

Kustannuslaskentatyökalun kehittäminen jauhemaalammolle

Tiina-Mari Karjalainen

Opinnäytetyö
Tekniikka
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Tuotantotalouden insinööri AMK

2015

Tekniikka ja liikenne
Tuotantotalous

Tekijä	Tiina-Mari Karjalainen	Vuosi	2015
Ohjaaja	Juha Kaarela, DI, lehtori		
Toimeksiantaja	BRP Finland Oy		
Työn nimi	Kustannuslaskentatyökalun kehittäminen jauhemaalaa- molle		
Sivu- ja liitemäärä	48 + 3		

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä BRP Finland Oy:n kanssa. Työn tavoitteena oli suunnitella kustannuslaskentatyökalu yrityksen jauhemaalaa-
molle käyttöön. Tarkoituksena oli kehittää laskentatyökalu, joka voi laskea kulutustarvik-
keiden kustannuksia vuosittaisen tuotantomäärän mukaan. Laskettavia kulutus-
tarvikkeita olivat ripustustarvikkeet, jauhemaalali ja esikäsitellyn kemikaalit.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käytettiin kulutustarvikkeisiin liittyvää tietoa te-
ollisen maalauksen näkökulmasta. Teorian on tarkoitus antaa pohjatietoa varsii-
naiselle kustannuslaskennalle. Lähdemateriaalina käytin teollista maalausta kä-
sittelevää kirjallisuutta, verkkojulkaisuja sekä haastattelua.

Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä kesällä 2015. Työn tu-
loksena syntyi Microsoft Excel- pohjalle kustannuslaskuri yrityksen käyttöön. Las-
kuria on tarkoitus hyödyntää yrityksen budjetoinnin suunnittelussa, jotta maalaa-
molle kulutustarvikkeiden kustannuksista saadaan tarkkaa tietoa etukäteen.

Technology and transport
Industrial Management

Author	Tiina-Mari Karjalainen	Year	2015
Supervisor(s)	Juha Kaarela, Senior Lecturer		
Commissioned by	BRP Finland Oy		
Subject of thesis	Development Cost Calculating Tool for Powder Paint Shop		
Number of pages	48 + 3		

The Thesis was implemented in co-operation with BRP Finland Oy. The aim to thesis was develop cost calculating tool for the company's powder paint shop. The purpose was to develop a tool which can calculate the costs of consumables according to an annual production rate. The Accounting consumables were suspension materials, powder coating and pre-treatment chemicals.

The theoretical part of the thesis discusses industrial painting from the point of view painting consumables. The purpose of the theoretical part is to give basic knowledge for cost accounting. Literature sources web materials and interviews on industrial painting were used.

The Thesis was executed as a functional thesis in the summer of 2015. The result of the thesis was an accounting calculator which is made based on Microsoft Excel. The company will make use of the calculator in its budget planning, which helps to forecast costs beforehand.

Key words

Cost accounting, industrial painting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	10
2.1	BRP Finland Oy:n historia.....	10
2.2	Rovaniemen tuotantolaitoksen jauhemaalaamo	11
3	MAALATTAVIEN TUOTTEIDEN ESIKÄSITTELY.....	12
3.1	Mekaaninen esikäsittely.....	12
3.1.1	Mekaaniset puhdistusmenetelmät.....	13
3.1.2	Mekaanisen menetelmän valintaan vaikuttavat tekijät.....	14
3.2	Kemiallinen esikäsittely.....	15
3.2.1	Epäpuhtauksien poisto kemiallisella esikäsittelyllä.....	15
3.2.2	Kemialliset puhdistusmenetelmät.....	16
3.3	Esikäsittelyn kustannukset ja kustannusten alentamisen keinoja	18
3.3.1	Huuhteluveden säästötoimenpiteet	18
3.3.2	Kemikaalien talteenottojärjestelmä.....	20
4	TEOLLISET RUISKUMAALAUSMENETELMÄT	22
4.1	Hajotusilmaruiskutus.....	22
4.2	Suurpaineruiskumaalaus	23
4.3	Ilma-avusteinen suurpaineruiskutus	25
4.4	Jauhemaalaus	26
4.5	Sähköstatiikan hyödyntäminen maalauksessa	28
5	MAALAUUS PINTAKÄSITTELYMENETELMÄNÄ.....	31
5.1	Maalityypit.....	31
5.2	Maalausolosuhteet.....	32
5.3	Maalauksen laadunvalvonta	34
5.4	Maalauksen kustannukset	35
5.4.1	Vaikutukset maalauskuuluihin.....	36
5.4.2	Maalausmenetelmien kustannusvertailua	37
6	PROJEKTIN TOTEUTUS	38
6.1	Projektin tausta ja tavoitteet.....	38
6.2	Käytettävät työkalut	38
6.3	Projektin käynnistäminen.....	39
6.4	Projektin vaiheet	39

6.4.1	Maalattavien nimikkeiden suodattaminen.....	39
6.4.2	Laskurin rungon rakentaminen.....	40
6.4.3	Ripustustarvikkeiden kustannuslaskenta.....	41
6.4.4	Jauhemaalain kustannuslaskenta	41
6.4.5	Kemikaalien kustannuslaskenta	42
6.5	Projektin merkitys kohdeyritykselle	43
7	TYÖN TULOKSET JA ARVIOINTI.....	44
8	POHDINTA.....	45
	LÄHTEET	46
	LIITTEET	48

ALKUSANAT

Opinnäytetyöni on tehty BRP Finland Oy:lle, jossa itse työskentelen tuotannon varaston tiiminvetäjänä. Sain mahdollisuuden tehdä insinöörityöni tehtaan tiloissa toimivalle jauhemaalaaamolle.

Työn ohjaajana toimi työpaikallani kunnossapitoinsinööri Mauri Kieksi ja Lapin Ammattikorkeakoulun ohjaajana puolestaan Juha Kaarela.

Haluan kiittää kaikkia työhöni osallistuneita työtovereita ja etenkin Mauri Kieksiä, joka antoi minulle tämän toimeksiannon. Haluan kiittää erityisesti myös työpaikkaani, joka mahdollisti opinnäytetyöni tekemisen.

Rovaniemellä 6.9.2015

Tiina-Mari Karjalainen

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

IR

Infrapuna

SAP

Toiminnanohjausjärjestelmä

Phaku

Microsoft Excelin hakutoiminto

1 JOHDANTO

Teolliseen maalaukseen liittyy hyvin paljon erilaisia kustannustekijöitä. Käyttökustannusten lisäksi muita kustannuksia syntyy muun muassa maalattavien tuotteiden esikäsittelystä, maaleista, maalaukseen liittyvistä tarvikkeista, hallinnollisista kuluista sekä laadunvalvonnasta. Kustannusten ennakoiminen on erittäin tärkeä budjetoinnin suunnittelussa, joten kustannusten laskenta on hyvin tärkeää yrityksille.

Maalauksen kustannukset tulee huomioida jo tuotteiden suunnitteluvaiheessa, jotta saavutetaan mahdollisimman taloudellinen pintakäsittely. Kustannuksiin voidaan vaikuttaa myös oikeilla valinnoilla, kuten valitsemalla maalattaville tuotteille taloudellisesti järkevät esikäsittely- ja maalausmenetelmät. Väärät valinnat aiheuttavat helposti maalaukselle ylimääräisiä kustannuksia. Menetelmän valinnassa tulee ottaa erityisesti huomioon tuotantokapasiteetti, jotta menetelmä vastaisi järjestelmän tehokkuutta.

Opinnäytetyö tullaan tekemään BRP Finland Oy:lle yrityksen jauhemaalaamon käyttöön. Työ toteutetaan toiminnallisena opinnäytetyönä, jonka toiminnallisena osuutena on kehittää yrityksen jauhemaalaamolle kustannuslaskuri kulutustarvikkeille.

Tavoitteena on rakentaa laskuri, jonka avulla yritys pystyy budjetoimaan maalaa-
mon kustannukset tarkkaan etukäteen. Kustannuslaskennan piiriin kuuluvat tuotteiden ripustusrimat, jauhemaali ja puhdistukseen käytettävät kemikaalit. Kustannuslaskuri myös mahdollistaa tarvikkeiden suurempien eräkokojen hankkimisen etukäteen, koska laskurin avulla voidaan ennakkoon määritellä tulevan tuotantokauden tarpeet. Suuremmat eräkoot tuovat kustannussäästöjä, koska suuremmat erät saadaan edullisempaan hintaan.

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsitellään maalaamon kulutustarvikkeisiin liittyvää teollista maalausta, joka antaa hyvän pohjan kustannusten las-

kennalle. Tavoitteenani on ymmärtää syvällisemmin maalaukseen liittyvää teoriaa kustannuslaskennan näkökulmasta. Teoria osuudessa esittelen maalauksen esikäsittelymenetelmiä, maaleihin liittyviä asioita sekä varsinaisia maalauksen kustannuksia. Lähdemateriaalina on käytetty teolliseen maalaukseen liittyvää kirjallisuutta ja verkkojulkaisuja, sekä haastattelua. Työssä tullaan haastattelemaan pääasiassa toimeksiantajan edustajaa Mauri Kieksiä.

Yrityksen maalaamo on otettu käyttöön vasta hiljattain, joten kehitettävää on paljon. Maalaamolle on tarkoitus tehdä myöhemmin kokonaisvaltainen kustannuslaskuri, jossa pystyttäisiin laskemaan maalauksen kokonaiskustannukset. Opinäytetyöni tulee olemaan hyvä alku kustannusten laskennalle ja se voidaan myöhemmin liittää osaksi maalaamon kokonaiskustannusten laskuria.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

BRP Finland Oy on Euroopan Pohjoisin moottorikelkkatehdas. Tuotteisiin kuuluvat Lynx- ja Skidoo- moottorikelkat sekä 6-pyöräiset mönkijät. Yrityksen omistaa Kanadalainen pörssi-yhtiö Bombardier Recreational Products Inc. Yrityksen pääkonttori sijaitsee kanadan Valcourtissa. Nykyinen tuotantolaitos otettiin käyttöön Rovaniemellä vuonna 2008. Suunnittelun ja toteutuksen lähtökohtana oli luoda täysin uusi toimintajärjestelmä perustuen konsernin parhaaseen teknologiaan. Yrityksen visio on tarjota maailmalle ylivoimaisesti paras motorisoitu vapaa-ajan elämys. Yrityksellä on asiakkaisiin syvällinen yhteys, joka syntyy yhteisestä haa-veesta täydelliseen ajokokemukseen. (BRP Finland Oy 2013).

BRP on maailmanlaajuinen yritys, jonka palveluksessa on yli 7000 työntekijää. Yrityksellä on Rovaniemen yksikön lisäksi tehtaita Kanadassa, Yhdysvalloissa, Meksikossa ja Itävallassa. Moottorikelkkojen ja mönkijöiden lisäksi yrityksen tuotteisiin kuuluvat vesijetit, spyderit, moottorit sekä varaosat ja varusteet. Tuotannon lisäksi yrityksellä on jakelukeskuksia ja myyntikonttoreita ympäri maailmaa. Toimintaa on kaiken kaikkiaan 150 maassa. (BRP Finland Oy 2013).

2.1 BRP Finland Oy:n historia

Suomen tuotantolaitoksen historia ulottuu 1960-luvun lopulle, jolloin maatalouskoneiden valmistaja Velsa Oy aloitti moottorikelkkojen valmistuksen Kurikassa. Suunnittelijat kehittivät vuoden 1968 tuotantoon ensimmäisen moottorikelkkamallin AS 50, joka sai nimekseen Lynx. Nimi tarkoittaa latinan kielessä ilvestä, minkä avulla haluttiin luoda asiakkaille mielikuva lumessa ilvesmäisesti kulkevasta laitteesta. Moottorikelkkojen tuotantomäärä oli kuitenkin hyvin pieni, joten Velsa Oy siirtyi Valmet Oy:n omistukseen. (BRP Finland Oy 2013).

Rovaniemeläinen yritys Polar Metal Plast aloitti myös moottorikelkkojen valmistuksen 1970-luvun alkupuolella. Valmet Oy kuitenkin osti hyvin pian tämänkin yri-

tyksen ja 1980-luvulla yritys siirsi Kurikan moottorikelkkatuotannon myös Rovaniemelle. Siirtymisen myötä yritys sai nimen Nordtrack Oy. Siihen aikaan kilpailu oli kuitenkin kovaa ja monia kelkkamerkkejä katosi markkinoilta. Myös Valmet Oy luopui moottorikelkkojen valmistuksesta 1980-luvun loppupuolella ja myi yrityksensä kanadalaisella Bombardierille ja suomalaiselle Starckjohannille. Yrityksen omistus ei pysynyt suomalaisilla kauaa, koska vuonna 1993 Bombardier osti Starckjohannin osuuden kokonaan ja yritys siirtyi kokonaan kanadalaiseen omistukseen. Omistaja muutoksen jälkeen yrityksen nimeksi tuli Bombardier-Nordtrack Oy. Kymmenen vuotta myöhemmin yrityksen omistus erotettiin vielä Bombardier Inc:in omistuksesta osaksi Bombardier Recreational Products yhtiötä, jonka omistuksessa yritys on vielä tänäkin päivänä. (BRP Finland Oy 2013).

2.2 Rovaniemen tuotantolaitoksen jauhemaalaamo

Rovaniemen uuteen tuotantolaitokseen rakennettiin oma jauhemaalaamo vuonna 2011. Yritys valmistaa osan tuotteistaan itse omassa levytyökeskuksessa, minkä vuoksi jauhemaalaamo oli kannattava sijoitus yritykselle. Maalaamo perustettiin alun perin ainoastaan moottorikelkan runkojen maalaukseen, mutta hyvin pian toimintaa laajennettiin myös pienosien maalaukseen. (Kieksi 2015.)

Tuotantolaitoksen jauhemaalaamo koostuu esikäsitteily- ja jauhemaalauslinjastosta. Maalattavat tuotteet kulkeutuvat esikäsitteilylinjaston läpi, jossa tuotteet puhdistetaan kemiallisesti ennen varsinaista pintakäsittelyä. Puhdistuksen jälkeen suoritetaan tuotteiden kuivatus vedenkuivausuunissa, jossa lämpötilan kohoaminen tapahtuu nestekaasutoimisella lämmitys ja kiertoilmayksiköllä. Kuivauksen jälkeen tuotteet kulkeutuvat maalauslinjastolle, jossa maalaus suoritetaan ruiskutustekniikalla automaattimaalauskaapissa jauhemaalilla. Maalauksen jälkeen tuotteet kulkeutuvat polttouuniin, jossa maalatut osat poltetaan korkeassa lämpötilassa. Korkean lämpötilan ja voimakkaan kiertoilman ansiosta kappaleet kuivuvat uunissa nopeasti ja tasaisesti. Uunissa on erillinen höyryn- ja kosteuden poisto. Polttouunin jälkeen kappaleet siirretään purkualueelle, jossa robotti siirtää kappaleet purkukuljettimelle. (Kieksi 2015.)

3 MAALATTAVIEN TUOTTEIDEN ESİKÄSITTELY

Esikäsitteilyllä tarkoitetaan maalattavien kappaleiden pinnan puhdistusta sekä toimenpiteitä, jotka suojaavat puhdistettua pintaa tai edistävät maalin tarttuvuutta ja kestävyyttä (SFS-käsikirja 68, 127). Maalauksen onnistumisen kannalta tärkeimmässä asemassa on tuotteiden esikäsitteily, joka vaikuttaa suoraan maalauksen kustannuksiin. Esikäsitteilykustannukset voivat olla jopa 50 prosenttia maalaus-työn kustannuksista. Esikäsitteily on suoritettava riittävän hyvin, jotta vältetään uudelleen maalauksilta. Huolimaton esikäsitteily voi aiheuttaa pinnoitteen huonon tarttuvuuden, joka johtaa korroosion puhkeamiseen maalipinnan alta. (Tunturi 1999, 26.)

Pintakäsiteltävien tuotteiden esikäsitteilymenetelmiä on useanlaisia, joiden valintaan vaikuttavat kappaleen pintakäsitteilymenetelmä, kappalainen koko ja muoto, sekä tuotteen käyttöolosuhteet. Menetelmän valinnassa on hyvä ottaa huomioon myös tuotteen pinnalle suunniteltu puhdistustaso, koska puhdistuksen taso kasvattaa suoraan verrannollisesti esikäsitteilyn kustannuksia. Yleisimmin käytettyjä puhdistusmenetelmiä ovat mekaaninen ja kemiallinen esikäsitteily. (Tunturi 1999, 32.)

3.1 Mekaaninen esikäsitteily

Mekaanisen esikäsitteilyn avulla pyritään puhdistamaan tuotteesta mekaanisesti kiinteitä kerrostumia sekä ruoste. Mekaanista esikäsitteilymenetelmää käytetään useimmiten silloin kuin epäpuhtauksien poistaminen ei onnistu kemiallisilla puhdistusmenetelmillä. Joissakin tapauksissa menetelmää voidaan käyttää myös kemiallisen käsittelyn jälkeen. Ennen mekaanista käsittelyä tuotteen pinnalta on poistettava pesemällä nestemäiset aineet kuten öljy ja lika, koska mekaaninen käsittely saattaa pahimmassa tapauksessa levittää nestemäisiä aineita tuotteen pinnalla. (Tunturi 1999, 32; Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 60).

3.1.1 Mekaaniset puhdistusmenetelmät

Mekaaniset puhdistusmenetelmät on jaettu käsi- ja konepuhdistukseen sekä suihkupuhdistukseen. Käsi- ja konepuhdistuksessa käytettäviä työtapoja ovat esimerkiksi hiominen, kaavinta sekä harjaus. Menetelmä soveltuu hyvin myös viimeistelyyn, hitsaussaumojen käsittelyyn sekä ruosteen ja maalin poistoon. Menetelmää käytetään silloin kuin suihkupuhdistusmenetelmää ei voida käyttää. Varsinkin ohuille teräsrakenteille menetelmä soveltuu erittäin hyvin, koska menetelmä ei muokkaa metallia. Menetelmällä on kuitenkin haittapuolensa. Esimerkiksi koneellinen teräsharjaus kiillottaa helposti käsiteltävää pintaa, joka voi haitata maalin tarttumista. (Tunturi 1999, 32; Jokinen ym. 2001, 72.)

Suihkupuhdistusmenetelmä on kaikkein yleisin ja tehokkain mekaanisen puhdistuksen muoto, jossa rakeita suihkutetaan tuotteen pinnalle paineilman avulla. Rakeet suihkutetaan metallituotteen pinnalle kovalla nopeudella. Ne irrottavat epäpuhtauksia puhdistettavalta pinnalta tehokkaasti. Tehokkuuden lisäksi menetelmä poistaa myös valssihilseen sekä tuotteen pinta karhentuu käsittelyssä. Karhentaminen lisää maalin tarttuvuutta. Suihkupuhdistus lisää kuitenkin kustannuksia, koska menetelmässä tarvitaan hyvin paljon paineilmaa, käytettävät laitteet ovat suuria ja maalin kulutus lisääntyy karhennuksen myötä. Menetelmän haittoja ovat myös ympäristöön leviävä pöly, työturvallisuus riskien kasvaminen sekä menetelmää ei voida käyttää ohuille materiaaleille. Suihkupuhdistusmenetelmässä käytettävät materiaalit jaotellaan kierrätettäviin ja kertakäyttöisiin materiaaleihin. Kierrätettävät materiaalit vaativat rakeiden talteenotto- ja puhdistusjärjestelmän. Niitä käytetään yleensä erillisissä suihkupuhdistuslaitoksissa. Kertakäyttöiset materiaalit ovat taloudellisesti kannattavampia kenttäolosuhteissa, koska materiaalien talteenotto voi aiheuttaa suuria kustannuksia. Kuitenkin kertakäyttöiset materiaalit on kerättävä ja hävitettävä erikseen, joten tämäkin aiheuttaa lisäkustannuksia. Puhdistusalueen eristämisestä ja käytetyn rakeen keräämisen kustannukset voivat nousta jopa itse suihkutustyön kustannuksia suuremmiksi. Suihkupuhdistuksessa yleisimmin käytettäviä materiaaleja ovat luonnonhiekkä sekä teräsrake. (Jokinen ym. 2001, 62.)

3.1.2 Mekaanisen menetelmän valintaan vaikuttavat tekijät

Mekaanisen puhdistusmenetelmän valintaan vaikuttavat monet eri tekijät. Näitä ovat muun muassa puhdistettava materiaali, materiaalin paksuus, tavoiteltava puhdistusaste ja tavoiteltava pintaprofiili. Puhdistettavilla metalleilla on erilaisia ominaisuuksia, jotka tulee ottaa huomioon mekaanisen puhdistusmenetelmän valinnassa. Joillekin metalleille sopii ainoastaan yksi menetelmä, mutta jotkut menetelmät soveltuvat useampaan menetelmään. Yleisimmin mekaanisesti puhdistettavia metalleja ovat alumiini, ruostumaton ja sinkitty teräs, sekä kuuma- ja kylmävalssattu teräs. Näiden teräksien mekaaniset puhdistusmenetelmät on kuvattu liitteessä 3. (Jokinen ym. 2001, 60.)

Materiaalin paksuus vaikuttaa olennaisesti myös mekaanisen puhdistusmenetelmän valintaan. Ohuet teräsrakenteet eivät sovellu suihkupuhdistukseen, koska ne menettävät helposti muotonsa. Ohuet seinämäiset putket ovat myös erittäin alttiita muutoksille suihkupuhdistuksessa, joten ne eivät myöskään sovellu kyseiselle menetelmälle. Ohutta levy materiaalia voidaan puhdistaa suihkupuhdistusmenetelmällä, mutta se on suoritettava kevyillä materiaaleilla. Erikoiskohteissa puhdistuksessa voidaan käyttää esimerkiksi pähkinän kuoria ja muovirakeita. (Jokinen ym. 2001, 61.)

Tavoiteltava puhdistusaste tulee myös ottaa huomioon mekaanisen puhdistusmenetelmän valinnassa. Epäpuhtaudet ja ruoste tulisi aina puhdistaa mahdollisimman huolellisesti tuotteen pinnalta ennen maalausta, mutta täysin puhtaaksi sitä ei aina kannata puhdistaa taloudellisista syistä. Jotkut maalit soveltuvat myös puutteellisesti puhdistetulle pinnalle. Mekaaniselle puhdistukselle on määritelty laatuasteet standardiin SFS 8145, jossa on määritelty puhdistuksen laatuasteiden lisäksi puhdistuksen toimenpiteet (kuva 1.) . (Jokinen ym. 2001, 61; Teknos oy 2013, hakupäivä 30.7.2015, 18.)

PUHDISTUS				1	2	3	4	5	6
Maalattavat alueet	1	Rasvan, öljyn, pölyn, suojojen ja roskien poisto							
Hitsausliitokset ja ilman konepajapohjaa olevat alueet	2	Kevyt teräsharjaus							
	3	Teräsharjaus	St 2						
	4	Teräsharjaus (vain työselosteessa mainituissa erityiskohteissa)	St 3						
	5	Kevyt suihkupuhdistus	Sa 1						
	6	Huolellinen suihkupuhdistus	Sa 2						
	7	Hyvin huolellinen suihkupuhdistus	Sa 2½						
	Konepajapohjapintojen suihkupuhdistus	8	Kevyesti						
9		Huolellisesti							
10		Hyvin huolellisesti							
Vain työselosteessa mainituissa erityiskohteissa	11	Suihkupuhdistus metallinpuhtaaksi	Sa 3						

Kuva 1 Mekaanisen puhdistuksen laatuaste standardi SFS 8145 (Teknos oy 2013, hakupäivä 30.7.2015, 24.)

Tarvittavalla pintaprofiililla on myös merkitys puhdistusmenetelmän valinnassa. Esimerkiksi suihkupuhdistuksella pystytään karhentamaan tuotteen pintaa maalin tarttuvuuden lisäämiseksi. Karhentaminen lisää maalin tarttuvuutta, koska karhennetussa pinta-alassa tartuntapinta-ala kasvaa. Toisaalta, jotkut maalityypit vaativat karhennetun pinnan pintakäsittelyn onnistumiseksi. Karhentamisesta seuraa kuitenkin lisäkustannuksia, koska maalia kuluu enemmän tasaisen ja siileän lopputuloksen aikaansaamiseksi. (Jokinen ym. 2001, 61.)

3.2 Kemiallinen esikäsittely

3.2.1 Epäpuhtauksien poisto kemiallisella esikäsittelyllä

Kemiallisella esikäsittelyllä pyritään poistamaan tuotteen pinnalta epäpuhtaudet käyttämällä pesussa kemiallisia puhdistusaineita. Esikäsittelyprosessi suoritetaan useimmiten useassa vaiheessa kylvyissä, joilla on oma tarkoituksensa (Kieksi 2015.). Kemiallinen esikäsittelymenetelmä soveltuu erinomaisesti sekä orgaanisten ja epäorgaanisten epäpuhtauksien poistoon. Orgaanisia epäpuhtauksia ovat muun muassa saippuoituvat eläin- ja kasviöljyt, saippuoitumattomat mineraaliöljyt ja -vahat, sekä muut metallisaippuat. Orgaanisten epäpuhtauksien

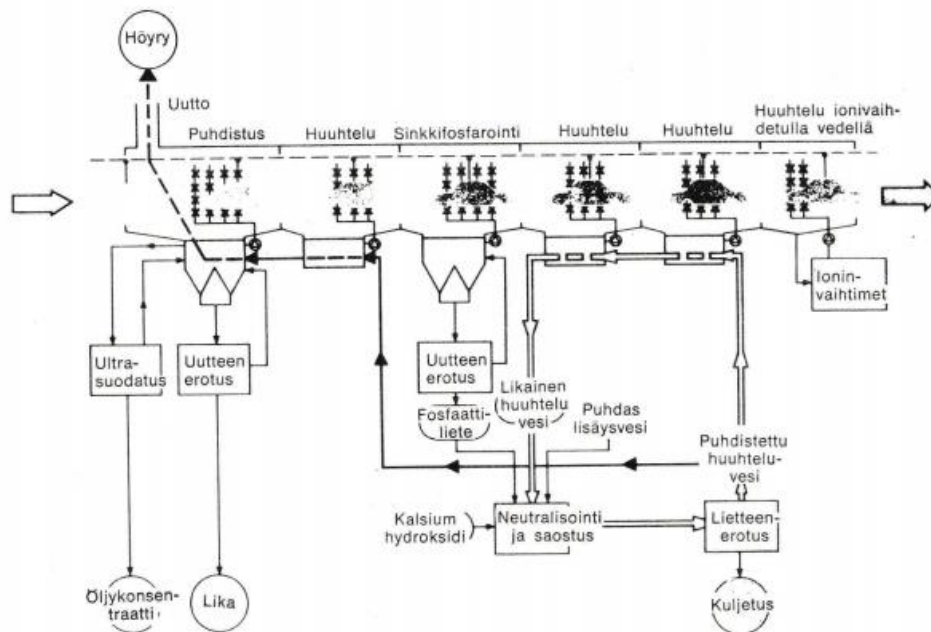
poistamista kutsutaan yleensä rasvanpoistoksi. Epäorgaanisia epäpuhtauksia ovat puolestaan oksidit, pöly, ruoste, hioma-aineet, lastut, suolat ja juotteet. Liitteessä 1 on taulukoituna epäpuhtaudet, niiden lähteet ja epäpuhtauden poistomenetelmät. Epäorgaaniset epäpuhtaudet poistuvat yleensä rasvanpoiston yhteydessä, joten erillistä käsittelyä ei tarvita. Puhdistuksen jälkeen kappaleen pinnalle voi jäädä vielä epäorgaanisia epäpuhtauksia, jotka voidaan poistaa peittaamalla. Peittaamisella pyritään poistamaan hapettunut pintakerros. (Tunturi 1999. 35 – 36; Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1981, 8.)

Epäpuhtauksien poiston tehokkuuteen kemiallisessa puhdistuksessa vaikuttavat olennaisesti lämpötila, esikäsittelyaika, mahdollinen mekaaninen tehostus ja pesuainekemia. Korkea lämpötila on tärkeää etenkin rasvanpoistossa, mutta liian korkea lämpötila tulee kuitenkin välttää veden haihtumisen ja ilman painehuurun lisääntymisen takia. Lisäksi energiakustannukset kasvavat veden turhan kuumentamisen vuoksi. Pitkä vaikutusaika puolestaan parantaa esikäsittelyn tulosta, mutta se aiheuttaa myös lisäkustannuksia sekä voi pahimmassa tapauksessa vaurioittaa esikäsiteltävää tuotetta. (Jokinen ym. 2001, 31 – 32.)

3.2.2 Kemialliset puhdistusmenetelmät

Rasvanpoistomenetelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään, joita ovat orgaanisilla liuottimilla tai alkalisilla liuoksilla suoritettavat käsittelyt. Orgaanisten rasvanpoistokemikaalien etuina ovat nopea rasvanpoistokyky, helppo regeneroitavuus sekä nämä kemikaalien soveltuvuus kaikille metalleille. Lisäksi erillistä vesihuuhtelua tai kappaleiden kuivausta ei tarvita. Orgaaniset rasvanpoistokemikaalit ovat kuitenkin myrkyllisiä ja niiden käyttökustannukset ovat suhteellisen korkeat. Alkaliset rasvanpoistoliuokset ovat vesipitoisia, joten ne ovat palamattomia ja myrkyttömiä kemikaaleja. Lisäksi nämä kemikaalit ovat kustannuksiltaan edullisempia, koska tarvittavat laitteet ovat yksinkertaisia. Puhdistuksen lopputulos on myös hyvä alkalisilla liuoksilla. Kuitenkaan menetelmä ei sovellu suurille rakenteille ja kyseinen puhdistusmenetelmä vaatii enemmän työvaiheita kuin orgaanisilla rasvanpoistokemikaaleille suoritettavassa esikäsittelyssä. (Forsèn, Ainali & Korpinen 1981, 2.)

Puhdistuksen jälkeen kappaleen korroosio- ja kulumiskestävyyttä voidaan parantaa fosfointijälkikäsitteilyllä. Fosfointi parantaa myös maalin tarttuvuutta sekä suojauskykyä. Käsitteily suoritetaan upottamalla kappale fosfointiliuokseen (kylpyyn), jolloin fosforihappo alkaa syövyttämään kappaleen pintaa ja samalla kappaleen pinnalle alkaa muodostumaan fosfaattikerros. Käsitteilyn jälkeen on tärkeää suorittaa kappaleen huuhtelu, jotta fosfaattikylvyn jätteet saadaan poistettua. Huuhteluvesi sisältää alkaleja, fosfaatteja sekä kostutusaineita. Fosfointinissa voidaan käyttää huuhteluveden kierrätystä, jonka avulla pyritään vähentämään jäteveden muodostumista sekä raakaveden käyttöä. Huuhteluveden kierrätyksessä fosfointikäsitteilyssä fosfaattiliete erotellaan, jonka jälkeen kylpy neutralisoidaan kaliumhydroksidilla. Neutralisoinnin avulla saavutetaan hyvin laskeutuva kalkkipitoinen liete, johon epäpuhtaudet saostuvat. Neutralisoinnin ja saostumisen jälkeen, liete ja puhdistettu huuhteluvesi erotellaan. Tämän jälkeen huuhteluvesi otetaan uudelleen käyttöön. Kuvassa 2 on esitetty fosfointihuuhteluveden kierrätysprosessi. Menetelmän avulla saavutetaan huomattavia kustannussäästöjä. Raakaveden kulutusta voidaan vähentää 2,5 – 5 litraa käsiteltävää neliometriä kohden. Lisäksi jäteveden määrä vähentyy merkittävästi kierrätyksen ansiosta.



Kuva 2 Huuhteluveden kierrätys fosfointinissa (Forsèn ym. 1981, 19).

3.3 Esikäsittelyn kustannukset ja kustannusten alentamisen keinoja

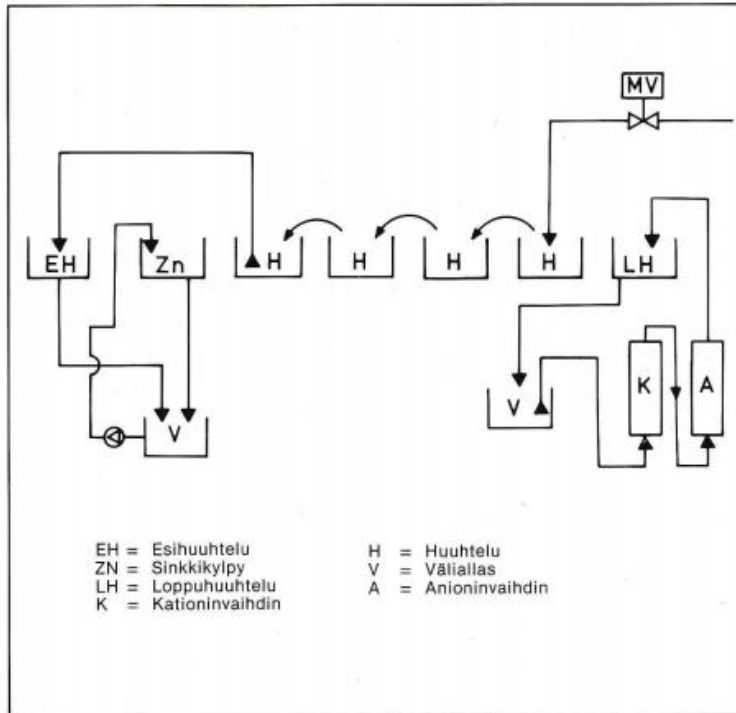
Esikäsittelykustannukset ovat merkittävä osa maalauksen kokonaiskustannuksista. Suurin osa esikäsittelykustannuksista muodostuu laite- ja käyttökustannuksista. Kulut tulisi aina pyrkiä pitämään mahdollisimman alhaisina, joten paras menetelmä ei ole välttämättäärkevin ratkaisu. Menetelmän valinnassa on tärkeää ottaa huomioon tuotteen laatuvaatimukset. Paras esikäsittelymenetelmä kannattaa valita ainoastaan niille tuotteille, joiden laatuvaatimus on todella korkea. Pienemmän laatuvaatimuksen omaaville tuotteille on taloudellisesti järkevää valita matalakustanteinen menetelmä, joka on kuitenkin riittävän hyvä takaamaan tuotteen laatuvaatimukset. (Jokinen ym. 2001, 33)

Menetelmän valinnassa on tärkeää ottaa huomioon myös maalauksen kokonaiskustannukset, koska kalliimpi esikäsittelymenetelmä voi tuoda kustannussäästöjä maalauksen kustannuksiin. Menetelmän valintaan vaikuttavat myös epäpuhtaudet, maalattavan tuotteen materiaali, kustannukset, korroosionestokyky, toteutettavuus sekä mahdolliset jälkikäsittelyt. (Jokinen ym. 2001, 33)

3.3.1 Huuhteluveden säästötoimenpiteet

Kemiallisessa esikäsittelyssä voidaan huuhtelua tehostaa käyttämällä ilmätehostusta. Kylpyjen sekoitus paranee ja altaaseen saadaan ilman avulla mekaanista liikettä. Vaikutusta voidaan vielä parantaa suuntaamalla voimakas vesisuihku kappaleeseen, kun se nostetaan altaasta. Huuhteluveden virtaamisen ohjaamisella voidaan myös vaikuttaa kustannuksiin. Virtausta ohjataan magneettiventtiilillä, jota säätelee johtokykymittari. Tällä voidaan estää veden virtaaminen altaissa silloin, kun huuhtelua ei suoriteta. Lisäksi on tärkeää suunnitella veden virtaaminen altaissa säännönmukaiseksi. Veden tulisi virrata altaan yläosasta altaan alaosaan, josta se jatkaa matkaansa seuraavan altaan yläosaan. Ripustus-tekniikalla voidaan myös vähentää siirtyvien huuhteluvesien määrää. Huuhteluveden säästämiseksi voidaan myös tiputusaikaa lisätä kylpyjen yläpuolella, jolloin huuhteluvesi valuu takaisin kylpyyn. (Forsèn 1986, 10.)

Huuhteluvettä voidaan uudelleen käyttää ilman puhdistusta esikäsitteilylinjan toisessa kylvyssä. Esimerkki huuhteluvesien kierrätyksestä on esitetty kuvassa 3. On kuitenkin tärkeää etteivät huuhteluveden epäpuhtaudet vaikuta toisessa kylvyssä haitallisesti. Yleensä puhdasta vettä käytetään vain sellaisessa vaiheessa, jossa huuhteluvedelle on asetettu korkeat laatuvaatimukset. Tehokas tapa säästää huuhteluvettä ja kemikaaleja on säästöhuuhtelualtaan käyttäminen heti päähuuhtelu altaan jälkeen. Esikäsiteltävät kappaleet kastetaan säästöaltaassa, jolloin osa väkevästä nesteestä jää säästöaltaaseen. Säästöhuuhtelualtaan vettä voidaan jälleen siirtää päähuuhtelualtaaseen korvaamaan siellä tapahtuvaa haihtumista. Huuhteluveden uudelleenkäytön vaarana kuitenkin on mahdolliset veden kemialliset ja fyysiset muutokset, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti huuhtelutapaan. Esimerkiksi happamat huuhteluvedet voivat aiheuttaa piipitoisen liuoksen kanssa piihapon saostumisen esikäsiteltävän kappaleen pinnalle. Hapan vesi saattaa hajottaa emulgoidun öljyn, jolloin öljypisarat tarttuvat tuotteen pintaan. Hyvin suunnitellulla huuhteluveden uudelleenkierrojärjestelmällä voidaan vaikuttaa merkittävästi esikäsitteilykustannuksiin. (Forsèn 1986, 11 – 13; Forsèn & Ainali 1980, 6.)



Kuva 3 Syanidisinkkilinjan huuhtelun uudelleenkiertojärjestelmä (Forsèn 1986, 13.)

3.3.2 Kemikaalien talteenottojärjestelmä

Kustannussäästöjä voidaan saada aikaan hyvin paljon kemikaalien talteenotolla. Säästöt muodostuvat muun muassa kemikaalien säästöstä, veden kulutuksen pienenemisestä sekä kemikaalien hävittämiseen aiheutuneista kuluista. Investointikustannusten kannattavuustarkastelussa tulee ottaa huomioon talteenottojärjestelmän lisäksi järjestelmässä tarvittavat apulaitteet. Kannattavuuslaskelma voidaan tehdä nykyarvomenetelmällä, jotta voidaan ottaa huomioon kertaluontoisten investointikustannusten lisäksi jatkuvat kustannukset sekä järjestelmän tuomat kustannussäästöt. Nykyarvomenetelmässä säästöt ja jatkuvat kustannukset kerrotaan nykyarvokertoimella. Kustannusten ja säästöjen pysyessä muuttumattomana nykyarvokerroin β lasketaan kaavalla 1. (Forsèn ym. 1981, 22.)

Nykyarvokertoinen laskentakaava (Forsèn ym. 1981, 22).

$$\beta = ((1 + p)^n - 1) / (1 + p)^n * p \quad (1)$$

missä

p	on	Laskentakorkokanta (% / vuosi)
n	on	Arvioitu elinikä vuosina

Talteenottojärjestelmän käyttökustannukset muodostuvat pääasiassa energiasta, ionivaihtimen regeneroinnista, massanvaihdosta sekä huoltokustannuksista. Nykyarvomenetelmässä ei oteta huomioon muuttuvia kustannuksia, kuten esimerkiksi kemikaalien tai energian hinnan nousua. Laskelmassa kannattaa huomioida tuotantokapasiteetin kasvu. Investointikustannukset eivät nouse samassa suhteessa tuotannon kasvun kanssa, joten volyymin kasvu lisää talteenottojärjestelmän kannattavuutta. Kemikaalien talteenottojärjestelmä on kannattavaa silloin kun kustannukset ovat säästöjä pienempiä. Laskukaavassa sijoitetaan investointikustannukset kaavan vasemmalle puolelle ja oikealle puolelle käyttökustannukset, vuotuiset säästöt, sekä nykyarvokerroin. Laskelman avulla voidaan todeta investoinnin kannattavuus. Kannattavuus on sitä parempi, mitä enemmän investointikustannukset alittavat kaavan oikean puolen tuloksen. Laskukaava on esitetty kaavassa 2. (Forsèn ym. 1981, 22).

Kannattavuuden tarkastelun laskukaava nykyarvomenetelmällä (Forsèn ym. 1981, 22.)

$$I = (W - K) * \beta \quad (2)$$

missä

I	on	Investointikustannukset
W	on	Vuotuiset kustannussäästöt
K	on	Vuotuiset käyttökustannukset
β	on	Nykyarvokerroin

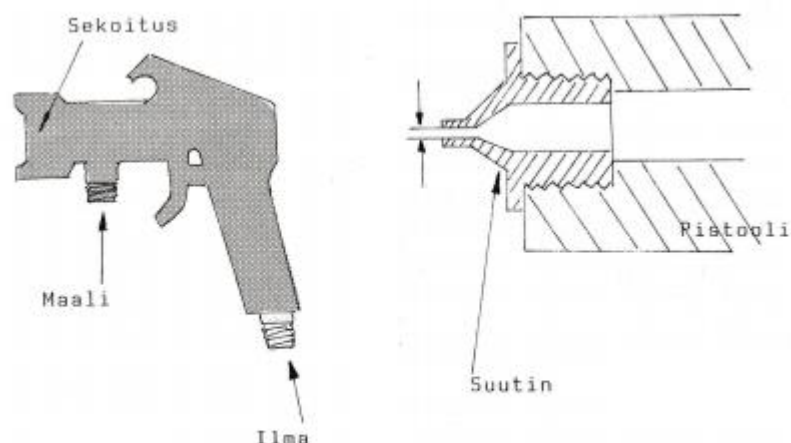
4 TEOLLISET RUISKUMAALAUSSMENETELMÄT

Ruiskumaalausmenetelmä on lähtöisin 1800-luvulta, jonka keksijä on Amerikkalainen tohtori Allen DeVillbiss. Hän keksi ensimmäisen nesteruiskun, jonka tarkoituksena oli ruiskuttaa lääkeainetta potilaan kurkkuun ja nenään. Tämän pohjalta kehiteltiin maalaukseen tarkoitettua ruiskutusta muutamaa vuotta myöhemmin muun muassa huonekalu- ja autoteollisuuteen. Ruiskumaalauksella saavutettiin tasainen maalipinta sekä maalauksessa pystyttiin käyttämään nopeasti kuivuvia maalityyppejä. (Tikkurila Oy 2009, hakupäivä 1.8.2015, 19; Jokinen ym. 2001 76.)

Ruiskumaalauksessa maali hajotetaan käsiruiskutuksessa sumuksi. Maalin hajottaminen voidaan saada aikaan syöttämällä maalia suurella paineella pienen suuttimen läpi, jolloin maali sumuuntuu ilmanvastuksen ja paineron vaikutuksesta. Maalin hajottamisessa voidaan käyttää myös paineilmaa. Ruiskumaalauksessa on käytössä useita eri menetelmiä, joita ovat hajotusilmaruiskutus, suurpaineruiskumaalaus sekä ilma-avusteiden suurpaineruiskutus. Lisäksi menetelmissä voidaan hyödyntää sähköstatiikkaa. (Jokinen ym. 2001 76 - 93.)

4.1 Hajotusilmaruiskutus

Hajotusilmaruiskutuksessa maalia syötetään maalipistoolien suuttimien keskelle, joko hydrostaattisen tai pienen ylipaineen avulla. Hajotusilmaruiskutuspuistooli esitetty kuvassa 4. Suuttimista tuleva maalिसuihku hajoo sumuksi kun ilma-suihku suunnataan maaliin eri puolilta. Ilmasuuttimen keskireiästä tuleva paineilmasuihku hajottaa maaliumun pyöröviuhkaksi, jonka jälkeen sivukanavista tuleva ilma hajottaa maaliumun hienojakoiseksi. Menetelmää kutsutaan myös sivuilma- ja matalapaineruiskutukseksi. (Jokinen ym. 2001 76; Teknos Oy 2013, hakupäivä 12.8.2015, 31.)



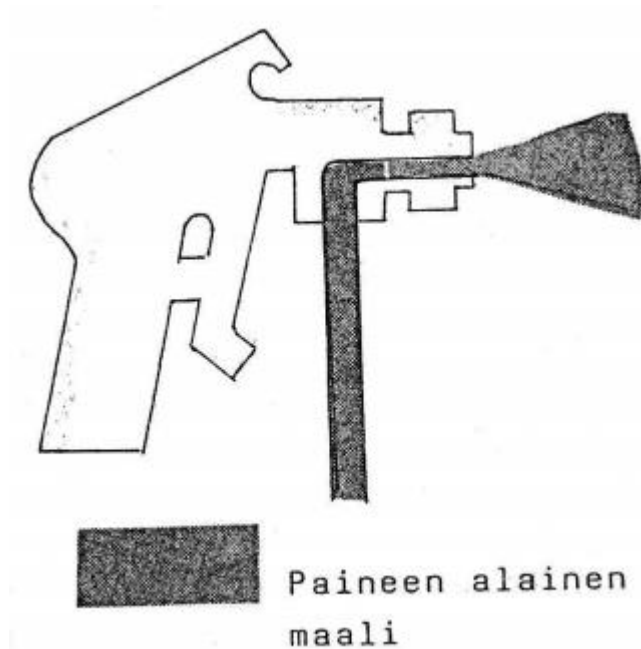
Kuva 4 Hajotusilmaruiskutuspistooli (Häkli 1994, 100).

Hajotusilmaruiskutusta käytetään yleisesti autoteollisuudessa sekä pientuotteiden maalauksessa. Menetelmä ei kuitenkaan sovi monimutkaisten tuotteiden maalaukseen, koska hajotusilma estää maalin pääsemisen ahtaisiin paikkoihin sekä pinnan huokosiin. Menetelmä ei myöskään sovellu paksujen kalvojen maalaukseen, koska maalaustulosta säädellään ohenteiden avulla. Menetelmän etuja ovat muun muassa korkealaatuiset maalaustulokset, monipuoliset säätöominaisuudet, pienet hankinta- ja käyttökustannukset sekä puhdistuksen ja värin vaihdon helppous. Hajotusilmaruiskutuksella voidaan myös pintakäsittellä tasaisesti vaikeasti maalattavia maaleja, kuten esimerkiksi metallihohtomaaleja. Menetelmän heikkouksia puolestaan ovat suuri ohennustarve, pieni maalauskapasiteetti, paineilman tarve, heikko siirto- hyötysuhde, runsas ohiruiskutus sekä kulmien ja sokkeloisten rakenteiden maalaaminen on vaikeaa. (Teknos Oy 2013, hakupäivä 12.8.2015, 31 – 32; Jokinen ym. 2001, 76 – 92.)

4.2 Suurpaineruiskumaalaus

Maalausmenetelmässä ei käytetä maalin hajottamiseen lainkaan paineilmaa, vaan maalia pumpataan korkean paineen avulla letkua pitkin pistooliin, josta maali tulee ulos pienaukkoisen kovametallisuuttimen läpi. Maalin ja ympäröivän ilman paine-ero aiheuttaa maalin sumuuntumisen. Suurpaineruisku on esitetty

kuvassa 5. Käytettävä paine valitaan maalin viskositeetin, ruiskutusominaisuuksien, maaliletkun pituuden sekä vaadittavan pinnan laadun mukaan. Korkean paineen hyödyntämisen vuoksi, menetelmää kutsutaan myös korkeapainemaalaukseksi. (Jokinen ym. 2001 84.)

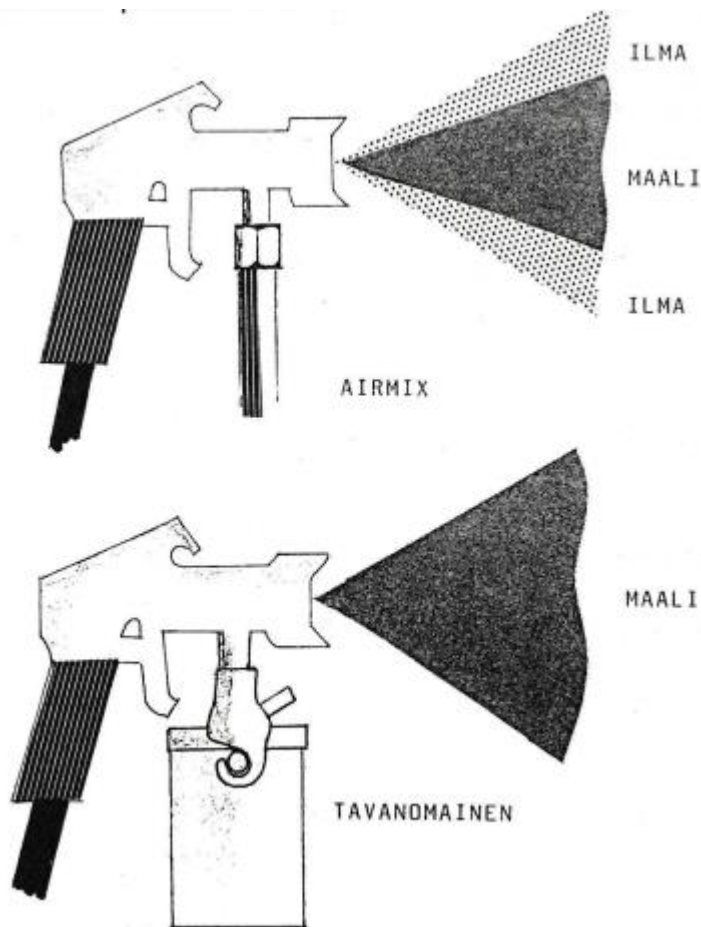


Kuva 5 Suurpaineruisku (Häkli 1994, 220.)

Suurpaineruiskumaalauksessa ei synny hukkaan menevää maalia niin paljoa kuin hajotusilmaruiskutuksessa, koska paineilmaa ei käytetä. Lisäksi suurpaineruiskutettu maali tunkeutuu hyvin pinnan huokosiin ja se kulkeutuu vapaasti ah-taisiinkin paikkoihin. Suurpaineruiskutuksen muita etuja ovat muun muassa pieni ohennustarve, ruiskutuspistoolin keveys, suuri maalikalvon paksuus sekä suuri maalauskapasiteetti. Kuitenkin suurpaineruiskutuksessa syntyvä maalisumu ei ole niin hienojakoista, kuin hajotusilmaruiskutuksella aikaan saatu maalisumu. Tämän vuoksi pinnan laatu on hivenen huonompi. Menetelmän muita haittoja ovat maalaustyön vaikea suorittaminen, korkeat hankinta- ja huoltokustannukset sekä suuri maalinpaine aiheuttavat turvallisuusriskin. (Jokinen ym. 2001, 84 – 93; Teknos Oy 2013, hakupäivä 14.8.2015, 32 – 33.)

4.3 Ilma-avusteinen suurpaineruiskutus

Ilma-avusteisessa suurpaineruiskutuksessa on yhdistelty hajotusilmaruiskutuksen ja tavallisen suurpaineruiskutuksen parhaat puolet. Laitteisto on hyvin samankaltainen kuin suurpaineruiskutuksessa, mutta siihen on lisätty pistooliin ilmasuutin. Ilmasuuttimesta tulee paineilmaa, joka lisää maalin sumuuntumista. Paineilmalla voidaan hyvin myös säätää maaliviuhkan leveyttä. Ilma-avusteinen suurpaineruisku on esitetty kuvassa 6. Menetelmän avulla saavutetaan hienojakoisempi maalisumu lisätyn paineilman avulla, sekä hyödynnetään suurpaineruiskutustekniikan korkeampi siirtohyötysuhde. Lisäksi menetelmä ei vaadi niin paljoa painetta kuin suurpaineruiskutuksessa vaaditaan. Ilma-avusteinen suurpaineruiskutus on syrjäyttänyt tuotantomaalauksessa lähes kokonaan tavallisen suurpaineruiskutuksen. (Jokinen ym. 2001, 91 – 93; Teknos Oy 2013, hakupäivä 14.8.2015, 35.)



Kuva 6 Ilma-avusteinen suurpaineruisku (Häkli 1994, 147).

4.4 Jauhemaalaus

Jauhemaalaus on kuivamaalausmenetelmä, joka on lähtöisin 1960- luvulta, mutta se yleistyi vasta 1960- luvulla (Tuominen 2015, 6.). Jauhemaalauksessa jauhe ruiskutetaan jauhepilvenä kappaleen ympärille, josta se sähköisen varauksen avulla siirtyy maalattavan kappaleen pinnalle. Tämän jälkeen kappale lämmitetään korkeassa lämpötilassa polttouunissa, jossa jauhe sulaa märeksi maaliksi ja tarttuu kappaleen pinnalle. Lämmittämisen jälkeen tuote jäähdytetään, jolloin maalikalvo kovettuu kappaleen pinnalle. (Jokinen ym. 2001, 120.)

Jauhemaalaus asettaa omat vaatimukset tuotteiden ripustamiselle. Suunnittelussa tulee huolehtia, että maalattavalla tuotteella on sähköinen yhteys kuljettimen runkoon hyvän maadoituksen varmistamiseksi. Kuljettimen koukkujen sekä ripustuskoukkujen tulee olla puhtaita ja ne eivät saa sisältää maalijämiä. Puutteellinen maadoitus haittaa maalin kiinnittymistä tuotteeseen. Ripustus tulee suunnitella siten, että maalattavalle pinnalle ei pääse kertymään liikaa jauhetta, vaan ylimääräinen jauhe pääsee valumaan pois. Lisäksi ripustuksen suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota itse maalaustyöhön. Kappaleen tulisi olla mahdollisimman helposti maalattavissa. Lisäksi ripustuskohtaksi tulisi valita kohta, joka näkyy lopputuotteessa mahdollisimman vähän, sillä ripustin jättää aina pienen jäljen maalattavaan kappaleeseen. Automaattinen maalausjärjestelmä asettaa vielä enemmän huomioitavia asioita maalattavien kappaleiden ripustamiselle. Esimerkiksi ripustimen laadulla on suurempi merkitys. Myöskin tuotteita tulisi ripustaa aukottomasti maalausradalle, jotta vältetään turhalta ohiruiskutukselta. Aina ei kuitenkaan voida asettaa tuotteita jatkuvaksi matoksi, koska jotkut tuotteet vaativat ripustamiseen erilliset orret. Tässä tapauksessa kappaleiden väliin jää aukko. Ohiruiskutusta voidaan vähentää automaattisen pysäytysjärjestelmän avulla, jolloin maalaus keskeytyy tyhjien välien kohdalla. Maalattavat kappaleet voivat myös sisältää kohtia, joita ei maalata. Näitä ovat muun muassa kierteet, reiät sekä maadoituspinnot. Maalaamattomat kohdat voidaan suojata esimerkiksi lämpöä kestäville teipeillä tai styrox-palloilla, jotka haihtuvat polttouunissa. (Jokinen ym. 2001, 134 – 136.)

Maalauksen jälkeen kappaleet siirretään polttouuniin vaunujen, kisko- tai ratakuljettimien avulla. Uunin korkea lämpötila sulattaa jauhemaalien kappaleen pinnalle ja sulamisen jälkeen maali kovettuu kiinni kappaleeseen. Uunitusajan tulee olla riittävä, jotta maalaustuloksesta tulee onnistunut. Aikaan vaikuttaa merkittävästi polttolämpötila, maalin ominaisuudet sekä materiaalin paksuus. Jauhemaalityypeillä on yleensä erin pituiset uunitusajat sekä polttolämpötilat. Yleensä on kannattavinta käyttää korkeaa lämpötilaa ja mahdollisimman lyhyttä polttoaikaa, jotta maalauslinjan läpimenoaika olisi mahdollisimman lyhyt. Lisäksi liian pitkä uunitusaika voi aiheuttaa maalin kellastumista. Etenkin epoksijauheet kellastuvat helposti. Kuitenkin liian lyhyt aika johtaa alipolttoon, jolloin maali joudutaan poistamaan kokonaan kappaleen pinnalta. Polttoajan suunnittelussa tulee noudattaa jauhemaalien valmistajan ohjeita, mutta usein uunitusaikaa pidennetään hieman valmistajan antamaa aikaa suuremmaksi. Tämä johtuu siitä että uunin lämpötilanäyttöjen ilmaiset lukemat näyttävät korkeampaa lämpötilaa, mitä kappaleen pinnan todellinen lämpötila on. Uunitusaikaan vaikuttaa merkittävästi myös maalattavan kappaleen paksuus. Suuret kappaleet lämpenevät hitaasti uunissa, joten uunitusaika on näiden kohdalla huomattavasti pidempi. Maalattava kappale tulee lämmitä riittävän nopeasti, koska hidas lämpeneminen voi aiheuttaa huonon taasoittumisen sekä maalipinnasta voi tulla appelsiinihuorimainen. Kappaleiden lämpötilan nousua voidaan nopeuttaa uuniin sijoitetuilla IR- säteilijöillä, mutta ne soveltuvat ainoastaan levymaisille ja tasapaksuille kappaleille. (Jokinen ym. 2001, 136 – 138.)

Jauhemaalauksen suurena etuna on ohiruiskutetun jauhemaalien kierrätys mahdollisuus. Maalaus tapahtuu maalauskaapissa, jossa ylimääräinen jauhe imetään kappaleista talteen. Jauhe erotellaan suodattimien tai syklonien avulla, josta jauhe siirtyy erillisiin astioihin. Kierrätettävän jauheen tulee olla puhdasta, eikä se saa sisältää jäämiä edellisestä värisävyistä. Sen vuoksi seulonta on tärkeää ennen kuin jauhe palautetaan uudelleen käyttöön. (Jokinen ym. 2001, 130.)

Jauhemaalauksen etuja verrattuna märkämaalaukseen:

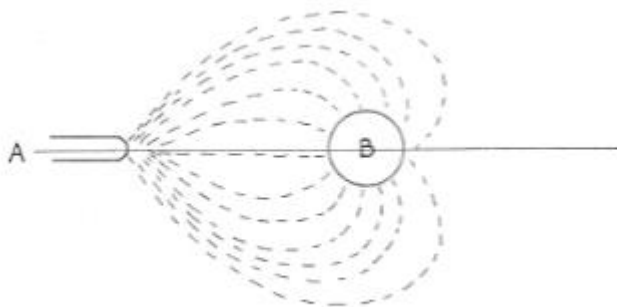
- Jauhemaalattun pinnan kulutuksen kestävyys on parempi.
- Yhdellä maalauskeralla voidaan toteuttaa paksumpi maalikalvo.
- Automatisointi on helpompaa.
- Työturvallisuus. Liuotinvapaamenetelmä on paloturvallisempi.
- Värinvaihto on helppoa ja nopeaa. (Tuominen 2015, 7.)

Jauhemaalauksen heikkoudet verrattuna märkämaalaukseen:

- Jauhemaalain suuri erä koko. Myydään usein 20kg paketeissa.
- Maalattavan kappaleen tulee kestää korkeita lämpötiloja.
- Jauhemaalauslaitteisto on kallis investointi.
- Korroosionkesto on heikompi. (Tuominen 2015, 8.)

4.5 Sähköstaatiikan hyödyntäminen maalauksessa

Sähköstaattisessa ruiskumaalauksessa maalattava kappale maadoitetaan ja maali varataan sähköisesti. Plus- ja miinusmerkkiset varaukset vetävät toisiaan puoleensa, jonka ansiosta varautuneet maalipisarot ohjautuvat sähkökentässä kappaleen pinnalle. Kuvassa 7 pinnoitehiukkaset varataan pistoolissa A ja ne seuraavat kenttäviivoja pitkin maalattavaan kappaleeseen B (Häkli 1994, 236 – 237.). Menetelmää voidaan käyttää kaikissa ruiskumaalausmenetelmissä, mutta yleisimmin sitä käytetään hajotusilma- ja ilma-avusteisessa suurpaineruiskutuksessa. (Jokinen ym. 2001, 110.)



Kuva 7 Sähköstaattinen maalaus (Häkli 1994, 237.)

Sähköstaattinen maalaus vaatii paljon onnistuakseen. Maadoituksen tulee olla ehdottomasti kunnossa parhaan maalaustuloksen saavuttamiseksi. Puutteellinen maadoitus voi aiheuttaa maalisumun kiertymisen maalarin päälle. Erityisesti pienten tuotteiden maalauksessa maadoituksen järjestäminen voi tuottaa ongelmia. Sähkönjohtamiskykyä voi haitata myös kuljetinradan ripustuskoukkujen epäpuhtaudet. Lisäksi riittävän hienojakoinen maalisumu on perusedellytys sähköstaattisen maalauksen onnistumiselle. Jos maalipisarat ovat liian painavia, ne karkaavat helposti sähkökentästä. Painon lisäksi maalauksen onnistumiseen vaikuttaa merkittävästi maalipisaran nopeus. Liian suuri nopeus aiheuttaa myös maalin poistumisen sähkökentästä poistoilmaan. Tähän voidaan vaikuttaa ruiskutusmenetelmällä, poistoilman virtausnopeudella sekä ruiskutusetaisyydellä. Ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa myös olennaisesti sähkön johtokykyyn. Suhteellisen kosteuden tulisi olla yli 40 prosenttia, koska liian kuiva ilma haittaa sähkön johtavuutta. Lisäksi maalattavan kappaleen tulee olla sähköä johtavaa. Metallikappaleet johtavat sähköä, mutta esimerkiksi liian paksu pohjamaalikerros voi muuttaa kappaleen eristäväksi. Metallikappaleen sähkön johtavuuden lisäksi, myös itse maalilla tulee olla sisäinen vastus. Lisäksi kappaleen muoto tulee olla sopiva sähköstaattiselle maalaukselle. Varautuneet maalipisarat ohjautuvat kappaleen lähimmälle pinnalle, joten kotelomaisten tuotteiden maalaus ei välttämättä onnistu. (Jokinen ym. 2001, 111 – 112.)

Sähköstatiikan hyödyntämisellä voidaan vaikuttaa merkittävästi materiaali- ja työ- kustannuksiin. Säästöä syntyy etenkin jos käytössä on kalliita maaleja, koska maalihukka on huomattavasti pienempi. Myöskin monimuotoisten kappaleiden

maalaaminen on huomattavasti nopeampaa. Lisäksi sähköstatiikalla saavutetaan tasaisempi maalikalvo. Kuitenkin sähköstatiikan lisääminen maalauslaitteisiin tuo lisäkustannuksia, sekä laitteisto vaatii erityistä huolellisuutta käytön ja puhdistuksen suhteen. (Jokinen ym. 2001, 112.)

5 MAALAUUS PINTAKÄSITTELYMENETELMÄNÄ

Metallipintojen maalausta kutsutaan myös korroosionestomaalaukseksi. Suomalaiset korroosionestomaalauksen standardit on lueteltu liitteessä 3. Maalaus antaa metallituotteelle suojaavan pinnan, jonka avulla pyritään suojaamaan tuote korroosiolta. Lisäksi maalaamisella pystytään vaikuttamaan lopputuotteen ulkonäöllisiin seikkoihin. Maalauksen avulla metallille saavutetaan ominaisuuksia, joita sillä ei alun perin ole. (Tikkurila oy 2009, hakupäivä 30.7.2015, 3, 28).

5.1 Maalityypit

Maalityyppejä voidaan jaotella usealla eri tavalla. Niitä voidaan jakaa kuivumistavan mukaan, mutta yleisimmin maalit jaotellaan niiden sisältämien sideaineiden ja sideaineiden kuivumisen mukaan. Sideaine vaikuttaa eniten maalityypin ominaisuuksiin. Maalit koostuvatkin sideaineista, pigmenteistä, liuotteista sekä muista apuaineista. (Tikkurila Oy 2009, hakupäivä 31.7.2015, 34).

Maalityypit jaotellaan kuivumistavan mukaan seuraavasti:

- Fysikaalisesti kuivuvat maalit
- Kemiaalisesti kuivuvat maalit
- Vesiohenteiset maalit. (Tikkurila Oy 2009, hakupäivä 31.7.2015, 34)

Fysikaalisesti kuivuvien maalien kalvo muodostuu, kun sen sisältämät liuottimet haihtuvat kappaleen pinnalta. Haihtuminen tapahtuu sidosaineiden molekyylien tulesa riittävän lähelle toisiaan. Maalin kuivuminen on täysin riippuvainen liuottimien haihtumisnopeuteen. Siihen vaikuttaa myös olennaisesti maalikalvon paksuus. Nämä maalien kalvo voi liueta uudelleen liuottimella ja kalvo myös pehminee lämmön vaikutuksesta. Fysikaalisesti kuivuvia maaleja ovat muun muassa kloorikautsu-, vinyyli- ja akryylimaalit. (Tikkurila Oy, hakupäivä 31.7.2015, 34).

Kemiallisesti kuivuvien maalien kalvon muodostuminen tapahtuu kemiallisessa reaktiossa, jolloin nestemäinen pienmolekyylinen sideaine verkkoutuu ja molekyylien koko kasvaa. Nämä maalit puolestaan eivät pehmene lämmön vaikutuksesta toisin kuin fysikaalisesti kuivuvat maalit, koska verkkoutunut maalikalvo ei ole termoplastinen. Kemiallisesti kuivuvat maalit eivät myöskään liukene liuotteisiin, mutta maalikalvo voi turvota liuotteista jos verkkoutumisaste on pieni. Kemiallisesti kuivuvat maalit voidaan jakaa edelleen neljään ryhmään, joita ovat happettumalla kuivuvat maalit, kosteuskovettuvat maalit, kaksikomponenttimaalit sekä polttomaalit. Taulukossa 1 on esitetty näiden maalien ominaisuudet. (Tikkurila Oy 2009, hakupäivä 31.7.2015, 34).

Vesiohenteiset korroosionestomaalit ovat kehittyneet huomattavasti, joten niitä voidaan käyttää nykyään yhä enemmän. Vesiohenteisissa maaleissa käytetään hyvin paljon samoja sideaineita kuin liuotinohenteisissä maaleissa, joten niissä on hyvin paljon samoja ominaisuuksia. Samoja sideaineita ovat muun muassa alkydit, epoksit, akryylit ja vinyylit. Vesiohenteiset maalit asettavat kuitenkin eritysvaatimuksia maalaamiselle, koska vesi kostuttaa rasvaisen pinnan huonosti. Näin ollen esikäsittelyn merkitys korostuu. Vesiohenteisten maalien etuna on ympäristöystävällisyys, työolosuhteiden parantuminen sekä paloturvallisuus. (Tikkurila Oy 2009, hakupäivä 1.8.2015, 34)

5.2 Maalausolosuhteet

Maalauksen onnistumisen kannalta on otettava huomioon myös olosuhteet, jotka vaikuttavat merkittävästi työn tulokseen. Näitä ovat muun muassa ilman lämpötila, ilmanvaihto sekä ilmankosteus. Nämä tekijät vaikuttavat koko prosessin ajan, mutta myös maalauksen jälkeen kuivumisaikana. Tärkeintä on kuitenkin noudattaa maalitoimittajan antamia ohjeita, jotta pystytään takaamaan paras mahdollinen työn tulos. Yleensä pyritään siihen, että olosuhteet olisivat samat tai paremmat kuin, mitä maalin teknisissä tiedoissa on ohjeistettu. (Tikkurila Oy 2009, hakupäivä 31.7.2015, 29)

Ilman suhteellinen kosteuden vaikutus näkyy eri tavoin maalien kuivumis- ja kalvonmuodostumisominaisuuksissa. Liuotinhenteisillä maaleilla suhteellinen ilmankosteus ei saa ylittää 80 prosenttia, mutta vesiohenteisilla maaleilla ilman suhteellinen kosteus ei saa ylittää 70 prosenttia. Liiallinen ilman kosteus hidastaa maalin kuivumisaikaa, sekä lisää valumisherkkyyttä. Kuitenkin liian alhainen ilman kosteus saattaa aiheuttaa pintahäiriöitä maalin pinnassa. Ilman kosteuteen voidaan vaikuttaa ilmaa lämmittämällä tai viilentämällä. (Tikkurila Oy 2009, hakupäivä 31.12.2015)

Korkea lämpötila nopeuttaa huomattavasti maalin kuivumista. Liian alhainen lämpötila vaikuttaa puolestaan haitallisesti viskositeettiin, ruiskutettavuuteen, kovetumiseen, kestävyYTEEN sekä kuivumiseen ja kalvonmuodostukseen. Lisäksi lämpötilan tulee olla metallin pinnalla +3 astetta yli ilman kastepisteen, koska metallin pinnalle voi aiheutua kondenssia maalattavan pinnan lämpötilan ollessa ympäristöä alhaisempi. Alhainen lämpötila nostaa maalin viskositeettia huomattavasti, joten maalia joudutaan ohentamaan enemmän. Liiallinen ohentaminen hidastaa entisestään maalin kuivumista, etenkin vesiohenteisissa maaleissa. Fysikaalisesti kuivuvat maalit poikkeavat kuitenkin muista maaleista, koska ne kuivuvat myös pakkasessa. Näitä on kuitenkin säilytettävä lämpimissä tiloissa, jotta voidaan taata tavoitteiden mukaiset kalvonpaksuudet ja ohenteita ei tarvita niin paljon. Vaikka korkea lämpötila takaa nopean kuivumisen, se voi myös liian korkeana vahingoittaa maalipintaa. Liian voimakas tuuletus ja korkea kuivausilman lämpötila nopeuttavat ohenteiden ja liuotteiden haihtumista maalattavalta pinnalta. Se voi aiheuttaa helposti liian nopean kuivumisen sekä osa liuotteista saattaa jäädä maalikalvon sisälle. Lisäksi voimakas tuuletus ja korkea kuivaus lämpötila voi aiheuttaa maalikalvon repeämistä, kuplia, kraaterimaisia huokosia, kiiltovaihteluita sekä kalvon pehmenemisen. (Tikkurila Oy 2009, hakupäivä 31.7.2015, 32 – 33).

5.3 Maalauksen laadunvalvonta

Maalauksen laatua ei voida arvioida ainoastaan lopputuloksen perusteella, vaan laadunvalvonnassa täytyy ottaa huomioon kaikki maalausprosessin vaiheet. Kuvassa 8 on esitetty maalauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät. Näiden pohjalta yrityksen on järkevää laatia maalattaville tuotteille laatusuunnitelma. Suunnitelmassa määritellään laatutavoitteet, vastuut ja valtuudet, sopivat laaduntarkastusmenetelmät, suunnitelma muutosten ja vaihdosten tekemiseksi, menetelmät ja työhjeet. (Teknos Oy 2013, hakupäivä 23.8.2015, 44 – 45.)

Maalauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät



Kuva 8 Maalauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät (Teknos Oy 2013, hakupäivä 23.8.2015, 45.)

Laadunvalvonta voidaan jakaa työnaikaiseen sekä valmiin tuotteen valvontaan. Maalaustyön aikana suoritettua laadunvalvonnassa tarkastetaan maalattavan pinnan puhtaus, jolla valvotaan esikäsittelyn onnistumista. Työn aikana pystytään

tarkastamaan myös työvälineet ja maalin laatu. Lisäksi tarkastuksiin kuuluu olosuhteiden tarkastus, maalikalvon visuaalinen tarkastus sekä maalikalvon märkä- ja kalvonpaksuudet. Valmiin tuotteen tarkastuksessa puolestaan laadunvalvonta suoritetaan visuaalisesti tai mittalaitteilla tehtävillä kokeilla. Silmämääräisesti pysyttään tarkastamaan lopputuotteen vaikeasti maalattavat paikat, pinnan maalaimattomat kohdat sekä maalikalvon virheet. Maalikalvossa voi olla erilaisia häiritseviä virheitä, kuten kuplia, huokosia, kraatereita, valumia, appelsiinimaista pintaa tai karheita kohtia. Lisäksi laaduntarkastuksessa havaitaan silmämääräisesti erilaiset kiilto- ja sävyerot. Mittalaitteilla suoritettulla laadunvalvonnalla tarkastetaan puolestaan maalikalvon paksuutta ja tarttuvuutta. Mittalaitteilla suoritettuja mittauksia ovat muun muassa märkäkalvomittaus sekä kuivakalvonmittausmenetelmät. Maalikalvon tarttuvuutta mitataan vetokokeella sekä hilaristikkokokeella. (Tunturi 1999, 163 – 164.)

5.4 Maalauksen kustannukset

Maalauksen kustannukset muodostuvat monista eri tekijöistä maalauksen erivaiheissa. Kustannukset koostuvat suorista ja epäsuorista tekijöistä, mutta myös ennakoinnattomia kuluja voi syntyä. (Tikkurila Oy 2013, hakupäivä 1.8.2015, 52.)

Maalauksen suorina kustannuksina ovat:

- esikäsittelykustannukset
- maalit, ohenteet, työvälineet ja suojaustarpeet
- työnsuorituskustannukset
- työnjohto ja valvonta
- vakuutukset
- hallinnon kustannukset
- maalaamon yleiskustannukset. (Tikkurila Oy 2013, hakupäivä 1.8.2015, 52).

Maalauksen epäsuoria kustannuksia ovat:

- maalausolosuhteiden ylläpitokustannukset (ilmastointi, kosteuden poisto ja lämmitys)
- teline-, työnsuojelu-, kuljetus- ja siirtokustannukset
- valmiiden pintojen korjausmaalaus-kustannukset. (Tikkurila Oy 2013, hakupäivä 1.8.2015, 52).

Maalauksen ennakoimattomia kustannuksia voivat olla:

- työn keskeytymisestä aiheutuvat kustannukset.
- materiaalin tai maalin laatuvirheestä aiheutuvat kustannukset.
- tuotannon seisaus. (Tikkurila Oy 2013, hakupäivä 1.8.2015, 52).

5.4.1 Vaikutukset maalaus-kustannuksiin

Maalaus-kustannuksien kannalta tärkein tekijä on maalauksen laatu, koska huonosti suoritettu pintakäsittely tuo huomattavia lisäkustannuksia. Tämä voi johtaa paikkamaalaukseen tai pahimmassa tapauksessa tuotteen kokonaan uudelleen maalaamiseen. Maalauksen kustannuksiin vaikuttaa olennaisesti myös maalauspaikka- ja tapa. Maalauksen suorittaminen maalaamossa on usein edullisempaa ja laadukkaampaa kuin kenttämaalaus. Pienemmissä yrityksissä kenttämaalaus voi kuitenkin tulla edullisemmaksi, jos maalausmäärät ovat vähäiset. (Tikkurila Oy 2013, hakupäivä 30.7.2015, 52.)

Kustannuksiin vaikuttaa hyvin merkittävästi myös maalauksen kestävyys. Pintakäsittelyn onnistumisen kannalta on tärkeää ottaa huomioon teräsrakenne jo suunnitteluvaiheessa, jotta saadaan aikaan mahdollisimman hyvä korroosion kestävyys sekä pintakäsittelytulos. Pinnoitteen kestävyys vaikuttavat pintakäsittelyn ajankohta, paikka ja kesto, sekä tuotteen asennustapa ja huoltomaalausmahdollisuudet. Lisäksi hyvin merkittävästi pinnoituksen kestävyys vaikuttaa tuotteen käyttöolosuhteet. Maalaustuloksen kestävyys lisäksi kustannuksiin vaikuttaa myös itse maalausjärjestelmän kestävyys. Järjestelmän kestävyys

vaikuttavat muun muassa rakenteen muoto, maalausjärjestelmät, täsmälliset sopimukset, ammattitaitoisen henkilöstön käyttö, työsuunnittelun rationalisointi sekä oikein suunniteltu ja järjestetty laadunvalvonta. (Tikkurila Oy 2013, hakupäivä 30.7.2015, 4, 52 - 53).

5.4.2 Maalausmenetelmien kustannusvertailua

Märkämaalit ovat usein samaa hintaluokkaa kuin jauhemaalit, kuitenkin jauhemaalauksessa saavutetaan kustannussäästöjä pienemmän maalihävikin ja ohenteiden tarpeettomuuden ansiosta. Jauhemaalauksessa käyttökustannukset ovat myös usein pienemmät kuin märkämaalauksessa. Taulukossa 1 on esitetty eri maalausmenetelmien kustannusvertailua. Taulukosta voidaan havaita liuotinohteisen märkämaalauksen olevan kaikista kallein maalausmenetelmä ja jauhemaalauksen olevan kaikkein edullisin. Taulukosta voidaan myös havaita, että ohenteita käyttävät maalausmenetelmät ovat huomattavasti kalliimpia verrattuna High Solids- ja jauhemaalaukseen. (Veiste 2008, 16.)

Taulukko 1. Maalausmenetelmien kustannusvertailu (Veiste 2008, 17).

Kustannus	Liuoteohenteinen märkämaalauus [\$]	High Solids-maalauus [\$]	Vesiohenteinen [\$]	Pulverimaalaus [\$]
Maali	192376	133595	187032	125206
Työ ja huolto	176410	176410	176410	88131
Energia	22434	13851	14434	16068
Uusintamaalaus	31298	25908	30230	4588
Kokonaiskust./vuosi	422518	349764	408106	233993
Kust./m ²	1,82	1,51	1,72	1,01

6 PROJEKTIN TOTEUTUS

6.1 Projektin tausta ja tavoitteet

Jauhemaalamo on ollut vasta vähän aikaa toiminnassa, joten siellä on vielä hyvin paljon kehitettävää. Pientuotteiden maalauksen lisääntymisen vuoksi maalaustarvikkeiden määrä kasvoi huomattavasti, joten kustannusten arviointi muodostui hyvin haastavaksi. Aiemmin yrityksellä ei ole ollut maalaamolle olemassa tarkkaa kustannuslaskentaa, vaan kustannusten budjetointi on aikaisempina vuosina suoritettu arvion perusteella.

Opinnäytetyöni aiheeksi muodostui hyvin nopeasti kustannuslaskurin kehittäminen maalaamon budjetoinnin suunnittelun tueksi. Maalausprosessissa tarvitaan hyvin paljon erilaisia tarvikkeita, maaleja sekä kemikaaleja, joiden kustannuksia on hyvin vaikea laskea ilman tarkkaa kustannuslaskuria. Aluksi suunniteltiin kustannuslaskurin kehittämistä ainoastaan maalaustarvikkeille, mutta hyvin pian huomattiin että kustannuslaskuriin pystyttiin hyvin helposti liittämään myös jauhemaalalin ja kemikaalien kulutuksen kustannuslaskennan. Jauhemaalalien kulutus nimikkeille oli myös aiemmin laskettu arvioon perustuen, joten päädyttiin laajentamaan kustannuslaskuria.

6.2 Käytettävät työkalut

Kustannuslaskuri toteutettiin Microsoft Excel -ohjelmistolla ja valmis työ sijoitettiin yrityksen verkkoasemalle. Tiedoston käyttöoikeuksia rajattiin siten, että tiedoston muokkaamiseen annetaan oikeudet kustannuslaskurin tekijälle sekä jauhemaalamon esimiehelle. Tiedoston katseluoikeuksia ei kuitenkaan rajata. Tällä varmistetaan tietojen oikeellisuus.

Merkittävänä aputyökaluna opinnäytetyössäni toimii SAP- järjestelmä, jota käytän kustannuslaskurissa tietojen hakemiseen. Sen avulla pystyttiin hakemaan

laskuriin kaikki maalattavat nimikkeet, kuvat maalattavista nimikkeistä, nimikkeisiin käytettävän jauhemaalien tiedot sekä tarvittaessa tarkentamaan nimikekohtaisia tietoja. Jauhemaalien kustannuslaskentaan tarvittiin 3D- kuvia, joista pystyttiin katsomaan maalattavien osien pinta-alat. 3DVIA- ohjelman avulla selvitettiin kaikkien nimikkeiden pinta-ala tiedot.

Kustannuslaskuria varten tuli selvittää nimikkeiden vuosittaiset tuotantomäärät. Osto-osasto oli juuri kehittänyt Microsoft Excelin pohjalle Datapankin, josta löytyy kattavasti tietoa kaikista tuotannossa käytettävistä nimikkeistä. Osto tekee säännöllisin väliajoin uuden version datapankista, jotta nimikekohtaiset tiedot sekä tuotantomäärät pysyvät tiedostossa ajan tasalla ja oikeellisin

6.3 Projektin käynnistäminen

Projekti käynnistettiin toukokuun alussa yhdessä työnantajan kanssa. Tavoitteena oli rakentaa kustannuslaskuri valmiiksi elokuun alkuun mennessä. Työkalu haluttiin valmiiksi heti kesäloma tauon jälkeen, koska maalaamon esimies tarvitsi kustannuslaskennan myös kyseisen kauden kustannuksista. Tarkoituksena oli tehdä vertailua arvioidun budjetin ja laskentaan perustuneen kustannuslaskennan välillä.

6.4 Projektin vaiheet

6.4.1 Maalattavien nimikkeiden suodattaminen

Ensimmäisenä toimenpiteenä kustannuslaskurin pohjalle oli hankittava maalattavat nimikkeet, jotta päästiin rakentamaan laskuria Exceliin. Nimikkeitä ei löytynyt valmiina listana, joten jouduimme luomaan SAP- järjestelmään yhden erottavan tekijän maalaamattomien ja maalattavien omavalmisteiden välille. Toiminnanohjausjärjestelmässä oli käytössä tarvesuunnittelija-ryhmittely, jonka perusteella nimikkeitä jaotellaan ostotapahtumien mukaan. Omavalmistus osille oli jo olemassa oma numerokoodi, mutta maalattuja ja maalaamattomia osia ei ollut vielä

eroteltu omille numerokodeille. Yhteistyössä maalaamon ja tuotannon suunnittelun kanssa maalattaville osille saatiin rakennettua oma numerokoodi, jonka jälkeen kustannuslaskurin rakentaminen voitiin aloittaa.

6.4.2 Laskurin rungon rakentaminen

Kustannuslaskurissa on kolme laskentaryhmää, joten päätin jakaa ripustustuotteet, maalit sekä kemikaalit omille välilehdilleen. Ensimmäisenä välilehtenä laskurissa on nimikkeet välilehti, joka sisältää maalattavien osien nimikenumerot, osien nimet sekä tuotantomäärät. Päävälilehdeltä tein linkityksen muille välilehdille, jotta nimikkeiden tuotantomäärät päivittyisivät automaattisesti tietojen muuttua.

Projektiin alkuvaiheessa tarkoituksena oli yhdistää datapankki kustannuslaskuriin siten, että nimikkeiden tiedot ja tuotantomäärät päivittyisivät automaattisesti. Huomasimme kuitenkin hyvin pian, ettei alkuperäinen suunnitelma tule toimimaan. Datapankista ajetaan uusi versio kuukausittainen erilliseksi tiedostoksi, joten linkitys jouduttaisiin jatkuvasti tekemään uudestaan kustannuslaskurin ja datapankin välille. Lisäksi maalaamo tarvitsi tiedon uusista sekä poistuvista nimikkeistä, joita ei tällaisessa linkityksessä olisi voitu havaita. Ongelmaan löysin hyvin pian ratkaisun luomalla laskuriin apuvälilehden uusien ja vanhojen tietojen vertailuun. Välilehdelle tehtiin sarakkeet siten, että vasemmalle puolelle sijoitettiin nimikkeiden vanhat tiedot ja oikealle puolelle uudet tiedot. Vanhojen tietojen sarakkeisiin tehtiin linkitys päävälilehdelle, jotta tiedot siirtyisivät kyseisistä sarakkeista automaattisesti tietoja jakavalle välilehdelle. Uuden datapankin version luomisen jälkeen, tiedot haettaisiin apuvälilehden oikealle puolelle. Apuvälilehdelle lisättiin ehdollinen muotoilu, joka vertaisi uusien ja vanhojen tietojen sarakkeita niin, että eroavat solut muuttuvat punaisiksi. Näin taulukon käyttäjä näkee sarakkeista poistuneet nimikkeet, sekä uudet nimikkeet. Kyseisestä taulukon ominaisuudesta tulee olemaan erinomainen hyöty kustannuslaskennan lisäksi ripustimien suunnittelussa, koska jatkossa maalaamon esimies havaitsee uudet nimikkeet hyvin varhain kustannuslaskurissa. Maalaamo pystyy luomaan uusille

nimikkeille tiedot ripustuskorttiin ennen tuotantoa, joka siten myös auttaa ripustimien kustannuslaskennassa.

6.4.3 Ripustustarvikkeiden kustannuslaskenta

Maalaamossa käytetään hyvin paljon erilaisia ripustimia, sekä erilaisia ripustamiseen liittyviä aputuotteita maalattaville osille. Ripustustarvikkeiden laskuri koostuu sarakkeisiin avattavista luetteloista, joista voidaan valita nimikkeille ripustustyyppi ja aputuotteet. Ripustustarvikkeiden hintatiedot laskuri hakee ripustustyyppi ja aputuotekohtaisesti Excelin Phaku- toiminnolla, joten näitäkään ei tarvitse syöttää laskuriin käsin.

Ripustustarvikkeiden kustannusten laskenta rakennettiin siten, että laskuri laskee kaavan avulla nimikekohtaisesti vuosittaisen tuotantomäärän mukaan tarvittavan ripustimien määrän vuodessa sekä niiden kustannuksen. Laskennan pohjaksi haettiin maalaamon ripustuskorttijärjestelmästä nimikkeiden ripustustiedot, joiden avulla pystyiin laskemaan ripustimien vuosittaisen kulutuksen.

6.4.4 Jauhemaalien kustannuslaskenta

Jauhemaalien nimikekohtaista kulutusta ei ole yrityksessä myöskään kovinkaan tarkasti, vaan sekin perustui arvioon. Yrityksellä oli valmiina laskentakaava, jonka avulla maalin kulutuksen olisi voinut hyvinkin tarkkaan laskea, mutta maalaamolla ei ollut vielä käytössään osien pinta-ala tietoja. Päädyimme ottamaan jauhemaalien pinta-ala tietojen selvittämisen ja kustannuslaskennan myös laskuriin mukaan, koska sen toteuttaminen tarvikekustannuslaskennan yhteyteen oli helposti toteutettavissa. Lisäksi tiedot nimikekohtaisesta jauhemaalien kulutuksesta voidaan laskurista siirtää SAP- järjestelmään, jolloin järjestelmän tarvelaskentaan saataisiin myös päivitettyä tarkat arvot jauhemaalien kulutuksesta.

Nimikkeiden pinta-alatietojen selvittämiseksi tehtiin yhteistyötä suunnittelijoiden kanssa. Heiltä saatiin ohjeet pinta-ala tietojen selvittämiseen 3D- ohjelmasta, joten arvot saatiin hyvinkin nopeasti kustannuslaskuriin. Tämän jälkeen päästiin

hyvin nopeasti rakentamaan laskuriin kustannuslaskentaa. Kaavat tehtiin Exceliin maalaamon valmiista laskukaavasta (Kaava 3). Jauhemaalnin kulutuksen laskennassa otetaan huomioon osan pinta-alan lisäksi maalin paksuus, jauhemaalnin tiheys sekä jättejauhekerroin. Jättejauhekerroin on tärkeää kulutuksen laskemisessa, koska se ottaa huomioon myös maalauksessa hukkaan menevän jauhemaalnin määrän (Kieksi 2015).

Jauhemaalnin kulutuksen laskukaava (Kieksi 2015).

$$\text{Kulutus (kg)} = (\text{m}^2 \times \mu\text{m} \times \rho \times 1,35) \quad (3)$$

missä

m ²	on	Osan pinta-ala
μm	on	Maalin paksuus
ρ	on	Jauhemaalnin tiheys
1,35	on	Jättejauhekerroin

Jauhemaalnin kustannuslaskennan tuloksena laskurista nähdään nimikekohtaisen kulutuksen lisäksi, kuinka paljon maalia kuluu vuodessa pinta-alallisesti sekä kilogrammoina.

6.4.5 Kemikaalien kustannuslaskenta

Maalauksen esikäsittelyssä käytettävien kemikaalien kulutuksen laskemiseksi rakennettiin oma välilehti niiden laskentaan. Kulutuksen laskemiseksi tarvittiin tiedot maalattavien tuotteiden kokonaispinta-alasta. Pinta-alat saatiin helposti selville jauhemaalnin kustannuslaskennasta laskemalla yhteen nimikkeiden vuodessa maalattavat pinta-alat. Lisäksi tarvittiin tiedot kemikaalien kemiallisesta kulutuksesta. Kaikki tarvittavat tiedot saatiin toimeksiantajaltani Mauri Kieksiltä.

Kemikaalien vuoden kulutuksen kilogrammoina saadaan laskentakaavan avulla (kaava 4). Kaavassa kerrotaan vuodessa esikäsiteltävä pinta-ala kemikaalin kemiallisella kulutuksella, joka jaetaan vuodessa esikäsiteltävällä pinta-alalla, johon on lisätty luku 1000. Lopuksi edellisistä laskentatoimista saatu tulos jaetaan vielä luvulla 1000.

Kemikaalin vuosittaisen kulutuksen laskukaava (Kieksi 2015.)

$$\text{Kulutus (kg)} = ((m^2 \times m)/(1000 + m^2))/ 1000 \quad (4)$$

missä

m^2	on	Esikäsitelty pinta-ala vuodessa
m	on	Kemikaalin kemiallinen kulutus grammoina

6.5 Projektin merkitys kohdeyritykselle

Projektin merkitys on hyvin merkittävä maalaamon budjetoinnin suunnittelussa. Toimeksiantaja yrityksessä maalaamo on toiminut hyvin vähän aikaa, joten kustannusten laskentaan ei ole aiemmin kiinnitetty kovinkaan paljon huomiota. Maalaamon kustannusten laskenta arvion perusteella aiheuttaa lisäkustannuksia, koska tarvikkeita on jouduttu tilaamaan vähän kerrallaan. Lisäksi yritykselle on tärkeää, että ennalta määrätty budjetti tuotantokaudelle vastaisi todellisuudessa kulutettua rahavirtaa. Kustannuslaskuri takaa mahdollisuuden budjetoida maalaamon kustannukset hyvinkin tarkkaan tulevaisuudessa. Lisäksi kustannuslaskuri antaa loistavan mahdollisuuden yksittäisten nimikkeiden maalaus-kustannusten seuraamiseen, joka auttaa yritystä kehittämään maalaamon toimintaa. Yksittäisten nimikkeiden maalaus-kustannusten seuraamisella voidaan arvioida nimikekohtaisesti maalauksen kannattavuutta sekä etsiä mahdollisuuksia maalaus-kustannusten pienentämiseen.

Kustannuslaskuri antaa maalaamon kustannuslaskentaan erinomaisen pohjan laajempaan kustannuslaskentaan. Kohdeyrityksessä ei ole vielä laskettu maalaamon kokonaiskustannuksia, eikä maalaamon erillistä tuntihintaa. Tarvikekustannuslaskuri tulee olemaan yksi osa suurempaa kustannuslaskentaa, jolloin yritys pääsee vielä syvemmälle kustannusten laskennassa. Laskurin tulokset kertovat suoraan maalaamon kulutusmateriaalien menekin, joten tietoja voidaan käyttää suoraan maalaamon kokonaiskustannusten laskennassa.

7 TYÖN TULOKSET JA ARVIOINTI

Projektin tuloksena syntyi toimiva kustannuslaskuri maalaamon käyttöön. Projekti saatiin päätökseen aikataulun mukaisesti ja kustannuslaskuria päästiin testaamaan heti elokuussa kesälomien päätyttyä. Laskurista puuttui vielä elokuun alussa nimikkeiden tietoja, joten emme voineet suorittaa täydellistä kustannuslaskentaa menneelle tuotantokaudelle. Työkalu on rakenteeltaan täysin valmis, joten laskelma voidaan tehdä hieman myöhemmin. Kustannuslaskuri todettiin kuitenkin toimivaksi ja se hyväksyttiin yhdessä työnantajan kanssa. Maalaamo pystyy nyt jo hyödyntämään jonkin verran työkalua, vaikka sieltä pieniä asioita vielä puuttuukin.

Kustannuslaskurista muodostui suunnitelmien mukainen työkalu maalaamon käyttöön. Kuitenkin muutamiin pieniin asioihin jouduttiin projektin aikana kehittämään uusi ratkaisu. Esimerkiksi datapankin tietojen käyttäminen kustannuslaskurissa suoritettiin eri tavalla kuin oli alun perin suunniteltu projektisuunnitelmassa. Laskurista olisi tullut automaattisen linkityksen vuoksi hyvin monimutkainen ja suurempi riski virheisiin olisi syntynyt. Lopulta päädyttiin hyvin yksinkertaiseen ratkaisuun automaattisuuden sijasta. Laskentaa on helpompi kontrolloida tietojen manuaalisella haulla, kuin automaattisella kytköksellä. Lisäksi linkitys olisi pitänyt uusida aina uuden Datapank- ajon jälkeen, joka olisi aiheuttanut turhaa työtä.

Kustannuslaskurin luominen opinnäytetyönä sujui oikein hyvin. Työ eteni opinnäytetyösuunnitelman mukaisesti ja opinnäytetyö valmistui aikataulussa. Kirjalliseen työhön löytyi riittävästi materiaalia kirja- ja verkkolähteistä, sekä jonkin verran myös toimeksiantajan puolesta. Opinnäytetyön tekeminen työaikana oli välillä hyvin haastavaa, koska keskeytyksiä tuli tasaisin väliajoin työn hektisyyden vuoksi. Vaikeuksia aiheuttivat myös käyttöoikeuksien anominen yrityksen tietojärjestelmiin ja ohjelmiin, joka hidasti kustannuslaskurin tekemistä.

8 POHDINTA

Kustannuslaskurin luominen opinnäytetyönä oli hyvin mielenkiintoinen projekti. Työ oli haastava, koska minulla oli hyvin vähän tietoa maalaamon toiminnasta ja itse maalausprosessista. Kuitenkin aineistoa löytyi yllättävän hyvin kirjallisuudesta ja verkosta. Työn kautta sain hyvin paljon uutta tietoa maalaukseen liittyvistä asioista sekä kustannuksiin liittyvistä asioista. Lisäksi kustannuslaskurin rakentaminen syvensi hyvin paljon Excel-osaamistani, josta uskon olevan hyvin paljon hyötyä tulevaisuudessa.

Teollisesta maalauksesta on aiemmin tehty useita opinnäytetöitä, joka toi myös omat haasteensa projektiin. Monet työt keskittyivät enemmän maalaukseen liittyvään tekniseen tietoon, jonka itse päätin jättää ulkopuolelle. Päätin tarkastella asioita enemmän kustannusten näkökulmasta, jotta työstäni tulisi ainutlaatuinen. Maalauksen kustannuksista ei löytynyt yhtään teosta, joten jouduin kokoamaan aineistoa hyvin pienistä palasista. Tavoitteessani onnistuin kuitenkin hyvin, vaikka teoreettisen osuuden tekemiseen meni hyvin paljon aikaa.

Kustannuslaskurista tulee erinomainen apuväline jauhemaalaaamolle, mutta toivon että yritys oppii myös jotain uutta opinnäytetyöni kirjallisesta osuudesta. En valinnut teoreettisen osuuden pohjalle ainoastaan jauhemaalaausta, koska kustannusten näkökulmasta oli luontevampaa käsitellä yleisesti teollista maalausta. Uskon yrityksen saavan enemmän työlle vastinetta kokonaisvaltaisemmasta asioiden tarkastelusta, jolloin yritys voi oppia uutta myös muista teollisista maalausmenetelmistä. Jatkotutkimusehdotukseni on jauhemaalaaamon kokonaiskustannusten selvittäminen seuraavalle insinööriopiskelijalle. Opinnäytetyöstäni tulee olemaan erinomainen pohja kyseiselle työlle. Kustannuslaskuristani saadaan tarvikkeiden kustannukset suoraan tarkasti laskettuna, mutta myös teoriaosuudesta seuraava opiskelija saa hyvin paljon pohjatietoa työn tekemiselle.

LÄHTEET

BRP Finland Oy yritysesittely 2013. Viitattu 30.7.2015.

Forsèn, O. & Ainali, M. 1980. Pintakäsittelykemikaalien uudelleenkäyttöosa 1: Galvanotekniset kylvyt. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Forsèn, O. Ainali, M. & Korpinen, T. 1981. Pintakäsittelykemikaalien uudelleenkäyttö osa 2: Esi- ja jälkikäsittelykylvyt sekä ratkaisumalleja galvanointilinjoihin. Pintakäsittelykemikaalien uudelleen käyttö osa 2. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Forsèn, O. 1986. Pintakäsittelykemikaalien uudelleenkäyttö osa 3: Pintakäsittelykylpyjen hoitotekniikka. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Häkli, M. 1994. Ruiskumaalaus. 3. Painos. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Jokinen, I. Kuusela, A. & Nikkari, T. 2001. Metallituotteiden maalaus. 1. Painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kieksi, M. 13.6.2015. BRP Finland Oy, Kunnossapitoinsinöörin haastattelu.

SFS-käsikirja 68. 1990. Metallien korroosio ja korroosionestomaalaus. 2. Painos. Helsinki: Kyriiri Oy.

Tikkurila Oy.2009. Viitattu 30.7.2015. Metallipintojen teollinen maalaus.. 5. Painos. http://www.tikkurila.fi/files/5017/Metallipintojen_teollinen_maalaus_2009.pdf.

Teknos Oy. 2013. Korroosiomaalauksen käsikirja. Viitattu 2.8.2015. <http://www.mz.teknos.com/marketingzone/getitem.asp?id=%7B86EF64EA-D385-4EB5-915B-51F5EB64B417%7D>.

Tunturi, P. & Tunturi P. 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. 3. Painos. Tampere: Tammer- Paino Oy.

Tuominen, P. 2015. Jauhemaalauksen optimointi. Centria Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Veiste, T. 2008. Pulverimaalaus ja sen vertailu märkämaalaukseen. Lappeenranta Teknillinen Yliopisto. Opinnäytetyö

LIITTEET

- Liite 1. Epäpuhtaudet ja poistomenetelmät
- Liite 2. Metallien mekaaniset puhdistusmenetelmät
- Liite 3. Suomalaiset korroosionestomaalauksen standardit (2)

Liite 1 Epäpuhtaudet ja poistomenetelmät (Jokinen ym. 2001, 31).

Epäpuhtaus	Epäpuhtauden lähde	Poistettavuus
Suojaöljy ja rasva	Lisätty valmistuksen yhteydessä metallin pinnalle estämään ruosteen muodostumista.	Vesi- ja liuotinhentteisillä pesumenetelmillä.
Suolat	Käsihiki ja kuljetukset	Vesipohjaisilla pesumenetelmillä
Hiilipöly ja noki	Kylmävalssatun teräksen valmistuksessa	Alkalisilla ja liuotinpohjaisilla pesumenetelmillä
Työstönesteet	Teräksen sahaus, jyräntä jne.	Vesipohjaisilla pesumenetelmillä
Vetorasvat ja saippuat	Lanka- ja putkituotteiden valmistus	Vesipohjaisilla pesumenetelmällä
Metallilastut	Kappaleen työstö	Mekaanisilla pesumenetelmillä
Ruoste ja valkoruoste	Metallia on säilytetty kosteassa ympäristössä	Happopeittauksella tai mekaanisella käsittelyllä.

Liite 2. Metallien mekaaniset puhdistusmenetelmät (Jokinen yms., 60.)

Metalli	Puhdistusmenetelmä	Huomioitavaa
Kylmävalssattu teräs	Käsi- ja konepuhdistus <ul style="list-style-type: none"> • Ruosteen poistamiseen • Kylmävalssattu teräksessä on usein käytetty soijaöljyä, joka tulee puhdistaa kemiallisella menetelmällä 	Hyvin ohut materiaali, joten suihkupuhdistus ei sovellu puhdistusmenetelmäksi.
Kuumavalssattu teräs	Suihkupuhdistus <ul style="list-style-type: none"> • Valssihilseen poistamiseen 	Valssihilsettä ei voi poistaa lainkaan kemiallisilla pesumenetelmillä tai teräsharjauksella.
Sinkitty teräs	Suihkupuhdistus <ul style="list-style-type: none"> • Maalin tartunnan parantamiseksi • Suihkupuhdistusmateriaalit: luonnon hiekka, alumiinioksidi, silikaatit ja kuonat. 	Suihkupuhdistus tulee suorittaa kevyesti hiekkapesulla, koska liian voimakas suihkupuhdistus kuluttaa sinkkikerrosta.
Ruostumaton teräs	Suihkupuhdistus <ul style="list-style-type: none"> • Suihkupuhdistusmateriaalit: lasikuulat, luonnonhiekkä, alumiinioksidi ja ruostumaton teräsrae. 	Suihkupuhdistuksessa ei voida käyttää lainkaan teräsvalurakeita, koska ne jättävät puhdistettavalle pinnalle rautaa, joka aiheuttaa ruostetta ja pintakerroksen vaurioitumista.
Alumiini	Käsi- ja konepuhdistus Suihkupuhdistus <ul style="list-style-type: none"> • Vain valetuille alumiineille tai alumiiniseoskappaleille. • Puhdistusmateriaali: lasihelmet ja alumiinioksidi 	Suihkupuhdistusta ei yleensä suositella.

Liite 3. Suomalaiset korroosionestomaalauksen standardit 1(2) (Tikkurila Oy 2009, 7 – 8).

Standardi	Sisälllys
SFS-EN ISO 12944: 1-8	<ul style="list-style-type: none"> • Yleistä • Ympäristöolosuhteiden luokittelu • Rakenteen suunnitteluun liittyviä näkökohtia • Pintatyypit ja pinnan esikäsittelyt • Suojamaaliyhdistelmät • Laboratoriomenetelmät toimivuuden testaamiseksi • Maalaustyön toteutus ja valvonta • Erittelyjen laatiminen uudisrakenteille ja huoltomaalaukselle
SFS 8145	Suihkupuhdistettujen ja konepohjamaalilla käsiteltyjen teräspintojen mekaaniset esikäsittelymenetelmät ja laatuasteet.
SFS-ISO 8501:1-4	Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti.
SFS-ISO 8502	Testit pinnan puhtauden arvioimiseksi.
SFS-ISO 8503	Teräspinnan määrittely.
SFS-ISO 8504	Esikäsittelymenetelmät

Liite 3. Suomalaiset korroosionestomaalauksen standardit 2(2) (Tikkurila Oy 2009, 7 – 8).

SFS-EN ISO 4628 SFS-EN ISO 4628-6	Pinnoitteen huononemisen arviointi. Yleisten virhetyyppien esiintymisen voimakkuuden määrän ja koon merkintä.
SFS 5873	Metallirakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Käyttösuositus prosessi- ja metalliteollisuudelle.
SFS-EN 10238	Automaattisesti suihkupuuhdistetut ja konepajamaalatut rakenneterästuotteet.
PSK 2701	Metallirakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Hankinta-asiakirjat.
PSK 2702	Kuumasinkittyjen teräsrakenteiden hankinta ja maalaus. käyttösuositus prosessiteollisuudelle.