

**Jani Puskala**

# **JÄÄNMAALAUSSKONEEN SUUNNITTELU**

**Opinnäytetyö  
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Marraskuu 2010**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖS

<b>Yksikkö</b> Tekniikan toimipiste, Ylivieska	<b>Aika</b> Marraskuu 2010	<b>Tekijä/tekijät</b> Jani Puskala
<b>Koulutusohjelma</b> Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> Jäänmaalaukoneen suunnittelu		
<b>Työn ohjaaja</b> Dipl. ins. lehtori Heikki Salmela	<b>Sivumäärä</b> 60 + 9 liitettä	
<b>Työelämäohjaaja</b> Toimitusjohtaja Ari Penttilä / Prorink International Ab		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Prorink International Ab:lle jääkenttien maalaukone, joka integroidaan osaksi jäänhoitokoneen toimintaa. Laitteiston suunnittelu oli jatkoa yrityksen tarpeisiin aikaisemmin kehitetylle jäämaalille, joka on kilpailijoiden tuotteita peittävämpi ja riittävämpi.</p> <p>Käytettävän jäämaalin heikon dispergoitumisen takia kehitettävä maalaukone tuli olla helposti kiinnitettävissä tai asennettavissa kiinteästi jäänhoitokoneeseen. Normaalisti poiketen maali ei kuivu jäälle maalattaessa, vaan se jäätyy. Kokonaisuudessaan jäänmaalaus koostuu monista eri vaiheista aina esijäädytyksestä viimeistelevään ja maalausta suojaavaan ohuen vesikerroksen ruiskutukseen asti. Myös laitteen käyttöympäristö asetti lisävaatimuksia.</p> <p>Työ rajattiin maalaukoneen komponenttien valintaan ja pyrittiin etsimään vaihtoehtoja jäänhoitokoneesta otettavaksi käyttövoimaksi. Työssä tutkittiin ensin mahdollisia menetelmiä, joilla maalin voisi levittää jääkentälle. Seuraavaksi kartoitettiin jäänhoitokoneesta saatavat käyttövoimat, ja päädyttiin hydraulikkaan. Maalin ominaisuuksien johdosta laitteisto vaati dispergointilaitteen, joka pystyttiin ostamaan valmiina. Toivottuun maalinsekoitustapaan ei kuitenkaan löytynyt ratkaisua.</p> <p>Ratkaisematta jäi, miten kahdesta eri säiliöstä tulevan maalin raaka-aineet saataisiin sekoitettua laitteistossa valmiiksi tasalaatuiseksi maaliksi. Toimeksiantajan määrittelemän hintavaatimuksen mukaiselle laitteistolle ei löytynyt toimivaa ratkaisua. Maalaukone saadaan kuitenkin toimimaan käyttämällä vain yhtä maalisäiliötä. Tuloksena syntyi suunnitelma koneesta, jolla voidaan maalata aikaisemmin kehitettyä maalia, mutta joka ei kuitenkaan kaikilta osin vastaa toimeksiantajan toiveita.</p>		
<b>Asiasanat</b>  koneensuunnittelu, jäänhoitokone, maalaus, dispergointi, jääkenttä, jääntekoprosessi		

**ABSTRACT**

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> November 2010	<b>Author</b> Jani Puskala
<b>Degree programme</b> Mechanical and Production Engineering		
<b>Name of thesis</b> Designing of an Ice Painting Machine		
<b>Instructor</b> DI. Lecturer Heikki Salmela	<b>Pages</b>  60 + 9 appendix	
<b>Supervisor</b> Managing Director Ari Penttilä / Prorink International Ab		
<p>The purpose of this scholarly thesis was to design an ice painting machine to be integrated as a part of an ice resurfacer for Prorink International Ab. Designing the equipment was continuation for the ice paint that had been generated for the company earlier. That paint covers better and lasts longer than the existing products. However, the weak dispersion requires the painting equipment to be easy to attach or to be fitted to the ice resurfacer. Unlike the normal ice paint, the paint does not dry, but freezes. Ice making is a multiphase process and the cold environment required a lot from the designed machine, too.</p> <p>The subject was limited to cover the selection of the components of the ice painting machine and to find alternatives for the motive power taken from the ice resurfacer. First, all the possible ice painting methods were studied. After that, the motive power from the ice resurfer was researched and hydraulics was chosen to be used. Because of the properties of the paint, the machine required a dispersion equipment that could be bought ready-made. The study did not manage to find a solution to the problem concerning the desired way of mixing the paint.</p> <p>The question of how to mix the substances coming from two different tanks into a homogenous paint was left unsolved. In addition, it was not possible to design and manufacture a machine within the cost range defined by Prorink International Ab. As a result of the thesis, a design of a machine that uses only one paint tank was created. The machine can be used for painting with the generated paint, but not the exact way the Prorink wanted.</p>		

**Key words**

ice resurfacer, painting, dispersion, ice making process, engineering

## KÄSITTEEN MÄÄRITTELYT

- MIG** Engl. Metal-Arc Inert Gas Welding (suom. metallikaasukaarihitsaus, jossa suojakaasuna käytetään reagoimatonta kaasua)
- CAD** computer aided design (suom. tietokoneavusteinen suunnittelu)
- MESH** Yksikkö, joka on määritelty kuvaamaan verkon tiheyttä (kertoo, kuinka monta lankaa suodattimessa on tuuman matkalla)
- 3D** Engl. three dimensios eli suomeksi kolmiulotteinen. Tässä työssä liittyy kolmiulotteiseen suunnitteluun tietokoneen avulla

TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEEN MÄÄRITTELYT  
SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	PRORINK INTERNATIONAL AB .....	2
3	JÄÄNMAALAUUS – MONIVAIHEINEN PROSESSI.....	4
3.1	Jääkenttä .....	4
3.2	Jäänhoitokone.....	7
3.3	Nykyiset jäänmaalausmenetelmät .....	9
3.4	Jäämaali.....	10
3.5	Esisekoitus.....	12
3.6	Dispergointi .....	12
3.7	Jälkisekoitus.....	16
4	SYSTEMAATTINEN KONEENSUUNNITTELU .....	17
5	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT .....	18
5.1	Vaatimuslista.....	18
5.2	Vaihtoehdot toimeksiantajalle .....	23
5.3	Benchmarking .....	24
5.4	Maalausmenetelmät.....	28
6	KOMPONENTTIVALINNAT .....	31
6.1	Maalisäiliö .....	31
6.2	Suodatin.....	34
6.3	Suuttimien valinta.....	34
6.4	Maaliharava .....	36
6.5	Vesiruisku .....	40
6.6	Pumppu.....	40
6.7	Paineensäädin .....	41
6.8	Dispergointilaite .....	42
6.9	Käyttövoima .....	42
6.10	Sekoituslaitteisto .....	47
6.11	Yksinkertaistettu maalauslaite.....	51
7	TULOKSET JA ARVIOINTI .....	53
8	POHDINTA .....	56

LÄHTEET  
LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa jääkentän maalauslaitteisto, joka integroidaan Zamboni -jäänhoitokoneeseen. Maalina laitteisto tulee käyttämään Markus Holmin opinnäytetyössään kehittämää jäämaalia. Maali ei ole vielä markkinoilla, eikä sille näin ollen ole vielä maalauslaitteistoa. Käytettävän jäämaalin heikko dispergoituminen antaa lisävaatimuksen laitteistolle. Kehitettävä maalauslaitteisto tulisi olla helposti kiinnitettävissä tai asennettavissa kiinteästi jäänhoitokoneeseen. Maalauslaitteiston tarvitsema käyttövoima otetaan jäähoitokoneessa olevista komponenteista. Laitteesta tehdään kattava suunnitelma, ja pyritään saamaan se tuotantokelpoiseksi.

Insinööriyön toimeksiantaja on Prorink International Ab. Urheilu- ja vapaa-ajan jääalueilla tarvittavien palvelujen ja tuotteiden tarjoamiseen erikoistunut yritys on perustettu vuonna 1997. Yritys toimittaa jääkiekkokaukaloita ja muita laitarakenteita kentille, sekä rakentaa rata- ja routasuojaputkistoja jäähalleihin ja muille vastaaville liikunta-alueille. Lisäksi yritys myy koneita ja tekniikkaa jääalueiden kunnossapitoon, sekä tarjoaa näiden huoltotyöt. Yritys maahantuo mm. Zamboni -jäänhoitokonetta. Tästä syystä maalauslaitteistoa kehitellään liitettäväksi tämän merkin tuotteisiin.

Tällä hetkellä käytettävät amerikkalaisvalmisteiset maalauslaitteet ovat erillisiä yksiköitä ja niissä käyttövoima saadaan yleensä pienestä nelitahtipoltto-moottorista. Nykyistä maalauslaitteistoa liikutetaan jääradalla henkilövoimin tai ajoneuvon perään liitetyllä peräkärryllä, eikä vastaavaa jäänhoitokoneeseen liitettävää maalauslaitteita jääradoille ei ole markkinoilla. Maalauslaitteiston suunnittelussa otetaan huomioon yritykselle kehitellyn jäämaalin ominaisuudet. Insinööriyön tavoitteena on kehittää Prorink International Ab:lle laitteisto, jonka he voisivat valmistaa ja myydä lisäoptiona jäänhoitokoneeseen. Insinööriyössä pyritään suunnittelemaan pienikokoinen maalauslaitteisto ja siihen pyritään ensisijaisesti valitsemaan standardi-komponentteja, jotta erikoiskomponenttien valmistus olisi vähäistä.

## 2 PRORINK INTERNATIONAL AB

Prorink International Ab on erikoistunut urheilu- ja vapaa-ajan jääalueilla tarvittavien tuotteiden ja palvelujen tarjoamiseen. Yrityksen tuotteet mahdollistavat kokonaisvaltaisten jäärakentamisurakoiden toteuttamisen: Prorink rakentaa rata- ja routasuojausputkistoja mm. jäähalleihin, toimittaa jääkiekkokaukaloita ja muita laitarakenteita sekä myy tarvittavaa tekniikkaa ja koneita jääalueiden kunnossapitoon (kuvakooste näistä kuviossa 1, s. 3). Yritystoimintaa on sekä kotimaan markkinoilla että vientimarkkinoilla. Puolan markkinoilla yritystä edustaa sisaryhtiö Prorink Polska. (Prorink International Ab 2010)

Yrityksen tärkeimpiä tuotteita ovat jäänhoitokoneet, kylmätekniikka, laitarakenteet sekä rata- ja suojausputkistot. Prorink maahantuo Mycom -kylmäkompressoreja, joita käytetään kylmäkoneistoissa jäädyttämään urheilualueita ja teollisuuden kylmävarastoja. Prorink on myös suunnitellut ja toteuttanut rataputkistoja useisiin eri käyttökohteisiin. Kiinteästi asetettavat rataputkistot valetaan tai kiinnitetään muutoin pysyvästi paikoilleen, kun taas siirrettävät putkistot voidaan tarpeen tullen purkaa ja asentaa uudelleen. Rata- ja routasuojausputkistojen yleisimpiä toteuttamiskohteita ovat jäähallit, pikaluisteluradat, ulko- ja sisäluistelualueet, hiihtotunnelit, jääkiipeilyseinät sekä lämmitettävät radat ja kentät (esimerkiksi tekonurmialueet). (Prorink International Ab 2010)

Jäärakentamisen viimeisteleviä tuotteita ovat Prorink -jääkiekkokaukalot ja muut laitaelementit, jotka mitoitetaan jääalueen mukaan ja varustetaan asiakkaan toiveiden mukaisesti – jääpallokentillekin. Tuotevalikoimaan kuuluvat lisäksi elementtien siirtokärryt, varastointijärjestelmät ja muut jääalueilla tarvittavat varusteet. Jäänhuoltoa ja kunnossapitoa varten Prorink maahantuo ja myy Zamboni -jäänhoitokoneita. Lisäksi yritys tarjoaa reunajyrsimiä, jäänhoitokoneen teränteroituskoneita sekä muita kenttävarusteita ja välineitä sekä asentaa jäähalleihin tarkoitettua Aluflex -emissiivikatetta, joka yleisimmin asennetaan jäähallin kattorakenteisiin. Tuotevalikoimaan kuuluvat myös Ecovil -suojamatot niin sisä- kuin ulkojääalueille. Ecovil -suojamatot estävät luistinten tylsymisen ja

samalla ehkäisevät hiekan ja muiden roskien kulkeutumista jääalueelle. (Prorink International Ab 2010)



KUVIO 1. Kuvakooste Prorink International Ab:n tuotevalikoimasta.



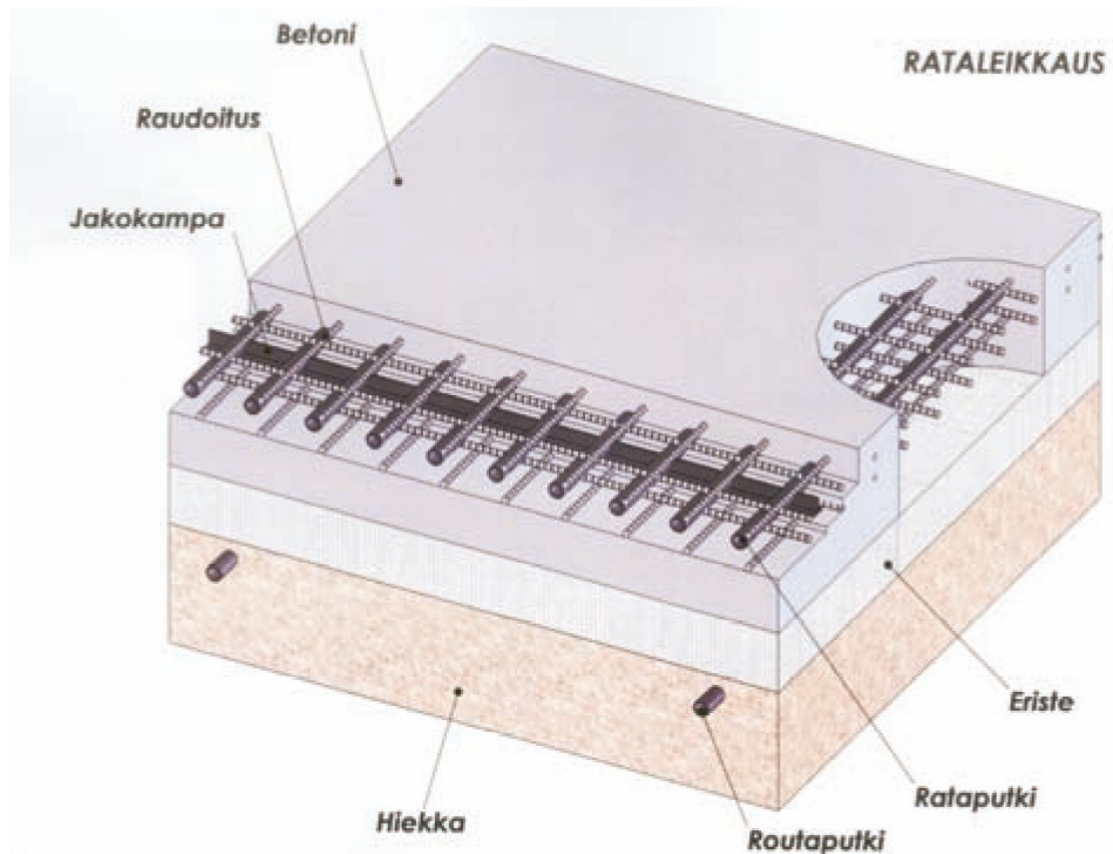
### 3 JÄÄNMAALAUUS – MONIVAIHEINEN PROSESSI

Jäinen ympäristö, jossa lämpötila lähentelee 0 Celsius -astetta, asettaa maalille ja koneille omanlaisensa vaatimukset. Normaalisti poiketen maali ei kuivu jälle maalattaessa, vaan se jäätyy. Kokonaisuudessaan jään maalaus koostuu monista eri vaiheista aina esijäädytyksestä viimeistelevään ja maalausta suojaavaan ohuen vesikerroksen ruiskutukseen asti. Selvitän tässä osiossa kentän rakennetta ja jään valmistamiseen liittyviä erityispiirteitä mm. maalinvalmistuksen osalta.

#### 3.1 Jääkenttä

Jääkenttä tehdään yleensä tasaiselle maapohjalle, jonka ensimmäinen kerros on routimaton sora- tai hiekkakerros. Tässä kerroksessa on routaputket, joissa lämmin neste kiertää taukoamatta ja jotka varmistavat sen, ettei maa pääse jäätymään. Seuraavaksi tuleva eristekerros estää kylmyyden karkaamisen maahan eli se pienentää lämpöhäviötä, joten kylmäkoneiston teho saadaan kohdistettua paremmin jään ylläpitämiseen. Tämä yleisimmin solumuovista valmistettu eriste estää maata jäätymästä eristeen alapuolella, jolloin routaputkistolla ei tarvitse lämmittää maata niin paljon. Jääkentän rakenne on esitetty kuviossa 2 (sivulla 5).

Eristeen päälle tehdään pintakerros, joka yleensä valmistetaan betonista. Se on lämpöteknisiltä ominaisuuksiltaan hyvä materiaali ja kestää kovaa kulutusta. Betonilaatta on tuettu harjateräksestä valmistetuin raudoitusverkein, jotka pitävät laatan oikean muotoisena ja estävät halkeamisia. Laatta on eristetty liikuntasaumoin muusta hallin betonilattiasta. Liikuntasaumoihin jäävä ilmarako katkaisee tehokkaasti myös niin sanotun kylmäketjun, jolloin hallin muuta lattiapinta-alaa ei turhaan jäähdytetä. Näiden lisäksi betonilaatan sisälle on valettu yleensä halkaisijaltaan 25 millimetrin paksuiset jäähdytysputket, joissa laatan jäähdyttävä kylmäaine kiertää. Kylmäaineena käytetään yleisimmin ammoniakivettä tai glykolia. Laattaan valetaan myös tarvittavat kiinnitysrakenteet esimerkiksi jääkiekkokaukalolle. Putkistossa kiertävä kylmäaine jäähdytetään erillisissä kylmäkoneistoissa.



KUVIO 2. Jääkentän rakenteen poikkileikkaus

Jäädytysprosessi voidaan aloittaa betonilaatan päälle, kunhan se on jäähdytetty -8 Celsius -asteen lämpötilaan. Kylmän betonilaatan päälle jäädytetään vettä ohuissa 2 millimetrin kerroksissa, mikä varmistaa jään hyvän laadun. Viiden kerroksen jälkeen jää höylätään, jonka jälkeen se on pinnasta kuiva. Tämä kuiva jääpinta maalataan valkoiseksi veteen sekoitetulla maalilla. Jään pinta on tässä vaiheessa -7 Celsius -astetta. Tämä yhden Celsius -asteen lämpötila muutos johtuu siitä, että jää eristää noin  $1^{\circ}\text{C}/10\text{mm}$ . Maalausta ei tehdä suoraan betoniin, koska muuten maalipinta lohkeilisi irti jäätä sulatettaessa. Jäätä maalataan 2-3 kerrosta, jolloin kenttä on väriltään tasaisen valkea.

Seuraavaksi kenttään maalataan tarvittavat merkit, kuten esimerkiksi jääkiekon keskusympyrä, maalialueet ja rajaviivat (kuvio 3., s. 6). Myös mahdollisten sponsoreiden mainosten ääriviivat tehdään jäähän sabluunoiden avulla, jonka jälkeen ne maalataan käsin esimerkiksi pensseliä käyttäen. Useammin vaihtuvat

mainokset maalataan ylempään kerrokseen, jotta ne voidaan tarvittaessa höylätä pois jäänhoitokoneella. Maalauksen jälkeen vettä jäädytetään kentän päälle ohuissa kerroksissa, kunnes jään vahvuudeksi muodostuu vähintään 25 mm. Jään optimaalinen paksuus vaihtelee 25-40 mm välillä ja se riippuu esimerkiksi hallin lämpötilasta.



KUVIO 3. Rajaviivat maalataan yleensä pensselillä

Tähän mennessä vettä on käytetty noin 46 000 litraa. Jäädytettävän veden tulee olla 55-60 Celsius -asteista, jotta jäätä tulee liukasta ja sitkeää. Kylmällä vedellä jäätä tulisi röpelöistä ja helposti lohkeavaa. Jääkentän ylläpitoon kuluu keskimäärin energiaa noin  $120\text{W/m}^2$ . Energiatarve vaihtelee suuresti käytön ja myös hallin ulkolämpötilan mukaan. Euroopassa yleisin käytetty kentän koko on 60\*30 metriä. Suorakaiteen muotoinen kenttä on pyöristetty kulmistaan, joten jäädytettäväksi alaksi jää noin  $1800\text{m}^2$ . (Prorink International Ab, 2010)

Jääkenttä kuuluu käytössä epätasaisesti - esimerkiksi vaihtoaition tai maalin edestä sekä keskikentältä jää kuuluu eniten, kun taas kentän reunoilla jää nousee usein korkeammalle epätasaisen kulumisen ja perinteisten jäänhoitokoneiden takia. Liian paksuksi kasvava jää kuluttaa turhaan energiaa ja tuo merkittäviä lisäkustannuksia. Suomalaisen Timo Pirilän ja hänen Kaspek -yrityksensä patentoitu keksintö *Ice guard* varmistaa sen, että jäähallin jää pysyy tasaisena. Tämän laser-tekniikkaan perustuvan mittauksen avulla jäänhoitokone osaa säätää teränsä automaattisesti niin, että jää pysyy kaikkialla sopivana paksuisena. (Rinnemaa 2003)

### 3.2 Jäänhoitokone

Zamboni on vanhin markkinoilla olevista jäänhoitokonemerkeistä ja sitä on valmistettu Kanadan ja USA:n tehtailla yli 8500 kappaletta. Zamboni -mallistossa on sekä polttomoottorikäyttöisiä, akkukäyttöisiä että traktorin perään kiinnitettäviä jäänhoitokonemalleja. (Franck J. Zamboni & Co. 2010)

Moottorina Zamboni 525:ssa (Kuvio 4.) käytetään GM 3,0 l teollisuusmoottoria. Nelisylinterinen moottori on nestejäähdytteinen. Moottori tuottaa 2500 kierr./min pyörimisnopeudella 48 kW. Moottorissa on myös kuormituksen tunnistava kierrosnopeuden säädin, joka pitää moottorin kierrokset asetetuissa arvoissa, vaikka kuormitus muuttuu. (Franck J. Zamboni & Co. 2010)

Moottorin jatkona on 2 pumppua. Näistä ensimmäinen on Sundstartin valmistama hydrostaattinen pumppu. Tällä pumpulla käytetään hydrostaattimoottoreita, joilla on toteutettu nelivetoinen Zamboni 525 -jäänhoitokone. Näillä saadaan aikaan maksimaalinen vetokyky myös hiljaisessa ajonopeudessa. Tämän pumpun jatkeena on tehokas Eatonin tuplahydraulipumppu, jossa on kaksi erillistä lohkoa. Moottorin puoleinen lohko tuottaa paineen pystykuljettimen ja taaempi lohko vaakakuljettimen hydraulimoottorille. Vaaka- ja pystykuljettimien tehtävänä on siirtää jäätä höylättyä lunta lumisäiliöön. Näiden lisäksi myös sekä ohjaus että lumisäiliön nosto on toteutettu hydraulilla. (Franck J. Zamboni & Co. 2010)



KUVIO 4. Zamboni 525 -jäänhoitokone.

Zambonin runkorakenne mahdollistaa hyvät akselikantavuudet ja pienen kääntösäteen, joka on markkinoiden tiukimpia. Koneen päällisosassa sijaitsee tilavuudeltaan 2,83 m<sup>3</sup> suuruinen lumisäiliö. Koneessa on kaksi vesisäiliötä. Jäädytysvesisäiliö on tilavuudeltaan 727 l ja pesuvesisäiliö 273 l, joten yhteensä vesitilavuutta koneessa on 1000 l. Jäädytysvedellä tehdään jää, kun taas pesuvesijärjestelmällä pestään jään pinta. Osa pesuvedestä kierrätetään takaisin pesuvesisäiliöön käytön jälkeen. Kelkka eli telarakenne toimii kahden metrin työleveydellä. Rakenteeseen kuuluvat jäähöylä, vaakakuljetin ja jäädytysveden ulostulo sekä pesuvesijärjestelmän pesutoiminto. (Franck J. Zamboni & Co. 2010)





KUVIO 5. Zamboni -jäänhoitokoneen ohjaamo

### 3.3 Nykyiset jäänmaalausmenetelmät

Yleisimmin käytetty maalausmenetelmä jääkentillä on järjestelmä, joka koostuu noin tuhannen litran maalisäiliöstä ja polttomoottorikäyttöisestä siipipumpusta, jolla maalin paine nostetaan noin 3 baariin. Pumpulta maali johdetaan pitkän letkun kautta niin sanottuun maaliharavaan, johon on sijoitettu 14 ruiskusuutinta. Tällä saadaan maalattua noin 3-4 metriä leveä kaistale kerrallaan. Laitteistosta on myös muunnelmia, joissa maalausyksikkö on sijoitettu erilaisille alustoille, esimerkiksi peräkärryn päälle tai sille rakennetun ajoneuvon yhteyteen. (Jet Ice, 2009)

Eri menetelmiä pohtiessani kävi ilmi, että jäähalleissa maalausta on suoritettu monilla eri menetelmillä. Joissain paikoissa jää on yritetty maalata kaatamalla maalia jäälle ja levittämällä se lastalla tasaisemmaksi kerrokseksi. Tella- maalaustakin on käytetty, mutta se on osoittautunut työlääksi, sillä maalattavaa pintaa on niin paljon. Maalia on myös sekoitettu jäänhoitokoneen jäähdytysveteen, jolloin jäädyttäessä on saatu valkoinen pinta, mutta koneen järjestelmään on

jäänyt maalia. Tämä maali on tukkinut pienimpiä reikiä linjastossa sekä sekoituttuaan kauden aikana värjännyt yhtäkkiä jään pintaa vaaleammaksi, jolloin merkkiviivastot ovat vaalentuneet. Saostunut maali on myöhemmin lähtenyt liikkeelle koneistoon ja haitannut näin jäänhoitokoneen päätoimintoa.

### **3.4 Jäämaali**

Suunnittelemani jäänmaalaus koneen maalina tullaan käyttämään Markus Holmin opinnäytetyössään (2008) kehittämää valkoista jäämaalia, jonka tuli olla mahdollisimman valkoinen, taloudellinen ja ympäristöystävällinen. Lopulliseksi maalin koostumukseksi määrittyi seos, jossa oli käytetty kuiva-ainetta 30 p-% ja 70 p-% vettä. Maalin koostumusta on sittemmin muutettu, mutta työssäni käytän avuksi Holmin tekemiä havaintoja. Maali vaatii jäänpinnalle alle -3 Celsius -asteen lämpötilan, mikä mahdollistaa maalin jäätyksen. Laskemalla jään lämpötilaa voidaan vaikuttaa maalin jäätyksenopeuteen. Nopeampi jäätyminen tekee maalista valkoisempaa. (Holm 2008, 58)

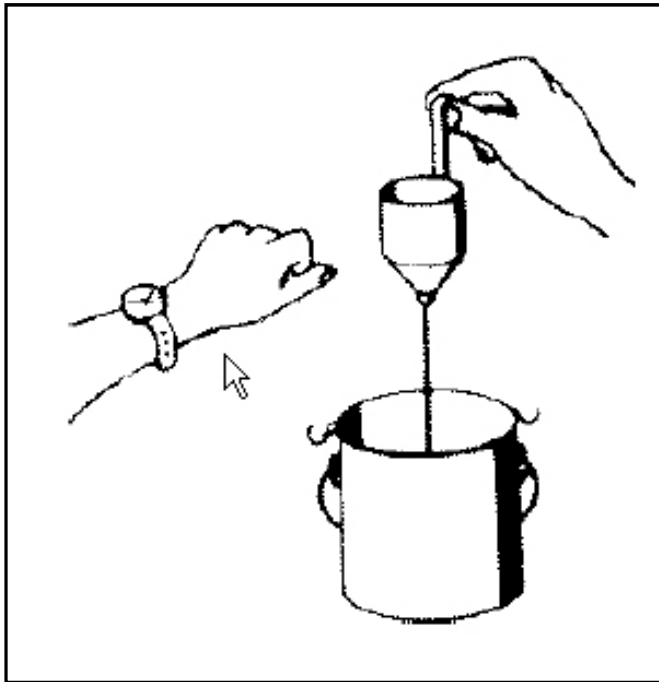
### **Riittoisuus**

Holmin tekemien kokeiden avulla täysin peittävälle maalipinnalle saatiin riittoisuudeksi  $5\text{m}^2/\text{l}$ , kun koealue maalattiin kahteen kertaan. Vertaamalla maalia markkinajohtajan maaliin todettiin, että yhtä peittävällä maalipinnalla markkinajohtajan maalin riittoisuus oli  $1,6\text{m}^2/\text{l}$ . Eli markkinajohtajan maalia tarvitaan noin kolminkertainen määrä kehitettyyn maaliin verrattuna, kun maalipinta on yhtä peittävä. (Holm 2010, 62)

### **Viskositeetti**

Maalinotkeus eli viskositeetti vaikuttaa suuresti nestemäisten maalien levitysominaisuuksiin. Viskositeetti on nesteen sisäinen kitka, joka vastustaa nesteen liikkumista. Mitä pienempi kitka nesteellä on, sitä juoksevammalta se tuntuu. Maa-

lien viskositeetti ei useinkaan ole vakio vaan se riippuu leikkausnopeudesta, lämpötilasta ja ajasta. Tämän vuoksi sanotaan, että maaleilla on näennäinen viskositeetti. Viskositeettia voidaan mitata monilla eri menetelmillä ja mittareilla: mm. juoksutuskupilla (Kuvio 5) sekä Krebs -Stormer -laitteella (viskositeetti Krebs -yksiköissä). (Alén 1999, 24-25)



KUVIO 6. Juoksutuskupilla mittaaminen

Työssä käytettävän maalin viskositeetti on mitattu DIN-4 -kuppimenetelmällä ja keskiarvoksi saatiin 13,28 sekuntia. DIN-4 -kuppimenetelmässä mitataan sekunteina se aika, joka kuluu, kun täysi kupillinen maalia valuu juoksutuskupin reiän läpi tyhjäksi. Juoksutuskupin käyttö edellyttää, että maalin viskositeetti pysyy vakiona, kun testiolosuhteiden lämpötila on vakio. Juoksutuskupille on tehty oma standardi SFS-ISO 2431. Maalin reseptiä tehdessä tulisi suunnitella sen viskositeetti sopivaksi sen levitysmenetelmään. DIN-4 mm:n juoksutuskupilla tehdyn mittauksen ohjearvot eri levitysmenetelmille selviävät taulukosta (Taulukko 1., s. 12). (Holm 2008, 62)

Markus Holm mittasi myös markkinajohtajan maalin sekä vesijohtoveden viskositeetin pystyäkseen vertailemaan niitä toisiinsa. Vedellä sekä kilpailijan maalilla viskositeetti 4mm juoksutuskupilla mitattuna oli noin 12 sekuntia. Kyseinen



maali paljastui viskositeettimittauksessa todella ohueksi, eikä siinä ollut huomattavaa eroa veden viskositeettiin. Näin voitiin päätellä, ettei maalissa ollut käytetty paksunninaineita. (Holm 2008, 41)

TAULUKKO 1. DIN-4 -juoksutuskuppimittauksen ohjearvot

Menetelmä	Aika [s]
hajotusilmaruisku	20 - 35
suurpaineruisku	20 - 140
verhokone	30 - 40
valelu	20 - 80
upotus	25 - 40

### 3.5 Esisekoitus

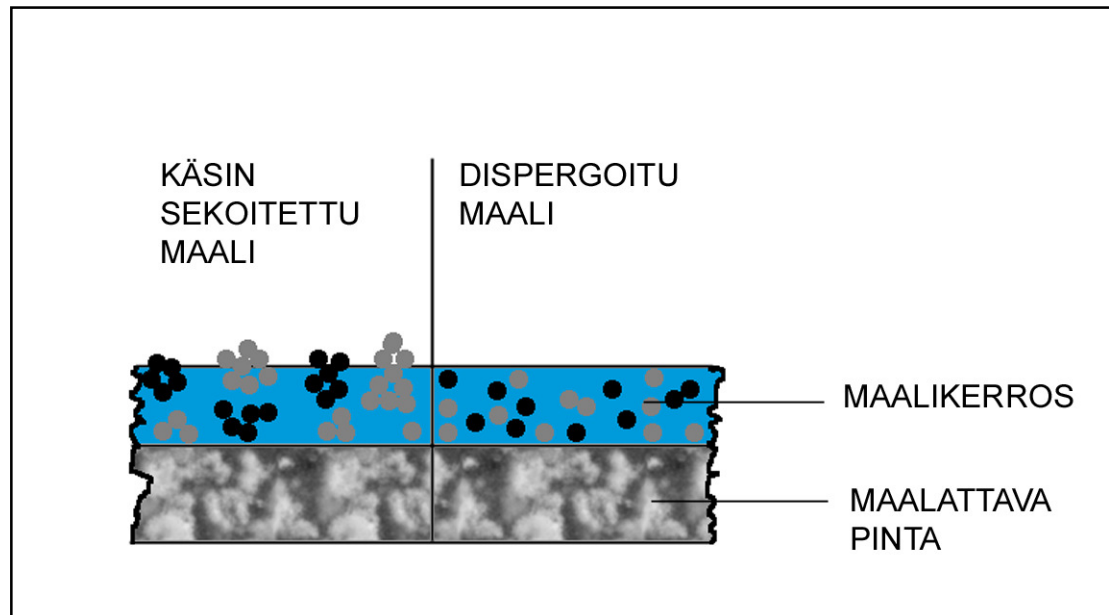
Esisekoituksessa sekoitetaan keskenään maalin pigmentit, täyteaineet sekä osa liuottimista ja sideaineesta. Raaka-aineiden lisäystapa ja -järjestys ovat tärkeitä valmistumisen onnistumiseksi. Esisekoituksen tarkoitus on valmistaa dispergointiin soveltuva dispergointiosa. Dispergointiosan sopivin viskositeetti ja koostumus riippuvat käytettävän dispergointilaitteen tyypistä. Yleisimmin esisekoitukseen käytetään potkurisekoittajaa ja vaivauskonetta. Esisekoitukseen voidaan käyttää myös pikasekoitinta, joka soveltuu myös lopulliseen dispergointiinkin. (Kallioinen & Sarvimäki & Takala & Ådahl 1989. 83-84)

### 3.6 Dispergointi

Dispergointi on maalinvalmistuksen tärkein vaihe. Maalin pigmentit ja täyteaineet dispergoidaan sideaineeseen tai sideaineliuokseen. Pigmentit ja täyteaineet ovat pieniä hiukkasia, jotka kuitenkin ovat pigmenttivalmistuksen jälkeen tarttuneet toisiinsa ja muodostavat isompia partikkeleita eli agglomeraatteja (Kuvio 7., s.13),

joiden hajottamiseen tarvitaan suuria voimia. Nämä agglomeraatit voivat olla suunnilleen samankokoisia tai jopa suurempia kuin kuivan maalikalvon paksuus. Jos niitä ei rikota, tuloksena on hiekkapaperin kaltainen kalvo, jonka värisävykin voi vääristyä. Dispergoinnissa käytetään yleensä koko punnittu erä pigmenttejä ja täyteaineita, mutta vain osa sideaineista, liuotteista ja mahdollisista apuaineista. Tätä seosta voidaan kutsua dispergointiosaksi tai -panokseksi. (Alén 1999, 13)

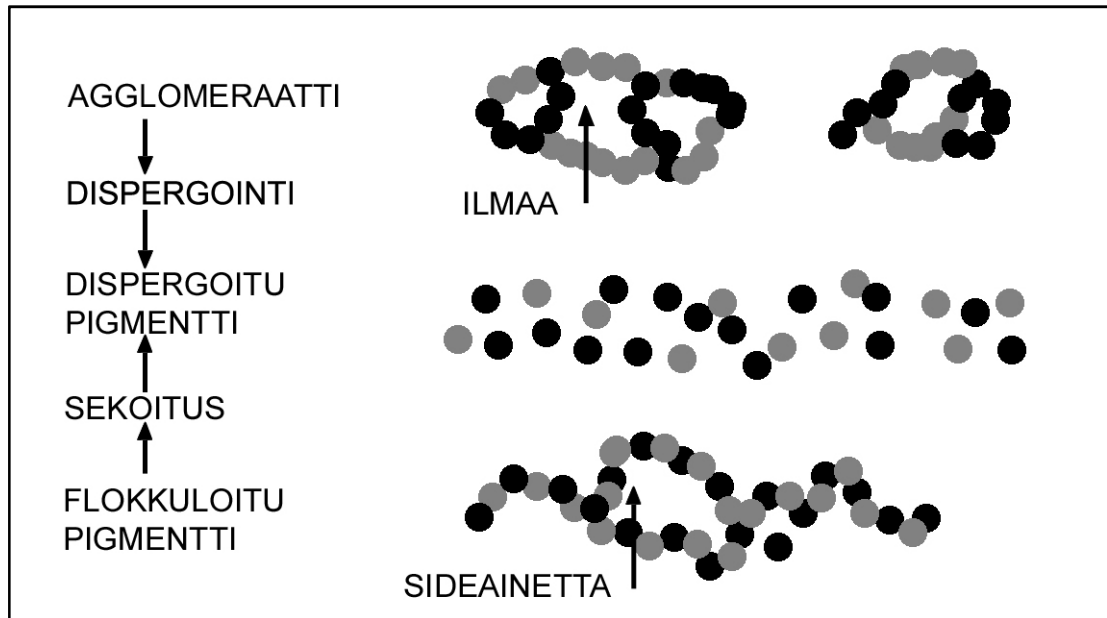
Jäämaali tulisi ensin dispergoida koneessa olevalla laitteistolla dispergointiosaksi. Jotta dispergointi onnistuisi paremmin, maalin viskositeetin on hyvä olla korkeampi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että maalijauhe sekoitetaan veteen, jonka tilavuus on vain puolet valmiin maalin veden määrästä. Maali sekoitetaan lopulliseen määräänsä koneessa ja hyödynnetään jäänhoitokoneen vesisäiliötä. Dispergointiosaan sekoitetaan vettä suhteessa 1:1. Suunnittelua vaikeutti se, ettei maalista ollut vielä käyttöohjetta, joten esisekoituksen suorittamisesta ei ollut varmaa tietoa. Maalia ei ole vielä tätä laitetta suunniteltaessa valmistettu muuta kuin Holmin toimesta ja sitäkin reseptiä on muutettu.



KUVIO 7. Maalin dispergoinnin vaikutus maalin partikkeleihin

Aineet dispergoidaan erikoiskoneissa, joissa dispergointipanoksen joutuu erittäin suurten voimien kohteeksi. Dispergointikoneen hiertovoimien ansiosta agglomeraatit rikkoontuvat, mutta yksittäiset hiukkaset eivät. Agglomeraatteja

rikottaessa poistetaan myös pigmentin pinnalle imeytynyt ilma sekä kosteus, ja pigmentit kostutetaan sideaineella. Jos pigmentit eivät kostu, ne voivat tarttua uudelleen toisiinsa, jolloin maalista tulee epävakaata. (Alén 1999, 13-14)



KUVIO 8. Agglomeraattien ja flokkuloitujen pigmenttien hajottaminen

Dispergoinnin jälkeen lisätään dispergointipanokseen loput raaka-aineista. Tämän tulee tapahtua ilman niin sanottua ”pigmenttishokkia”, eli pigmentit eivät saa tarttua uudelleen toisiinsa. Jos maalia joudutaan seisottamaan varastossa, pigmentit saattavat tarttua toisiinsa irtonaisiksi kasaantumiksi eli ne flokkuloituvat. Huolellisesti sekoittamalla kasaantumat menevät rikki ja maalista tulee tasalaatuista (Kuvio 8., s. 13). (Alén, 1999,14)

Dispergoitumisastetta voidaan mitata standarditulkilla (Kuvio 9.). Se on levy, joka on tehty kovateräksestä. Tulkissa on 1 tai 2 asteittain syvenevää uraa, tavallisesti 0-100 µm. Maali laitetaan uran syvimpään kohtaan, josta se jaetaan uraa pitkin teräskaapimella. Siitä asteikon alueesta, josta karheita hiukkasia tulee näkyviin, kutsutaan dispergointiasteikoksi. Dispergointiasteet vaihtelevat maalityypin mukaan. (Alén, 1999,14)



KUVIO 9. Standarditulkin käyttöä

Tärkeimpiä dispergointikoneita ovat pikasekoitin, helmimylly, kuulamylly ja kolmivalssimylly (Kallioinen ym. 1989, 84). Uusimpana keksintönä dispergointiin on kehitetty ultraäänisekoitin, joka on erinomainen nanokokoisten hiukkasten sisältämien nesteiden dispergointiin (Hielscher 2005).

Näistä dispergoinnin kannalta maalin tärkein sekoitustapa työtänä ajatellen on pikasekoitin. Pikasekoitin eli dissolveri on pysty- tai vaaka-akselille asennettu sahalaitainen terä. Pyörimisnopeuden voi yleensä portaattomasti säätää 600-1200 kierrokseen minuutissa. Jotta dispergoituminen olisi riittävän tehokasta, tulee sekoitusterän kehänopeuden olla 20-25 metriä sekunnissa. Pikasekoittimia on monentyyppisiä ja kokoisia: pienimmät ovat alle litran ja suurimmat 10 000 litran vetoisia. Pikasekoittimet ovat suosittuja ja tehokkaita maalinvalmistuskoneita, koska ne sopivat esisekoitukseen, dispergointiin sekä jälkisekoitukseen. Pikasekoittimien käyttö maalinvalmistuskoneina on lisääntynyt, koska nykyisin valmistetut maalit ovat niillä helposti dispergoituvia. Maaliteollisuuden lisäksi dispergointia hyödynnetään mm. elintarvike- ja lääketeollisuudessa. (Kallioinen ym. 1989, 84-85)

### 3.7 Jälkisekoitus

Kun dispergointi on suoritettu, sekoitetaan dispergointiosaan loput raaka-aineet. Tätä kutsutaan jälkisekoitukseksi. Sekoitus voidaan tehdä muun muassa potkuri- tai pikasekoittimella. Jälkisekoituksessa on tärkeää riittävän tehokas sekoitus ja oikeanlainen raaka-aineen lisäystapa. Väärin tehty lisääminen kuten liian väkevän sideaineseoksen lisäys voi aiheuttaa niin sanotun pigmenttishokin, jonka seurauksena hyvin dispergoitu pigmentti saostuu ja seos täytyy dispergoida uudestaan. (Kallioinen ym. 1989, 87)

#### 4 SYSTEMAATTINEN KONEENSUUNNITTELU

Aivan työn alussa kokeilin soveltaa työssäni luovaa koneensuunnittelun metodia, mutta todennäköisesti epätietoisuus aihetta kohtaan johti tuloksettomaan tai ainakin toimimattomiin ratkaisuihin. Koska tällä menetelmällä en kyennyt ratkaisemaan laitteiston tarpeita, päätin siirtyä kokeilemaan systemaattisen koneensuunnittelun metodia.

Systemaattisen koneensuunnittelumetodin perusteena on tehdä koneensuunnitteluprosessin työvaiheet tietyssä järjestyksessä, systemaattisesti. Suunnittelu aloitetaan tehtävänannolla eli se saadaan ulkopuoliselta toimeksiantajalta hänen määrittelemällään tavalla. Seuraavaksi suunnittelija muodostaa tehtävästä oman käsityksensä sen mukaan, miten on tehtävänannon itse ymmärtänyt. Absrahointivaiheessa pyritään löytämään tehtävän perimmäinen sisältö eli muodostamaan tehtävästä peruskäsitys pelkistämällä. Ideointivaiheessa muodostetaan erilaisia ratkaisuideoita, jonka jälkeen ratkaisua muodostettaessa pyritään valitsemaan kriittisesti paras idea ja täydentämään sitä. Toteutusvaiheessa mitoitetaan valittu idea, suunnitellaan se yksityiskohtaisesti ja laaditaan valmistusohjeet. (Jokelainen 2008)

## 5 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Aloittaessani suunnittelua pyrin kasaamaan mahdollisimman paljon tietoa suunniteltavasta laitteesta, sen käyttämästä maalista ja laitteen käyttöympäristöstä. Kokosin toimeksiantajalta saadut vaatimukset tuotteesta ja niiden pohjalta suunnittelin neljä eri vaihtoehtoa, joita esittelen tarkemmin tässä kappaleessa. Sen lisäksi tutustuin alan vahvimman kilpailijan tuotteisiin. Kappaleen lopuksi pohdin eri maalausmenetelmien soveltuvuutta jäänmaalaukseen.

### 5.1 Vaatimuslista

Systemaattisen suunnittelumetodin työvälineenä käytetään usein vaatimuslistaa, mutta sen laatiminen on yleinen perusta kaikenlaiselle koneenrakennukselle. Vaatimuslistaan sisältyvät tuotteen tilaajan tai yrityksen sisäiset vaatimukset ja toiveet, jotka kohdistuvat suunniteltavaan tuotteeseen. Vaatimuslista toimii perustana myöhemmin tehtävälle päätöksenteolle ja arvioinnille. (Tuomaala 1995, 80; Pahl & Beitz 1990, 63-64)

Kun laaditaan vaatimuslistaa, vaatimukset luokitellaan yleensä kolmeen ryhmään. Tärkeimmät eli kiinteät vaatimukset (KV) luovat perustan koko koneelle ja ne on täytettävä kaikissa tilanteissa. Vähittäisvaatimukset (VV) on täytettävä vain tiettyyn vähimmäisarvoon asti, mutta arvon ylittyminen myönteiseen suuntaan ei kuitenkaan haittaa. Kolmantena ovat toiveet (T), jotka pyritään täyttämään mahdollisuuksien mukaan. Vaatimuslistat ovat usein yrityskohtaisia, eikä mitään yleispätevää kiinteää mallia ole voitu luoda. (Pahl & Beitz 1990, 64)

Seuraavaksi esitän toimeksiantajan vaatimuksista kootun vaatimuslistan (Taulukko 2, s. 18), jossa olen jakanut vaatimukset rakenteellisiin, toiminnallisiin sekä tuotannollisiin vaatimuksiin. Maalauslaitteiston pienikokoisuutta toimeksiantaja toivoi, sillä jäänhoitokoneeseen kiinteästi asennettuna jäänhoitokoneelle ei useinkaan ole jäähalleilla varattuna kovin isoa säilytystilaa. Toimeksiantaja toivoi myös, että tuotantoon tulevan koneen hinta olisi noin 2200€.

TAULUKKO 2. Vaatimuslista Tuomalan (1995, 81) tekemän taulukon mukaan

<b>Vaatimuslista jäänmaalaus koneeseen liitettävän maalauslaitteiston suunnitteluun</b>		
Muutokset	KV VV T	<b>VAATIMUKSET</b> Kiinteät vaatimukset Vähittäisvaatimukset Toivomukset
10.5.2010	KV KV KV KV T T KV	<b>RAKENTEELLISET:</b> Integrointi jäänhoitokoneeseen Käyttövoima jäänhoitokoneesta Käyttövoiman otto jäänhoitokoneen hydraulijärjestelmästä käyttäen vaaka- ja pystykuljettimien ohjausventtiileitä Dispergointilaitteisto Mahdollisimman pienikokoinen Hieman ylimitoitettut komponentit Ei saa haitata jäänhoitokoneen varsinaista toimintaa
10.5.2010	KV VV T	<b>TOIMINNALLISET:</b> Maalin sekoitus kahdesta eri säiliöstä, hyödynnetään jäänhoitokoneen vesisäiliöitä Helppo ja nopea kiinnitettävyyys Säädettävä seossuhde veden ja dispergointiosan suhteen
	VV VV VV KV	<b>TUOTANNOLLISET:</b> 2200€:n omakustannehinta Tuotantokelpoisuus Ihmisen liikuteltavissa Kehitetyn maalin käyttö koneessa



## Huomioonotettavat asiat

Suunnitteluprosessi alkoi tarkastelemalla tiedossa olevia asioita ja miettimällä maalaustapaa. Tässä vaiheessa tutkin jäänhoitokoneen käyttöä normaalissa jäähoidossa, jotta sain käsitystä sen käytännön toimivuudesta ja suunnittelussa huomioonotettavista asioista. Jäänhoitokoneisiin pääsin tutustumaan lähemmin, kun Prorinkin tiloista löytyi peruskunnostuksessa oleva jäänhoitokone.

Tiedossa olevia asioita:

- Kentän ala  $1800\text{m}^2$
- Maalin riittoisuus  $5\text{ m}^2/\text{litra}$  kahteen kertaan maalattuna
- Maalin tarve  $1800\text{ m}^2 / 5\text{ m}^2/\text{litra} = 360\text{ litraa}$

$$\frac{1800\text{m}^2}{5\text{m}^2/\text{l}} = 360\text{ l}$$

Toimeksiantajan kanssa on sovittu, että jäätä maalataan 2-3 kerroksessa →

$$\frac{360\text{l}}{2} = 180\text{ l}$$

$$\frac{360}{3} = 120\text{ l}$$

Koska tiedämme, että valmiin maalin ominaispaino on  $1.28\text{g/cm}^3$  eli  $1.28\text{ kg/l}$ , voidaan maalin aineosien määrä laskea seuraavasti.

360 litraa valmista maalia painaa

$$360\text{ l} * 1.28\text{ kg/l} = 460.8\text{ kg}$$

Josta vettä 70 p-% eli

$$460.8\text{ kg} * 0.7 = 322.56\text{ kg}$$

Tästä kuiva-ainetta on 30 p-%, eli

$$460.8 \text{ kg} * 0.3 = 138.24 \text{ kg}$$

Jos maali toimitetaan asiakkaalle 20 kg paketeissa, voidaan laskea tarvittavien pakettien määrä.

$$\frac{138.24 \text{ kg}}{20 \text{ kg}} = 6.912$$

Eli maalaukseen tarvitaan 7 pakettia maalia.

Ajettava matka kentällä 2 metrin työleveydellä on:

$$\frac{1800m^2}{2m} = 900m$$

Kentän ajoon menee normaalisti noin 8-9 minuuttia. 9 minuutin ajolla nopeudeksi tulee:

$$9 * 60 = 540 \text{ sekuntia}$$

$$\frac{900m}{540s} = 1.6667 \text{ m/s}$$

Maalin kulutus minuutissa:

$$\frac{180 \text{ l}}{9 \text{ min}} = 20 \text{ l/min}$$

Toimeksiantaja halusi myös hitaamman vaihtoehdon, joten puolitetaan ajonopeus, jolloin kentän ajo kestää 18 minuuttia

$$\frac{180 \text{ l}}{18 \text{ min}} = 10 \text{ l/min}$$

Maalin kulutus sekunnissa 9 minuutin ajolla

$$\frac{20l}{60s} = 0,3333 l/s$$

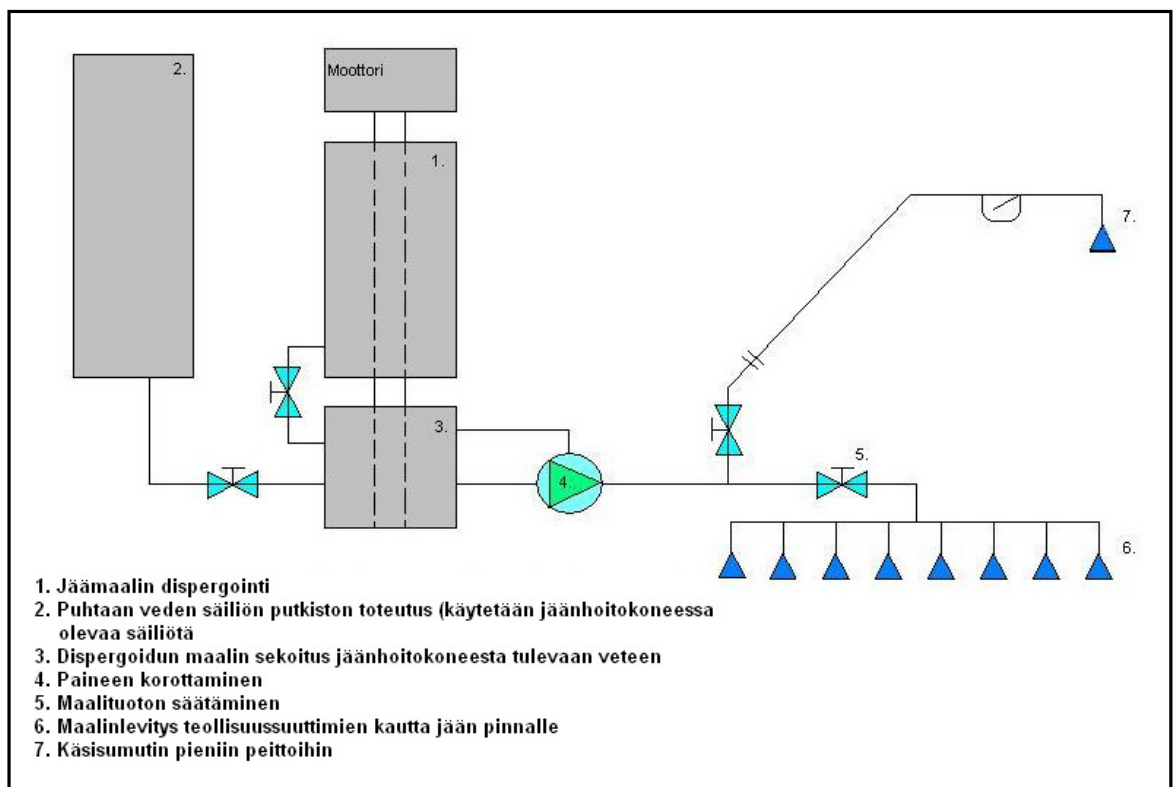
Sekunnissa maalattava ala

$$1.66667m * 2m = 3.33333m^2$$

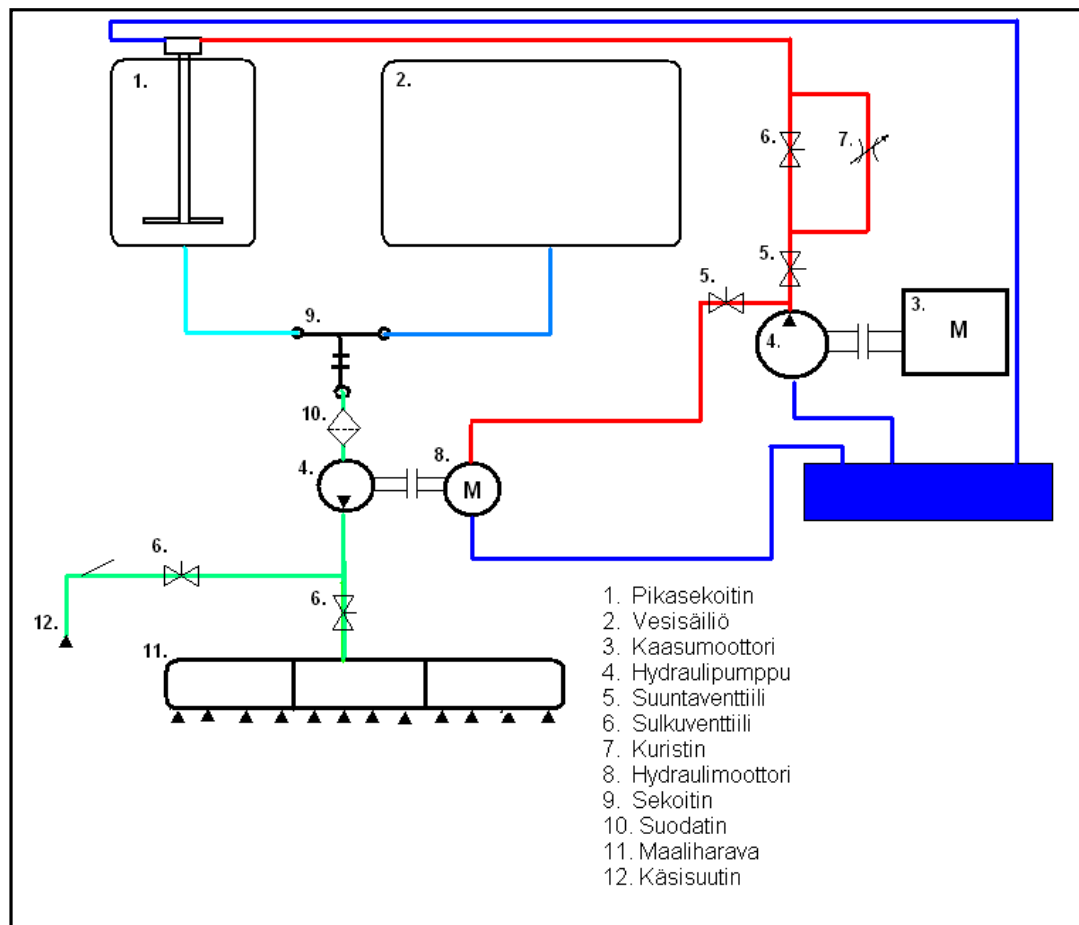
Maalin menekki  $m^2$

$$\frac{0.3333l}{3.33333m^2} = 0.1 l/m^2$$

Hahmottelimme toimeksiantajan kanssa mahdollista maalauslaitteen toimintatapaa Kaavio 1. tällä sivulla ja kaavio 2. sivulla 22) sekä sitä, miten siihen saataisiin käyttövoima jäänhoitokoneesta. Tässä vaiheessa nämä hahmotelmat olivat vielä teoria-asteella, eikä ollut tietoa siitä, miten ne saataisiin käytännössä toimiviksi.



KAAVIO 1. Hahmotelma maalauslaitteesta.



KAAVIO 2. Hahmotelma yhdistetystä jäänmaalaus koneesta ja maalauslaitteesta

## 5.2 Vaihtoehdot toimeksiantajalle

Hahmottelin neljä perusrakenteeltaan hieman toisistaan eroavaa laitetta ehdotelmiksi toimeksiantajalle. 1. versio sijoittui kokonaan jäänhoitokoneen takaosaan. Tässä versiossa teli otettiin pois ja asennettiin maalauslaitteisto telin kannattimeen. Käyttövoima tähän laitteistoon olisi otettu jäänhoitokoneen hydraulijärjestelmästä.

Toisessa versiossa maalauslaitteisto olisi edelleen sijoitettu telin tilalle, mutta nyt maalisiiliö olisi ollut tilavuudeltaan huomattavasti pienempi ja lopulliseksi maaliksi se tulisi vasta laitteistossa, kun siihen sekoitetaan jäänhoitokoneesta lisää vettä. Toimeksiantaja halusi jatkaa tämän version suunnittelua, joka on kaikkein vaikein vaihtoehto toteutettavaksi. Tämä vaatii muista poiketen sekoituslaitteiston, jossa

puhdas vesi ja sakeampi maali eli dispergointiosa sekoitetaan toisiinsa. Kolmannessa versiossa maalauslaitteisto olisi ollut erillisen vaunun päällä ja sitä olisi vedetty jäänhoitokoneella ja se olisi ottanut käyttövoimansa jäänhoitokoneen hydraulijärjestelmästä.

Neljännessä versiossa laite olisi ollut myös perässä vedettävä, mutta edellisestä poiketen se olisi saanut käyttövoimansa erillisestä polttomoottorista. Näin ollen sitä olisi voitu kuljettaa jäänhoitokoneella, mönkijällä tai vaikka käsin vetämällä kentällä. Liikuteltavuus olisi mahdollistanut myös laitteen käytön useammassa jäähallissa. Tämä taas houkuttelisi jäähalleja tekemään yhteisinvestointeja laitteeseen. Muutkin laitteet olisi voitu siirtää käytettäväksi muissa halleissa, joissa olisi ollut vastaava jäänhoitokone, mutta se olisi vaatinut tekemään hydraulijärjestelmiin pieniä muutoksia, kuten pikaliittimien asennuksen hydrauliletkuille. Ja nämä toimenpiteet olisi pitänyt tehdä jokaiseen laitetta käyttävään jäänhoitokoneeseen.

Ajatus telin irrottamisesta hylättiin jälkeinpäin, koska Prorinkin huoltopäällikkö Arvo Väyrynen totesi, ettei jäänhoitokoneita käyttävä henkilöstö ole tarpeeksi koulutettua tekemään tarvittavia teknisiä toimenpiteitä laitteen kytkemiseksi paikoilleen (Väyrynen 2010). Edellä mainittu kytkentä olisi vaatinut pikaliitännät myös alkuperäisen takatelan irrotukseen. Telin irrottaminen oli paljon hankalampaa verrattuna siihen käsitykseen, jonka olin alun perin saanut toimeksiantajalta. Luulin, että telin irrottaminen olisi sujunut noin 10 minuutissa, mutta käytännössä tämä kestäisi noin 2h. Ensin pitäisi irrottaa telistä käyttövivut, jäädytykseen ja pesuun tarvittavien vesien liitokset sekä pikaliitokset jäädytysvedelle, pesuveden meno- ja paluuletkuille ja näiden lisäksi 3 pikaliitintä hydraulikkamoottorille. Näin muutokset olisivat nostaneet alkuperäisen 6 hydraulikkaliitoksen määrän kaksinkertaiseksi.

### **5.3 Benchmarking**

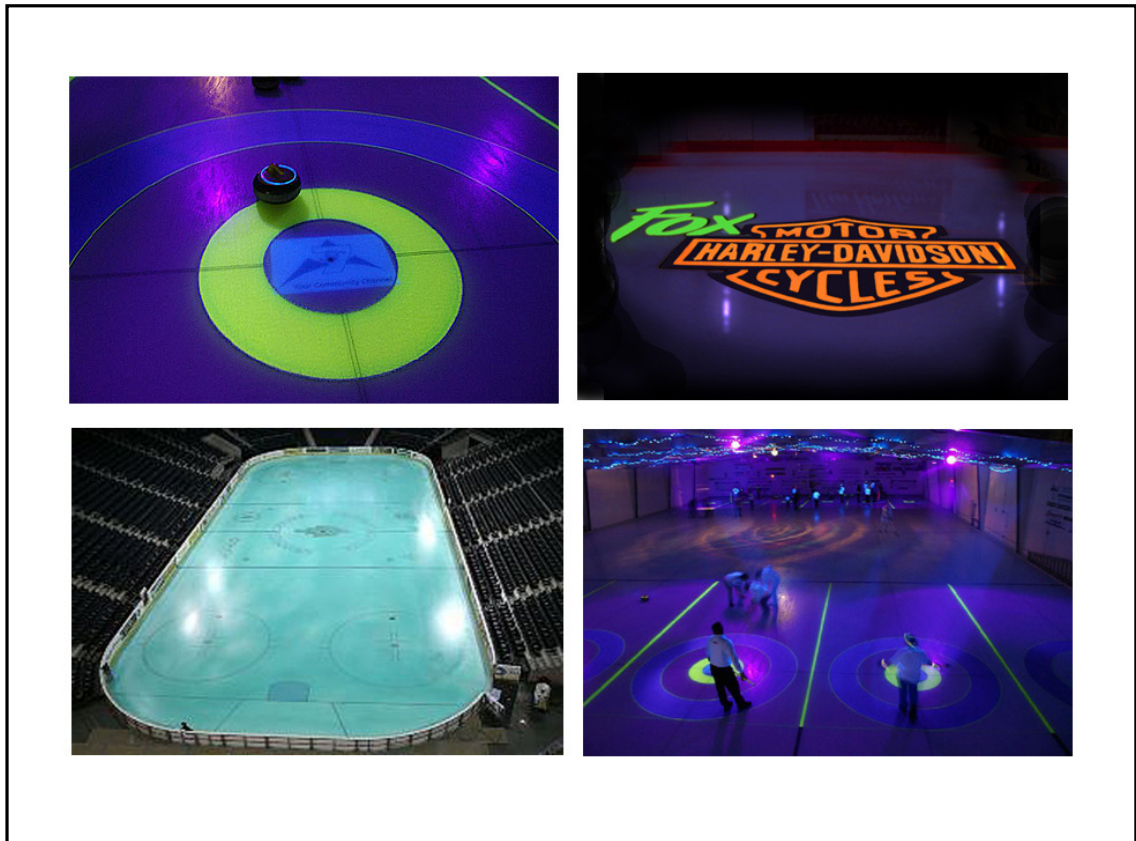
Jäämaalin ja maalauslaitteistojen markkinajohtaja on tällä hetkellä Jet Ice. Kyseinen yritys on toiminut alalla jo 30 vuotta, joten heillä on kokemusta jään

maalaamisesta. Jet Ice:n tuotevalikoimasta löytyvät kaikki tarvittavat välineet jääkenttien maalaukseen. Maalisävyjä on valikoimassa satoja ja perusvärien lisäksi löytyy erikoisvärejä, kuten mustavalossa hohtavia maaleja, joita käytetään mm. hohtokeilauksen tehosteena (Kuvio 10., s. 25). Näiden maalien lisäksi jää voidaan sävyttää 7 eri sävyyn läpinäkyvällä pinnoitteella. Tämä erikoissävy lisätään jäänhoitokoneen vesisäiliöön, josta se levitetään kentälle normaalisti jäädyttäen. Jään pintaan tuleva sävy voidaan halutessa höylätä pois, ja valkopohjainen kenttä on jälleen käytössä. (Jet Ice 2009)

Valkoiselle jäämaalille vastine löytyy Jet Ice:n valikoimasta Super White 3000 -nimellä. Maali toimitetaan asiakkaille 20 kg paketeissa, joissa on pelkkää kuiva-ainetta. Maalijauheeseen lisätään vesi ja sekoituksen jälkeen se on käyttövalmista. Valkoisen maalijauheen menekki 1800m<sup>2</sup> kentälle on 120-160 kg, eli se on 6-8 kappaletta 20 kg paketteja. Maalia markkinoidaan 7 paketin erissä 1800 m<sup>2</sup> alueille. Maaliin lisättävä veden määrä on 136 litraa 20 kg pakettia kohden, joten valmista maalia tulee huomattavasti enemmän. 7 paketin maalierään lisätään vettä 952 l, ja todennäköisemmin kuiva-aineet kasvattavat myös maalin tilavuutta. (Jet Ice 2009)

Valmista maalia saadaan siis noin 1000 l, kun taas samalla Prorinkin kuiva-ainemäärällä syntyy vain 360 l valmista maalia. Tämä selittää sen, miksi samaan maalin peittävyYTEEN tarvitaan markkinajohtajan maalia kolminkertainen määrä. Jääkentän maalaamiseen tarvittavan kuiva-aineen määrä on siis sama kuin Prorinkin maalissa vaikka lopullisen maalin määrässä on selvä ero.

Johto-päätöksenä tästä voidaan todeta, että vaikka Holmin opinnäytetyössä annettiin ymmärtää, että kehitelty maali olisi huomattavasti riittoisampaa, todellisuudessa veden määrä on vain markkinajohtajan maalissa suurempi. Se ei tässä tapauksessa haittaa, koska jään paksuutta pitää muutenkin kasvattaa. Tasaisen kerroksen levittäminen voi jopa olla helpompaa, kun se tehdään suuremmalla ainemäärällä. Ohuemmalla maalilla ei synny niin suuria eroja maalin peittävyYTEEN, jos nopeus vaihtelee. Suuremmalla vesimäärällä maalin suojaksi tulee myös enemmän jäätä, joten maaliin ei tule niin helposti jälkiä kun siinä työskennellään.



KUVIO 10. Esimerkkejä hohtomaalauksista ja jään sävytyksestä.

Jet Ice:n perusmaalauslaitteisto on todella yksinkertainen. Se sisältää maalisäiliön, polttomoottorikäyttöisen pumpun, kumiletkun, maaliharavan sekä verkkovirralla toimivan sekoittimen. Maalisäiliö on 500 litran kokoinen ja valmistettu polyeteenistä, joten se on helppo pitää puhtaana maalista. Pumppu on keskipakopumppu, jota pyörittää Hondan 4-tahtinen pienmoottori. Maaliharavassa on jalakset, joita liu`uttamalla jäänpinnalla saadaan suuttimien etäisyys pidettyä halutussa etäisyydessä. Haravassa on 14-18 suutinta, joilla saadaan noin 3-4 metrin työleveys. Maali johdetaan pumpulta maaliharavaan kumiletkua pitkin. Perusmallissa letku on vain 75 metriä pitkä, koska laitteisto on tarkoitettu pidettäväksi paikoillaan. Kumiletku on materiaaliltaan sellaista, ettei se jätä jäähän jälkiä. (Jet Ice 2009)

Maalijauheen sekoituksen aikana käytetään verkkovirralla toimivaa potkurisekoitinta, jonka voi ripustaa säiliön reunaan. Jauheen sekoittamista voidaan tehostaa kierrättämällä maaliseosta maalipumpun kautta takaisin säiliöön.

Tämän mahdollistavat palloventtiilit, jotka on sijoitettu pumpun lähtölinjaan. Laitteistossa ei ole paineensäädintä, mutta maalin tuottoa voidaan kuitenkin säätää raottamalla takaisin palloventtiiliä, joka sallii maalin kierron takaisin säiliöön. Tuoton säädön lisäksi tämä sekoittaa maalia maalauksen aikanakin. (Jet Ice 2009)

Laitteistosta on saatavana monia variaatioita kuten peräkärärylle sijoitettu laitteisto, jota on helppo siirrellä. Edelliseen verrattuna siinä on yhdysrakenteinen letkukela, eli siis tässäkin laitteisto on kentän ulkopuolella ja maali siirretään kentälle letkun avulla. Kalleimmissa versioissa maalauslaitteisto on sijoitettu omalle ajettavalle alustalle. Nämä ovat päästöjen takia yleensä nestekaasukäyttöisiä - maalipumpun moottorikin on muutettu toimimaan nestekaasulla. Kalleimmissa malleissa myös maalisäiliön tilavuus kasvaa ja täten mahdollistaa kentän maalamisen yhdellä sekoituksella. (Jet Ice 2009)



KUVIO 11. Markkinajohtajan jäänmaalaukseen tarkoitettuja ruiskutuslaitteistoja



## 5.4 Maalausmenetelmät

Hyvä maalaustulos vaatii oikean maalausmenetelmän ja suositellun maalikalvon paksuuden noudattamista. Menetelmiä maalin levitykseen on useita.

Maalausmenetelmää valittaessa tulee huomioida mm. maalauskohteen koko, muoto sekä maalityyppi, ympäristö- ja turvallisuustekijät. Yleisimmät maalausmenetelmät ovat sively, tela- ja ruiskumaalaus. (Alén 1999, 30)

Sively on yksinkertainen ja yleensä siveltimellä toteutettu maalausmenetelmä, ja sen avulla maali tunkeutuu hyvin maalattavan pinnan huokosiin. Siveltimellä, joka usein on valmistettu jouhesta, aidoista harjaksista tai keinokuidusta, maalataan pääasiallisesti pieniä pintoja (kalusteita, listoja, kulmia), sillä se on hidas maalaustapa ja tulee siten kalliiksi. Suuria pintoja maalatessa pinnasta tulee harvoin tasainen. (Alén 1999, 30)

Jäätä maalatessa sively voitaisiin toteuttaa esimerkiksi liinalla tai leveällä sienellä (maalaustyyny), johon johdetaan maalia. Tämä voisi toimia painovoimaisena ilman erillistä pumppua. Maalin ominaisuuksista johtuen maalikerroksen pitäisi olla ohut. Liinaan tai sieneen pitäisi siis johtaa hyvin vähän maalia, mikä johtaisi siihen, että tällä menetelmällä olisi vaikeaa saada tasaisesti peittävä ja leviävä kerros. Pienen nestemäärän takia ongelmia voi ilmaantua, jos levittimessä oleva maali alkaa jäätyä ollessaan kosketuksissa -7 Celsius -asteiseen jäähän.

Telamaalaus on sivelyä nopeampi maalin levityskeino. Telalla maali valssataan käsiteltävälle pinnalle, joka yleensä on suuri ja tasainen levy. Maalausteloja valmistetaan erilaisiin käyttötarkoituksiin mm. lampaannahkasta, huovasta, mohairkuidusta sekä superlonista. Telakonemaalauksessa sen sijaan maalattava levy kulkee kahden levyn välissä, joista joko toinen tai molemmat syöttävät maalia levyille. Maalikalvon paksuuteen vaikuttavat telojen etäisyys, maalin sakeus, nauhanopeus ja telojen pyörimissuunta. (Alén 1999, 30, 36)

Jäänmaalauksessa telamaalaus tarkoittaisi 2 metrin levyistä yhtenäistä telaa, johon maalia johdettaisiin painovoimaisesti. Samoja ongelmia edellisen

menetelmän kanssa voisi ilmetä, sillä tasaisen pinnan saaminen olisi hankalaa ja pieni maalimäärä voisi johtaa siihen, ettei tela pysyisi sulana.

Valu- eli verhomaalauksessa levymäiset esineet viedään suurella nopeudella maalikaukalon alle, jolloin maali verhoaa pinnan. Valumaalauksen verhon rikkoutuminen kuplien tai vaahdon takia on estetty ohenteilla sekä vaahdonesto ja -poistoaineilla, jolloin pintajännitys säilyy sopivana. (Alén 1999, 35)

Tässä tapauksessa maalattava kappale on niin suuri, että sitä on mahdotonta liikuttaa, joten on liikutettava konetta sen päällä. Jäänhoitokoneen nopeus kentällä sopii tähän verhomaalauksen nopeuteen. Tässä työssä käytettävä maali ei sovellu viskositeetiltaan valumaalaukseen. Valumaalauksen lisäksi maalista tulisi poistaa mahdolliset epäpuhtaudet sekä ilmakuplat huomattavasti tarkemmin.



KUVIO 12. Jääkentän ruiskumaalausta

Holmin testatessa maalia parhaat tulokset syntyivät, kun maalia ruiskutettiin hienona sumuna ja ruiskutusetäisyys oli vähintään 20-30 cm. Kokeessa

maaliruisku oli säädetty niin, että vedellä testattuna virtausnopeus oli noin 0.2 l / min. Kokeessa ruiskuna käytettiin hajotusilmaruiskua. Maalipinnan päälle ruiskutettavalla vesikerroksella voitiin vaikuttaa maalipintaan lähinnä huonontavasti. Ensimmäisten vesikerrosten tuli jäätyä mahdollisimman nopeasti, etteivät ne sulattaneet maalipintaa ja näin ollen liuottaneet sitä. Vesi tuli ruiskutetta erittäin hienona sumuna, jotta jäätyminen oli nopeaa. (Holm 2008, 58)

## 6 KOMPONENTTIVALINNAT

Seuraavassa osiossa käyn läpi maalauslaitteistoon valittuja komponentteja. Pyrin perustelemaan, miten komponentin valintaan on päädytty, miksi se olisi paras laitteeseen ja mikä olisi sen tehtävä. Joissain komponenttien valinnoissa tehty päätös vaikutti seuraavan osan valintaan ja näin ollen käsitys varsinaisen laitteen rakenteesta alkoi hahmottua vähitellen.

### 6.1 Maalisäiliö

Maalisäiliön suunnittelussa tuli ottaa huomioon jäänhoitokoneelle varattu tila jääkentillä ja -halleissa, eikä se saanut sijoittua koneeseen asennettavien lisälaitteiden tai huoltoa vaativien kohteiden eteen. Maalisäiliöksi valittiin mahdollisimman suuri putki, joka mahtuisi sille varattuun tilaan jäänhoitokoneessa. Maalisäiliön materiaaliksi pohdittiin toimeksiantajan kanssa varteen otettavimpina vaihtoehtoina polyeteenimuovia ja ruostumatonta terästä (rst). Usean vertailun jälkeen päädyin valitsemaan materiaaliksi polyeteenimuovin. Lopullinen valinta johtui muovin hydrofobisista ominaisuuksista. Tämä oli tärkeää siksi, että maali ei tartu säiliön pintaan, joten se on helppo pitää puhtaana.

Yrityksen tuotteisiin kuuluu polyeteenituotteita, joten heiltä löytyy myös muovin hitsaukseen tarvittavia välineitä. Ruostumattomaan teräkseen verrattuna noin 350mm putkissa seinämävahvuudet ovat huomattavasti vahvemmat muovisäiliöissä. Nimellimitaltaan 350mm polyeteeniputken seinämävahvuus on 10,9mm ja saman kokoluokan ruostumattomasta teräksestä valmistetusta putkessa vahvuus olisi 2,5mm. NS -normin mukaisella 350mm:n sisämitalla ruostumaton teräsputki olisi saman kokoinen ulkohalkaisijaltaan, mutta sisähalkaisijaltaan se on 16,8mm suurempi kuin polyeteeniputki. (Oy Cronvall Ab 2010)

Muoviputken sisähalkaisija

$$355mm - 2 * 10,9mm = 333,2mm$$

Ruostumattoman teräsputken sisähalkaisija

$$355\text{mm} - 2 * 2,5\text{mm} = 350\text{mm}$$

Putken pohjan ala saadaan laskettua kaavasta

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Jossa D on putken halkaisija. Jolloin muoviputken ala

$$A_{pe} = \frac{\pi * (333,2\text{mm})^2}{4} = 87197\text{mm}^2$$

ja ruostumattoman teräsputken

$$A_{rst} = \frac{\pi * (350\text{mm})^2}{4} = 96211\text{mm}^2$$

Huomataan, että ruostumattoman teräsputken pohjan ala on noin 10 % suurempi kuin muoviputken pohjan ala. Putken tilavuus V saadaan laskettua kaavasta

$$V = \frac{\pi * D^2 * h}{4}$$

Siinä D on putken sisähalkaisija ja h on putken korkeus. Korkeuden tuoma tilavuuden muutos on suoraan kertoimena tuo edellä saatu noin 10 % ero pohjan alassa ja se tarkoittaa sitä, että saman tilavuuden aikaansaamiseksi muoviputken tulee olla noin 10 % korkeampi kuin rst -putkesta valmistettu. Joten ruostumattomasta teräksestä valmistamalla samat ulkomitat omaava säiliö olisi noin 10 % suurempi.

Polyeteenimuovin hitsaus osoittautui käytännössä haasteelliseksi, koska teräseen verrattuna muovin hitsausvälineet ovat todella kankeita käyttäen. Tämä johtuu suurelta osin siitä, että muoville tarkoitetut käsihitsauskoneet ovat lähes aina rungotaan suorita, joten ne vaativat tietyn toimintaympäristön hitsaamisen onnistumiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hitsattavasta kohteesta 45° kulmassa on oltava koneen tarvitsema tila. Koneen koosta saa käsitystä kuviosta

13., jossa on rinnalla 125 mm:n kulmahiomakone. Tähän laitteeseen pitää vaihtaa hitsattavan kohteen mukaan suutinkappale, joka määrää, millaisen kohteen hitsaamiseen kone soveltuu. Maalisäiliöpohja- ja kannenlaippa hitsattiin isolla Leister FUSION 2 Extruderilla.



KUVIO 13. Edessä muovinhitsauskone, takana kulmahiomakone



KUVIO 14. Muovinhitsauskoneen käyttö vaatii tilaa.

## 6.2 Suodatin

Suodattimen tehtävä on estää suurten partikkeleiden meno ruiskusuuttimille. Tämä sen vuoksi etteivät ne tukkeutuisi. Suodattimeksi valitsin helposti puhdistettavan metalliverkkosuodattimen, jossa verkon tiheys on MESH 50. Koko määräytyi käytettävien suuttimien reiän koon mukaan. Koko valittiin siten, että suodattimessa olevan yksittäisen reiän koko on noin 30% suuttimessa olevasta reiästä. Näin suodattimen läpi kulkevat maalipartikkelit eivät voi tukkia maalisuutinta. (Suominen 2010)

Suodattimenrunгон koko määräytyi tarvittavan tuoton mukaan. Valitsin suodattimeksi AAB 430 ML-3/4 -PP-50 Spraying Systems -pintasuodattimen (Liite 1.). Suodattimen koodissa 430 tarkoittaa suodatinrungon numeroa ja  $\frac{3}{4}$  tarkoittaa kierrelitöntöjen kokoa. PP kertoo suuttimen valmistusmateriaalin, joka on polypropyleeni. Mesh -luku 50 kertoo, kuinka tiheä suodatin on. Mesh -yksikkö kuvaa, kuinka monta lankaa suodattimessa on tuuman matkalla pysty- ja vaakasuunnassa. Tässä tapauksessa yksittäisen suodattimen silmän kooksi tulee 0,28 mm. Suodattimen virtauskyky on 0,35 bar:in paineella noin 87 l/min. Suodatuspinta-alaa suodattimella on 109 cm<sup>2</sup>.

## 6.3 Suuttimien valinta

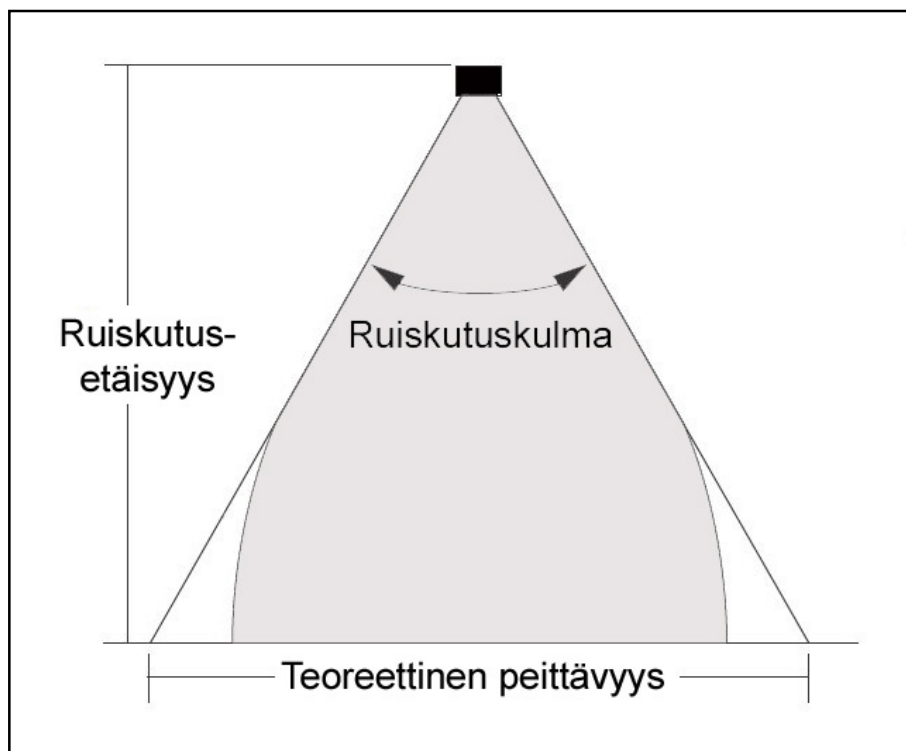
Suuttimien valinnassa päädyin viuhkamaisen kuvion muodostavaan suuttimeen, koska tällaisessa kuviossa maalihiukkasten ilmassaoloaika pysyy lähes samana, vaikka suuttimen kulmaa maalattavaan pintaan nähden muutetaan (Liite 2). Jatkossa on helppoa tutkia, millä saadaan aikaan nopea jäätyminen ja maalin hyvä tarttuvuus pintaan. varsinaisen suuttimen koko määräytyi oletetun 4 baarin käyttöpaineen mukaan ja laskettujen yhden ja kahden litran minuuttituotoille.

Suuttimen malliksi valitsin H-VV- mallin, koska se on edullisin (Liite 3.). Levityskulmaksi valitsin 65 astetta. Levityskulman lisäksi kulman kasvattaminen vaikuttaa myös pisarakokoon, jonka halusin pitää suhteellisen isona, etteivät pienet maalihiukkaset kuivu ilmassa ja ala pölyntyä. Suuttimen tuotoksi valitsin

kaksi eri vaihtoehtoa. Hitaammalle ajolle valitsin suuttimen, joka tuottaa vedellä mitattuna 1.4 l/min 4 bar:in paineella, ja nopealle ajolle suuttimen, jonka tuotto samalla paineella on 2.3 l/min (Liite 4.). Maalilla tuotto on pienempi, koska maali poikkeaa vedestä ominaispainoltaan ja viskositeetiltaan. Suuttimien toimittajalta saadulla laskurilla suutinten teoreettiset tuotot maalilla 4 bar:in paineella ovat 1.23 ja 2 l/minuutissa.

Ruiskutuksessa tehokkain ruiskutuskulma vaihtelee ruiskutusetäisyyden mukaan. Viskositeetiltaan vettä jäykemmät nesteet muodostavat suhteessa pienempiä ruiskutuskuilma (tai jopa kiinteän virran), riippuen viskositeetista, suuttimen kapasiteetista ja ruiskutusaineesta. Nesteet, joilla on vettä pienempi pintajännitys, tuottavat suhteessa laajemman kulman kuin veden kaltaiset nesteet. (Industrial Spray Product 2009, A5)

Kuviosta 15. näemme, miten maalisuihkun peittävyys vaihtelee verrattuna suuttimen ja maalattavan pinnan väliseen ruiskutusetäisyyteen. Nyt valitulla suuttimella 4 baarin paineella vettä suihkuttaessa tämä ruiskutuskuilma ei enää kasvanut mainittavasti 70 cm ruiskutusetäisyyden jälkeen.



KUVIO 15. Ruiskutusetäisyyden vaikutus ruiskutuskuilmaan



## 6.4 Maaliharava

Koska maalattava leveys oli 2 metriä, piti suuttimille suunnitella niin sanottu maaliharava. Maaliharavalla pyritään saamaan suuttimet samalle etäisyydelle maalauskohteesta ja jakamaan maalin tuotto tasaisesti siinä oleville suuttimille. Haravassa tein paikat 10 suuttimelle ja ne ovat 20 cm etäisyydellä toisistaan. 65° kulmalla varustetuilla suuttimilla haluttu 2 metrin työleveys saavutetaan jo 20 cm ruiskutusetäisyydellä. Niin sanottu tuplapeitto saavutetaan 31 cm ruiskutusetäisyydellä.

Maaliharavan putkiosien materiaalin valinnassa mietin lähinnä valmistettavuutta omalla ammattitaidolla sekä käytettävissä olevilla työkaluilla. Materiaalivaihtoehtoina olivat kova polyeteeniputki, ruostumaton teräsputki ja kupariputki. Polyeteeniputken hylkäsin, koska siihen ei saanut paikkakunnalta kulmakappaleita eikä t-haaroja. Ruostumattoman teräsputken hylkäsin sen vaikeamman työstettävyyden johdosta, kupariputkeen verrattuna. Maaliharavan putkiosat päädyin valmistamaan kupariputkesta, koska osasin aikaisemman työkokemukseni perusteella juottaa ja työstää sitä. Maaliharavan rungon suunnittelin kahdesta pitkästä putkesta, jotka yhdistettiin päistään toisiinsa. Päiden väliin laitettiin vielä kaksi virtausta tasaavaa yhdysputkea. Maaliharavan rakenteella pyrin pitämään haravassa olevien suuttimien paineen mahdollisimman tasaisena sekä ehkäisemään nesteen virtausnopeuden suuria muutoksia suutinten välissä. Suuttimet liitettiin maaliharavaan silmukkayhteiden avulla (Liite 5.)

Haravan voisi tehdä myös paksummasta noin 30 mm halkaisijaltaan olevasta putkesta, jolloin nesteen virtauksessa voisi tulla niin sanottua turbulenttivirtausta. Herkkäliikkeisen eli pienen viskositeetin omaavan nesteen virtaus muuttuu helpommin turbulenttiseksi kuin viskositeetiltaan paksu neste. Koska tällaisissa tapauksissa nesteen virtauslaskelmat ovat yleensä monimutkaisia ja niiden antama informaatio ei välttämättä vastaa todellista tilannetta, suoritin maaliharavan ja suuttimien yhteistoiminnan käytännön kokeella. Kokeessa maaliharavassa oli paikoillaan 10 kappaletta suuttimia. Maaliharavan liitin vesijohtoverkkoon, josta sain noin 4 bar:in paineella vettä.

Varsinaisen kokeen tein laskemalla verkosta vettä maaliharavaan, josta vesi suihkusi kymmenen suuttimen läpi 8 minuutin ajan 10 litran ämpäriin (Kuvio 16). Jokaisella suuttimella oli oma ämpäri, josta oli helppo katsoa kunkin suuttimen tuotto. Kokeen aikana huomasin, että ämpäreiden täytyminen oli yllättävän tasaista. Suuttimien tuotto mitattiin vielä punnitsemalla ämpärit WEDO PAKET 50 pakettivaa'alla. Vaa'an 50 gramman tarkkuus riitti mainiosti tämän kokeen suorittamiseen (Kuvio 17).



KUVIO 16. Koe maaliharavan virtausnopeuden tasaisuudesta.



KUVIO 17. Kokeen aikana suuttimen läpi tullut vesimäärä punnittiin.

Suuttimien minuuttituoton pystyi mittaamaan helposti, koska veden ominaispaino on liki 1 kg/l, joten punnituksessa saadusta lukemasta oli vähennettävä vain 250 gramman painoinen ämpäri. Vaikka suuttimien tuottokin kiinnosti, niin tärkeämpänä mittaustietona saatiin suuttimista tulevan nesteen tasainen tuotto.

TAULUKKO 3. Suutinten minuuttituotot kokeessa

	koe 1	koe 2	koe 3			
Paine [bar]	3,70	4,00	3,95			
veden lämpötila [°C]	47,4	13,6	13,8			
Suutin nro	paino [kg]	paino [kg]	paino [kg]	ka [kg]	% maksimista	poikkeaa ka:sta %
1	8,65	9,85	9,6	9,37	99,29	0,07
2	8,65	9,85	9,6	9,37	99,29	0,07
3	8,55	9,8	9,55	9,30	98,59	-0,64
4	8,55	9,7	9,5	9,25	98,06	-1,18
5	8,6	9,8	9,6	9,33	98,94	-0,28
6	8,75	9,9	9,65	9,43	100,00	0,78
7	8,7	9,9	9,65	9,42	99,82	0,61
8	8,65	9,85	9,55	9,35	99,12	-0,11
9	8,6	9,85	9,7	9,38	99,47	0,25
10	8,65	9,9	9,65	9,40	99,65	0,43
ka [kg]	8,64	9,84	9,605	9,36	99,22	0,00
Painot sisältävät ämpäriin painon 0,25kg						
tuotto 8min ka [l]	8,39	9,59	9,36	9,11		
tuotto litraa/min	1,05	1,20	1,17	1,14		



KUVIO 18. Maaliharavan telineen runko jäähoneessa

Koska maaliharava piti saada ripustettua koneeseen, suunnittelin kehikon jäädytysliinan telineen tilalle. Maaliharava saadaan kiinnitettyä jäähoneeseen teliin muutamassa minuutissa. Maaliharavan telineen runko (Kuvio 18) on tehty 3 erikokoisesta huonekaluputkista sekä 50 x 50 x 5 L-profiilista. Teline hitsattiin MIG-hitsausmenetelmällä. Maaliharavan telineestä tein säädettävän, mikä oli prototyypin teossa tärkeää. Telineessä suutinten etäisyyttä jään pinnasta pystyy säätämään välillä 340-920mm, ja lisäksi ruiskutuskulmassa on noin 80° säätöalue.

## 6.5 Vesiruisku

Toimeksiantajalla oli toiveenaan myös puhtaan veden ruiskutus niin sanotuksi lakaksi maalikerrosten päälle. Tämä toiminta suoritettaisiin maaliharavan kaltaisella levitysmenetelmällä, jossa suuttimien yhteistuotto olisi 80 l/min, eli nelinkertainen verrattuna maaliharavaan. Ajatuksena oli, että viimeisen maalauskerroksen yhteydessä voisi samalla suorittaa niin sanotun lakkauksen, jolloin maalin pinnalle tulisi suojaava vesikerros. (Penttilä 2009)

Holmin tekemien kokeiden mukaan tämä ei kuitenkaan toimisi. Jos näin suuri vesimäärä ruiskutetaan märän maalin päälle, maali liukenee veteen, minkä seurauksena maalin jäätymisaika pitenee - tästä seuraa maalin tummuminen ja sävyn kellastuminen. Lakkaus tulisi suorittaa vasta maalin jäätyneen jälkeen. (Holm 2008, s. 58, 63)

Näiden tietojen perusteella lakkaus voitaisiin tehdä samalla maalauslaitteistolla ruiskuttaen vain vettä sen läpi. Näin maalauslaitteisto saataisiin samalla puhdistettua, eikä erillisiä laitteita puhdistamiseen tarvittaisi.

## 6.6 Pumppu

Pumppu valikoitui kalvopumpuksi, koska se tuottaa vakioilavuuden vakiokierroksilla. Vakioilavuuden tuottavalla pumpulla pystyy paremmin kontrolloimaan nesteen määriä ja täten se sopii parhaiten laitteistoon, jossa kaksi erillistä nestettä pitää sekoittaa toisiinsa. Vakioilavuuden tuotto tuo myös ongelman, sillä moottori pitää suojata ylipaineelta eli sille pitää saada kierto takaisin. Tämä vaatii paineensäädintä, jossa on ylipaineventtiili. Paineensäädin aiheuttaa taas ongelman, koska ylipaineen tuottavan maalin on palattava jonnekin. Normaalista poiketen maalivirran kierto takaisin säiliöön ei ole mahdollista, koska sitä ei voi kierrättää vesisäiliöön eikä maalisäiliöön. Dispergointiosa laimenisi, jos sinne sekoittuisi valmista maalia ja sekoitussuhdekin muuttuisi. Ainoaksi



mahdollisuudeksi jää palauttaa se pumpun eteen, jolloin se saa kierrättää maalia siinä häiritsemättä muuta laitteistoa.

Maalin takaisinkierron takia tuloputkissa ei saa olla minkäänlaisia takaiskuventtiilejä, koska tällöin palaava paine ei pääse sinne pakoon. Aina kun ylipaineventtiili avautuu, syntyy tilanne, jolloin pumpun tuottama tilavuus on johdettava takaisin etupuolelle ja sekin linja on täynnä. Tällöin nesteen täytyy paeta jonnekin. Jos se pakenee takaisin linjoihin, se hetkellisesti sekoittaa maalin sekoitussuhdetta. Eli linjoja pitkin nesteiden pitäisi päästä takaisin säiliöihin. Täten kiinteitä pumppuja seossuhteen ylläpitoon ei voisi olla. Paineakulla voisi ratkaista tämän ongelman, mutta se toisi taas ylimääräisiä komponentteja.

Valitsin Annovi reverberi AR 252 – mallisen pumpun, koska tämä pumppu tuottaa 650 kierr./min nopeudella ja 10 baarin paineella 22l/min. Edellä mainitun paineen ja tuoton kehittämiseen pumppu vaatii 0,44 kW:n tehon. (Annovi Reverberi 2010).

Kalvopumppu valittiin prototyyppiin, koska se on vakio tilavuuspumppu ja sen kierrosnopeuden säädöllä pystyy säätämään tarkasti sen tuottaman tilavuusvirran. Kun pumpun vaatimat paine ja tuotto saadaan määritettyä, voidaan tuotantoon tuleva tulevaan laitteistoon asentaa siihen soveltuva keskipakopumppu. Pumppu kytketään kytkimen avulla käyttövoiman tuottavaan hydraulimoottoriin.

## **6.7 Paineensäädin**

Jotta painetta voidaan säätää moottorin kierrosnopeutta muuttamatta, tarvitaan paineensäädin. Paineensäätimeksi valitsin Annovi Reverberin GR 30- paineensäätimen. Se on tarkoitettu toimimaan yhdessä Annovi Reverberi AR 252 - kalvopumpun kanssa. Paineensäätimen painetta pystyy säätämään portaattomasti. Virtauskapasiteetti tässä säätimessä on 40 l/min ja 25 bar:in paineen. Säädettävällä paineen ja vakio tilavuuden tuottavalla pumpulla on prototyyppissä helppo määrittää tarvittava tuotto ja paineet. (Annovi Reverberi 2010)

## 6.8 Dispergointilaite

Dispergointiin vaadittava sekoitinterä tilattiin Mamec Oy:ltä. Terä toimitettiin täydellisenä ilman moottoria. Terä sisältää adapterin, jolla hydraulimoottori saadaan kiinnitettyä tukilaakerointiin. Lisäksi se sisältää kytkimen, jolla terä saadaan kytkettyä hydraulimoottorin akseliin. Normaalista sähkömoottorista poiketen terä saa käyttövoimansa hydraulimoottorista. Dispergointiterä kiinnitetään pulttiliitoksella kiinteästi maalisäiliöön.

Käytettävästä moottorista ei löytynyt valmiina piirustuksia, joiden perusteella tukilaakeri ja kytkin olisi voitu valmistaa, joten mallinsin Solidworks -ohjelmistolla jäänhoitokoneen pysty- ja vaakakuljettimessa käytetyn moottorin. Tein 3D -mallista piirustukset ja lähetin ne sähköpostilla Mamec Oy:lle.

Useiden vaihtoehtojen jälkeen valitsin dispergoititerän, jossa on samalla akselilla dispergointikiekko ja potkurisekoitin. Tähän päädyin, koska Mamec:in tuotevalikoimassa ei ollut dispergointikiekkoa, joka olisi pyöriessään samalla tehnyt sekoittavan virtauksen nesteeseen. Nyt terällä dispergointi tapahtuu dispergointikiekon ansiosta, jonka lisäksi potkurisekoitin aiheuttaa vertikaalisesti suuren dispergoivan virtauksen. Terällä olisi myös tarkoitus sekoittaa dispergointiosaa pienemmällä kierrosnopeudella maalauksen aikana. Tällä estetään raskaiden titaanioksidipartikkeleiden vajoaminen maalisäiliön pohjalle. Dispergointiterä vaatii 1000 kierr./min pyörintänopeudella 0,55 kW. Tehontarve kasvaa, kun pyörintänopeutta kasvatetaan. (Routasalo 2009)

## 6.9 Käyttövoima

Toimeksiantaja rajasi käyttövoiman otettavaksi jäänhoitokoneesta. Koneesta otettavaksi käyttövoimaksi rajautui kaksi vaihtoehtoa: 12 voltin sähköjärjestelmä tai hydraulikkajärjestelmä, joka on jaettu kolmeen erilliseen piiriin. Edellä mainituille komponenteille vaaditaan 890 W eli 0,89 kW. Suuri tehontarve johtuu suurilta osin toimeksiantajan haluamasta reilusti mitoitetusta dispergointilaitteesta. Alentamalla ruiskutuspainetta neljästä kolmeen baariin, riittäisi maalipumpulle juuri teho

sähköjärjestelmästä. Mutta 35A virrantarpeella se voisi alkaa rasittaa liikaa jäänhoitokoneen laturia (Liite 6.), mutta koska toimeksiantajan toiveena oli hiukan ylimitoitettu laitteisto myös pumpulle, niin tämä tarkoitti sitä, että 55 Ampeerin laturilla varustettu sähköjärjestelmä ei kykenisi antamaan käyttövoimaa laitteistolle. 55 ampeerin laturi pystyi antamaan 660W 12 voltin jännitteellä, ja tuosta tehosta menisi jäänhoitokoneen omiin tarpeisiin noin 200 wattia eli noin 17 ampeeria. Jäänhoitokoneen todellinen virrantarve mitattiin pihtiampeerimittarilla. Ainoaksi vaihtoehdoksi jäi käyttövoiman ottaminen hydraulijärjestelmästä.

Hydraulijärjestelmä oli jaettu kolmeen eri piiriin, joista kaksi käytti jäänhoitokoneen vaaka- ja pystykuljetinta. Koska näillä oli valmiina oma käyttövipunsa, niin niistä olisi helpoin ottaa tarvittava käyttövoima. Tämä kuitenkin vaatisi erillisen 6/2-suuntaventtiilin (Liite 8.), jolla ohjattaisiin sitä, käytetäänkö koneen alkuperäistä pysty- ja vaakakuljetinta vai maalauslaitteiston vaatimia moottoreita. Näitä venttiilejä löytyy myös sähköohjattuna, jolloin venttiilin varsinainen sijoituspaikka ei olisi niin merkityksellinen, koska venttiiliä voisi ohjata sähkökatkaisimella. Sähkökatkaisin olisi helppo sijoittaa ohjaamoon. Sähköohjauksella varustettu venttiili ei ole mekaanisella ohjauksella toimivaa venttiiliä kalliimpi.

Hydraulimoottoreiksi valittiin toimeksiantajan kanssa Permco M 124 -sarjan moottori (Liite 9.). Tähän päädyttiin, koska moottori on helposti saatavilla, sillä sitä käytetään alun perinkin jäänhoitokoneen vaaka- ja pystykuljettimissa. Moottorista saatava teoreettinen teho  $P_{teor}$  [W] voidaan laskea kaavalla, kun tiedetään moottorin tilavuusvirta ja paine-ero moottorin yli.

$$P_{teor} = q_v * \Delta p$$

jossa  $q_v$  on moottorille tuotu tilavuusvirta [ $m^3/s$ ] ja  $\Delta p$  on paine-ero moottorin yli [Pa]. Teoriassa moottorista saadaan 900 rpm pyörintänopeudella

$$P_{teor} = 0.000864336 \text{ m}^3/s * 17236893.232946 \text{ Pa} = 14,9kW$$



Käytännössä kuitenkin moottorista saatava teho määräytyy moottoria käyttävän pumpun tilavuusvirran ja paineen mukaan. Kun polttomoottori pyörittää tuplapumppua 2400 rpm nopeudella, niin pystykuljettimen tuottama teho olisi

$$P_{teor} = 0.000883263 \text{ m}^3/\text{s} * 12065825.263062 \text{ Pa} = 10.7 \text{ kW}$$

Vaakakuljettimelta saatava maksimiteho olisi tällöin

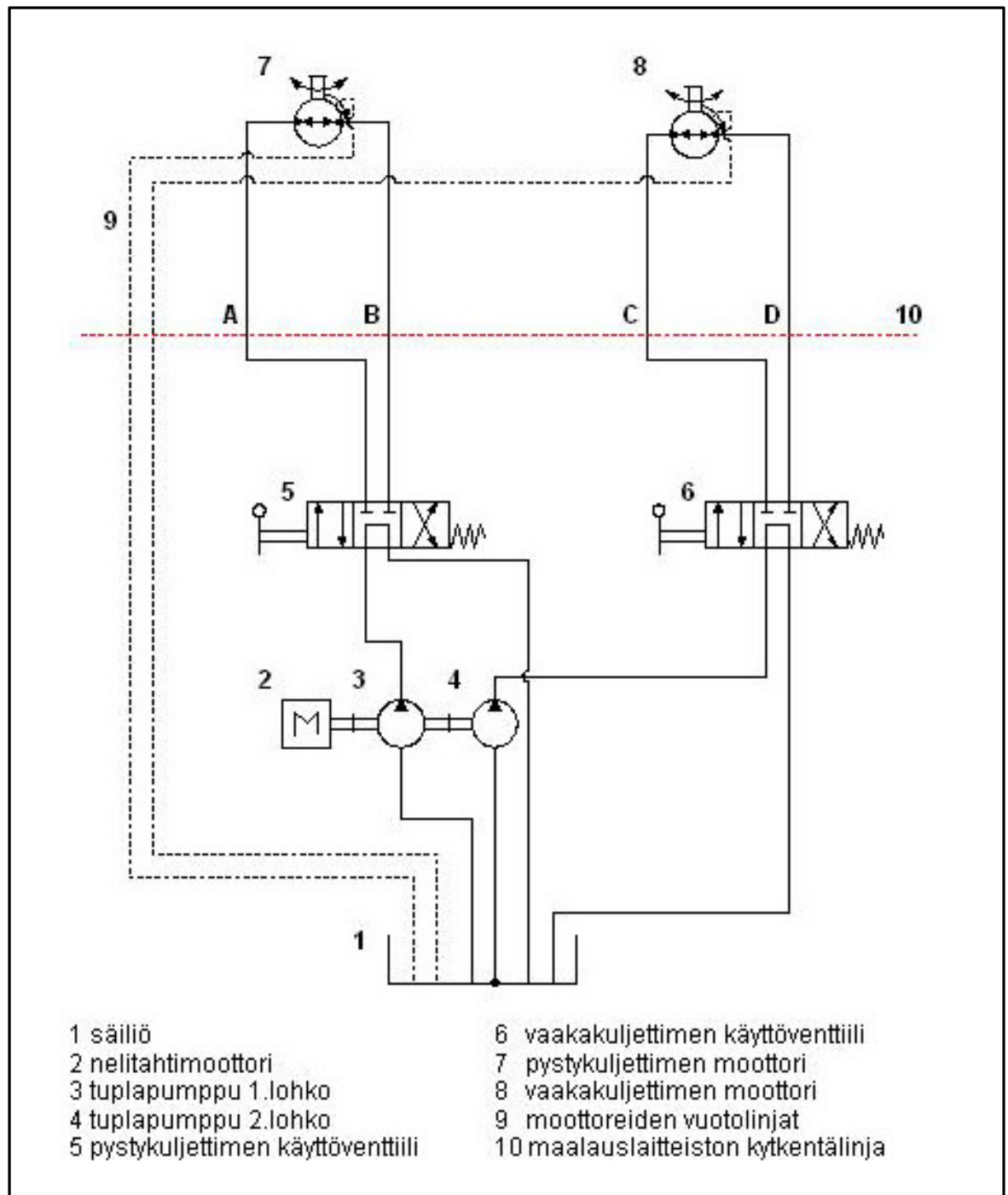
$$P_{teor} = 0.000757082 \text{ m}^3/\text{s} * 12065825.263062 \text{ Pa} = 9,8 \text{ kW}$$

Vaikka moottorit ovat molemmissa samat, niin tehojen ero tulee pumpun lohkojen tuottoerosta. Samalla tämä tarkoittaa sitä, etteivät moottorit pyöri samalla nopeudella. Moottorin pyörittäessä 2400 rpm nopeudella tuplapumppua vaakakuljetin pyörii noin 800 rpm nopeudella ja pystykuljetin noin 940 rpm nopeudella.

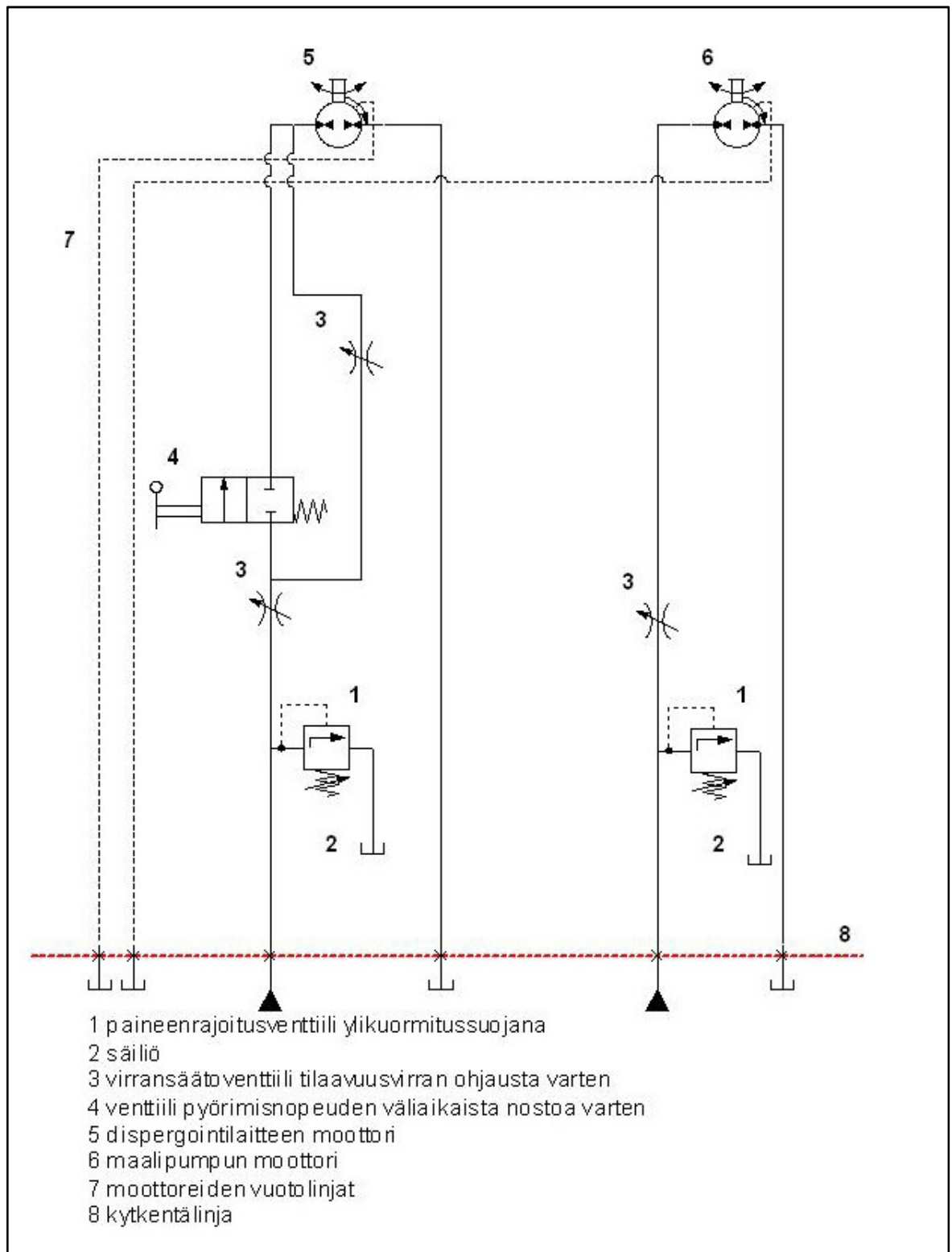
Koska laitteiston hyötysuhde  $\eta$  ei ole 1, niin laitteistosta ei saada teoreettisesti laskettuja tehoja. Yleensä tällaisen laitteiston kokonaishyötysuhde on noin 0,65, joten todellinen teho on vain vähän yli puolet teoreettisesta. Nyt kysymyksessä on myös käytettyjä koneita, joissa pumppu on jo kulunut, joten käytettävissä olevan tehon voi saada jakamalla teoreettisen tehon kahdella. Toimeksiantajan ajatuksena oli, että yhtä maalauslaitteistoa voitaisiin käyttää monessa eri jäänhoitokoneessa. Tällöin asiakkaalle tuleva kustannus laitteesta olisi pienempi, sillä se mahdollistaisi yhteiskäytön. Tämä vaatisi hydraulikan muutoksen kaikkiin käytössä oleviin laitteisiin. Jotta kytkentä olisi helppoa, tulisi maalauslaitteiston kytkentä jäänhoitokoneeseen suorittaa pikaliittimillä.

Koneeseen olisi siten asennettava tukevaan telineeseen 6 kpl pikaliittimiä, 6/2-suuntaventtiili molemmille moottoreille sekä 14 hydrauliletkua pitäisi uusita. Alkuperäisen 12 liitoksen sijaan koneeseen tulisikin 28 hydrauliliitosta vaaka- ja pystykuljetinta käyttävän venttiilin jälkeen. Laitteisto tarvitsisi vedenoton jäänhoitokoneesta, mikä onnistuisi tekemällä T-haaran pesuvesisäiliön tuloputkeen ennen varsinaista pesuveden käyttöhanaa. Nyt uuteen T-haaraan lisättäisiin palloventtiili, josta saadaan vesi ulos pesuvesisäiliöstä ilman, että

varsinaista pesuvesisäiliön hanaa tarvitsisi avata. Tähänkin tarvittaisiin pikaliitos, jotta laitteisto voitaisiin helposti kytkeä siihen. Kaaviossa 3. on esitetty jäänhoitokoneen pysty- ja vaakakuljettimien hydraulikaavio yksinkertaistettuna. Maalauslaitteiston vaatima hydraulikka hahmottuu kaavion 4. (s. 44) avulla. Maalauslaitteisto kytetään jäänhoitokoneeseen kaaviossa 3. näkyvän kytkentälinjan kohdalle.



KAAVIO 3. Jäänhoitokoneen kuljettimien hydraulikka



KAAVIO 4. Maalauslaitteiston hydraulikka

Kustannusten lisäksi tämä toisi lisää riskialttiita vuotokohdiksi soveltuvia paikkoja. Pelkästään koneeseen tehtävät muutostyöt ovat arvokkaita, kun verrataan kilpailijan tarjoamaan peruslaitteiston vuokraamishintaan 250 € vuorokaudessa.

Edellisten komponenttien lisäksi maalauslaitteisto vaatisi vielä säädettävyyden moottorien pyörintänopeuksiin ja tämä lisäisi komponenttien tarvetta edelleen. Esimerkiksi virransäätöventtiileitä tarvittaisiin tilavuusvirran ohjausta varten, jolla voitaisiin säätää moottorin pyörintänopeutta.

Tutkiessani useampaa 500-sarjan Zamboni -jäänhoitokonetta huomasin, että käytettävän polttomoottorin lisäksi niiden hydraulikkajärjestelmissä oli huomattavia eroja pumpuissa ja käytetyissä moottoreissa. Siirrettäessä maalauslaitteisto toimimaan toisessa jäänhoitokoneessa, se vaatisi aina konekohtaisen säädön moottorien pyörintänopeuksiin, koska hydraulipumppujen tuottamat tilavuusvirrat eroavat jäänhoitokoneissa. Tuotantoon tulevassa maalauslaitteessa kannattaa liittää maalauslaitteiston hydraulikka vain joko vaaka- tai pystykuljettimen hydraulikkalinjaan. Näin saadaan liitokseen tarvittavien komponenttien määrä vähennettyä puoleen.

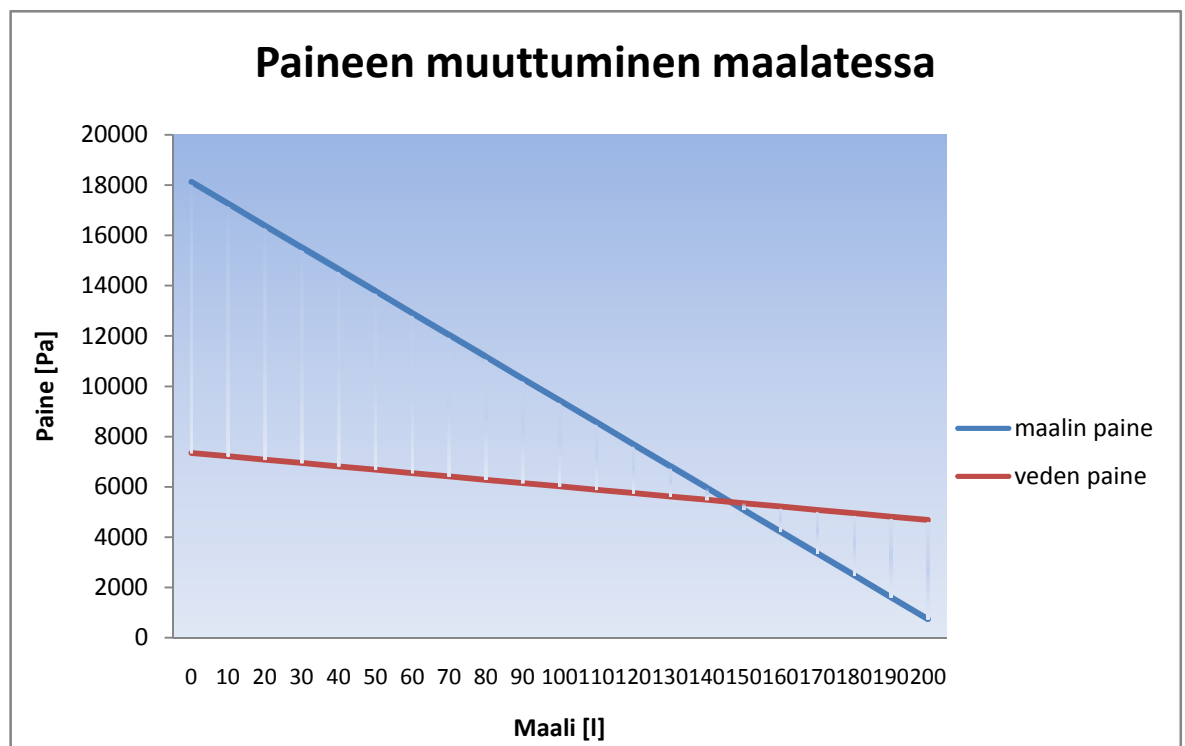
## **6.10 Sekoituslaitteisto**

Toimeksiantaja hahmotteli laitteiston, jossa valmis maali tulisi kahdesta eri maalisäiliöstä. Nämä säiliöt olisivat maalisäiliö, jossa on dispergointiosa, sekä toinen jäänhoitokoneen säiliöstä, joka sisältäisi puhdasta vettä. Näiden säiliöiden sisältämät nesteet tulisi sekoittaa maalauksen yhteydessä tasalaatuiseksi maaliksi. Seoksen saamiseksi tasalaatuiseksi luulimme toimeksiantajan kanssa, että se saadaan toimimaan linjasäätöventtiileiden lisäyksellä molempien säiliöiden tuloputkeen. Tällä keinolla olisi yritetty saada säiliöiden virtaukset samansuuruisiksi.

Tutkiessani tarkemmin tätä ratkaisua huomasin, että ongelmia oli useita. Esimerkiksi nesteen aiheuttama hydrostaattinen paine on ollut säiliöiden tuloputkissa erisuuruinen. Hydrostaattinen paine ei pysy vakiona vaan pienenee maalauksen edetessä ja maalisäiliössä paineen lasku on nopeampaa johtuen maalisäiliön pienemmästä tilavuudesta. Jos säiliöiden tuloputkissa olisi sulkuhanat, ja säiliöt täytettäisiin vedellä ja maalilla, hanoja aukaistaessa tapahtuisi paine-erojen tasaantuminen. Tällöin maali menisi vesisäiliöön tai

päinvastoin riippuen maalisäiliön korkeudesta (Kaavio 5.). Kaaviossa maalisäiliön halkaisija on 33,5cm ja korkeus 120 cm. vesi otetaan pesuvesisäiliöstä, jonka mitat ovat 167\*22\*75 cm (p\*l\*k).

Paine-eron lisäksi viskositeeteissa on huomattava ero dispergointiosan ja veden välillä. Koska maalin reagointia sekoitusvaiheessa ei täysin tunneta, voi näin runsaan sideaineen lisäys dispergointiosaan aiheuttaa pigmenttishokin, joka pilaisi maalin dispergoinnin.



KAAVIO 5. Nesteiden ominaispainon ja kulutuksen vaikutus paineeseen

Etsin ratkaisua, jolla voisi sekoittaa eri paineet ja eri viskositeetin omaavat nesteet tasalaatuisesti toisiinsa. En kuitenkaan löytänyt toimivia komponenttiryhdistelmiä, joiden hinta olisi sopinut annettuun hintatoivomukseen. Sekoituslaitteeksi mietin muuan muassa LVI-järjestelmissä käytettäviä sekoitusventtiilejä, kuten normaalia hanaa (sekoitinta), jota käytetään muun muassa kodin keittiössä ja kylpytiloissa. Hanassa ongelmaksi muodostui jatkuva säädöntarve, koska paine-ero muuttui koko ajan säiliöiden välillä ja sen vuoksi seoskin olisi muuttunut samalla. Ongelma olisi voitu ehkä ratkaista molempiin tuloputkiin asennettavilla vakio paine venttiilillä, linjasäätöventtiileillä sekä takaiskuventtiileillä.

Tämänkään jälkeen laitteisto ei välttämättä olisi toiminut halutulla tavalla, sillä tasattavat paine-erot ovat tässä tapauksessa pieniä ja mekaanisesti toimivilla komponenteilla on sisäinen kitka, jonka vuoksi ne eivät reagoi pieniin muutoksiin. Ne eivät siis toimi täysin portaattomasti. Tähänkin tarkoitukseen löytyisi sopivia komponentteja, mutta ne eivät hintansa puolesta sovellu tähän kohteeseen.

Yksi ratkaisu olisi ollut asentaa molempiin tuloputkiin siipirasumput, joiden akselit olisi kiinnitetty toisiinsa. Teoriassa, jos pumput eivät vuotaisi yhtään, niiden läpi pitäisi tulla sama tilavuus nestettä. Tässä vaihtoehdossa ei olisi kuitenkaan ollut mahdollista tehdä toimeksiantajan haluamaa säädettävää seossuhdetta ilman, että letkuissa olevien pumppujen akselien välille olisi rakennettu erillisiä vaihteistoja, joiden avulla välityssuhdetta pumppujen välillä olisi voitu muuttaa. Seossuhteen olisi voinut muuttaa myös vaihtamalla toisen pumpun kokoa, jolloin se olisi päästänyt samalla kierrosmäärällä isomman tai pienemmän nestetilavuusmäärän. Sekoituslaitteistoa miettiessäni olin luullut, että dispergointiosan ja veden sekoitussuhde on 1:1, mutta laskujeni perusteella dispergointiosan tilavuus kasvaa, kun maalijauhe lisätään siihen.

Maalin tilavuuden muutosta ei Holmin työssä (2008) ole määritelty, mutta se saadaan laskettua maalin tietojen perusteella. Dispergointiosan ominaispaino on  $1,54\text{g}/\text{cm}^3$  ja valmiin maalin  $1,28\text{g}/\text{cm}^3$ . Dispergointiosa tarkoittaa sitä, että siinä on nyt 30 p-% kuiva-ainetta ja 35 p-% vettä. Nämä p-% ovat valmiista maalista. Paineiden tasaamiseksi tuloputkistoista luulin löytäneeni ratkaisun lappoilla eli imujuoksuttimilla. Luulin, että saan paineen pysymään tasaisena, jos käytän maalisäiliön tuloputkia pinnan yläpuolella ja lappoan nesteet sieltä alas. Tarkemmin tutkittuani asiaa huomasin, että lappopaine on yhtä suuri kuin aineen nostamiseen vaadittava voima, kun lappoletkun pää on nesteen pinnan tasalla.

Eli tässäkin tapauksessa paine lähtee kasvamaan vasta säiliön nestepinnan alapuolella, joten tällä menetelmällä paine laskisi koko ajan nesteiden vähentyessä. Tämän ongelman voisi ratkaista tekemällä maalisäiliöstä muodoltaan sellaisen, että säiliöiden paine laskisi samalla nopeudella. Koko ei varsinaisesti ole ongelma vaan, se että säiliöpintojen pitäisi olla tietyllä korkeudella lähtötilanteessa. Tuon muotoista säiliötä on vaikea asettaa sille vaadittuun

korkeuteen siten, että se on helposti kiinnitettävä ja ettei se ulkonisi koneesta paljon. Tässä tapauksessa dispergointiosan lisäksi pitää muistaa, ettei säiliö saisi tulla minkään muun lisävarusteen paikalle eikä huoltoa vaativien kohteiden eteen.

Dispergoinnin jälkeen lisätään loput vedestä eli 35 p-%. Maali toimitetaan nykyisen suunnitelman mukaan jauheena 20 kg:n paketeissa, joten laskemalla saadaan selville, kuinka paljon vettä 20 kg:n maalijauheeseen tarvitaan ja kuinka paljon maalijauhe nostaa dispergointiosan ja valmiin maalin tilavuutta.

$$\frac{20\text{kg}}{30\text{p} - \%} = 0.6667$$

Eli valmiin maalin yksi painoprosentti on 0.6667 kg.

Kun edellä saatu tulos kerrotaan sadalla, saadaan koko seoksen paino eli 66.67kg. Ja kun tiedetään sen ominaispaino  $1,28\text{g/cm}^3$ , saadaan seuraavalla kaavalla laskettua maalin tilavuus.

$\rho = \frac{m}{v}$ , jossa  $\rho$  on tiheys, m on massa ja v on tilavuus.

$$v = \frac{m}{\rho} \Rightarrow v = \frac{66,67\text{kg} *}{1,28\text{kg/dm}^3} = 52,08\text{ dm}^3 \Rightarrow 52,08\text{ l}$$

Tästä tilavuudesta vettä on

$$70\text{ p} - \% * 0,6667\text{kg} = 46,669\text{ kg}$$

Kun veden ominaispaino on  $20\text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa  $998.2\text{ kg/m}^3$ , saadaan yksikkömuunnoksen avulla ominaispainoksi  $0.9982\text{ kg/dm}^3$ . Näin ollen veden tilavuutta on 70 p-% vastaa

$$46,669 * 0,992 = 46,58\text{ l}$$

Nyt voidaan laskea, että 46 litraan vettä lisättäessä 20 kg maalijauhetta lisää tilavuutta

$$52,08 \text{ l} - 46,58 \text{ l} = 5,5 \text{ l}$$

Nyt tiedetään, että maalijauheen lisääminen kasvattaa maalin tilavuutta, joten se kasvattaa myös dispergointiosan tilavuutta. Dispergointiosaan tulee vain puolet valmiin maalin vedestä, mutta kuiva-ainemäärä pysyy samana.

$$\frac{20 \text{ kg} + (46,669 \text{ kg}/2)}{1,54 \text{ kg}/\text{dm}^3} = 28,14 \text{ dm}^3$$

Joten tilavuuden muutos on

$$28,14 \text{ dm}^3 - (46,58 \text{ dm}^3/2) = 4,85 \text{ dm}^3$$

Eli sekoitussuhde ei olekaan 1:1 vaan

$$\frac{28,14 \text{ l}}{46,58 \text{ l}/2} = 1,21$$

Joten seossuhde olisikin 1:1,21

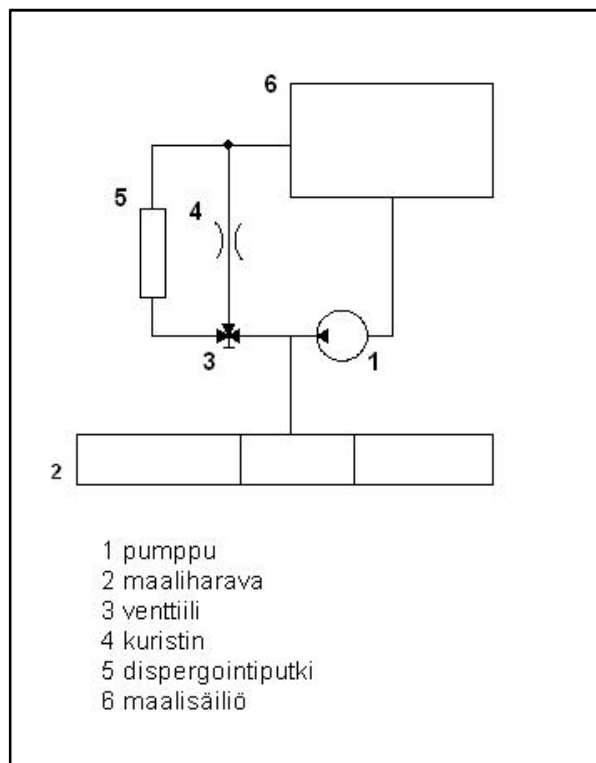
Markkinoilla on olemassa kulmaroottoripumpun periaatteella toimivia sekoitusyksiköjä, joilla saataisiin ratkaistua paineen tuotto sekä maalin seossuhde. Niin kutsutut mikserit ovat arvokkaita ja suunnitteluvaiheessa pitää muistaa laitteiston tuleva hinta markkinoilla. Edelleen voisi olla ongelma sekoittaa näin paljon side-ainetta kerralla.

### 6.11 Yksinkertaistettu maalauslaite

Suunnittelun aikana suurimmaksi ongelmaksi muodostui ratkaisun löytäminen dispergointiosan ja veden sekoittamiseen laitteistossa. Koska yritys tarvitsee kehittämälleen maalille laitteiston, jolla tätä maalia voidaan maalata, päädyin



suunnittelemaan yhdellä säiliöllä toimivan ratkaisun. Tässä säiliössä maali ensin dispergoidaan, jonka jälkeen samaan tilaan lisätään vesi samalla sekoittaen seosta. Kun peruskomponentit ovat kunnossa, voidaan yrittää vielä jälkikäteen tähän samaan laitteistoon sovittaa alkuperäisten toiveiden mukaista kahden säiliön toteutusta.



KAAVIO 6. Maalauslaitteisto (dispergointi maalipumpun avulla)

Kaavio 6. on yksinkertaistettu malli, jolla maalauslaitteiston komponentteja saadaan vähennettyä ja kalliista dispergointiterästä päästäisiin eroon. Reilulla mitoituksella oleva pumppu pumppaa veden dispergointivaiheessa ns. dispergointiputken läpi takaisin maalisäiliöön. Dispergointiputkessa sideaineessa olevat maalipartikkelit törmäävät suurella nopeudella eri asennoissa oleviin verkkoihin. Dispergoinnin jälkeen venttiili 3. suljetaan ja maalaus voi alkaa. Samanaikaisesti kuristimen 4. läpi virtaa pumpun tuottama ylimääräinen tilavuusvirta, joka sekoittaa maalia. Tässäkään variaatiossa ei voi viimeisen maalinsekoituksen vuoksi olla kahta eri maalin lähdettä. Tämän ratkaisun toimintaa tulisi tutkia tarkemmin. Oikein mitoitettuna tämä ei vaatisi hydraulikkaan muuta kuin 6/2- suuntaventtiilin, johon maalipumpun moottori kytketään.

## 7 TULOKSET JA ARVIOINTI

Opinnäytetyöni oli työelämälähtöinen, kattava suunnittelutyö, joka haasteellisudessaan kasvatti ammattitaitoani ja opetti sinnikkyyttä itsenäiseen aineistonhankintaan ja tiedon omaksumiseen. Toimeksiantajan toive johti suunnittelutyötä eteenpäin, mutta näkökulmassani oli myös kriittisyyttä, minkä takia päädyin esittämään ratkaisuksi omasta mielestäni toimivinta maalauskonetta. Koska kuitenkin työn aihealue oli minulle entuudestaan täysin vieras, asetin itselleni tietoisesti haasteen sen valitessani. Työn aikana tutustuin kattavasti aiheeseeni liittyvään materiaaliin ja yritin etsiä ratkaisua toimeksiantajani toiveelle. Etsin lähteitä monipuolisesti niin kirjastosta, konehuolloista, suullisesti toimeksiantajalta kuin Internetistäkin. Löysin jäänmaalauksesta myös toimeksiantajalle uutta tietoa esim. standarditulkinnon olemassaolosta.

Perusteellisen tietopohjan hankkiminen ja tiedon omaksuminen vaativat aikaa, mutta sain samalla kattavan kuvan jäänhoitokoneen ja maalauskonetta toiminnasta (selvitin mm. jäänhoitokoneen hydraulikkakaavion vaaka- ja pystykuljettimien osalta), jäänmaalauksesta sekä jäämaalin rakenteesta ja ominaisuuksista. Pyrin selvittämään aiheen keskeiset osa-alueet teorioineen ja selvittämään suunniteltavan koneen toimintaympäristön ja esimerkiksi maalin sekoittumisen kemialliset vaiheet partikkelitasolla. Taustatietojen avulla pääsin vähitellen suunnittelemaan itse koneen rakennetta osa osalta.

Ansioksi koen sen, että pystyin selvittämään Zamboni -jäänhoitokoneen pysty- ja vaakakuljettimien hydraulikkaavion ja määrittämään sen avulla hydraulipumpun tuottaman tehon. Hydraulimoottorin pieni pumppu määrittää edellä mainitun kaavion tehon. Selvitin hydraulikkaaviota kolmesta vanhasta Zamboni -jäänhoitokoneesta, joissa kaikissa oli hieman toisistaan poikkeava järjestelmä. Tämä johtui koneisiin jääneiden vanhojen lisälaitteiden komponenteista, joiden merkitystä ei aina saatu selville.

Useista jäänhoitokoneen komponenteista oli saatavissa tietoa todella vähän, sillä niistä kerrottiin vain nimike ja räjäytyskuvat. Esimerkiksi 4/3 suuntaventtiileistä,

joita käytettiin pysty- ja vaakakuljettimien käyttöventtiileinä, kerrottiin kuluttajalle vain, että ne ovat venttiileitä. Lisäksi kyseisessä hydraulijärjestelmässä oli muita komponentteja, joiden toiminta tuli ottaa huomioon valittaessa maalausjärjestelmään liitoskohtaa jäänhoitokoneeseen. Maalauslaitteiston komponenttien valinnassa pyrin pitämään kiinni toimeksiantajan määrittelemästä 2200 euron omakustannehinnasta, mikä asetti tietyt rajat suunnittelulle. Maalin erikoisominaisuudet rajoittivat myös komponenttivalintoja. Ominaisuuksia olivat esimerkiksi maalin kellastuminen ja tummuminen tietyissä olosuhteissa sekä matalasta viskositeetista johtuvia seikkoja, kuten painavien maalihiukkosten vajoaminen säiliön pohjalle.

Yhtenä vaihtoehtona oli, etten löytäisi mitään ratkaisua jäänmaalaamiseen, mutta pyrin silti sinnikkäästi pohtimaan eri vaihtoehtoja ja ehdottamaan niistä omasta mielestäni parasta vaihtoehtoa toimeksiantajalle. Aiheen vaikeuden takia en yllättynyt siitä, ettei tuloksena ollutkaan maailmaa mullistava keksintö, sillä innovaatioiden kehittäminen vaatii paljon aikaa ja syventymistä aiheeseen myös työelämän tai harrastuksen kautta.

Työn aikataulu venyi, mutta se johtui pääasiallisesti työn laajuudesta. Pieniä nippelitietoja oli paljon ja ne piti pitää järjestyksessä niin mielessä kuin työpöydälläkin. Kokonaisuuden hahmottamiseksi oli omaksuttava suuri määrä tietoa, jotta sitä pääsi jäsentelemään suunnittelutyön avuksi. Työn rajaus on melko laaja, mutta koen, että olen kuitenkin kerännyt työhön suunnittelun kannalta oleellista tietoa. Suunnittelijana lähestyin työtäni pääasiallisesti ajattelun kautta, mikä johti siihen, että komponenttivalinnat pyörivät pitkään ajatuksissa ja puntaroin eri vaihtoehtoja keskenään. Myös oivalluksia syntyi välillä yllättäen, ja niiden avulla pääsin etenemään seuraavaan rakenteellisen osan valintaan.

Toimeksiantaja ei ollut työhöni täysin tyytyväinen, koska en löytänyt ratkaisua kahden säiliön käytölle. Esitin kuitenkin vaihtoehdon yhden säiliön maalauslaitteelle, joka on toimiva ja käytännöllinen ratkaisu. Kehityskohteeksi jäi kahden maalisäiliöjärjestelmän sekoituslaitteisto. Mielestäni myös maalin ominaisuuksia, kuten dispergoitumista, tulisi parantaa.

Tein työssäni vertailua kilpailijan tuotevalikoimaan ja pyrin sitä kautta selvittämään, mikä heidän laitteestaan tekee toimivan ja tuotantokelpoisen. Pidín suunnittelussani kriittisen tarkastelun mielessäni ja pohdin, onko järkevää tehdä toimeksiantajan toiveen mukaan vai omaa järjen ääntäni kuunnellen.

Ongelmia aiheutui myös muutamista vajavaisista tiedoista. Mm. kehitettyä jäämaalia ei ollut vielä testattu käytännössä ja jouduin arvioimaan sen toimivuutta osittain epäselvien maalin rakenneselvitysten pohjalta. Maalin reseptiäkin oli muutettu, enkä saanut tätä uutta reseptiä tietooni kuin vasta työn loppupuolella.

## 8 POHDINTA

Työssä tuli esiin paljon uusia termejä etenkin kemiaan liittyen, jotka piti sisäistää ennen suunnittelua. Päänvaivaa aiheuttivat muun muassa pumpun valinta, maalin levitystapa, sen sekoitustapa, dispergointi ja laitteiston käyttövoiman lähde. Dispergointiosan ja maalin sekoittaminen yksinkertaisessa ja edullisessa laitteessa osoittautui haastavaksi. Suunnittelussa piti myös muistaa ottaa huomioon laitteen realistinen myyntihinta. Toteutukseen tarvittavien komponenttien lisääntyessä koneen hinnasta olisi tullut alan markkinoille liian kallis.

Toimeksiantaja määritteli aika tarkasti sen, millaisia komponentteja laitteistossa olisi. Tämä määritteli laitteistoa jo melkoisesti, eikä luovalle koneensuunnittelulle ei jäänyt paljoa mahdollisuuksia. Toimeksiantajalla oli ajatuksena, että yhtä laitteistoa voitaisiin käyttää monessa eri jäänhoitokoneessa ja näin saada kustannuksia jaettua. Pitää kuitenkin muistaa, että tällaisessa menettelyssä jokaiseen jäänhoitokoneeseen pitäisi asentaa pikaliittimet maalauslaitteen kytkentää varten sekä mielellään asentaa joko pysty- tai vaakakuljettimen hydraulikkaan 6/2-suuntaventtiili. Sen avulla saataisiin valittua, käytetäänkö kuljetinta vai maalauslaitetta. Hydraulikkakomponentteja pystytään yksinkertaistamaan, kun maapumpun ja dispergoinnin tarpeet saadaan selvitettyä.

Suurin haasteeni oli yrittää löytää ratkaisu siihen, miten saadaan kahdesta eri säiliöstä tasainen tuotto yhteen putkeen. Maalin dispersio-osa ja vesi piti sekoittaa keskenään. Ongelmaksi tämä muodostui, sillä aineilla oli eri viskositeetti ja ominaispaino. Tämän lisäksi säiliöt olivat erimuotoisia ja tilavuudeltaan erikokoisia, joten hydrostaattinen paine liittymäkohdassa muuttui koko ajan maalin ja veden vähentyessä. Hydrostaattisen paineen lisäksi dispergointisäiliöstä tulevaan paineeseen vaikuttaa säiliössä sijaitsevan potkurisekoittimen aiheuttama paine. En löytänyt tähän yksinkertaista, edullista ja toimivaa ratkaisua.

Mielestäni maalin kehittämistä tulisi vielä jatkaa, jotta kuiva-aine sekoittuisi veteen helpommin. Tällöin sekoittaminen voitaisiin suorittaa säiliössä esimerkiksi porakoneeseen liitettävällä potkurisekoittimella. Näin saataisiin yksi kallis

komponentti pois maalauslaitteistosta. Koska laitteen vaatimuksena oli tuotantokelpoisuus, niin suunnittelussa oli jatkuvasti huomioitava laitteiston kokonaishinta.

Koska maali on vaikea sekoittaa, se ei sovellu nykyisiin maalausjärjestelmiin, vaan vaatii erillisen dispergoinnin. Mitä kauemmin työskentelin työni parissa, sen enemmän opin arvostamaan kilpailijan laitteistoa. Se vaikutti niin yksinkertaiselta ja toimintavarmalta. Se täyttääkin muilta osin tälle työlle annetut vaatimukset, kuten käyttövoiman ottamisen jäänhoitokoneesta ja soveltuvuuden kehitetylle jäämaalille, tosin dispergoinnin pois lukien. Kilpailijan maalia kuluu noin 1000 litraa ja kuiva-aine pitoisuus noin 12% ja kehitetty maalin kulutus 360 litraa kuiva-aine pitoisuuden ollessa 30%. Eri kuiva-aine pitoisuuksilla kehitetyn maali ominaisuudet heikkenivät.

Dispergointilaitteisto olisi saatava pois varsinaisesta maalauslaitteistosta, koska se nostaa huomattavasti laitteiston hintaa. Jatkokehittelynä voisi pohtia, voisiko Prorinkille kehitettyä maali dispergoida jo yrityksen tiloissa pieneen vesimäärän, jolloin dispergoinnin tarve jäisi maalauslaitteesta pois. Tämän takia maali tulisi pakata nestemäisenä maalipurkkeihin, mikä aiheuttaisi lisäkustannuksia. Koska itselläni ei ollut jäänhoitokoneen käytöstä kokemusta, en saanut kattavaa käsitystä koneen käytännön toiminnasta ja siihen liittyvistä suunnittelua koskevista seikoista.

## LÄHTEET

Alén, H. 1999. Maalit ja niiden käyttö. Helsinki: Alén, H. & Opetushallitus

Annovi Reverberi 2010. Control Units GR 30 & GR 40. Tekniset tiedot ja varaosaluettelo. Modena: Annovi Reverberi.

Annovi Reverberi 2010. Pump type AR 202 & AR 252. Tekniset tiedot ja varaosaluettelo. Modena: Annovi Reverberi.

Exner, H. & Freitag, R. & Geis, H & Lang, R. & Oppolzer, J. & Schwab, P & Sumpf, E. 1991. Hydraulitekniiikan perusteet ja komponentit. Osa 1. Lohr a. Main: Mannesmann Rexroth AG

Franck J. Zamboni & Co. 2007. Model 525 Specifications. Pdf-tiedosto.

Saatavissa:

[http://www.zamboni.com/images/PDFs/Machines/525\\_Spec\\_web\\_2007.pdf](http://www.zamboni.com/images/PDFs/Machines/525_Spec_web_2007.pdf).

Luettu 21.11.2010.

Franck J. Zamboni & Co. 2010. Yrityksen kotisivut internetissä. Www-dokumentti.

Saatavissa:

[http://www.zamboni.com/Default.aspx?menu=about&index=1&page=About\\_Profile\\_ZamboniStory.html](http://www.zamboni.com/Default.aspx?menu=about&index=1&page=About_Profile_ZamboniStory.html). Luettu 21.11.2010.

Hautala, M. & Peltonen, H. 2001. Insinöörin (AMK) fysiikka. Osa 1. 6. painos.

Jyväskylä: Lahden Teho-opetus Oy

Hielscher, T. 2005. Ultrasonic production of nano-size dispersion and emulsions.

Tutkimusartikkeli. Teltow: Tima Editions.

Hietikko, E. 2007. SolidWorks. Tietokoneavusteinen suunnittelu 2009. 3. painos.

Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu

Holm, M. 2008. Valkoisen jäämaalin kehittäminen. Insinööriyö. EVTEK - ammattikorkeakoulu. Materiaali- ja pintakäsittelytekniikan koulutusohjelma. Vantaa.

Jet Ice 2009. Yrityksen kotisivut. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.jetice.com/>. Luettu 21.11.2010.

Jokelainen, S. 2008. Systemaattinen metodi. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://ylivieska.cop.fi/sjjkurssit/Koneensuunnittelu/Index.html>. Luettu 22.11.2010.

Kallioinen, I. & Sarvimäki, I. & Takala, A. & Ådahl, R. 1989. Maalialan materiaalioppi. Käsikirja. 2. -7. painos. Helsinki: Ammattikasvatusthallinto

Kauranne, H. & Kajaste, J. & Vilenius, M. 2008. Hydrauliiikkatekniikka. Helsinki: WSOY Oppimateriaali Oy.

Pahl, G. & Baitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. 2. painos. Porvoo: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Oy Cronvall Ab. 2010. Tuoteluettelo. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.cronvall.fi/Cronvall\\_RST-putkiesite\\_2010\\_1.pdf](http://www.cronvall.fi/Cronvall_RST-putkiesite_2010_1.pdf). Luettu 22.11.2010.

Prorink International Oy. 2010. Yrityksen kotisivut internetissä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.prorink.com/>. Luettu 21.11.2010.

Penttilä, A. 2009-2010. Toimitusjohtajan haastattelut ja tiedonannot, useita vuosina 2009-2010. Prorink International Ab. Oulainen.

Rinnemaa, T. 2003. Pirilän jääkone höylää kentän tasapaksuksi. Tekniikka & Talous-lehti. Www-dokumentti. Luettavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/tk/article22680.ece>. Luettu 23.10.2010.

Routasalo, M. 2009 Tarjous sekoittimesta 16.4.2009. Sähköpostiviesti. Mamec Oy. Lohja.



Spraying systems company 2009. Industrial spray products catalog. Tuoteluettelo.  
Wheaton: Spraying systems company.

Suominen, L. 2010. Puhelinkeskustelu suuttimista ja suodattimista. S. G.  
Nieminen Oy / SGN-tekniikka. Vantaa.

Tikkurila Oy. 1995. Yleistä pintakäsittelyä. 2. painos. Vantaa: Tikkurila Oy

Tuomaala, J.1995. Luova koneensuunnittelu. Tampere: Tammertekniikka Ky

Väyrynen, A. 2010. Huoltopäällikön suulliset tiedonannot. Useita vuonna 2010.  
Prorink International Ab. Oulainen.

Salainen

LIITE 2/1

Salainen

Salainen

Salainen



Salainen

Salainen



Salainen

Salainen

Salainen

Salainen

Salainen