeen jouduttaisiin tekemään korjauksia, olisi esimerkiksi kyljestä helppo irrottaa moduuleita muutosten ajaksi.

Kuljetusongelmat ja kustannukset vähenevät huomattavasti, koska moduulit olisi mahdollista kuljettaa konteissa, koota helposti ja nopeasti joko asennuspai- kalla, tai sen läheisyydessä. Konttikuljetusten etuna on erityisesti se, että hintavia erikoiskuljetuksia ei tarvita.

Tuloksia ja konsepteja on tarkasteltu seuraavien Anpap Oy:n työntekijöiden kanssa: Veli-Matti Rajala, Asko Vihtakari, Jussi Keltaniemi. Tulokset vaikuttivat vievän pölysuodattimen rakenteen kustannustehokkuutta valmistuksen, kuljetusten ja kokoonpanon osilta merkittävästi eteenpäin, joten modulointia päätettiin jatkaa suodattimen muille osa-alueille. (Rajala 27.10.2014, Vihtakari 27.10.2014, Keltaniemi 3.11.2014)

6 YHTEENVETO

Tämä insinööriyö on tehty Anpap Oy:n toimeksiantona, tarkoituksena selvittää modulaarisen tekniikan mahdollisuuksia prosessiteollisuudessa. Meritekniikan ajattelumaailmaa käytettiin hyväksi, esimerkiksi perehtymällä modulaaristen hyttien rakenteisiin.

Tässä insinööriyössä keskityttiin jossain määrin modulaarisuuden teorian käsittelyyn, erityisesti pölysuodattimen modulointiin. Tavoitteena oli tuoda esille, mistä meritekniikan sovelluksista ideoita on haettu, joten eritekniikkaa käsiteltiin työssä suppeasti. Modulaarisuutta aiheena käsiteltiin myös meriteollisuuden ja muiden teollisuuden esimerkein, koska modulaarisuuden periaatteet eivät ole olleet keskeisessä asemassa. Anpap Oy:n tuotteet ovat käytännössä aina olleet asiakkaille räätälöityjä tuotteita. Pölysuodatin oli kuitenkin sellainen osa-alue, missä modulaarisuutta näyttäisi olevan sekä mahdollista että viisasta käyttää hyväksi.

Käytännön osuuden pääasiat olivat:

- Pölysuodattimen toiminnallisuuden säilyttäminen.
- Integroidun rakenteen muuntaminen modulaariseksi.

Modulaarisessa pölysuodattimessa pyritään kustannustehokkaasti käyttämään yksinkertaista rakennetta ja pyrkimään mahdollisimman pieneen osamäärään. Seuraava vaihe olisi selvittää, miten pölysuodattimen muut osat olisivat muunnettavissa integroidusta rakenteesta modulaariseksi.

Salassapitovelvollisista syistä, työssä ei ole mainittu suodattimen nykyisiä, eikä mahdollisia uusia teknisiä tietoja, kuten ainevahvuuksia, mittoja sekä painoja. Suunnitelman esittämiseen käytettiin Vertex G4 2013 -mallinnusohjelmaa.

LÄHTEET

Pahl, Gerhard & Beitz, Wolfgang 1990. Koneensuunnitteluoppi. 608 sivua. 2.painos Porvoo. WSOY:n graafiset laitokset.

Österholm, Jussi & Tuokko, Reijo 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin - Modular Function Deployment. MET-julkaisu nro 21/2001. Vantaa. Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Tiimonen, Tuomo, 2012. Maakaasun hajustusyksikön uudelleensuunnittelu. Kandidaatin työ. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Kuhanen, Miikka, 2014. Modulaarisen arkkitehtuurin hyödyntäminen rumpurakenteisissa prosessilaitteissa. Kandidaatin työ. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Koukkunen, Kimmo, 2010. Alumiiniveneen rungon modulointi robottihitsauksen tehostamiseksi. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Lempiäinen, Juhani & Savolainen, Jari, 2003. Hyvin suunniteltu – puoliksi valmistettu. 180 sivua. 2. painos Helsinki.

Rajala, V-M. Anpap Oy. Haastattelu, 27.10.2014.

Vihtakari, A. Anpap Oy. Haastattelu 27.10.2014.

Keltaniemi, J. Anpap Oy. Haastattelu 3.11.2014.

Schiffauerova, Andrea. Product Design Theory and Methodology.

[Verkkodokumentti]. [Viitattu 3.11.2014]. Saatavissa:

<http://users.encs.concordia.ca/~andrea/inse6411/Lecture9.pdf>

Kuva 6. Hyttimoduuli ilman lattiaa, STX-Finland Cabins (http://www.ship-technology.com/contractor_images/10112/images/137791/large/picture%205.jpg, <http://www.ship-technology.com>).

Kuva 7. Modulaarisen hytin rakenne, Alvedoor Marine (http://www.alvedoor-marine.com/files/content/05_Cabins/cabins_2.jpg, <http://www.alvedoor-marine.com>).

Kuva 8. KONE MonoSpace-hissi, (<http://cdn.kone.com/marine.kone.com/Images/kone-cruise-ship-solutions.pdf?v=1>).

Kuva 9. Hissin nosto laivaan, (<http://cdn.kone.com/marine.kone.com/Images/kone-cruise-ship-solutions.pdf?v=1>).

Anpap Oy:n piirustusarkistot.

KONE cruise ship solutions.

[Verkkodokumentti]. [Viitattu 30.12.2014]. Saatavissa:

<http://cdn.kone.com/marine.kone.com/Images/kone-cruise-ship-solutions.pdf?v=1>