



Perälaatikon modulaariset hoitosiltaratkaisut ja niiden kustannuslaskenta

Eemeli Nykyri

Opinnäytetyö, AMK

1/2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Nykyri, Eemeli

Perälaatikon modulaariset hoitosiltaratkaisut ja niiden kustannuslaskenta

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Tammikuu 2024, 61 sivua

Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: Suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Paperi- ja kartonkikoneiden mukana toimitetaan sen käytön ja huollon kannalta oleelliset hoitosillat jokaiselle koneen osiolle. Yksi näistä koneen osioista on pitkän konelinjan ensimmäinen osa, joka syöttää rai-namassan viirakankaalle, eli perälaatikko. Perälaatikon hoitosiltoja tarvitaan sen normaalien käyttö-, huolto- ja tarkistustöiden aikana ja sen hoitosillat liittyvät usein suuren paperikonelinjan muihin hoitosiltoihin.

Työn toimeksiantaja, eli Valmet Technologies Oy, on suuri prosessiteknologian toimija. Valmetin paperi- ja kartonkikoneen perälaatikkosuunnittelussa huomattiin olleen tarve OptiFlo Fourdrinier perälaatikkotuoteperheen hoitosiltojen layoutmallille ja sitä hyödyntävälle kustannuslaskurille, joka helpottaisi perälaatikkosuunnittelijoiden ja asiakkaiden välistä kanssakäymistä. Layoutmallin ja kustannuslaskurin lisäksi todettiin olleen tarve ratkaisulle kahden perälaatikkovariaation päälle pääsemiseksi kustannustehokkaasti.

Hoitosiltalayouteista luotiin 3D-mallit hyödyntäen havainnointia vanhojen projektien ratkaisuista ja käyttäen hoitosiltojen suunnittelutyötä ohjanneita standardeja ja ammattilaisten kanssa muodostettuja vaatimuslistoja. Ratkaisua perälaatikon päälle pääsemiseksi haettiin ryhmäideoinnin avulla, jonka ideat jaettiin kolmeen luokkaan, joiden analysoinnin perusteella muodostettiin vaatimuslista ja lopullinen ratkaisu. Hoitosiltojen kustannuslaskuri tehtiin taulukkolaskelmaohjelman avulla hyödyntäen neljää aikaisemmin muodostettua layoutratkaisua ja niiden materiaalivalintoja.

Työn tuloksena oli perälaatikkosuunnittelun tarvitsemat neljän layoutvariaation modulaariset hoitosiltaratkaisut neljälle eri perälaatikkovariaatiolle. Neljästä eri layoutista muodostettiin perälaatikkoperheen myydyimmän perälaatikon hoitosiltojen kustannusmallit ja niiden nopeaan ja tarkkaan laskentaan soveltuvat laskurit. Perälaatikon päälle pääsemiselle löydettiin kustannustehokas ratkaisu, joka ei muuta perälaatikon rakenteita tai käytä ylimääräisiä hoitosiltoja.

Avainsanat (asiasanat)

3D-mallinnus, kehitystyö, kustannustehokkuus, suunnittelu, työturvallisuus

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Nykyri, Eemeli

Modular walkway solutions of Headbox and their cost calculation

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, January 2024, 61 pages

Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The paper and board machines are supplied with walkways for each section of the machine that are essential for its use and maintenance. One of these parts of the machine is the first part of a long machine line that feeds the papermass to the wire cloth, i.e. the headbox. The walkway bridges of the headbox are needed during its normal operation, maintenance and inspection work, and its maintenance bridges are often connected to other maintenance bridges of a large paper machine line.

The client of the work, i.e. Valmet Technologies Oy, is a large player in process technology. In Valmet's paper and board machine headbox design team, it was noticed that there was a need for a layout model of the walkway bridges of the OptiFlo Fourdrinier headbox product family and a cost calculator for the bridges, which would facilitate communication between headbox designers and customers. In addition to the layout model and the cost calculator, it was found that there was a need for a solution to get on top of two of the headbox variations cost-effectively.

3D models were created from the walkway bridge layouts, utilizing observations from old project solutions, and using the standards that guided the design work of the treatment bridges and the requirements lists formed with professionals. A solution to get on top of the headbox was sought with the help of group ideaation, the ideas of which were divided into three categories, based on the analysis of which a list of requirements and the final solution were formed. The cost calculator for walkways was made with the help of a spreadsheet program, utilizing the four previously formed layout solutions and their material choices.

The result of the work was the modular walkways solutions for the four layout variations required by the headbox design team for four different headbox variations. From four different layouts, the cost models of the most sold headbox walkway bridges of the headbox family and the calculators suitable for their quick and accurate calculation were formed. A cost-effective solution was found for getting on top of the headbox, which does not change the structures of the tail box or use any additional walkway bridges.

Keywords/tags (subjects)

3D-modelling, development work, cost effectiveness

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Työn tausta.....	5
1.2	Kehitystutkimuksen kohde.....	6
1.3	Työn tavoitteet.....	6
1.4	Työn rajaus	7
2	Tutkimusasetelma	8
2.1	Tutkimustyösuunnitelma	8
2.2	Tutkimustyö.....	9
2.2.1	Kvalitatiivinen tutkimus	10
2.2.2	Kvantitatiivinen tutkimus.....	10
2.2.3	Kehitystutkimus	11
2.3	Kehitystutkimuksen eettisyys ja käytännön peruseräatteen	12
3	Tietoperusta	12
3.1	Valmet Oyj.....	12
3.2	Paperi- ja kartonkikoneet.....	13
3.3	Paperi- ja kartonkikoneen perälaatikko	14
3.4	Standardit.....	19
3.4.1	Koneturvallisuus. Paperi- ja Paperin jälkikäsitteilykoneiden turvallisuusvaatimukset. Osa 1	20
3.4.2	Koneturvallisuus: Kiinteät kulkutiet. Osat 1-4	21
3.5	Kustannuksien suunnittelu ja modulaarisuus	21
3.6	Työturvallisuus	22
3.7	Ergonomia mukana suunnittelussa.....	24
3.8	Konevalmistajan velvollisuudet.....	25
4	Ratkaisut ja niiden muodostuminen.....	25
4.1	Myynnille tehdyt Layoutratkaisut	26
4.1.1	Vaatimusten muodostaminen	26
4.1.2	Toimeksiannon ratkaisu.....	30
4.2	Perälaatikon päälle pääsy.....	34
4.2.1	Ratkaisun ideointi	35
4.2.2	Vaatimusten muodostaminen	37
4.2.3	Toimeksiannon ratkaisu.....	38
4.3	Kustannuslaskurin teko	41
4.3.1	Vaatimusten muodostaminen	42

4.3.2	Toimeksiannon ratkaisu.....	43
4.4	Ratkaisuiden perustelu ja tutkimuskysymyksiin vastaus	45
4.4.1	Modulaarisuus työssä	45
4.4.2	Hoitosiltasuunnittelun haasteet	46
4.4.3	Tutkimuskysymyksiin vastaaminen	47
5	Pohdinta.....	47
5.1	Arviointi työn sisällöstä	47
5.2	Työn luotettavuuden arviointi	48
5.3	Jatkotoimet	48
	Lähteet	49
	Liitteet	52
	Liite 1. Hoitosiltojen pinta-alalaskuri	52
	Liite 2. Tarkka kustannuslaskuri	53
	Liite 3. 1PP Layout hintalaskurin variaatiot.....	54
	Liite 4. Ryhmäideointi, ideoiden jakauma.....	57
	Liite 5. Standardien jakautuminen	58
	Kuviot	
	Kuvio 1. Valmet OptiConcept M board making line (Business photos n.d.).....	14
	Kuvio 2. OptiFlo Gap (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.).....	15
	Kuvio 3. Tasoviira. (Viiraosan rakenteet n.d.)	16
	Kuvio 4. OptiFlo Fourdrinier perälaatikko (Headbox n.d.).....	16
	Kuvio 5. Perälaatikko, jossa laimennusjakotukki on massajakopuken yläpuolella (kuvaa muokattu). (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.).....	17
	Kuvio 6. Perälaatikko sisäellä vaimennuksella.	18
	Kuvio 7. Kerrostava perälaatikko (OptiFlo Layering n.d.)	19
	Kuvio 8. Standardin tunnuksen lyhenteet selitettynä. (Mitä standardi tarkoittaa? n.d.)	20
	Kuvio 9. 1PP Layout esimerkki 1. (Perälaatikko näkyy kuvion yläreunassa kampamaisena rakenteena. Hoitosillat ja turvallisuusvarusteet on kuvattu väritettyinä osiina perälaatikon alapuolella).....	27
	Kuvio 10. 1PP Layout esimerkki 2.	27
	Kuvio 11. 1PP Layout esimerkki 3.	28
	Kuvio 12. 1PP Layout esimerkki 4.	29
	Kuvio 13. 1PP perälaatikon hoitosiltaratkaisu.	31
	Kuvio 14. OFFD yläp. perälaatikon hoitosiltaratkaisu.....	32

Kuvio 15. 2PP perälaatikon hoitosiltaratkaisu.	33
Kuvio 16. Layering perälaatikon hoitosiltaratkaisu.....	34
Kuvio 17. OFFD yläp. perälaatikon kiipeämistratkaisu.....	39
Kuvio 18. 2PP perälaatikon kiipeämistratkaisu.	40
Kuvio 19. Layering perälaatikon kiipeämistratkaisu.	41

Taulukot

Taulukko 1. Vaatimusluettelo layout ratkaisusta.	30
Taulukko 2. Vaatimusluettelo perälaatikon päälle pääsystä.	38
Taulukko 3. Vaatimusluettelo kustannuslaskurista.	43
Taulukko 4. 1PP Hoitosiltalayout kustannuslaskuri (taulun hinta-arvio piilotettu).....	44
Taulukko 5. Kustannuslaskurin havainnollistava hoitosiltalayoutkuvio muokattavista mitoista.	44
Taulukko 6. Kustannuslaskurin laskentaperuste, tuotteet.	45

Lyhenteet:

OFF	OptoFlo Fourdrinier, Valmetin paperi-/kartonkikoneen perälaatikko-perhe.
Hbx	Headbox, eli perälaatikko.
1PP	"Yksi putkipatteri", nimitys Valmetin OFF perälaatikosta, jossa kiinteä jakotukki ja ulkoinen tankkivaimennin.
OFFD	Lyhenne laimennussäätöisestä perälaatikosta.
OFFD yläp.	Opinnäytetyön aikana käytettävä lyhenne laimennussäätöisestä perälaatikosta, jossa laimennusjakotukki on massajakotukin yläpuolella. Ei virallinen nimitys.
2PP	"Kaksi putkipatteria", OFFM, nimitys Valmet OFF perälaatikosta, jossa on integroitu vaimennus.
Layering	OFFL, Kerrostava OFF perälaatikko.
Layout	Eräänlainen pohjakuva tuotteesta, jonka pohjalta voidaan suorittaa esimerkiksi detalji suunnittelu. Layoutin tarkkuus vaihtelee kontekstin mukaan "millilleen" mitoitettusta kuvannosta, "sinnepäin" mitoitettuun kuvantoon, missä on sijoitettu olennaiset asiat arvioidulle lokaatiolle.
Myyntilayout	Opinnäytetyön aikana käytettävä nimitys, joka tarkoittaa layouttia, jota ei ole tarkkaan mitoitettu ja sillä annetaan esimerkki, mitä tuotevaihtoehtoja voisi esimerkiksi olla tarjolla.
Hoitosiltalayout	Layout hoitosiltojen lokaatioista perälaatikon ympärillä.
Detalji suunnittelu	Yksityiskohtainen suunnittelu, jossa muodostetaan tarkat työkuvat suunniteltavasta asiasta.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Valmet Oyj on yli kolmessakymmenessä maassa toimiva Suomalainen suuryritys, joka suunnittelee ja toimittaa teknologia- ja automaatiotuotteita, sekä palveluita pääasiassa sellu, energia ja paperiliiketoimialoille. Valmetista kerrotaan tarkemmin tietoperustassa. Valmetin paperi- ja kartonkikoneiden OptiFlo Fourdrinier perälaatikon suunnittelu on hyvin valmisteltu tehokkaaseen suunnittelutyöhön tuotteen jatkuvasti kehittyvän modulaarisen tuotemallin ansiosta, mikä muokataan aina asiakkaan tarpeiden mukaan erilaisten parametrien ja valintojen avulla. OptiFlo Fourdrinier, lyhennettynä OFF, on Valmetin perälaatikkotuoteperhe, johon kuuluu erilaisia variaatioita samasta perälaatikkomallista.

Asiakkaalle suunnitellaan OFF-perälaatikko heidän antamien vaatimusten mukaisesti ja näistä muodostetaan tuotemallia apuna käyttäen erilaisia kustannus-, layout- ja piirustusmalleja. Näiden mallien avulla asiakkaat saavat realistisen kuvan tuotteesta, mitä he ovat tarkalleen tilaamassa. Asiakkaiden kanssa kauppaa käytäessä on helpompaa esittää valmiiksi tehtyjä esimerkkiratkaisuja, mistä asiakas voi valita mieleisensä ja on valmis maksamaan. Näissä tilanteissa käytetään usein layoutmalleja.

OFF perälaatikoiden mukana toimitetaan usein myös sen huolto-, säätö-, ja tarkkailutoimenpiteiden osalta tärkeät hoitosillat. Hoitosilloilla tarkoitetaan erillisiä, usein korkealla sijaitsevia kulkuteitä, joita pitkin työntekijät pääsevät kulkemaan suurien koneiden ympärillä ja teollisuushalien sisällä turvallisesti joutumatta vaarantamaan itseään tai muita. OFF-perälaatikon variaatiosta riippuen, hoitosiltoja voi olla perälaatikon vierillä, takana tai sen päällä. Näiltä hoitosilloilta pääsee turvallisesti ja mahdollisimman ergonomisesti suorittamaan toimenpiteitä perälaatikon ympärille ja päälle, kuten tarkkailemaan sen massajakoputken tarkkailuputken kautta massajakoputken päiden välistä paineen tasapainoa.

1.2 Kehitystutkimuksen kohde

Perälaatikon myyntivaiheessa asiakkaan kanssa neuvotellaan perälaatikon ominaisuuksista ja lisäosista mitä halutaan lukea mukaan tilaukseen, mukaan lukien hoitosilloista. Vaikka OFF-perälaatikosta oli olemassa ajan tasalla pidettävä tuotemalli mitä esitellä asiakkaille, ei siitä löytynyt vakioituja hoitosiltaratkaisuja. Myyntitilanteissa oli havaittu, että tilannetta helpottaisi, jos myynnillä olisi esittää asiakkaalle selkeät layoutkuvat erilaisista hoitosiltavariaatioista.

Vallitsevan tilanteen takia myynti joutui arvioimaan hoitosiltojen kustannuksia perälaatikkojen osalta vanhojen projektien toteutuneiden hintojen perusteella. Työtä hankaloitti se, että lähes jokaisella valmistetulla perälaatikolla hoitosiltaratkaisut olivat hyvin erilaisia, joten kustannusarviot saattoivat heittää tapauskohtaisestikin suurella summalla. Myynnin parissa työskentelevillä ei myöskään ole ollut selkeitä kuvia tai layout piirustuksia, joiden avulla olisi pystynyt keskustelemaan asiakkaiden kanssa hoitosiltaratkaisusta, mitä asiakkaalle olisi voinut ehdottaa perälaatikon yhteydessä ostettavaksi Valmetilta ja mitä asiakas olisi ollut itse valmis hankkimaan jotain toista kautta projektiin.

1.3 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa 3D-mallinnusohjelmalla kustannustehokkaat hoitosiltaratkaisut layoutmalleiksi ja alustavat kustannusmallit Valmetin OptiFlo Fourdrinier tuoteperheen perälaatikoiden hoitosilloista. Näillä kustannusmalleilla ja layouteilla helpotettaisiin ja yksinkertaistettaisiin perälaatikoiden myynnin ja suunnittelun parissa työskentelevien työkuormaa, joka parantaisi myynnin tehokasta toimintaa ja vähentäisi suunnittelun työtunteja tuoden parempaa tulosta. Kustannustehokkuutta työhön haetaan alustavien layoutmallien avulla, joiden ansiosta pääsuunnittelijoiden ei tarvitsisi tehdä esisuunnitteluvaiheessa kokonaan täysin uusia hoitosiltalayoutteja. Pääsuunnittelijat voisivat hyödyntää opinnäytetyössä tehtyjä layoutmalleja työssään ja laskea niiden avulla hoitosiltojen alustavat kustannukset kustannuslaskuria hyväksi käyttäen.

Kustannustehokkuutta haetaan työhön myös tekemällä hoitosilloista ja -tasoista mahdollisimman modulaarisia rakenteiltaan. Tällä tarkoitetaan rakennetta, jota voitaisiin hyödyntää mahdollisimman monessa eri kokoisessa ja mallisessa OFF-perälaatikko toteutuksessa. Esimerkiksi hoitosiltojen leveys ja suuri osa kaiteista voitaisiin vakioida, jolloin ne voisivat toimia moduuleiden tavoin

perälaatikon kokoonpanossa ja vain osan tuotteista joutuisi suunnittelemaan, sekä tilaamaan erikoiskoossa. Vakioinnin avulla säästettäisiin suunnittelutunteja, kun valmiita kaiteita ja siltoja voisi kopioida ja liittää helposti kokoonpanoon. Sillä helpotettaisiin myös mahdollisesti tuotteiden valmistajan työtä, kun jokainen osa ei ole eri mitoilla valmistettava. Kun tuotteet ovat vakiomittaisia, esimerkiksi kaiteita, niitä voisi valmistaa samassa valmistuserässä useampia varastoon, jolloin säästettäisiin hoitosiltojen valmistus- ja tilausajassa, mikäli tuotteille pystyttäisiin järjestämään riittävästi varastointitilaa.

Erilaisia layoutvariaatioita tulisi neljään eri OptiFlo Fourdrinier perälaatikkoon, joista yksinkertaisimpaan variaatioon tehdään neljä erilaista ratkaisua. Hoitosiltoja tulee olemaan koneen molemmilla sivuilla, takana ja päällä. Layoutsuunnitteluun kuuluu myös ideointiosuus, jossa täytyy keksiä OFF-perälaatikoille realistinen ja turvallinen keino kiivetä perälaatikon päälle. Työ täytyy toteuttaa käytössä olevien standardien mukaisesti suunniteltuna. Standardit ovat listattuna osiossa 4.3. Layoutit tulee toimittaa 3D-kuvina tai piirustuksina toimeksiantajalle.

1.4 Työn rajaus

Opinnäytetyö rajataan toimeksiantajan, eli Valmetin OptiFlo Fourdrinier tuoteperheen perälaatikoiden neljän eri mallin (1PP, OFFD yläp., 2PP ja Layering), hoitosiltalayout suunnitteluun. Työhön sisältyy perälaatikoiden hoitosiltaratkaisujen muodostaminen ja niiden layouttien tuottaminen, sekä ratkaisusta Excel -pohjaisen yksinkertaisen kustannusmallin luonti. Hoitosiltaratkaisujen tarkempi detalji -suunnittelu rajataan pois opinnäytetyöstä, sillä hoitosiltoja joutuu lähes aina muokkaamaan projektikohtaisesti ja suunnittelutyöhön kuluva aika muodostuisi liian suureksi yksittäiseen opinnäytetyöhön.

Perälaatikon hoitosilloilla tarkoitetaan hoitosiltoja, jotka kulkevat perälaatikon takana, hoito- ja käyttöpuolella, jakoputken päällä ja hoitosiltoja, jotka vaaditaan perälaatikon päälle pääsemiseksi. Layoutteihin halutaan vain hoitosillat ja niiden kaiteet, sekä niiden mahdolliset tikkaat, portaat, kaiteen korotukset, suojakaaret tikkaille ja suojaportit. Hoitosiltalayoutteihin ei tässä tapauksessa tarvitse suunnitella kiinnitystukia ja -pilareita, joilla hoitosillat kiinnittyvät perälaatikkoihin ja niiden ympäristöön.

Työhön sisältyi myös ideointiosuus perälaatikon päälle turvallisesti pääsemisestä. Työ rajattiin siten, että ideointi pidettiin vain perälaatikkovariaatioille 1PP, jossa on yläpuolinen laimennusjakotukki ja 2PP, eli integroidulla tasauskammiolla varustettuun perälaatikkoon. Ideointi tuli suorittaa kvantitatiivisellä menetelmällä ryhmäideointina, jossa haettiin osallistujien vapaampia ideoita.

Osassa Valmetin toimittamista tuotantolinjoista on teollisen muotoilijan suunnittelemat hoitosiltarakenteet, joissa käytetään turvalasikaiteita. Näitä ratkaisuja on käytetty yleensä vain kokonaisten tuotantolinjojen uusinoissa tai uusien tuotantolinjojen toimituksissa, sekä niiden suunnittelu ja toteutus tuli Viiraosaa suunnittelevalta henkilöstöltä. Näissä tapauksissa olisi haastavaa tehdä työhön soveltuvaa kustannuslaskuria, sillä lasikaiteellisten hoitosiltojen kustannusten muodostuminen ei enää tullut perälaatikkosuunnittelun käyttämän mallin mukaan. Tämän vuoksi, lasikaiteet rajattiin tästä opinnäytetyöstä pois.

Kustannuslaskennan puolelta päädyttiin yksinkertaiseen Excel taulukkoon, sillä perälaatikkojen myyntitiimillä on käytössään vain hinnastopohja, johon täytyi laskea kaikki hoitosiltojen rakenteet hinta-arvion saamiseksi. Opinnäytetyön aika tehtyyn taulukkoon tuli tehdä osiot erilaisille hoitosiltalayouteille, perälaatikoiden leveyksille, hoitosiltojen ja kaiteiden materiaaleille, sekä materiaalien hinnoille. Taulukon avulla parametrejä muuttamalla täytyy pystyä muodostamaan hinta-arvio hoitosiltojen materiaalikustannuksille.

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimustyösuunnitelma

Tutkimustyössä lähdettiin ensimmäisenä tutustumaan perälaatikoiden olemassa oleviin ja aikaisemmin suunniteltuihin hoitosiltaratkaisuihin. Näitä tutkimalla ja analysoimalla lähdettiin hahmottamaan työhön sopivia tutkimusmenetelmiä, joista päädyttiin lopulta kehitystutkimukseen. Työn aikana muodostettiin myös tutkimuskysymyksiä ja valikoitiin erilaisia tutkimusmenetelmiä.

Tutkimusmenetelminä tullaan käyttämään pääasiassa kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, koska työ on pääasiassa aikaisemmin suunniteltujen rakenteiden havainnointiin ja uusien rakenteiden vapaamuotoiseen ideointiin perustuvaa. Työssä käytetään myös jonkin verran kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä, joilla on tutkittu kvalitatiivisen tutkimuksen tuloksia. Menetelmiä sovelletaan työn eri osiin eri tavoilla, kuten esimerkiksi vanhojen hoitosiltaratkaisujen tutkiminen etsittäessä ratkaisua, mikä toimii mahdollisimman monessa toteutuksessa, tai selvitetessä miksi joku ratkaisu toimii paremmin kuin muut. Molemmat, kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen menetelmä, tullaan avaamaan tarkemmin osioissa 2.2.1 ja 2.2.2.

2.2 Tutkimustyö

Tutkimustyöllä pyritään vastaamaan johonkin, tai joihinkin kysymyksiin. Tutkimustyö yleensä lähtee ongelmasta tai tutkittavasta ilmiöstä, mistä voi muodostaa tutkimuskysymyksiä. Tutkimuskysymykset on muodostettava huolella ja niiden muotoon on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta tutkimuksen kautta saadut vastaukset ratkaisevat tutkimusongelman. (Kananen 2010, 19.)

Opinnäytetyöhön muodostetut tutkimuskysymykset:

- Mitä osakokonaisuuksia voi hoitosilloista suunnitella ja valmistaa modulaarisesti?
 - Voiko olla kokonaan modulaarisia?
 - Mitkä osakokonaisuudet voi olla modulaarisia?
- Millä tavoin hoitosillat saadaan suunniteltua ja valmistettua kustannustehokkaasti?
- Millainen on toimiva kustannuslaskuri hoitosilloille?

Tutkimustyötä tekemällä saadaan tieteellistä tietoa, jota voi hyödyntää erilaisia tutkimuksia tehtäessä. Tieteellistä tietoa on hankittu jo niin pitkän aikaa ihmisten historiassa, että suuri osa tästä tiedosta on jo niin sulautunutta kansalaisten mieleen, ettei sitä mielletä välttämättä tieteelliseksi tiedoksi. Tutkimustyön tiedolla voidaan vastata täsmällisesti tutkimusongelmien kysymyksiin ja suunnata tutkimuksen lukijan huomiota, muuttaa tämän käsityksiä, herättää kiinnostusta, sekä auttaa ymmärtämään tutkittua aihetta paremmin. Työn aikana on oleellista kirjata ylös millä tavalla tutkimus on suoritettu, jotta se on mahdollisuuksien mukaan toistettavissa. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara & Sinivuori 2009, 18–22.)

2.2.1 Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivista tutkimusta on yleisesti kutsuttu laadulliseksi tutkimukseksi. Sitä voisi nimittää yhdeksi vanhimmista tutkimusmuodoista, sillä se perustuu ilmiöiden, tapahtumien ja asioiden ymmärtämiseen muodossa, jota ei voi määritellä vain numeerisesti. Tällä tarkoitetaan luonnollisten tilanteiden kautta kerättävää tietoa ja ymmärrystä tapahtuneesta ilmiöstä esimerkiksi havainnoinnin avulla, jotta voidaan vastata ”mikä” tai ”mitä” ilmiö on. (Kananen. 2010, 36–37.)

Havainnoinnin kautta saatuja tietoja tutkimuksen tekijä tulkitsee tilanteen ja tutkimuskysymysten mukaisista näkökulmista, joiden kautta kysymyksille muodostuu vastaus. Johtuen laadullisen tutkimuksen tekijöiden näkökulmallisista eroista, saman aiheen tutkiminen saattaa tuottaa useita toisistaan eriäviä vastauksia, jotka paljastavat odottamattomia seikkoja tutkimuksen kohteesta. Kvalitatiivinen tutkimus on kokonaisvaltaista tiedon hankintaa, johon voidaan soveltaa sille yleisiä, mutta monia erialisia metodeja, joista esimerkkeinä voi mainita aikaisemmin mainitun havainnoinnin, sekä aineiston analysoimiseen sopivan keskusteluanalyysin. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara & Sinivuori 2009, 162–164.)

Metodeja käytettäessä kannattaa kuitenkin vähentää niiden sisältämiä muuttujia mahdollisimman vähäisiksi, jotta tutkimuksen laadun taso pysyy korkeammalla sen tarkemmin kohdistetun tiedon lähteen ansiosta. Esimerkkinä laadullisen tutkimuksen metodista, jota käytettiin opinnäytetyön aikana, on ryhmähaastattelu, johon ei valita satunnaisia henkilöitä, vaan tietty ennalta suunniteltu joukko, joka kohdistaa tutkimusta tarkemmin määriteltävissä olevaan ryhmään. Kun käytetään ennalta suunniteltua haastateltavien henkilöiden joukkoa, vastaavan tutkimuksen pystyy toistamaan ja ryhmältä saadaan tarkemmin rajattuja näkökulmia tutkittavaan aiheeseen. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara & Sinivuori 2009, 164.)

2.2.2 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivinen, eli määrällinen tutkimus voidaan aloittaa vasta kun tutkittava ilmiö on jo tiedossa ja entuudestaan tunnettu. Määrällisen tutkimuksen tarkoituksena on saada tutkittavalle kohteelle joku mitattavissa oleva arvo, jota voidaan analysoida esimerkiksi prosenttilaskuna. Tutkimuksella pyritään vastaamaan ennalta asetettuihin tutkimuskysymyksiin, mutta tutkimusprosessi on

joustamattomampi kuin kvalitatiivisessa tutkimuksessa. Joustamattomuus johtuu määrällisen tutkimuksen metodeista, joista useimmat vaativat tarkkoja sääntöjä toimiakseen kunnolla tutkimuksen alusta sen lopetukseen asti. (Kananen. 2010, 74–77.)

Tutkimuksen kohde täytyy olla mahdollisimman objektiivisessä muodossa, että siitä saa numeerisia tuloksia. Tulosten perusteella yleensä määrällisessä tutkimuksessa muodostetaan taulukoita ja hypoteeseja taulukoiden pohjalta. Yksi suosituista kvantitatiivisen tutkimuksen metodeista on ”rasti ruutuun” -kyselyt, jossa koeryhmä täyttää ennalta suunnitellun kaavakkeen, joka voidaan jälkikäteen muuttaa numeeriseen muotoon. Kyselyssä voidaan kysyä esimerkiksi, ”näetkö tässä kuvassa jalankulkijaa, vastaa kyllä tai ei”, jonka perusteella voidaan myöhemmin laskea tulos, jossa todetaan, että kuinka moni koehenkilöistä on prosentuaalisesti vastannut tehtävässä ”kyllä” ja kuinka moni ”ei”. Määrällisessä tutkimuksessa on tärkeää, että tutkimusmetodissa käytettävä tiedonhakekeino tukee tutkimuksen alussa muodostettuja tutkimuskysymyksiä. On myös tärkeää muistaa tutkimustyön aikana ilmenevät mahdolliset muuttujat ja niiden ylös kirjaaminen ennen hypoteesin muodostamista. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara & Sinivuori 2009, 135–140.)

2.2.3 Kehitystutkimus

Kehittämistutkimus on tutkimuksen muoto, jossa olemassa olevia tietoja, tuotteita, prosesseja, menetelmiä tai järjestelmiä kehitetään ja parannetaan entisestään. Tällä pyritään saamaan positiivista muutosta nykyiseen tilanteeseen ja tähdätään johonkin tiettyyn ennalta asetettuun tavoitteeseen. Siinä voidaan hyödyntää kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimuskeinoja. Kehitystutkimuksen ideana on viedä jonkin asian kehitystä eteenpäin tavalla, jota voi mitata jollakin tavoin. (Kananen. 2010, 155–159.)

Kehittämistutkimuksen edellytyksenä on hyvä tietous nykytilasta ja sen puutteista. Sen aikana etsitään keinoja kehittää käsiteltävää asiaa ja tapaa, jolla arvioida kehityksen määrää. Kehittämistyöllä ja kehittämistutkimuksella on se ero, että kehittämistutkimuksessa on mukana jonkin asian tutkiminen tutkimuksen avulla. Tutkimukselle täytyy asettaa tavoitteet, joiden perusteella valitaan keinot tavoitteisiin pääsemiseksi. (Kananen. 2010, 159.)

2.3 Kehitystutkimuksen eettisyys ja käytännön peruseriaatteen

Opinnäytetyön aikana käytettiin hyvää eettistä toimintaa ja tapoja, joita tutkimuseettisen neuvottelukunnan ja suomalaisen tiedeyhteisön yhteistyössä laaditussa ohjeessa hyvästä tieteellisestä käytännöstä kuvataan. Ohjeen nimeämiä toimintatapoja, kuten luvista huolehtimista ja sääntöjen noudattamista on noudatettu tutkimustyössä, tulosten esittämisessä ja niiden tallentamisessa. (Hyvä tieteellinen käytäntö 2023, 13.)

Tämän tutkimuksen aikana lähteitä analysoitiin kriittisesti ja käytettiin plagioimatta, eikä tutkimuksen tuloksia ole vääristelty. Ryhmähaastattelun osallistujien nimettömyyttä kunnioitettiin ja osallistujista ei kirjattu tunnistettavia tietoja tulosten esittelyyn. (Hyvä tieteellinen käytäntö 2023, 13,15.)

3 Tietoperusta

3.1 Valmet Oyj

Valmet on suuri, pääasiassa sellu-, paperi- ja energiateollisuuden alalla toimiva yritys, joka tuottaa ja kehittää laitteistoja, ratkaisuja ja palveluita, joilla jalostetaan uusiutuvista raaka-aineista kestäviä ja laadukkaita tuotteita ympäristöystävällisesti. Yrityksen missiona on edistää asiakkaiden menestystä ja sen toimintaa tukevat arvot luovat tukevaa pohjaa sen markkina-asemalle kaikissa yrityksen liiketoiminnoissa. (Valmet lyhyesti n.d.)

Ennen kuin Valmet Oy sai tämänhetkisen nimensä 1950-luvulla, alkoi sen varhainen historia jo 1750-luvulla pienen allastelakan muodossa Suomenlinnassa. Ajan saatossa mukaan liittyneistä yrityksistä suurin osa on aloittanut toimintansa 1800-luvulla ja tuotevalikoimasta on löytynyt mm. laivoja, aseita, traktoreita ja paperikoneita. (Valmet, historia n.d.)

Jyväskylän Rautpohjan tehdas on perustettu 1930-luvun lopulla (Valmet, FIN Jyväskylä n.d.). Siellä entisellä tykkitehtaallaan 1950-luvulla juuri nimeään vaihtamassa oleva Valtion Metalli alkoi valmistamaan paperikoneita, jotka myöhemminä vuosina tulisivat muodostamaan suurimman osan Valmetin tuotteista (Valmet, historia n.d.).

Jyväskylän toimipisteellä työskentelee tällä hetkellä noin 1550 Valmetin työntekijää, joista suurin osa on kartonki- ja paperitehtaat teknologiayksikön parissa työskenteleviä toimihenkilöitä. Tämän teknologiayksikön parissa työskennellään tutkimus, teknologia, tuotekehitys, tuotehallinta ja projektisuunnittelun aihealueiden parissa. Rautpohjan tehtaan tuotanto koostuu erilaisten telojen ja perälaatikkojen valmistuksesta, sekä viiraosien, puristinosien, kalenterien, rullaimien ja pituusleikkureiden kokoonpanosta ja testauksesta. (Valmet Jyväskylä, yleisesittely 2023.)

Valmetin tarjoamat palvelut on jaettu viiteen eri liiketoimilinjaan, jotka ovat palvelut, virtauksen-säätö, automaatiojärjestelmät, sellu ja energia sekä paperit. Nämä liiketoimilinjat ovat jakautuneet maailman ympäri ja niiden parissa työskentelee 17 500 Valmetin ammattilaista. (Valmet yrityksenä n.d.)

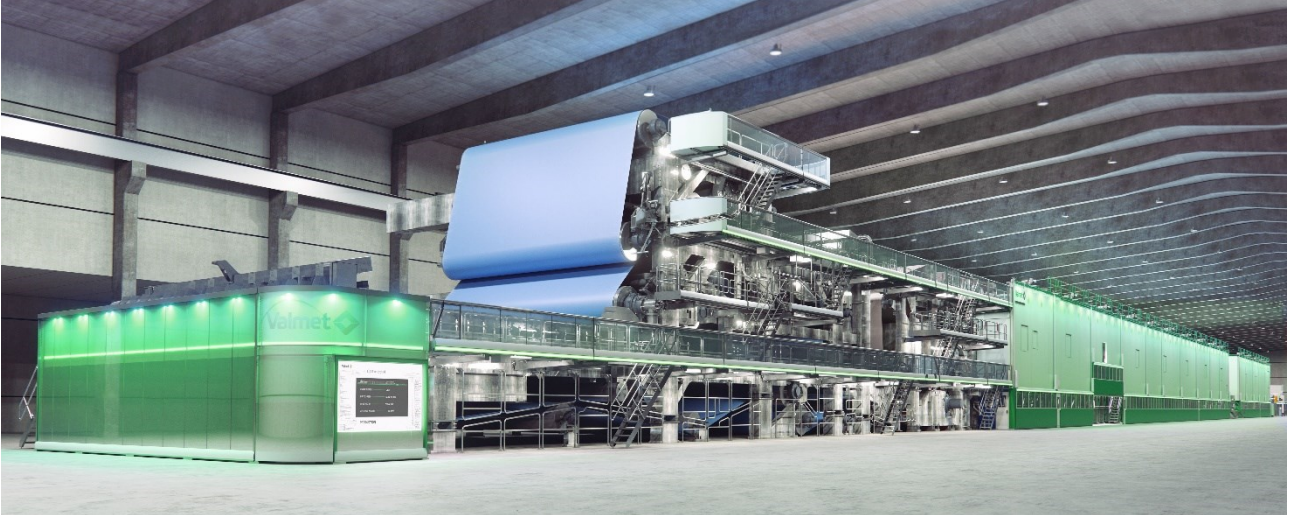
3.2 Paperi- ja kartonkikoneet

Paperin ja kartongin valmistaminen on pitkä prosessi, ja sen valmistamiseen tarvitaan pitkä konelinja, jota voidaan nimittää yksinkertaisesti paperi- tai kartonkikoneeksi. Pitkästä konelinjasta hyvä esimerkki on Valmetin OptiConcept M (kuvio 1). Kone koostuu kuitenkin monesta osiosta, joiden aikana koneeseen syötettävästä käsitellystä nestemäisestä massasta muodostetaan rullalle kerätävä lopputuote. Tämä koneen valmistama lopputuote ei kuitenkaan välttämättä päädy vielä suoraan kuluttajalle, vaan se saattaa käydä läpi vielä joitakin jälkikäsittelyprosesseja. (Paperin ja kartongin valmistus n.d.)

Tuotteen, oli se sitten paperia tai kartonkia, valmistaminen alkaa vesipitoisen massaseoksen valmistamisella ja sen syöttämisellä koneeseen **perälaatikon** avulla, jopa 12 metriä leveäksi massarainaksi viirakankaalle, jolla se matkustaa koko koneen lävitse. Lopputuotteen toivotut ominaisuudet ja koneen rakenne vaikuttaa sen toimintanopeuteen, joka vaihtelee 400 metristä 1600 metriin minuutissa. Nopeuden vaihto ei ole yksinkertaista, sillä koneet suunnitellaan vain tietyille nopeusalueille ja lopputuotteille, ja siksi vaatii usein suuria muutoksia koneen rakenteelle, mikäli niitä halutaan muuttaa. (Paperin ja kartongin valmistus n.d.)

Viirakankaalla massaraina matkaa **viiraosan** lävitse, jossa massan seasta poistetaan vettä ja sen sisältämä kuitukoostumus muokkaantuu halutunlaiseen muotoon. Massarainan saavutettua

toivottu koostumus, se siirtyy viiraosalta **puristinosalle**, jossa siitä poistetaan lisää vettä ja sitä puristetaan kasaan. Puristinosan jälkeen raina siirtyy **kuivatusosalle**, missä siitä poistetaan vettä haihduttamisen avulla. (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.)



Kuvio 1. Valmet OptiConcept M board making line (Business photos n.d.)

Tässä vaiheessa tuotantolinjaa tulee usein suurimmat muutokset erilaisten koneiden välillä niiden rakenteissa, ja tampo-uriraudan ympärille konerullaksi rullautunut jopa 90 km pitkä tuote täytyy käsitellä vielä ennen asiakkaalle lähetystä. Yleisesti kuitenkin kaikille tuotteille tehdään vähintään **pituusleikkuu** ja **rullaus**, mutta joissakin tapauksissa ennen näitä, saattaa olla koneistoja **pintaliimaukselle**, **pigmentoinnille**, **päällystykseksi**, tai **kalenteroinnille**. (Jälkikäsitteily n.d.)

3.3 Paperi- ja kartonkikoneen perälaatikko

Perälaatikon tehtävinä on levittää putkistoa pitkin johdettu massa tasaisesti ja hallitusti viirakan-kaalle. Massan johtuessa jakotukin kautta pienien pillien läpi, syntyy siihen hallittua turbulenssia, jota vahvistetaan vielä välikammion jälkeen tulevalla turbulenssiputkistolla. Massan siirtyessä turbulenssiputkistosta huulikanavaan, muutetaan sen ominaisuuksia vielä hienosäätöisellä kärkilis-talla, jolla varmistetaan massan haluttu paksuus ennen kuin massa pursottuu viirakan-kaalle ja jatkaa matkaansa pidemmälle viiraosaan. (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.)

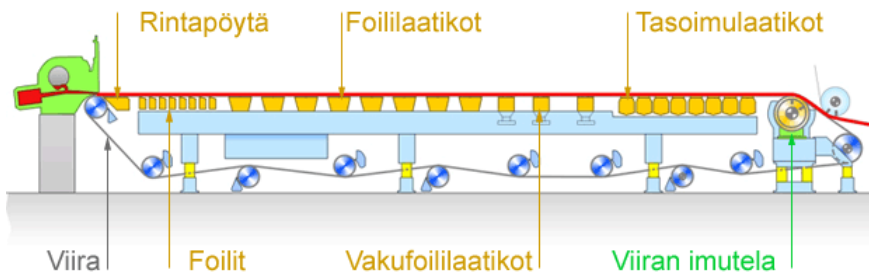
Perälaatikon, tai perälaatikoiden sijainnit vaihtelevat linjastolla riippuen kyseessä olevan koneen mallista ja käyttötarkoituksesta, mutta yleisesti voidaan todeta, että perälaatikko sijaitsee massa-putkiston ja viiraosan välissä (Knowpap, Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät 2023). Valmetin perälaatikot voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään, OptiFlo Gap ja OptiFlo Fourdriniereihin (Headbox n.d.).



Kuvio 2. OptiFlo Gap (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.)

Nämä kaksi perälaatikkotyyppiä eroavat toiminnallisesti siten, että OptiFlo Gap -perälaatikko voi pursottaa massan kahden viirakankaan väliin (kuvio 2), kun taas OptiFlo Fourdrinier -perälaatikko pursottaa massan vain vaakatasossa olevalle viiralle, esimerkiksi tasoviiralle (kuvio 3). Kustannuksellisesti OFF on OptiFlo Gap -perälaatikkoa usein halvempi, sillä se on mitoitettu pienemmille paperikoneen ajonopeuksille kuin OptiFlo Gap. Pienemmät nopeudet mahdollistavat kevyemmän rakenteen, jonka takia OptiFlo Fourdrinierin materiaalikustannukset pysyvät pienempinä. Tämä kevyempi rakenne on saavutettu ylärunkomodulleiden ansiosta, joiden määrä vaihtelee perälaatikolta vaadittavan nopeuden ja huuliaukon leveyden mukaan. (Headbox n.d.)

Tasoviira



Kuvio 3. Tasoviira. (Viiraosan rakenteet n.d.)

Optiflo Fourdrinieristä tämän opinnäytetyön osalta olennaisimmat variaatiot ovat:

- OptiFlo Fourdrinier, hydraulinen perälaatikko, lyhenne; 1PP.
- OptiFlo Fourdrinier, jossa laimennusjakotukki on sijoitettu massaputken yläpuolelle, opinnäytetyössä käytettävä lyhenne; OFFD yläp.
- Perälaatikko, johon integroitu tankkivaimennin, lyhenne; 2PP.
- Monikerrostava perälaatikko, lyhenne; Layering



Kuvio 4. OptiFlo Fourdrinier perälaatikko (Headbox n.d.)

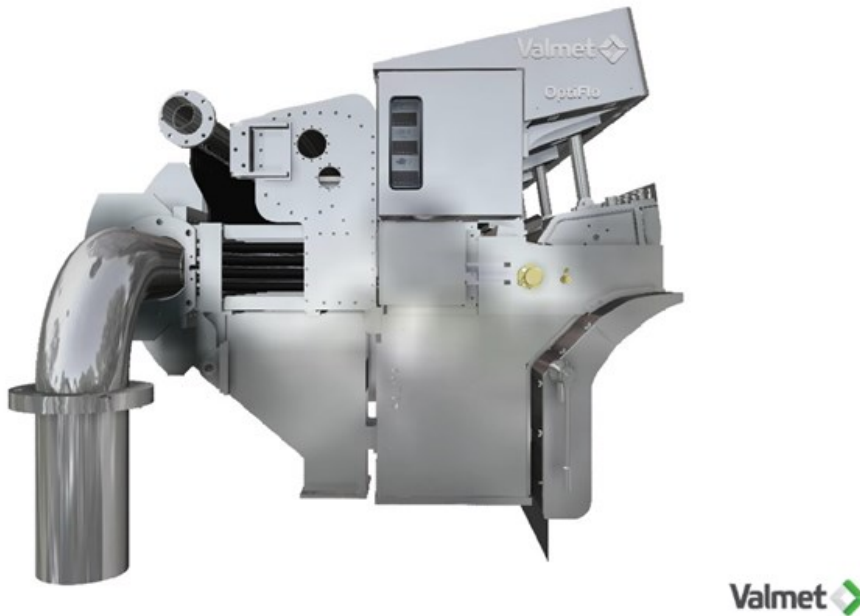
Perälaatikko ilman sisäistä vaimennusta, on hydraulinen perälaatikko, jonka rakenne on modulaarinen. Sille virtaa massa ulkoisen tankkivaimentimen ja pisaran muotoisen jakoputken kautta turbulenssigeneraattoriin. Perälaatikkoon on mahdollista lisätä laimennussäätö, lisäämällä laimennusjakotukki, joka on sijoitettu massajakoputken alle (kuvio 4). **Perälaatikko ilman sisäistä vaimennusta, jossa laimennusjakotukki on massaputken yläpuolella** (kuvio 5), on samanlainen kuin aikaisemmin mainittu OptiFlo Fourdrinier, mutta laimennussäätö on hoidettu laimennusjakotukilla, joka on sijoitettu jakoputken yläpuolelle. (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.)



Kuvio 5. Perälaatikko, jossa laimennusjakotukki on massajakoputken yläpuolella (kuvaa muokattu). (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.)

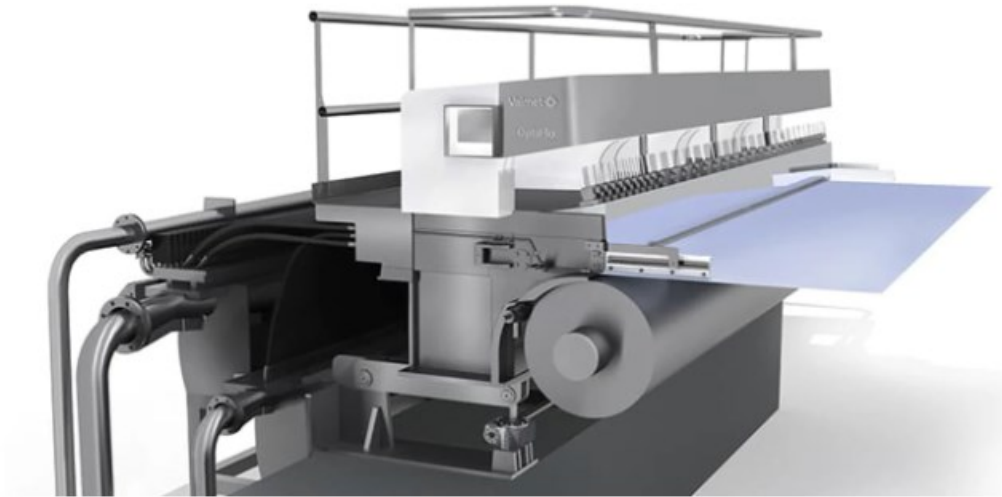
Perälaatikko, johon on integroitu sisäinen tankkivaimennin (kuvio 6). OptiFlo Fourdrinier, jonka massajakoputki on taaempänä kuin Fourdrinierin perusversiossa, sen laimennusjakotukki on massajakoputken yläpuolella ja sen alarunkoon on kiinnitetty painevaihteluiden varalta vaimennin massajakoputken ja turbulenssigeneraattorin välille. Painevaimennin tasaa paperikoneen lyhyen

massakierron pumppujen ja sihtien aiheuttamaa painevaihtelua, joka on haitaksi rainamassan kuitukoostumukselle. (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.)



Kuvio 6. Perälaatikko sisäellä vaimennuksella.

Monikerrostava perälaatikko (kuvio 7), on kahdella tai kolmella massajakoputkella varustettu perälaatikko, joka tuottaa veden ja usearivisen turbulenssigenaattorin avulla kerrostettua massarainaa. Layering -perälaatikko säästää paperikoneen valmistuskustannuksissa, sillä usean kerroksen saamiseksi ei tarvitse enää useaa perälaatikkoa ja viiraosaa. Kerrostusteknologian ansiosta saadaan myös enemmän mahdollisuuksia massan koostumuksen muutoksille verrattuna perinteiseen yksikerroksiseen perälaatikkoon. (Headbox, OptiFlo Layering n.d.)



Kuvio 7. Kerrostava perälaatikko (OptiFlo Layering n.d.)

3.4 Standardit

Standardit ovat ennalta sovittuja asioita, ominaisuuksia ja suosituksia, joita noudattamalla toimitaan aina tietyn käytännön ja laatuvaatimusten mukaisesti. Kun esimerkiksi yritys sitoutuu käyttämään tiettyjä standardeja, tietää yritykseltä palveluita ostava taho varmasti millä laadulla ja arvoilla kyseistä palvelua on saamassa. Ilman standardeja, palveluiden ja tuotteiden laaduilla ei olisi yhteisesti sovittuja määritelmiä, joten niiden laadulliset ja arvolliset määritelmät olisivat täysin niitä tarjoavan tahon määriteltävissä palveluiden ostaja ei välttämättä saisi toivottua laatua. (Mitä standardi tarkoittaa? n.d.)

Suomen standardiliitto on Eurooppalaisen CEN -standardijärjestön jäsen ja on siten sitoutunut noudattamaan EN (eurooppalaisia) standardeja. Standardit voidaan luokitella kansalliseksi, eurooppalaiseksi tai kansainväliseksi standardeiksi. Yleisesti käytetyt standardit ovat asiakirjoja, jotka sisältävät ohjeistuksia painetussa tai digitaalisessa tiedostomuodossa. Näiden yleisesti tunnettujen standardien merkitsemistapa, eli tunnus, on selitetty alla näkyvässä esimerkissä (kuvio 8). (Mitä standardi tarkoittaa? n.d.)



Kuvio 8. Standardin tunnuksen lyhenteet selitettynä. (Mitä standardi tarkoittaa? n.d.)

Esimerkkikuviossa on esillä kansainväliseen standardiin riittävä tunnus. Standardin tunnuksen numeroyhdistelmä yksilöi standardia, sillä aikaisemmat kirjainyhdistelmät saattavat vaihdella eri maiden välillä, esimerkiksi Saksassa DIN. Maailmanlaajuisten standardien osalta, Suomen järjestelmä saa päättää hyväksyykö se ISO:n tarjoaman standardin vai ei. (Mitä standardi tarkoittaa? n.d.)

3.4.1 Koneturvallisuus. Paperi- ja Paperin jälkikäsittelykoneiden turvallisuusvaatimukset. Osa 1

Suomessa tätä standardia hallinnoi Suomen standardisoimisliitto, joka on kieltänyt standardin julkaisemisen tai kopioinnin osittaisestikin ilman siltä anottua lupaa. Tämän vuoksi opinnäytetyössä standardista kerrotaan vain pinnallisesti ja siitä ei paljasteta tarkkoja tietoja, vaikka sitä on käytetty ratkaisun teossa.

Standardi koskee yleisiä turvallisuusvaatimuksia paperi- ja jälkikäsittelykoneissa, ja siinä viitataan useaan toiseen standardiin, joita käytetään tarkentamaan tämän standardin käsitteitä ja niistä on otettu viittauksia käyttöön tähän standardiin. Tässä ensimmäisessä osassa käsitellään lyhyesti opinnäytetyön kannalta olennaisia hoitosilta-, tikas-, porras- ja kaidemääritelmiä. Niissä annetaan raja-arvoja turvavarusteiden koolle, muodolle, kestävyydelle, ominaisuuksille ja niiden sijainnille. (SFS-EN 1034-1:2021:en)

3.4.2 Koneturvallisuus: Kiinteät kulkutiet. Osat 1-4

Suomessa näitä standardeja hallinnoi Suomen standardisoimisliitto, joka on kieltänyt standardien julkaisemisen tai kopioinnin osittaisestikin. Tämän vuoksi opinnäytetyössä kerrotaan standardeista vain pinnallisesti ja niistä ei paljasteta tarkkoja tietoja, vaikka niitä on käytetty ratkaisun teossa.

Kiinteät kulkutiet standardin osat 1–4 käsittelee tarkemmin kiinteästi asennettuja hoitosiltoja ja -tasoja, sekä niihin liittyviä osioita kiinteästi asennettujen koneiden osalta, kuin osion 3.4.1 standardi. Tämän syyn takia, sitä on sovellettu tähän opinnäytetyöhön enemmän.

Kiinteät kulkutiet osa 1 ohjeistaa pääsysteiden valinnassa ja niiden yleisissä vaatimuksissa, sekä viittaa standardin tarkennuksiin sen seuraavissa osissa. Siinä käydään läpi standardissa mainittavia virallisia nimityksiä ja määrittämiä, joita myöhemmät osat tulevat käyttämään. (SFS-EN ISO 14122-1:2016)

Kiinteät kulkutiet osa 2 käsittelee työskentely- ja kulkutasoja, joita siinä määritellään, ohjeistetaan suunnittelemaan ja neuvotaan käyttämään turvallisesti. Kävelysiltojen minimileveyksistä, sekä lat- tiapintojen rakenteista ja kaltevuuksista on kerrottu omat raja-arvonsa. Raja-arvot on myös ker- rottu esteiden ohituksesta, häiritsevistä mitoista ja niiden kiertämisestä. (SFS-EN ISO 14122-2:2016)

Kiinteät kulkutiet osa 3 kertoo portaiden, porrastikkaiden, suojakaiteiden ja porttien käytöstä hoi- tosilta ja -tasojen suojana. Siinä lueteltavat käsitteet turvavarusteista määritellään tarkasti ja neu- votaan niiden turvavaatimusten todentamisessa. (SFS-EN ISO 14122-3:2016)

Kiinteät kulkutiet osa 4 tarkentaa kiinteiden tikkaiden turvallisuusmäärittämiä niiden rakenteesta, sijoittelusta ja vaatimuksista. Tikkaiden lisäksi siinä määritellään tarkkaan niiden sijoitusympäristön turvallisuusvaatimukset ja ympäristössä olevat tikkaiden käyttöön liittyvät suojavarusteet. (SFS-EN ISO 14122-4:2016)

3.5 Kustannuksien suunnittelu ja modulaarisuus

Tuotteet, jotka täyttävät niiltä odotetut vaatimukset ja ovat kustannustehokkaasti suunniteltu, ovat suosittuja useiden asiakkaiden keskuudessa. Tämän kaltaisia tuotteita voidaan suunnitella

monilla eri tavoilla, kuten esimerkiksi hakemalla inspiraatiota kirjallisuudesta, parannettaessa olemassa olevien tuotteiden rakenteita tai järjestämällä ideointitilaisuuksia. Kustannustehokkaassa tuotesuunnittelussa on otettava huomioon tuotteen koko elinkaaren aikana muodostuvat kustannukset, sekä tuotteen suunnitteluun kuluvan ajan tuomat kustannukset. Projektit, joihin sisältyvien tuotteiden esisuunnittelu on pitkälle edennyttä, ovat tuotekustannuksiltaan siksi usein kustannustehokkaampia kuin projektit, joissa käytetään paljon uusia ja projektikohtaisesti suunniteltuja tuotteita. (Farr & Faber, 2018, 5–6.)

Modulaarisuus on hyvä tapa pitää tuote kilpailukykyisenä kustannusten osalta. Modulaarisella rakenteella tuotteen eri osia voidaan päivittää yksitellen ilman koko rakenteen uudestaan suunnittelua valmiin tuotteen saamiseksi, sekä valita erilaisia tuoterakenteita, jotka muodostavat eri variaatioita tuotteesta. Valmistamalla esimerkiksi tuotteen runko-osaa useampi kappale, voidaan näille rungoille kasata yhteensopivia erilaisia osakokonaisuuksia, eli moduuleita, muuttaen kahden samanlaisen rungon omaavan tuotteen lopulliset ominaisuudet toisistaan erilaisiksi. (Susman, 1992, 82.)

Kilpailukyvyyn tehostuminen perustuu markkinoilla olevan tuotteen nopeaan kehitykseen. Modulaarisen tuotteen yhden moduulin rakennetta voidaan usein muuttaa siten, että muita osia ei tarvitse muokata joko lainkaan tai muutokset pysyvät vähäisinä. Vähäisten muutosten vuoksi suunnitteluun kuluu vähemmän aikaa ja tuotteen uusi versio saadaan markkinoille nopeammin. Tietokoneet, joiden sisäisiä komponentteja voidaan vaihtaa ja päivittää niiden vakioitujen kiinnitysporttien ansiosta, ovat hyvä esimerkki tuotteesta, joka on valmistettu modulaariseksi. Usean eri moduulivaihtoehdon ansiosta tuotteesta voidaan tehdä helposti erilaisia versioita, joista asiakkaat voivat valita heidän tarpeisiinsa ja vaatimuksiinsa perustuvan version, jonka runko on kuitenkin sama kuin muissa tuotteissa. (Susman, 1992, 89.)

3.6 Työturvallisuus

Työturvallisuuden edellytyksenä on turvallinen ympäristö ja työhönsä koulutettu, sekä perehdytetty työväki. Turvallinen työpaikka on jatkuvasti työturvallisuuttaan kehittävä, arvioiva ja ylläpitävä. Työturvallisuuteen vaikuttaa monet tekijät ja näiden tekijöiden summat, joista esimerkkinä sisäilman laatu, työilmapiiri, työpisteen ergonomia, ammattitaudit ja työntekijän työkuormituksen hallinta. (Työturvallisuuskeskus, Työturvallisuus 2023)

Ensinnäkin yleisesti teollisuudessa työturvallisuutta tuetaan ennakoimalla kehityksen tarpeita ja kehittämällä työilmapiirin työturvallisuuskulttuuria. Etenkin suuremmilla toimijoilla samoissa toimitiloissa voi työskennellä useampia eri yhtiöitä, joka tuo haasteita työturvallisuuden ylläpitämiseksi. Näiden haasteiden huomioimiseksi on tärkeää, että näillä alueilla pidetään yhteisiä turvallisuuskoulutuksia ja perehdytyksiä, sekä toimitaan yleisten työturvallisuusohjeiden mukaisesti. (Työturvallisuuskeskus, Teollisuus 2023)

Seuraavaksi tarkasteltaessa tarkemmin määriteltyä teollisuuden alaa, paperiteollisuuden osalta huoltotyöt ja suurten koneiden häiriötilanteet ovat suurin vaaratekijöiden aiheuttaja. Näiden töiden aikana laitteiden ympärillä työskentelee useampi työntekijä ja inhimillisten virheiden todennäköisyys kasvaa verrattuna normaaliin koneen käyttöön, sillä nykyisin laitteistot ovat suurimmilta osin automatisoituja, ja työntekijöiden toimenkuva koostuu lähinnä prosessin erilaisista valvonta-tehtävistä. (Työturvallisuuskeskus, Paperiteollisuus 2023)

Työtapaturma- ja ammattitautilain mukaan, *tapaturmalla tarkoitetaan ulkoisesta tekijästä johtuvaa äkillistä ja odottamatonta tapahtumaa, joka aiheuttaa työntekijälle vamman tai sairauden* (Työtapaturma- ja ammattitautilaki 459/24.4.2015, 17 §.). Paras keino välttää tapaturmat työnteossa, on ehkäistä ne ennen niiden tapahtumista.

Vaarat tunnistamalla ja poistamalla vähennetään huomattavasti tapaturmiin johtavia tilanteita. Näihin tilanteisiin on huomioitava myös poikkeustilanteet ja työvaiheet, kuten laitteiden asennuksen aikaiset työt ja niiden riskitekijät. Jos vaaroja on mahdotonta poistaa, pitää tapaturmaan johtavat tekijät minimoida. (Työturvallisuuskeskus, Työtapaturmat ja ammattitaudit 2023)

Yksi esimerkki tapaturmavaaroista on huonosti suojatut, korkealla sijaitsevat kulkutiet ja tasanteet, tai koneet, joiden päälle pitää kiivetä rakenteita pitkin. Korkealta putoamalla työntekijä voi loukkaantua vakavasti. Putoamista estetään hyvin suunnitelluilla kaiteilla, kulkuteillä, jalkalistoilla ja kiinteillä portailla. Kulkutiet tulee sijoittaa siten, että niiden avulla päästään helposti kaikkialle, minne tulee säännöllistä tai toistuvaa kulkua. Kaiteissa kuuluu olla käsijohde ja välijohde, jotka antavat tukea hoitotasolla kävellessä ja estävät kaiteiden välistä putoamisen. Koska kulkutiet tai -tasot ovat yleensä niin korkealla ja niiden alla saattaa olla toisia kulkuteitä tai arvokkaita ja herkkiä

laitteita, on niihin hyvä lisätä myös jalkalistat, jotka estävät korkeammalta tasolta vahingossa potkaistavien tavaroiden alas putoamista. (Työturvallisuuskeskus, Turvallinen työskentely 2023)

3.7 Ergonomia mukana suunnittelussa

Ihmisten hyvinvoinnin kannalta ergonomia on tärkeää ja sen virallinen määritelmä on hyvin laaja, mutta tiivistä todettuna, voidaan kuvailla toiminnoiksi, työkaluiksi ja rakenteiksi, joissa on otettu huomioon ihmisten fyysiset sekä henkiset kyvyt, ominaisuudet ja toiminnot (Ergonomia n.d.). Ergonomia kannattaa ottaa huomioon jo tuotteen, järjestelmän tai menetelmän suunnitteluvaiheessa arvioimalla sen riskit ja paikkaamalla löytyneet epäkohdat ergonomisemmilla ratkaisuilla. Etenkin fyysistä ergonomiaa tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon ihmiskeholle luonnolliset työskentelyasennot ja niiden tuomat rajoitukset, kuten korkealle kurottelun aikaansaama rasitus tai liian raskaan nostokuorman aiheuttama rasitus työntekijälle. Ergonomian kohentamisella on huomattu olevan myös hyviä talousvaikutuksia yrityksille, sillä hyvin suunniteltujen työpisteiden ja -vaiheiden ansiosta työn tekemiseen kuluu vähemmän aikaa, joka on yrityksen näkökulmasta positiivista kulu-
jen alenemista. (Toivonen, 2020. 6–10.)

Ergonomiaa voidaan myös hakea tuotteiden automatisoinnilla. Automatisointi tuo etenkin suurissa koneistoissa, kuten paperikoneissa, hyötynsä esille prosessien nopean muokattavuuden ansiosta. Etenkin paperikoneiden tapauksissa hyöty ilmenee koneen säätämisessä, sillä työntekijä ei joudu kulkemaan koneen ympärillä säätääkseen laitteen toimintaa, vaan voi hoitaa suurimman osan työstä valvomosta käsin. Vaikka prosessista voidaan tässä tapauksessa poistaa koneen käsin säätäminen, joka vähentää työntekijöihin kohdistuvaa rasitusta vähentyneen liikkumistarpeen ansiosta, täytyy konetta silti päästä huoltamaan. Huollon helpottamiseksi kone ja sitä ympäröivä työympäristö on otettava suunnitteluvaiheessa huomioon, sillä työntekijät joutuvat silti suorittamaan normaaleja huoltotoimenpiteitä kuten koneen pesemistä tai vioittuneen osan vaihtamista. (Toivonen, 2020. 6.)

Huoltotyön helpottamiseksi, työpisteet ja niille johtavat kulkureitit on huomioitava ergonomian osalta niitä suunniteltaessa. Kulkutasojen tulee olla turvallisia ja työt pitää pystyä suorittamaan tasapainoisesta asennosta, josta ei seuraa kaatumis- tai putoamisvaaraa työntekijälle. Työkohteiden hyvä luokse päästävyys ja niissä käytettävät työkalut sekä turvavarusteet on ergonomisen suunnittelun osalta kohteita, joihin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota suunnitteluvaiheessa. Hyvin

suunniteltu työpiste, joka on helposti saavutettavissa ja mahdollistaa ergonomisesti hyvän työasennon, vähentää merkittävästi työtapaturmien riskiä työntekijöillä. (Toivonen, 2020. 13–14.)

3.8 Konevalmistajan velvollisuudet

Suomen Valtioneuvoston asettaman lain mukaan konevalmistajan tulee suunnitella kone siten, että se täyttää siltä vaaditut terveys- ja turvallisuusvaatimukset, sen mukana toimitetaan riittävät käyttöohjeet, että sen vaatimustenmukaisuus on osoitettu riittävästi ja vaatimustenmukaisuus CE-merkintä on liitetty siihen (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/12.6.2008, 5§, 7§.). Mikäli konetta ei voi suunnitella täysin turvallisesti, täytyy jäljellä olevat riskitekijät pyrkiä minimoimaan esimerkiksi suojauksien tai turvalaitteiden avulla. (Koneet, laitteet ja työvälineet n.d.)

4 Ratkaisut ja niiden muodostuminen

Tämä luku käsittelee toimeksiantajalta saadun työn etenemisen seuranta. Toimeksiannon monipuolisuus mahdollisti työn jakamisen kolmeen osaan, jotka kaikki liittyivät toisiinsa lopullisessa ratkaisussa. Vaiheiden keskeisimpiä toimia oli aikaisempien projektien ratkaisuiden havainnointi, josta edettiin muodostamaan lopullisia ratkaisuja. Ratkaisuja kehitettiin työn edetessä kerätyn tietoperustan ja perälaatikkosuunnittelijoiden kanssa pidettyjen keskustelujen, sekä perälaatikkosuunnittelun parissa kesätöissä kahden vuoden aikana kertyneen kokemuksen pohjalta. Kesätöissä hankittu kokemus koski juuri OFF perälaatikoiden tuotemallia ja siihen liittyviä tuotemallinnustöitä. Hoitosiltaratkaisuihin muodostettiin universaaleja ja niissä ei oteta huomioon perälaatikon kätisyyttä, eli suuntaa mistä perälaatikkoon syötetään nestemäinen massa massajakoputkeen. Perälaatikon kätisyys vaikuttaa mm. siihen, kummalla puolella perälaatikkoa massaputken kiertämiseen tarvitaan eri tasossa olevia hoitosiltarakenteita, joilla massaputki kierretään joko ylä- tai alakautta.

4.1 Myynnille tehdyt Layoutratkaisut

Perälaatikkosuunnittelu perustuu asiakkaan vaatimusten täyttämiseen, ja mitä paremmin suunnittelijat ja asiakas ovat yhteisymmärryksessä, sitä tuottavammin projektia saadaan vietyä eteenpäin. Opinnäytetyön toimeksiantona oli muodostaa moduloidut ratkaisut myyntilayouteille, jotka helpottaisivat perälaatikkosuunnittelun ja asiakkaiden välistä vuoropuhelua perälaatikon hoitosilloista sovittaessa, jotta mahdolliset väärinymmärrykset ja tulkintavirheet saadaan karsittua pois. Layouteilla tarkoitetaan tässä tapauksessa 3D-mallinnettua esimerkkiä hoitosiltavariaatioista, joista käy ilmi, mitä hoitosiltoja missäkin layoutmallissa on.

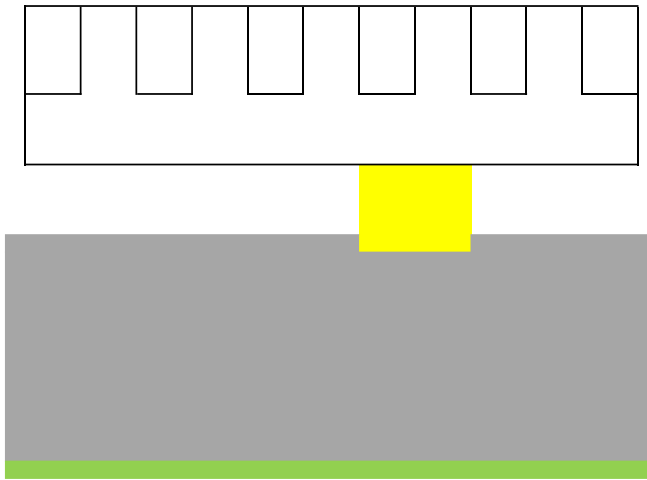
4.1.1 Vaatimusten muodostaminen

Työ aloitettiin aloituspalaverilla, jossa oli osana perälaatikkosuunnittelun tuotemallivastaava, tuotepäällikkö ja suunnittelupäällikkö. Palaverissa käytiin läpi työn aihe, tausta ja tavoitteet, joihin haluttiin päästä. Palaverin jälkeen siirryttiin tutkimaan aikaisemmin tehtyjä tuotantoon päätyneitä hoitosiltalayoutteja, joiden perusteella kartoitettiin alustavaa vaatimusluetteloa. Alustavan vaatimusluettelon perusteella suunniteltiin toiveita työn lopputulokselle. Pian huomattiin, että aikaisempien projektien layoutit olivat jokainen toisistaan poikkeavia, jonka vuoksi alkoi keskustelu tarkasta suunnitelmasta työn layoutvaatimuksille.

Toimeksiantajan aloituspalaverissa antamat työn alustavat tavoitteet ja vaatimukset hoitosiltalayouttien osalta olivat:

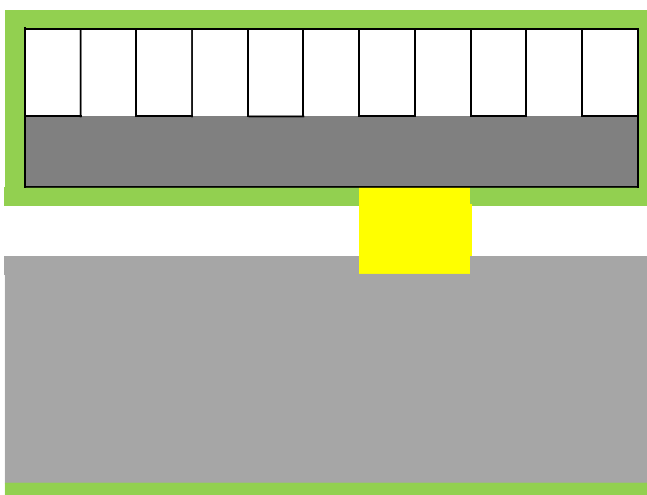
- Eri OFF perälaatikoille soveltuvat myyntilayoutit
- Turvalliset ratkaisut
- Kustannustehokkaat ratkaisut
- Moduloidut ratkaisut
- Valmetin linjamuotoilua noudattavasti

Layoutratkaisuissa päädyttiin keskittämään suurin huomio 1PP perälaatikkoon, jolle tehtiin neljä eri layoutratkaisua. **1PP Layout 1** (kuvio 9), jossa on vain takahoitosilta ja kulku perälaatikon päälle. Esimerkkikuvioissa näkyvät kampamaiset rakenteet kuvaavat perälaatikkoa, jotka hoitosiltujen kanssa ovat kuvattuna suoraan perälaatikoiden yläpuolelta siten, että perälaatikon huul aukko osoittaa kuviossa ylöspäin.



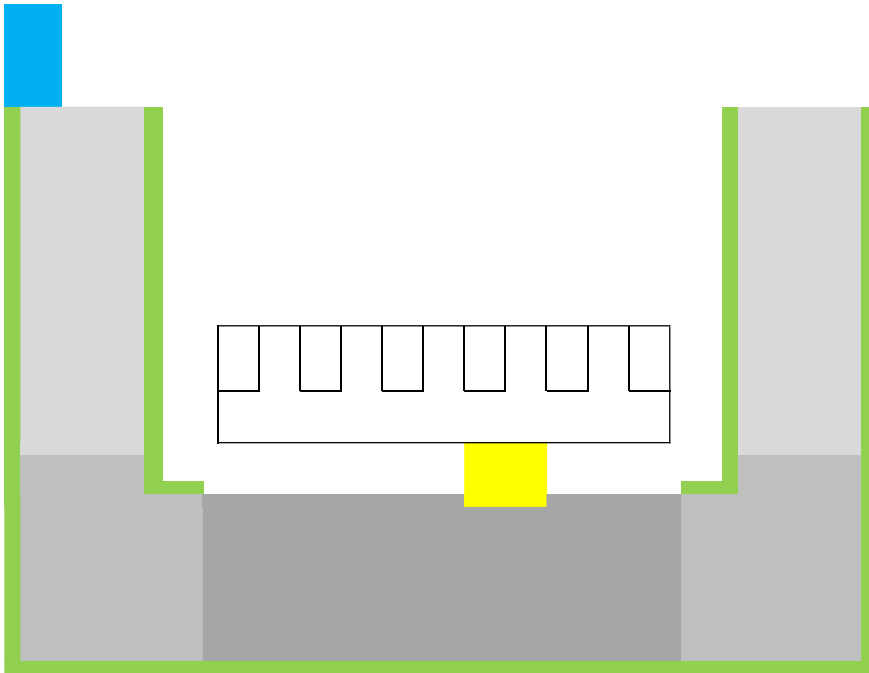
Kuvio 9. 1PP Layout esimerkki 1. (Perälaatikko näkyy kuvion yläreunassa kampamaisena rakenteena. Hoitosillat ja turvallisuusvarusteet on kuvattu väritettyinä osioina perälaatikon alapuolella)

1PP Layout 2 (kuvio 10), jossa on takahoitosilta, kulku perälaatikon päälle, kaiteet perälaatikon päällä ja hoitotaso jakoputken päällä. Vihreät viivat osoittavat suojakaiteita ja keltainen nelikulmio tikasasetelmaa. Perälaatikon massajakoputkea ei ole kuvitettu kuvioon, mutta todellisuudessa massajakoputki ja sen alla oleva mahdollinen laimennusjakotukki sijoittuu hoitosillan päälle siten, että se estää sillalta putoamisen perälaatikon ja hoitosillan väliin.



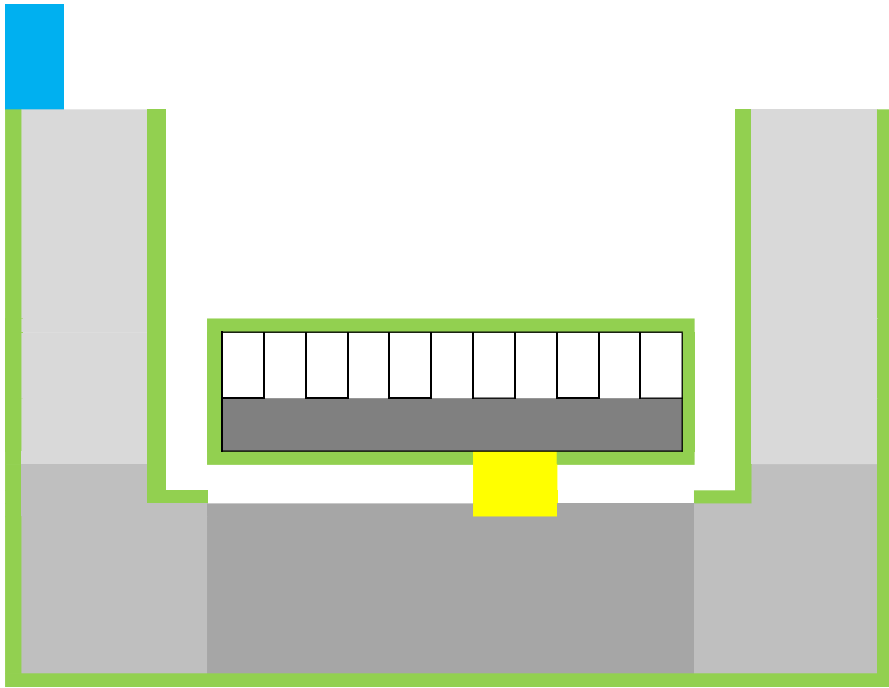
Kuvio 10. 1PP Layout esimerkki 2.

1PP Layout 3 (kuvio 11), jossa on takahoitosilta, kulku perälaatikon päälle ja molemmin puolin sivuhoitosillat, jotka on yhdistetty takahoitosiltaan kulmassa olevan L-kirjaimen mallisen hoitosillan avulla ja yksi porrassosa sijoitettuna sivuhoitosillan pätyyn. Eri väriset harmaat palkit kuvaavat eri hoitosiltaosioita.



Kuvio 11. 1PP Layout esimerkki 3.

Ja lopulta kattavin, **1PP Layout 4** (kuvio 12), jossa on takahoitosilta, kulku perälaatikon päälle, perälaatikon päälliset suojakaiteet, perälaatikon päällinen hoitotaso, molemmin puolin sijoitetut sivuhoitosillat, jotka on yhdistetty takahoitosiltaan kulmassa olevan L-kirjaimen mallisen hoitosillan avulla ja yksi porrassosa sijoitettuna sivuhoitosillan pätyyn. Kuviossa näkyvä sininen nelikulmio kuvaa porrassosaa.



Kuvio 12. 1PP Layout esimerkki 4.

Kun layoutvariaatiot saatiin päätettyä, muodostettiin niiden pohjalta lopullinen vaatimusluettelo. Vaatimusluettelo (taulukko 1) on luotu huomioiden osiossa 3.4 läpikäytyt standardit, sekä varmistettu sen asianmukaisuus aloituspalaverissa mukana olleen tuotemallista vastaavan suunnitteluinsinöörin kanssa. Taulukkoon on nimetty vaatimukset ja niiden määritelmät, jotka on selitetty ja luokiteltu vaatimusluettelon alapuolella olevaan kolmeen eri luokkaan.

Taulukko 1. Vaatimusluettelo layout ratkaisusta.

Vaatimusluettelo		
Hoitosiltalayoutit		
Vaatus	Luokitus	Lukuarvo / Standardi / Määritelmä
Kustannustehokkaasti	K	Mahdollisimman edullinen ratkaisu
Modulaarisesti	K	Ratkaisujen rakenteen on oltava modulaarinen
Pitkälle suunniteltu	T	Detail tason suunnittelu
Mahdollisimman moneen toteutukseen sopiva	VV	1PP / OFFD yläp. / 2PP / Layering
Mahdollisimman turvallinen	K	Turvallisin ideoitu ratkaisu
Standardien mukaisesti	T	Hoitosilta-/Paperikonestandardi
Muotoilun sääntöjä seuraavasti	VV	Muiden hoitosiltojen mukainen muotoilu
Mahdollisimman kopioitava rakenne	VV	Moduulien käytävä eri variaatioihin
Mahdollisimman tyylikkäästi muotoiltu	T	Perälaatikon muotoja mukaileva

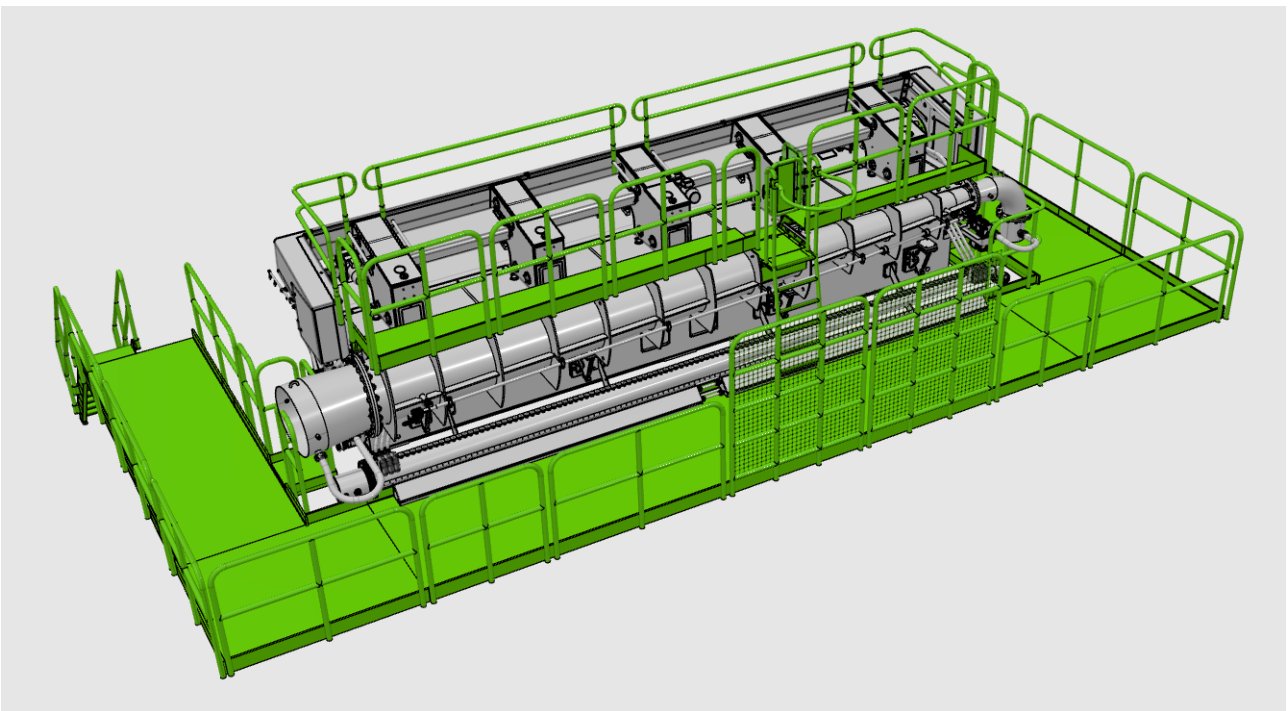
Kiinteät vaatimukset	
(K)	Vaatus on täytettävä kaikissa tilanteissa
Vähimmäisvaatimukset	
(VV)	Asettaa raja-arvot, toteutettava vähintään
Toivomukset	
(T)	Toteutetaan mahdollisuuksien mukaan

4.1.2 Toimeksiannon ratkaisu

Layoutkonseptien luonti tapahtui edellisessä osiossa (4.1.1) olevien havaintokuvien mukaisessa järjestyksessä, aloittaen 1PP layoutvariaatioista. Jokainen neljästä esimerkkilayoutista mallinnettiin jokaiselle työssä mukana olleelle perälaatikkovariaatiolle. Kuvattuina tässä opinnäytetyössä on vain laajimmat jokaisesta hoitosiltalayoutratkaisusta, eli ratkaisut Layout 4 mallin hoitosilloilla. Toimeksiantajalle on toimitettu erillinen dokumentti, joka sisältää kuvat jokaisen työhön kuuluneen perälaatikkovariaation jokaisesta sovitusta layoutvariaatiosta, joista jokainen on neljästä eri kuvakulmasta kuvattu. Tämä dokumentti katsottiin toimeksiantajan kanssa olevan liian paljastava sisällytettäväksi julkiseen opinnäytetyöhön, joten sitä ei kokonaisuudessaan tulla esittelemään. Kaikissa Layouteissa on noudatettu osiossa 3.4 nimettyjä ja Liitteessä 5 eroteltuja standardeja, joka selventää mitä standardia on sovellettu mihinkin ratkaisuisissa nähtäviin osioihin.

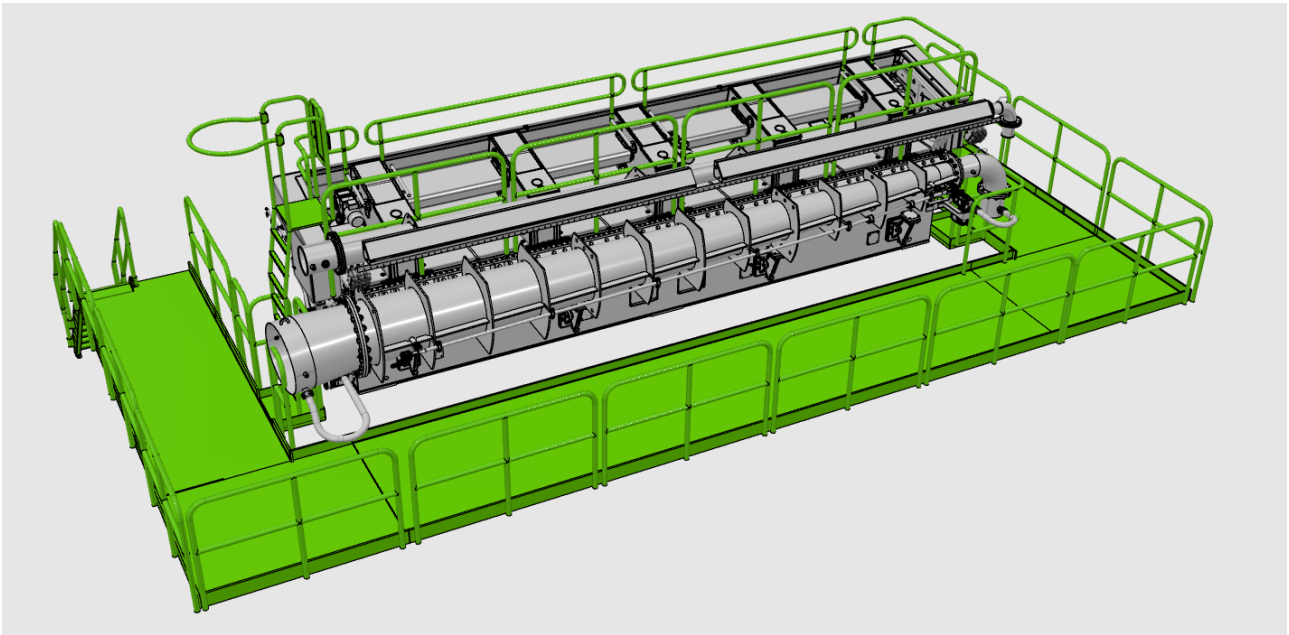
Mallinnuksessa ensimmäisenä oli 1PP perälaatikon hoitosiltaratkaisu. Mallinnuksen aikana pyrittiin noudattamaan standardien ilmoittamia raja-arvoja, mahdollisuuksien mukaan tarkasti. Tästä esimerkkinä on koneturvallisuuden hoitosiltastandardi SFS-EN ISO 14122-3, jonka sovelluskohteita on avattu osiossa 3.4.2, joka määrittää raja-arvoja suojakaiteiden mitoituksesta, sekä niiden ulkomuodosta. Koska vaatimusluettelossakin mainittu kustannustehokkuus on iso osa mallin suunnittelu-prosessia, on työssä pyritty mitoittamaan käytetyt osat, kuten suojakaiteet, mahdollisimman materiaalitehokkaasti.

Työssä on käytetty yhteensä viittä erilaista kaidetta, joista neljä on saman korkuisia keskenään, yksinkertaisella ja materiaalikustannustehokkaalla rakenteella. Näistä neljästä huomattavasti poikkeava viides kaide, on verkotettu korkea kaideratkaisu, jonka voi nähdä kuviossa 13 etualalla. Korkea verkkokaide on lisätty takahoitosiltaan, koska perälaatikon päälle kiipeämiseksi tarkoitetut tikkaat ovat alle 1,5 metrin etäisyydellä kaiteesta. Kaikki kaiteet ovat standardin salliman etäisyyden päässä toisistaan ja jokaisella hoitotasolla ja -sillalla vähintään 1,1 metriä korkeita. Verkottomien kaiteiden käsijohteen alapuolella oleva välijohde on sijoitettu siten, että se estää kaiteen käsijohteen alta putoamisen.



Kuvio 13. 1PP perälaatikon hoitosiltaratkaisu.

Kaikki hoitosillat on ympäröity jalkajohteilla, kuten Kiinteät kulkutiet osa 3:ssa ohjeistetaan, joka estää vahingollisia esineiden tasolta putoamisia. Tikkaiden yläpäässä on jousitettu portti, joka toimii kaiteena perälaatikon päällä työskenneltäessä ja sen ylä- ja alajohde on turvakaiteen johteiden kanssa samalla tasolla, kuten Kiinteät kulkutiet osa 3 ohjeistaa. Kuvioissa 13–19 hoitosiltaratkaisut on kuvattu vihreällä värillä työhön mallinnettujen ratkaisujen helpommin havainnollistamiseksi. Kuviossa 14 näkyy hoitosiltajen rajat, joilla eri hoitosiltamoduulit erottuvat toisistaan.

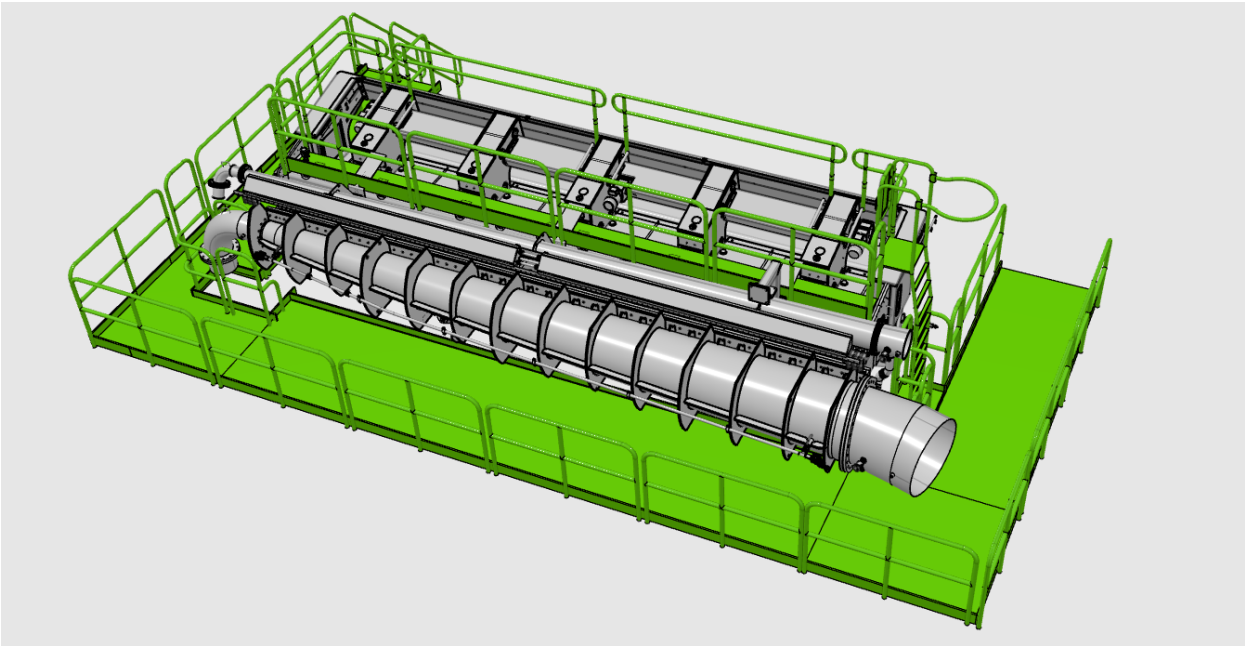


Kuvio 14. OFFD yläp. perälaatikon hoitosiltaratkaisu.

Työssä seuraavaksi mallinnettiin 1PP perälaatikko, jossa laimennusjakotukki ja sen letkuvedot massajakoputken päällä kutistivat käytössä olevan tilan niin pieneksi, että perälaatikon päälle ei mahtunut tekemään erillistä hoitotason. Hoitotason puuttuminen aiheuttaa ongelmia perälaatikon päällä liikkumisessa, sillä ylärunkomodulien ohittaminen käy haastavaksi. Kyseinen ongelma on tiedostettu suunnittelussa, mutta se on hankala ratkaista ilman suuria rakenteellisia muutoksia, joten sitä on turvallistettu ohjeistamalla asiakasta käyttämään turvavaljaita ja perälaatikon päällä olevilla kaideratkaistuilla.

Jokaisessa mallinnetussa layoutratkaisussa hoitosilta kulkee massaputken sisääntulopuolen kautta, kiertäen samassa tasossa perälaatikon toiselle sivulle. Todellisuudessa tämä ei ole mahdollista, sillä hoitosillan päällä olisi kulkua estävä suurihalkaisijainen massajakoputki. Päätös yhtenäisestä

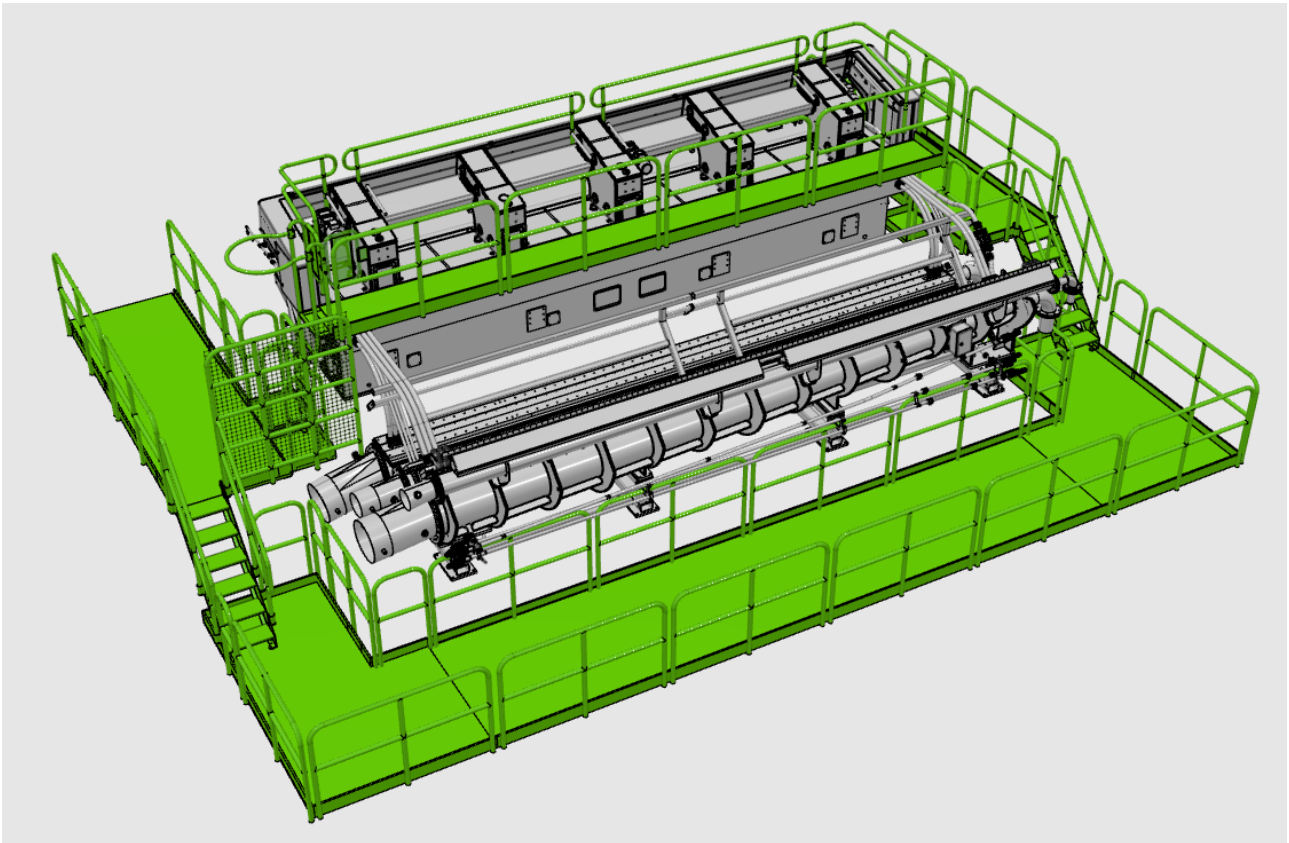
hoitosillasta tehtiin toimeksiantajan kanssa tarkoituksella, jotta saadaan mahdollisimman yksinkertainen esimerkkikuvio, jonka avulla voidaan keskustella asiakkaan kanssa riippumatta perälaatikon käsitseystä. Ongelma on huomattavissa etenkin kuviossa 15, jonka esimerkkiprojektin massajakoputki on suuremmasta päästä koollisesti. Todellisissa toteutuksissa ongelma on ratkaistu yleensä kiertämällä putki joko ala- tai yläkautta.



Kuvio 15. 2PP perälaatikon hoitosiltaratkaisu.

Kuvioissa 14 ja 15 perälaatikon ylle kohoavat tikkaat ovat selkeästi korkeammalla, kuin ympäröivät kaiteet. Koska opinnäytetyöhön sai käyttää vain rajoitettua määrää kuvia layouteista, valittiin tikasratkaisut lisättäväksi kokoonpanoihin. Jotta tikasratkaisut olisivat standardien mukaisia, joutuisi perälaatikon päällä tikkaiden lähiympäristön kaiteita korottaa 1,5 metrin säteellä vähintään tikkaiden yläjohteiden tasolle, kuten kuviossa 16 on tehty. Kokoonpanoihin puolestaan haluttiin mahdollisimman esteettiset ja perälaatikon muotoja mukailevat kaideratkaisut. Kuvioiden 14 ja 15 tikkaat soveltuvatkin paremmin ratkaisuihin, joissa ei käytetä kaiteita perälaatikoiden päällä, jos kaiteita ei koroteta standardin vaatimaan tasoon. Kuvioiden 14–16 hoitosiltaratkaisujen tikasratkaisuja käydään tarkemmin läpi osiossa 4.2, joka käsittelee perälaatikon päälle kiipeämisen ratkaisua.

Mallillisesti kuvion 16 layering perälaatikon hoitosiltaratkaisu poikkeaa muista ratkaisuista eniten. Mallissa takahoitosilta on laskettu alemmas ja sinne kulku tapahtuu portaita pitkin korkeammalla tasolla olevilta sivuhoitosilloilta, johtuen massajakoputkien ja laimennusjakotukkien matalammasta sijainnista perälaatikkoon nähden. Hoitosillan laskeminen alempaan tasoon mahdollistaa huolto- ja asennustöiden, sekä massajakoputken päiden paine-eron tarkastuksen aikaisen paremman työergonomian, kun työntekijät eivät joudu kurkottelemaan alaspäin hoitosilloilta.



Kuvio 16. Layering perälaatikon hoitosiltaratkaisu.

4.2 Perälaatikon päälle pääsy

Suuri osa tämän opinnäytetyön tekohetkellä olevista toteutuksista perälaatikoiden, OFFD yläpuolisella laimennusjakotukilla ja 2PP, päälle pääsyksi on ratkaistu siten, että perälaatikon päälle laskeudutaan korkeammalla tasolla olevalta hoitosillalta. Tämän kaltaiset ratkaisut ovat kalliita ja paljon tilaa vieviä, jonka vuoksi toimeksiannossa oli osuus ideoinnille kustannustehokkaamman ja mahdollisesti moduloitavan ratkaisun löytämiseksi. Ratkaisujen ideoinnissa ja muodostamisessa

hyödynnettiin Valmetin Jyväskylän toimipisteessä paikan päällä pidettyä ryhmäideointitilaisuutta, johon osallistui yhdeksän perälaatikkosuunnittelun parissa vakituisesti työskentelevää henkilöä.

Perälaatikon päälle pääsy on tärkeää perälaatikon tarkistuksen, käytön ja huollon osalta. Edullisemmissä OFF malleissa, joissa ei ole sähköistä ylähuulen huulilistan hienosäätöä, käytetään manuaalisesti säädettäviä huulensäätökaroja, eli mittakelloja. Mittakello on tarkkuusmitoitettu työkalu, jolla hienosäädetään koneen läpi virtaavan massan poikkisuuntaista virtausprofiilia (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.).

Nämä mittakellot sijaitsevat perälaatikon ylähuulen päällä, ja niitä säädetään perälaatikon päältä käsin. Perälaatikon päältä käsin myös huolletaan ylärunkojen sisällä olevia vaihteita ja niiden moottoreita, sekä suoritetaan yleisiä perälaatikon tarkastus- ja pesutoimenpiteitä.

4.2.1 Ratkaisun ideointi

Ryhmäideointi pidettiin neuvotteluhuoneessa, jossa paikan päällä osallistuneille seitsemälle henkilölle jaettiin kolmesta eri perälaatikkoprojektista muodostetut kuvasarjat. Etänä ideointiin osallistui Microsoft Teams kokouksen kautta kaksi henkilöä, joille jaettiin samat kuvasarjat sähköisessä muodossa. Kuvasarjoissa olevista esimerkkiprojekteista oli piilotettu perälaatikon hoitosiltaratkaisut, hoitosiltojen mahdolliset runkorakenteet ja mahdollisimman paljon piirteitä, josta projektin saattaisi tunnistaa.

Tilaisuus aloitettiin selittämällä osallistujille tilaisuuden agenda ja jakamalla joukko neljään eri ryhmään, joista jokaiselle jaettiin samanlaiset kuvasarjat. Kuvasarjat olivat jaettu kolmelle eri A4 paperille, joissa jokaisessa oli kuvia yhdestä perälaatikkoprojektista monesta eri kuvakulmasta. Ideointi kehoitettiin suorittamaan mahdollisimman vapaamuotoisesti kynää ja paperia käyttäen ja ainoana tehtävänä oli muodostaa ryhmässä idea, tai ideoita, joiden avulla OFF-variaatioiden OFFD yläp., 2PP ja Layering päälle voitaisiin kiivetä mahdollisimman turvallisesti ja kustannustehokkaasti. Aikaa ideoinnille annettiin noin puoli tuntia, jonka jälkeen ryhmät saivat esittää omat ideansa kaikille osallistujille.

Ideota muodostui viisitoista kappaletta, joista suurin osa käsitteli OFFD yläp. ja 2PP perälaatikko-variaatioita. Jakauman epäillään johtuneen siitä, että toteutuneissa toteutuksissa layering perälaatikon ympärillä kulkee useiden jakoputkien takia jo muutenkin monia hoitosiltoja, joilta on helppo kulkea turvallisesti perälaatikon päällä olevalle hoitotasolle portaita pitkin. Layering perälaatikkoa koskeneet ideat olivat pitkälti samanlaisia kuin toteutuneissa toteutuksissa käytetyt, muuttaen ai-noastaan rappuset tikkaiksi kustannussäästöjen tavoittelun takia.

Hoitosiltaideoiden variaatiot voidaan jakaa kolmeen luokkaan, joiden jakauman näkee liitteestä 4. Ensimmäinen näistä oli suosituin, jossa perälaatikon päälle kiivetään jakoputken massansyöttö-puolella olevan sähkökaapin päälle sijoitettujen tikkaiden avulla. Tikkaat olisi tarpeen mukaan ol-tava irrotettavia, jotta sähkökaapille säilyisi pääsy sille kohdistuvissa mahdollisissa huolto- ja asen-nustilanteissa. Tikkaiden sijainnin valinta juuri tämän puolen sähkökaapin päälle johtuu perälaatikon rakenteesta, jossa perälaatikon massajakoputken ohikiertopuolella sijaitsee tärkeäm-mät säätö ja ohjauslaitteet, joihin täytyy päästä huomattavasti useammin käsiksi.

Toinen useasti toistunut idea oli rakenteellisesti haastavampi. Idean pohjalta perälaatikon raken-etta jouduttaisiin muuttamaan siten, että massajakoputken päällä sijaitsevaa laimennusjakotuk-kia siirrettäisiin viiraosasta kauemmaksi, joka mahdollistaisi suuremman hoitosillan sijoittamisen massajakoputken päälle. Hoitosilta mahdollistaisi turvallisemman, kustannustehokkaamman ja es-teettisemmän kulkureitin perälaatikon päälle, joka poistaisi tarpeen perälaatikon kyljen ylittämi-selle tai erillisen ylemmän hoitosiltatason rakentamiselle.

Kolmannessa luokassa oli vain yksi idea. Ideassa perälaatikon viereisen hoitosillan yläpuolella, sel-keästi perälaatikkoa korkeammalla kulkisi hoitosiltataso, jolta levittyisi kulkutaso perälaatikon säh-kökaapin yli perälaatikon päälle. Tältä kulkutasolta laskeutuisi tikkaat sähkökaapin taustaa pitkin perälaatikon päälle.

Ideointitilaisuuden ideoiden läpikäynnin jälkeen esiteltiin ensin osallistujille ideoiden esimerkkiku-vissa olleiden projektien toteutuneet ratkaisut. Ratkaisut olivat selkeästi ideoituja ratkaisuja kus-tannustehottomampia monikerroksisien hoitosiltojen takia, mutta silti turvallisuudesta tinkimättä tehtyjä ratkaisuja. Ratkaisuissa oli hyödynnetty paljon portaita ja ylimääräisiä korkeampia hoitosil-tatasoja, joiden kautta perälaatikoiden päälle pystyi kulkemaan ongelmitta.

Viimeisenä tilaisuudessa käytiin läpi kolme erillistä ja valmistukseen asti päässyttä, erinomaista esimerkkiä näyttävää hoitosiltalayouttia. Ratkaisuista kaksi oli 1PP perälaatikkoon kohdistuvia, joissa layoutit oli muodostettu hyödyntäen Valmetin linjamuotoilun esteettisempiä lasikaideratkaisuja hyödyntäen. Kolmas esimerkki oli OFFD yläp. perälaatikosta, jossa perälaatikon päälle kiivettiin viereiseltä korkealta tasolta laskeutumalla, kuten aikaisemmin mainitussa ideoinnin kolmannen luokan ideassa.

4.2.2 Vaatimusten muodostaminen

Perälaatikon päälle pääsulle muodostettiin vaatimukset ryhmäideointitilaisuuden järjestämisen jälkeen. Ideointitilaisuudessa saatujen ideoiden ja toimeksiantajan kanssa käytyjen seurantapalaverien pohjalta laadittiin lopullinen vaatimusluettelo, joka sisältää samoja vaatimuksia, mitä on asetettu hoitosiltalayouteille osiossa 4.1.1.

Ratkaisuista haluttiin mahdollisimman kustannustehokkaita, sekä turvallisuusstandardeja mahdollisuuksien mukaan noudattava. Koska perälaatikon ympäristö on joissakin projekteissa hyvin ahdas hoitosilloille käytössä olevan tilan osalta, asetettiin vaatimukseksi saada ratkaisusta mahdollisimman kompakteja, mutta silti turvallisia. Tämän ja aikaisemmin mainitun ideointitilaisuuden takia päädyttiin tikkaalliseen, tai yhtä vähän tilaa käyttävään ratkaisuun.

Taulukko 2 on luotu huomioiden osiossa 3.4 läpikäytyt standardit, sekä varmistettu sen asianmukaisuus toimeksiantajan edustajan kanssa. Siihen on nimetty vaatimukset ja niiden määritelmät, jotka on selitetty ja luokiteltu vaatimusluettelon alapuolella olevaan kolmeen eri luokkaan.

Taulukko 2. Vaatimusluettelo perälaatikon päälle pääsystä.

Vaatimusluettelo		
Perälaatikon päälle pääseminen		
Vaatusimus	Luokitus	Lukuarvo / Standardi / Määritelmä
Turvallisesti	K	Standardeja mukailevasti
Kustannustehokkaasti	T	Mahdollisimman edullinen rakenne
Mahdollisimman moneen toteutukseen sopiva	VV	OFFD yläp. / 2PP
Mahdollisimman kompakti / turvallinen	VV	Tikkaallinen hoitosiltaratkaisu
Mahdollisimman tyylikkäästi muotoiltu	T	Perälaatikon muotoja mukaileva

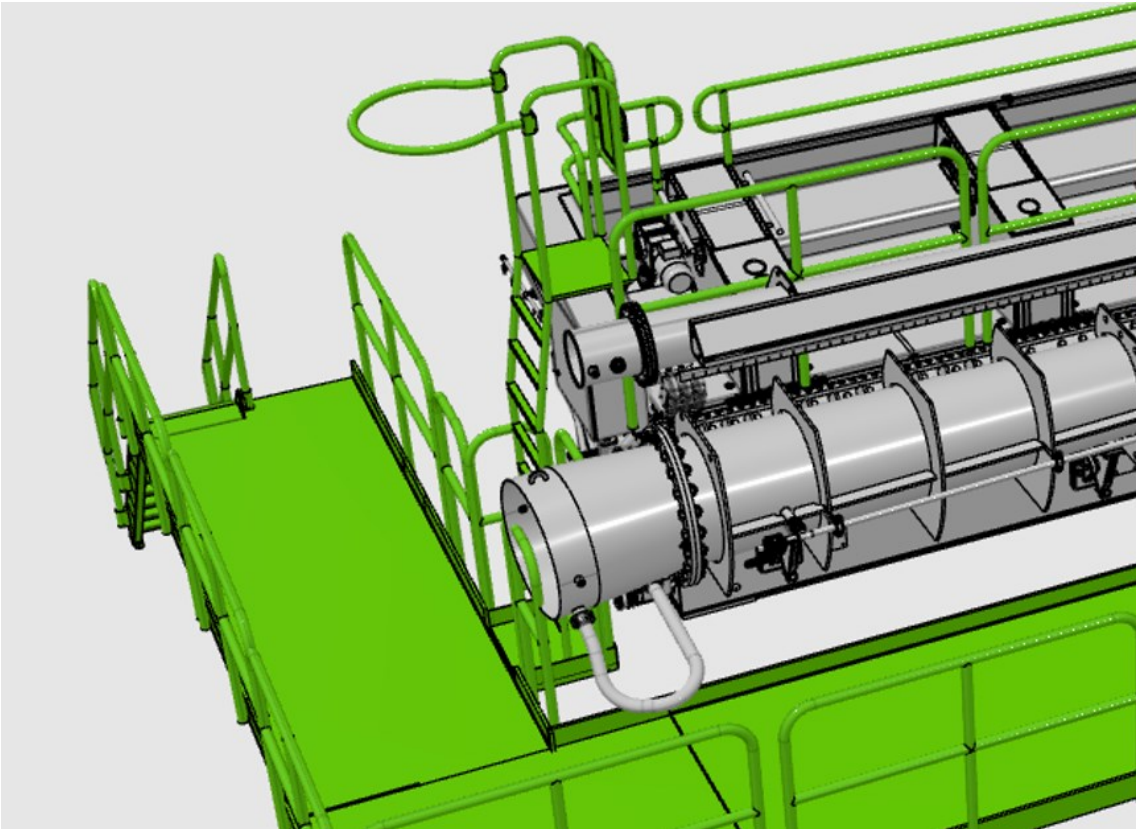
Kiinteät vaatimukset	
(K)	Vaatusimus on täytettävä kaikissa tilanteissa
Vähimmäisvaatimukset	
(VV)	Asettaa raja-arvot, toteutettava vähintään
Toivomukset	
(T)	Toteutetaan mahdollisuuksien mukaan

4.2.3 Toimeksiannon ratkaisu

Ratkaisut perälaatikoiden päälle pääsemiseksi muodostuivat lopulta perälaatikon hoitosiltalayouttien yhteydessä, ja ne on mallinnettu samaan layoutmalliin. Ensimmäisenä tarkasteltiin ideoinnin tuottamia ideoita ja verrattiin niitä vaatimuslistaan. Vaikka ideointi järjestettiin enemmän nojaten kvalitatiiviseen metodiin missä kannustettiin mahdollisimman vapaaseen ideointiin, sattumalta saatiin useita samankaltaisia ideoita, jotka pystyttiin luokittelemaan kvalitatiivisella tavalla kolmeen eri luokkaan.

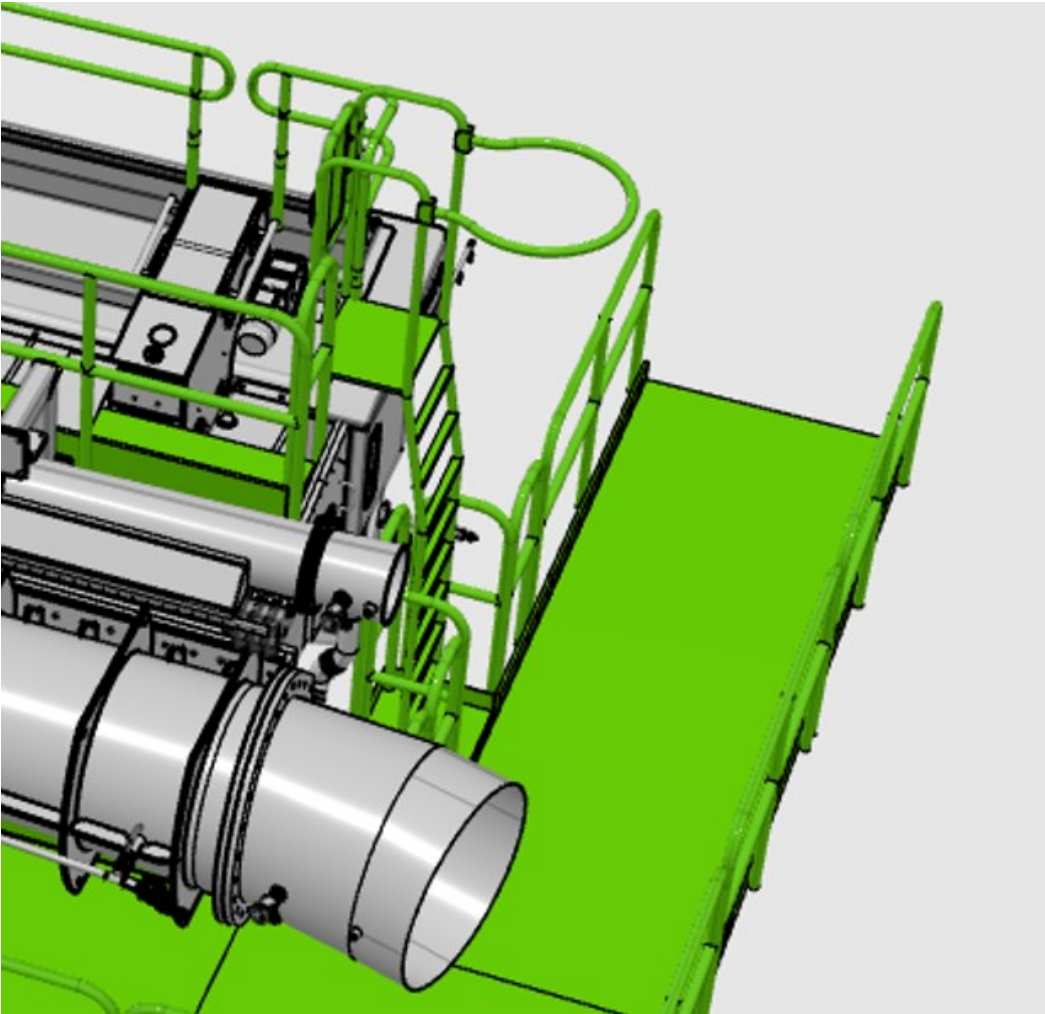
Kolmesta luokasta päädyttiin valitsemaan eniten samoja ideoita saanut, kustannustehokkain ratkaisu, eli perälaatikon sähkökaapin päälle kiinnitettävä tikasratkaisu. Tällä haluttiin välttää ylimääräisten hoitosiltojen käyttöä ja perälaatikon rakennetta muuttavaa ratkaisua, joka vaatisi huomattavasti enemmän jatkokehitystä ja suurempia muutoksia rakenteisiin. Tikasratkaisut vaativat alustavan arvion mukaan vain sopivien kannakkeiden valmistamisen sähkökaapin taustalevyyn. Koska perälaatikon rakenteen muutostarpeet pysyvät vähäisinä ja tikkaat käyvät materiaalikustanuksiltaan halvemmiksi kuin portaat tai erilliset hoitosiltatasot, saavutetaan kustannustehokkuuden vaatimus näillä ratkaisuilla.

Mallinnus käynnistyi OFFD yläp. perälaatikkovariaatiosta (kuvio 17), jonka haastavin osuus oli perälaatikon päällä oleva ahdas tila. Tikkaat sijoitettiin mahdollisimman lähelle laimennusjakotukin vieressä olevaa turvakaidetta, jotta perälaatikon sivulla olevaa avattavaa sivuseinämää pystytään käyttämään siirtämättä tikkaita erikseen työn edestä. Esimerkki mainitusta luukusta nähtävissä parhaiten kuviossa 6, perälaatikon sähkökaapin oikean alakulman alapuolella.



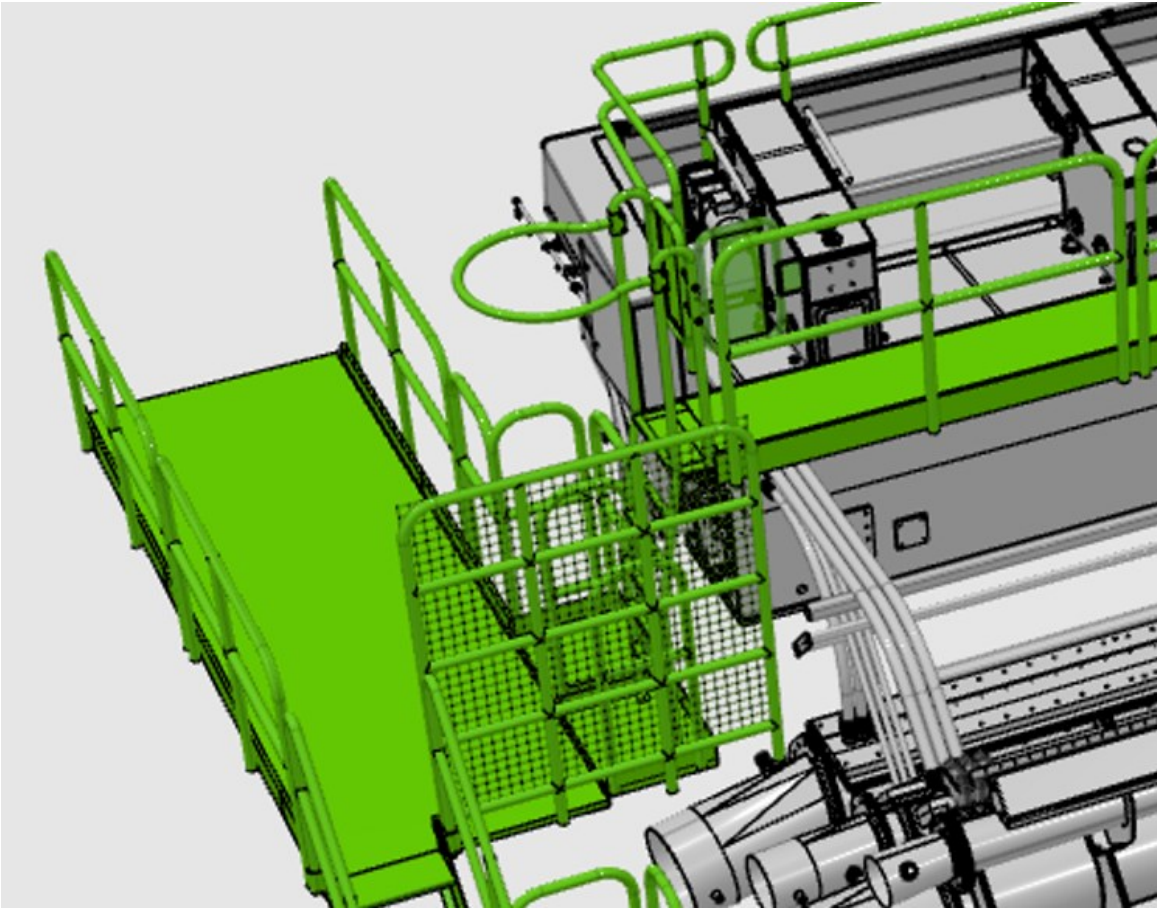
Kuvio 17. OFFD yläp. perälaatikon kiipeämisratkaisu.

Ratkaisuissa on mallinnettu hoitosiltaa sivulle päin jatkava, hoitosillan kanssa samalla tasolla oleva askelma molemmin puolin perälaatikoita. Askelma, joka näkyy parhaiten kuviossa 18, jatkaa kuluväylää lähemmäksi sähkökaappia mahdollistaen paremman ergonomisen työasennon työntekijälle, joka ei joudu nyt kurkottamaan kauempaa hoitosillalta kaappia käyttäkseen. Askelma toimii myös tikasratkaisun jalustana ja on ympäröity suojakaiteilla turvallisuuden lisäämiseksi, myös tilanteissa, joissa tikkaat on jouduttu poistamaan sähkökaapille pääsyn mahdollistamiseksi.



Kuvio 18. 2PP perälaatikon kiipeämiskäyttö.

Tikkaiden yläpäässä on turvakehikko ja jousitoiminen portti, jotka lisäävät turvallisuutta pienentäen tikkailta putoamisriskiä. Kiinteät kulkutiet osa 4 standardi ohjaa käyttämään verkotettua turva-aitaa, joka on nähtävissä kuviossa 19 tikkaiden viereen mallinnettuna, jos tikkaat on asetettu liian lähelle putoamisvaarallista paikkaa. Koska tikkaat on asetettu askelman luomaan syvennykseen, pysyy tikkaiden etäisyys vastapäätä olevasta hoitosillan laidasta 1,6 metrin päässä, joka tarkoittaa standardin puolesta sitä, että turva-aitaa ei tarvitse käyttää. Valitettavasti perälaatikon ympäristö usein ei salli tikkaiden molemminpuolisia verkotettuja turva-aitoja, erilaisten 3D-mallista puuttuvien letkuvetojen ja avattavien luukkujen vuoksi. Tämän vuoksi kuvioissa 17 ja 18 näkyvissä ratkaisuisissa ei ole näkyvissä verkotettua aitaelementtiä.



Kuvio 19. Layering perälaatikon kiipeämisratkaisu.

4.3 Kustannuslaskurin teko

Koska myyntilayoutit mahdollistavat helpomman kommunikaation asiakkaan kanssa valmiiden esimerkkikuvien ansiosta, halusi toimeksiantaja työn yhteydessä tehtävän kustannuslaskurin, joka nopeuttaisi valitun layoutin arvioitujen kustannuksien laskentaa. Kustannuslaskurin avulla voidaan laskea arvioitavat kustannukset reaaliajassa layoutin valinnan kanssa, joka antaa asiakkaalle paremman kuvan toteutuksen arvioiduista kokonaiskustannuksista.

Hoitosiltojen kustannuksien laskenta perustuu hinnastoihin, jotka on saatu alihankkijalta, joka valmistaa ja tarvittaessa suunnittelee yksityiskohtaisesti tuotteen toimeksiantajalle. Alihankintayrietykset ja niiden asettamat hinnat tuotteille katsotaan olevan epäolennaisia opinnäytetyön kannalta, sillä laskuri toimisi millä tahansa sille syötetyllä hinnalla, joten ne rajataan pois kustannuslaskurin esittelystä ja epäolennaiset tiedot piilotetaan opinnäytetyöstä, jotta yritysten väliset sopimushinnat eivät käy ilmi työn ratkaisusta.

Yhtenä muuttujista hoitosiltojen kustannuksien muodostumisessa on niissä käytettävät materiaalit. Koska perälaatikot joutuvat käytön aikana kovan kulumisrasituksen kohteeksi massaroiskeiden ja vesihöyryn yhdistelmän takia, ne valmistetaan käyttämällä lähes ainoastaan austeniittista ruostumatonta EN 1.4404 luokan terästä. Hoitosiltojen ollessa perälaatikoiden välittömässä läheisyydessä, pyritään niissäkin käyttämään ruostumattomia ja hapettumista kestäviä materiaaleja. Materiaalivalinnat kuitenkin vaihtelevat jonkin verran hoitosiltojen sijainnin ja asiakkaan tekemien valintojen perusteella, jonka vuoksi laskurissa tulee olla useampi erilainen materiaaliveikko.

4.3.1 Vaatimusten muodostaminen

Kustannuslaskurille muodostettiin vaatimusluettelo kokeneemman tuotekehitysinsinöörin ja suunnittelupäällikön kanssa pidetyn palaverin perusteella (taulukko 3). Palaverissa käytiin läpi kustannuslaskurille asetettavat vaatimukset ja toiveet, joista tärkeimpänä katsottiin olevan käytön yksinkertaisuus. Jotta päästäisiin yksinkertaisuuden vaatimukseen, toteutuksen tulisi olla mahdollisimman selkeä ja nopeakäyttöinen, jonka vuoksi laskurin selkeys nimettiin sen vähimmäisvaatimukseksi.

Toivomukseksi asetettiin laskurin monipuolisuus. Käytännössä tämä tarkoittaisi mahdollisia lisätoimintoja laskurille, jotka antaisivat erilaisia tuloksia kuin päätarkoituksena oleva yksinkertainen laskuri, joka toimisi vain muutamaa parametriä muuttamalla. Kiinteäksi vaatimukseksi asetettiin koko laskurin nopea käyttö, koska käsite ”nopea käyttää” on hyvin verrannollinen laskurin käyttäjään tässä tapauksessa. Käytön nopeus päädyttiin määrittelemään tuotteen mahdollisimman yksinkertaisella ja helpolla rakenteella, joka korreloittuu suoraan käyttäjän nopeuteen käyttää tuotetta.

Taulukon 3 vaatimukset ja sen asianmukaisuus on varmistettu toimeksiantajan edustajan kanssa. Siihen on nimetty vaatimukset ja niiden määritelmät, jotka on selitetty ja luokiteltu vaatimusluettelon alapuolella olevaan kolmeen eri luokkaan.

Taulukko 3. Vaatimusluettelo kustannuslaskurista.

Vaatimusluettelo		
Hoitosiltojen kululaskuri		
Vaatus	Luokitus	Lukuarvo / Standardi / Määritelmä
Nopeuttaa työntekoa	K	Tuloksen saanti oltava helppoa
Selkeä	VV	Pitää olla yksinkertainen käyttää
Monipuolinen	T	Voi laskea eri hoitosiltavariaatioita eri materiaaleilla

Kiinteät vaatimukset	
(K)	Vaatus on täytettävä kaikissa tilanteissa
Vähimmäisvaatimukset	
(VV)	Asettaa raja-arvot, toteutettava vähintään
Toivomukset	
(T)	Toteutetaan mahdollisuuksien mukaan

4.3.2 Toimeksiannon ratkaisu

Ratkaisu päädyttiin muodostamaan käyttämällä Microsoft Excel taulukkolaskentaohjelmaa. Ratkaisuna on yksi tiedosto, missä on kolme taulua, joissa laskenta tapahtuu. Vaatimusluettelon pohjalta luotiin ensin **hoitosiltojen pinta-alalaskuri** (liite 1), koska hoitosiltojen kustannukset korreloivat suoraan niiden viemään pinta-alaan. Laskurin avulla voi määrittää hoitosiltojen pinta-alan ja tarvittaessa vähentää siitä mahdollisten läpivientien ja portaikkoaukkojen käyttämän pinta-alan.

Taulukossa on mahdollisuus laskea joko yksittäisen hoitosillan pinta-ala, tai käyttää useamman hoitosillan pinta-aloja laskevaa kokonaisuutta, joka laskee kaikki muodostetut pinta-alat yhteen. Taulukkoon on lisätty muistilapuksi alihankkijalta saatu lista tuotteista ja niitä mittaavista yksiköistä, joiden perusteella laskutus tehdään. Lista on samassa järjestyksessä toisella taululla olevan **kustannuslaskurin** kanssa. Tauluun on esimerkin vuoksi lisätty havainnollistava kuvio perälaatikosta ja sen mahdollisista hoitosilloista, sekä laskutoimituksia kuvaava esimerkkikuva käytön selkeyttämiseksi.

Kustannuslaskuritaulu sisältää neljä taulukkoa, johon muistilapun tai erikseen lasketut arvot voi sijoittaa yksinkertaisesti kopioimalla ja liittämällä ne oikean taulun päälle. Taulun voi nähdä liitteessä 2, mutta siitä on piilotettu iso osa tuotenimikkeistä osion 4.3 alussa mainitun rajauksen vuoksi. Taulukot on lajiteltu materiaali-kohtaisesti, sekä niiden avulla pystyy laskemaan materiaali-kohtaisen hinnan ja kaikkien materiaalien välisen hinnan. Taulukkojen hinnan muodostuminen

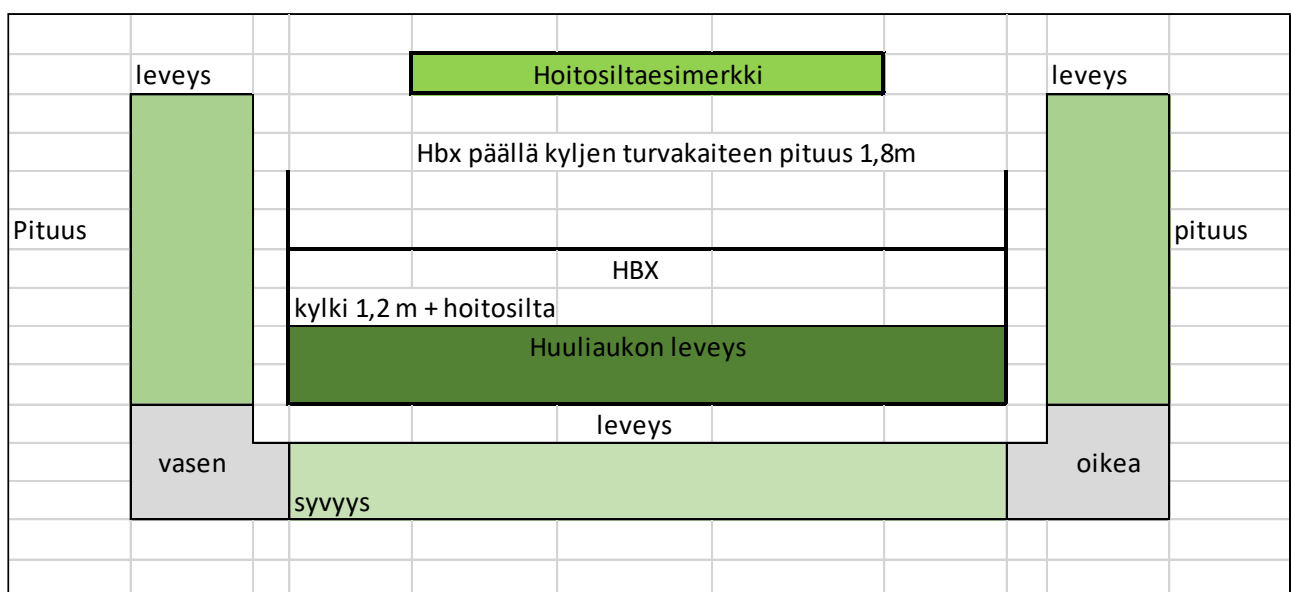
perustuu alihankkijan hinnastoon, joka on lisätty tauluun nähtäville samaan tasoon muiden taulukoiden kanssa, mutta on nähtävissä selkeämpänä listana sille erikseen omistetun taulun puolella.

Taulukko 4. 1PP Hoitosiltalayout kustannuslaskuri (taulun hinta-arvio piilotettu).

1PP Layout kululaskuri							Huuliaukon leveys metreinä	7,08			
							Takahoitosillan syvyys metreinä	1,60			
							Ylähoitosillan syvyys metreinä	0,60			
							Sivusiltojen pituus metreinä	4,00			
							Vas.hoitosillan leveys metreinä	1,20			
							Oik.hoitosillan leveys metreinä	1,20			
							Sivusillan etäisyys Perälaatikosta	0,60			
							Takasillan etäisyys Perälaatikosta	0,60			
Koneen malli	Layout	Hoitosilta mat.	Kaide mat.	Rap./Tikas/Port. mat.	Sillat yhdessä	Kaiteet	Alatasot	Ylätaso	Portaat	Tikkaat+portti	Arvioitu hinta €
1PP	Layout 1	ALUM/ANOD	EN1.4404	EN1.4404	Molemmat						
1PP	Layout 2	ALUM/ANOD	EN1.4404	EN1.4404	Molemmat						
1PP	Layout 3	ALUM/ANOD	EN1.4404	EN1.4404	Molemmat						
1PP	Layout 4	ALUM/ANOD	EN1.4404	EN1.4404	Molemmat						

Toinen kustannuslaskuri (taulukko 4) on tehty erityisesti **1PP perälaatikon** hoitosiltalayoutratkaisuiden pohjalta. Taulun käyttö on yksinkertaista ja sitä ohjataan suodattamalla haluttu layoutvariaatio, hoitosiltojen materiaali, kaiteiden materiaali, tikkaiden materiaali ja hoitosillat yhdistävän kulmasillan sijainti. Layoutvariaatioille on ennalta asetettu muokattavissa olevia mittoja (taulukko 5), minkä avulla laskuri saa pinta-alansa. Ennalta valitut tuotteet nähdään taulukossa 6, joiden perusteella laskuri laskee hinta-arvion hoitosilloille.

Taulukko 5. Kustannuslaskurin havainnollistava hoitosiltalayoutkuviokuva muokattavista mitoista.



Opinnäytetyöhön päädyttiin tekemään tämän taulun osalta yhteisymmärryksessä toimeksiantajan kanssa laskenta vain 1PP perälaatikkovariaatiolle, joka oli myydyin OFF versio. 1PP:lla oli usein ollut yksinkertaisimmat ja tehtyjä layoutmalleja vastaavimmat hoitosiltalayoutit. Variaatioita, joihin voi vaikuttaa hoitosiltojen muokattavia mittoja muuttamalla kertyi 216 kappaletta (liite 3). Tauluun lisättiin kuitenkin mahdollisen jatkokehityksen varalta huomattavasti alemmalle riville jatkoosa taulukolle, mistä löytyy loput OFF perälaatikkovariaatiot ja niiden hoitosiltojen mahdolliset muuttujat. Lisätystä ylimääräisestä taulusta puuttuu laskukaavat, jotka olisi muodostettava variaatiokohtaisesti. Tämä jatko kustannuslaskurille nostaisi variaatioiden määrän 864 kappaleeseen.

Taulukko 6. Kustannuslaskurin laskentaperuste, tuotteet.

Millä laskettu:
Alatasot Ritolä/Reikälevyitasolla
Kaiteet + verkotetut kaiteet
Ritoläportaot
Tikkaat (+ jousiportti Layout 2/4)
Ylätaso Kyynellevytasolla

4.4 Ratkaisuiden perustelu ja tutkimuskysymyksiin vastaus

4.4.1 Modulaarisuus työssä

Työssä muodostettujen ratkaisujen modulaarisuus on nähtävissä erilaisina moduuleina ja vakioimitoituina osina. Ainoat työssä esiintyvät ainutlaatuiset osat ovat:

- Perälaatikon päälliset hoitotasot, pois lukien niiden jalkalistat.
- 2PP perälaatikon vasemman sivusillan ja takasillan yhdistävä hoitosilta, joka luotiin esimerkinomaiseksi tilanteesta, jossa joutuu muokkaamaan vakioitua rakennetta.

Työssä moduulien tapaan toimivat hoitosiltojen osuudet, joihin on yhteydessä useita vakioimitoituja osia, ovat:

- Sivuhoitosillat
- Takahoitosilta
- Sivuhoitosillalta eroava askelma

4.4.2 Hoitosiltasuunnittelun haasteet

Hoitosiltoja tarvitaan perälaatikon yleisten käyttö- ja huoltotoimenpiteiden takia perälaatikon ympäristössä. On kuitenkin tilanteita, kun vanhaan konelinjaan tilataan perälaatikon uusinta. Näissä tapauksissa hoitosiltojen uusinta perälaatikon ympärille ei ole itsestäänselvyys, sillä usein vanhan perälaatikon hoitosillat ovat vielä ainakin osittain käyttökelpoisia. Uusinnoissa käykin usein niin, että vain perälaatikon päälliset hoitotasot, kaiteet ja perälaatikon päälle pääsemiseksi tarvittavat tikkaat kuuluvat tilaukseen.

Yksi tärkeimmistä syistä perälaatikon taakse pääsemiseksi on massajakoputki. Hoitosillat täytyy suunnitella perälaatikon taakse siten, että massajakoputki pystyy aukeamaan saranoillaan sillan päälle siten, että sitä mahtuu tarpeen mukaan huoltamaan, tarkistamaan ja pesemään.

Layouteista poiketen, tasainen hoitotaso ei mene massajakoputken ali, vaan se kierretään joko ala, tai yläkautta. Jos uusintaprojektissa oleva vanha hoitosilta on väärän mallinen, täytyy se uusita. Perälaatikon sivuille tarvitaan hoitotasot puolestaan tärkeiden sähkökaappien ja muiden toimilaitteiden käytön ja huollon takia. Jos kyseessä on uusintaprojekti mihin uusitaan myös ympäröivät hoitosillat, voi uusien hoitosiltojen liittäminen vanhoihin olla haastavaa.

Vaikka perälaatikkoa tulee huoltaa ja käyttää sen päältä käsin, on tapauksia, kun tilaukseen ei kuulu suojakaiteita tai tasoja sen päälle. Standardien soveltaminen tilanteisiin, joissa on tilattu vain osittaiset hoitosilta-rakenteet, voi olla haastavaa. Näissä tapauksissa on järjestettävä muita suojarusteita ja keinoja, joilla vähentää tapaturmariskiä, kuten turvalajaiden käyttö ja tarvittavien valjaiden kiinnitysrenkaiden asennus rakenteisiin.

Layoutmalliesimerkit olisivat uusintaprojektien tapauksessa helpottavia työkaluja asiakkaan kanssa keskusteltaessa uusien hoitosiltojen tarpeesta ja niiden arvioiduista kustannuksista. Esimerkkilayoutkuvat auttaisivat oikean hoitosiltayhdistelmän valinnassa ja kustannuslaskuri antaisi arvion hinnasta reaaliajassa.

4.4.3 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Suuren osan hoitosiltarakenteista voi suunnitella modulaarisesti. Suurimpia muuttujia on perälaatikkojen leveydet, jotka suoraan vaikuttavat sen takana ja päällä oleviin hoitosiltoihin. Vaikka suuren osan rakenteesta pystyy suunnittelemaan modulaarisesti, ei kaikkea pysty valmistamaan samasta muotista vaan jonkin verran osien muokkausta on odotettavissa jokaisessa projektissa. Modulaarisia osakokonaisuuksia voisi saada parhaiten sivuhoitosilloista ja vakioiduista kaidemitoituksista, jotka eivät muuta mittojaan, vaikka perälaatikon leveys vaihtuisi.

Hoitosillat saadaan suunniteltua kustannustehokkaaksi moduloimalla ja vakioimalla niitä mahdollisimman paljon. Mikäli pystytään käyttämään vakiokokoisia osia, niitä pystyy valmistamaan varastoon suuremmissa erissä enemmän, jolloin hankintakustannukset pysyvät pienempinä. Toimiva kustannusmalli hoitosilloille on layoutpohjainen, johon on mahdollista tehdä muutoksia. Layoutin, materiaalit ja koneen leveyden valitsemalla saa jo tarkan kuvan mahdollisista kustannuksista, mutta koska perälaatikkojen hoitosiltatoteutukset ovat harvoin tismalleen samanlaisia, on hyvä olla toinen, vaihtoehtoinen ja tarkka keino kustannusten selvittämiseksi.

5 Pohdinta

5.1 Arviointi työn sisällöstä

Työn tavoitteena oli kehittää hoitosiltalayoutratkaisut ja niille kustannusten laskentaan sopiva menetelmä usealle perälaatikkomallille, sekä keksiä niille hyvä päälle kiipeämiskeino. Työn aikana muodostettiin tutkimuskysymyksiä ja niihin saatiin vastattua tyydyttävästi. Hoitosiltojen 3D malli saatiin onnistuneesti muodostettua ja sen avulla saatiin tehtyä siistit layoutmallikuvat perälaatikkomyynnin avuksi. Kustannuslaskurista saatiin toimiva ja sen käyttö on helppoa ja nopeaa. Laskurin toimintaa arvioi toimeksiantajan edustaja, joka ei ollut aikaisemmin nähnyt laskurin toimintaa.

Vaatusluetteloiden vaatimukset täytettiin yhtä toivetta lukuunottamatta, joka koski hoitosiltalayouttien detaljisuunnittelua. Detaljisuunnittelu katsottiin olevan liian suuren työn takana monen osan osalta ja olisi vaatinut liikaa töitä yhden opinnäytetyön aikana. Hoitosillat ja turvavälineet saatiin sijoitettua siten, että työntekijöiden työergonomia hyötyy niistä. Hoitosiltarakenteissa ja kiipeämiskäytöksissä hyödynnettiin modulaarista rakennetta ja käytettiin mahdollisimman vähän materiaalia, jonka perusteella tavoiteltu kustannustehokkuus toteutuu ainakin kohtalaisesti.

5.2 Työn luotettavuuden arviointi

Työn aikana pyrittiin käyttämään mahdollisimman laadukasta lähdeaineistoa. On kuitenkin pieni mahdollisuus, että jokin osa käytetystä informaatiosta ei ole täysin validia inhimillisten virheiden takia. Tätä osuutta ei voida tunnistaa, koska sitä ei ole havaittu työn aikana

Työssä käytettiin paljon työssä käsiteltyjen aiheiden aihealueisiin perehtyneiden yhdistysten ja liittojen keräämää materiaalia, sekä toimeksiantajan omaa lähdemateriaalia, jotka voidaan katsoa valideiksi lähteiksi. Kirjalähteet ovat alansa ammattilaisten kirjoittamia, sekä monessa oppilaitoksessa käytettäviä materiaaleja, jonka puolesta niihin voidaan luottaa kiitettävän paljon. Toimeksiantajan ammattilaisten kanssa käytyjen palaverien, keskustelujen ja työtehtävien aikana hankittu tietous aiheeseen on ollut olennaista työn kannalta, joten sitä pidetään työn osalta luotettavimpana lähteenä.

Opinnäytetyö on tehty käyttäen oletettavasti luotettavia lähteitä ja sen aikana on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä, joten sen koetaan olevan tuloksiltaan luotettava.

5.3 Jatkotoimet

Jatkotoimina suositellaan hoitosiltalayouttien kehittämistä parametrisoinnilla, vakio-osien muodostamisella ja layoutvariaatioiden jatkoideoinneilla. Perälaatikon päälle pääsemisen ratkaisua on tarkasteltava detaljisuunnittelutasolla, jotta voidaan varmistua sen rakenteellisesta soveltuvuudesta sijoitukseen sähkökaapin päälle kiinnitettäväksi. Mikäli todetaan ratkaisun tikkaiden viereisen suojauksen olevan puutteellinen, ehdotetaan tikkaiden siirtoa kauemmaksi perälaatikosta kohti hoitosillan vastapäistä kaidetta, jolloin kaide tulisi muuttua korkeaksi verkotetuksi kaiteeksi. Koska tikkaiden vierillä olisi hoitosiltatasanteita tässä vaiheessa, eivät ne vaatisi erillisiä suojakaiteita tikkaiden molemmin puolin. Ratkaisu vaatisi lyhyen tason tekemistä perälaatikon ja tikkaiden välille, sekä tason laidoille suojakaiteiden rakentamista.

Suosittelaa myös ideoinnin luokan kaksi idean jatkokehitystä, jossa perälaatikon rakennetta muutettaisiin siirtämällä laimennusjakotukkia kauemmaksi perälaatikosta. Ratkaisu mahdollistaisi suuremman ja turvallisemman hoitosillan rakentamisen perälaatikon päälle, joka auttaisi työturvallisuuden ja -ergonomian paremmassa toteutumisessa perälaatikon päällä työskenneltäessä.

Lähteet

Ergonomia. N.d. Suomen lähi- ja perushoitajaliiton artikkeli ergonomiasta. Viitattu 6.12.2023. <https://www.superliitto.fi/tyoelamassa/tyohyvinvointi-tyosuojelu-ja-tyoelaman-kehittaminen/ergonomia/>

Farr, J. V. & Faber, I. 2018. Engineering economics of life cycle cost analysis. Boca Raton: Press/Taylor & Francis Group. E-Kirja, Janet Finna. <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993668944506251>

Headbox. N.d. Artikkelin Valmetin verkkosivuilla. Viitattu 24.10.2023. <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/headbox/>

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P., & Sinivuori, E. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uud. p. Helsinki: Tammi.

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2023. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 2/2023. Viitattu 17.12.2023

Jälkikäsitteily. Taitotalo. 2023. KnowPap -tietokanta v.24.0. Viitattu 1.11.2023. Janet Finna, KnowPap. http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/00_general_finishing/frame.htm

Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Koneet, laitteet ja työvälaineet. N.d. Artikkelin Työturvallisuuskeskuksen sivuilla. Viitattu 17.12.2023. <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/tyoympariston-turvallisuus/koneet-laitteet-ja-tyovalaineet/>

Mitä standardi tarkoittaa? N.d. Suomen Standardisoimisliiton artikkeli standardeista. Viitattu 12.10.2023 <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>

Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät. Taitotalo. 2023. KnowPap -tietokanta v.24.0. Viitattu 1.11.2023. Janet Finna, KnowPap. http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/headbox/1_structure/frame.htm

Paperikone, Viiraosan rakenteet. Taitotalo. 2023. KnowPap -tietokanta v.24.0. Viitattu 1.11.2023. Janet Finna, KnowPap. http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/wire_section/1_structure/frame.htm

Paperin ja kartongin valmistusprosessi. Taitotalo. 2023. KnowPap -tietokanta v.24.0. Viitattu 1.12.2023. Janet Finna, KnowPap. [http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extra-net/suomi/paper technology/paper machine/general/frame.htm](http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extra-net/suomi/paper%20technology/paper%20machine/general/frame.htm)

OptiFlo Layering N.d. Artikkelin Valmetin verkkosivuilla. Viitattu 28.10.2023. <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/headbox/optiflo-layering-fourdrinier-headbox/>

Susman, G. 1992. Integrating design and manufacturing for competitive advantage. England: Oxford University Press. E-Kirja, Janet Finna. <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993622515606251>

SFS-EN 1034-1:2021:en. Koneturvallisuus. Osa 1: Paperi- ja Paperin jälkikäsitteilykoneiden turvallisuusvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 21.5.2021. Viitattu 15.11.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS-EN 1034-1:2021:en. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Pääsytien valinta ja yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 21.5.2021. Viitattu 15.11.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS-EN 1034-1:2021:en. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 21.5.2021. Viitattu 15.11.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS-EN 1034-1:2021:en. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 21.5.2021. Viitattu 15.11.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS-EN 1034-1:2021:en. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 4: Kiinteät tikkaat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 21.5.2021. Viitattu 15.11.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

Työtapaturma- ja ammattitautilaki 459/2015. Ajantasainen lainsäädäntö. Viitattu 20.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150459#O2L5>

Toivonen, R. 2020. Turvallinen ja tuottava tuotantoympäristö teollisuudessa – ergonomiaa suunnittelema. Helsinki: Työturvallisuuskeskus, teollisuusryhmä. PDF-muodossa oleva verkkojulkaisu painetusta infolehtisestä Työturvallisuuskeskuksen sivuilla. <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/04/Turvallinen-ja-tuottava-tuotantoymparisto-teollisuudessa.pdf>

Työturvallisuus. N.d. Artikkelin Työturvallisuuskeskuksen sivuilla. Viitattu 5.11.2023. <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/>

Toimialakohtaista tietoa, teollisuus. N.d. Artikkelit Työturvallisuuskeskuksen sivuilla. Viitattu 5.11.2023. <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/toimialakohtaista-tietoa/teollisuus/>

Toimialakohtaista tietoa, paperiteollisuus. N.d. Artikkelit Työturvallisuuskeskuksen sivuilla. Viitattu 5.11.2023. <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/toimialakohtaista-tietoa/paperiteollisuus/>

Työympäristön turvallisuus, työtapaturmat ja ammattitaudit. N.d. Artikkelit Työturvallisuuskeskuksen sivuilla. Viitattu 10.11.2023. <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/tyoympariston-turvallisuus/tyotapaturmat-ja-ammattitaudit/>

Työympäristön turvallisuus, turvallinen työskentely. N.d. Artikkelit Työturvallisuuskeskuksen sivuilla. Viitattu 10.11.2023. <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/tyoympariston-turvallisuus/turvallinen-tyoskentely/>

Valmet OptiConcept M containerboard machine N.d. Valokuva Valmetin verkkosivulta. Viitattu 15.11.2023. <https://www.valmet.com/media/image-gallery/businesses/#boardandpaper>

Valmet Jyväskylä, yleisesittely. 2023. Powerpoint esitys, Valmet Technologies Oy. Viitattu 2.11.2023. Saatavilla yrityksen sisäisestä järjestelmästä.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Ajantasainen lainsäädäntö. Viitattu 15.12.2023. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

Valmet lyhyesti. N.d. Artikkelit Valmetin verkkosivuilla. Viitattu 24.10.2023. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Valmet, Historia. N.d. Artikkelit Valmetin verkkosivuilla. Viitattu 24.10.2023. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/historia2/>

Valmet, FIN Jyväskylä. N.d. Infosivu Valmetin verkkosivuilla. Viitattu 24.10.2023. <https://www.valmet.com/about-us/contact-us/valmet-locations/fin-jyvaskyla-rautpohja/>

Valmet yrityksenä. N.d. Artikkelit Valmetin verkkosivuilla. Viitattu 24.10.2023. <https://www.valmet.com/about-us/>

Liite 4. Ryhmäideointi, ideoiden jakauma

Ryhmäideointi	Hbx variaatio	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Ryhmä 1	OFFD yläp.	1		
	2PP	1		
	Layering	1		
Ryhmä 2	OFFD yläp.	1		
	2PP	1		
	Layering	1		
Ryhmä 3	OFFD yläp.		2	
	Layering	1		
	OFFD yläp.			3
	2PP		2	
Ryhmä 4	OFFD yläp.		2	
	2PP	1		
	Layering	1		
	OFFD yläp.		2	
	2PP	1		
Yhteensä ideoita	15	10	4	1

Liite 5. Standardien jakautuminen

Standardi	Sovelluskohde	Esimerkki	Syy soveltamiselle
SFS-EN 1034-1:2021:en	Hoitosillat	Perälaatikon ympärillä olevat hoitosillat	Suurempi painoluokitus
SFS-EN ISO 14122-1:2016	Ohjeistus	Ohjeistaa osien 2-4 käytössä	Yleisstandardi, määrittelee osia 2-4
SFS-EN ISO 14122-2:2016	Hoitotasot	Perälaatikon päällä olevat hoitotasot	Soveltuu kevyemmän painorajan vuoksi käytettäväksi massajakoputken päällä ja kulkutien kapeusmäärittäksien vuoksi
SFS-EN ISO 14122-3:2016	Portaat	Hoitosilltojen välillä liikkumiseen	korkeammalta tasolta laskeutuminen
	Suojakaiteet	Hoitosilltojen kaiteet	kaiteiden rakenteet, muodot ja sijoittelu
	Portit	Perälaatikon päällä oleva portti	Portin sijoittelu ja sen määrittely suojakaiteen jatkeeksi
SFS-EN ISO 14122-4:2016	Tikkaat	Perälaatikon päälle kiipeäminen	Turvavarusteiden, kuten kaiteiden, määrittely