

Pintakäsittelyn investointikartoitus

Opinnäytetyö

Juho Kauppinen
TKO9SM

Marraskuu 2012

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) KAUPPINEN, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 5.11.2012
	Sivumäärä 100+11	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Pintakäsittelyn investointikartoitus		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) KIVISTÖ, Hannu, lehtori		
Toimeksiantaja(t) Hakamet Oy HAKA, Petri, toimitusjohtaja		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tekemisen tarve Hakamet Oy:lle ilmeni, kun yritys näki tarpeelliseksi investoida omaan jauhemaalaamoon. Ongelmana oli maalaamotoiminnan kilpailun puuttuminen alueelta, joka näkyi suoraan yrityksen maalaus kustannuksissa. Oman maalaamon hankkiminen helpottaisi koko tuotantoprosessin kontrollointia. Tarve oli siis olemassa sekä omaan että ulkopuoliseen maalaukseen (alihankinta). Opinnäytetyön tarkoituksena olikin pääasiassa tehdä investointilaskelmat jauhemaalaukseen liittyen sekä tarkastella yrityksen nykytilaa.</p> <p>Projekti alkoi aloituspalaverissa Hakamet Oy:n toimitiloissa, jossa määriteltiin työn sisältö. Työ jatkui tarvittavan lähdemateriaalin hankinnalla ja aihealueeseen tutustumisella. Aiheen haastavuuden takia aihealueeseen tuli tutustua huolellisesti aina pintakäsittelyn perusteista alkaen. Työn edetessä kokonaisuus alkoi hahmottua, mikä puolestaan helpotti kustannusten muodostumisen hahmottamista.</p> <p>Apuja työhön saatiin kirjallisuudesta, internet-lähteistä sekä alan ammattilaisilta. Tuloksena saatiin kattava raportti, joka sisältää oleellimmat asiat metallien pintakäsittelystä ja jauhemaalauksesta sekä niiden ympäristö- ja turvallisuusvaikutuksista. Opinnäytetyön kokonaisuuden pohjalta tehtiin yrityksen nykytilan kartoitus ja kasattiin investointilaskelmat.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Pintakäsittely, jauhemaalaus, ympäristö, turvallisuus, nykytilan kartoitus, investointilaskenta		
Muut tiedot		



Author(s) KAUPPINEN, Juho	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 5112012
	Pages 100+11	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title Investment survey for surface treatment		
Degree Programme Machine and production engineering		
Tutor(s) KIVISTÖ, Hannu, senior lecturer		
Assigned by Hakamet Ltd. HAKA, Petri, general manager		
Abstract <p>A demand for Master's Thesis to Hakamet Ltd. came along, when the company decided to invest in its own powder coating. The problem was that there was a lack of competition in the surface coating business area, which had direct effects to the company's surface coating costs. If the company invested in its own powder coating, it would make company's production process much easier to control. It was clear that the company had a need for both its own surface coating as well as for subcontracting. The purpose of this Master's Thesis was to make investment calculations related to powder coating and to examine the present state of the company.</p> <p>The project began with a start-up meeting in the company premises, where the content of the thesis work was defined. The work continued with acquiring the necessary source material and with exploring the subject area. Due to the challenging nature of the subject, a closer research was required. As the work progressed, it became easier to perceive the forming of costs.</p> <p>As a result the company received a comprehensive report, which included the most significant issues related to metal coating and powder coating as well as their effect on environment and safety. The thesis served as the basis for examining the company's present state and for the investment calculations related to powder coating.</p>		
Keywords Surface treatment, powder coating, environment, safety, present state, Investment calculating		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
1.1 Tehtävä ja tavoitteet	6
1.2 Tutkimusmenetelmät	7
1.3 Yritysesittely	8
2 PINTAKÄSITTELY	11
2.1 Metallien pinnoittamisen tarkoitus	11
2.2 Korroosio	13
2.2.1 Korroosio kiteytettynä.....	13
2.2.2 Korroosion syntyminen.....	14
2.2.3 Korroosionesto.....	16
2.3 Metallien esikäsitteilyt	16
2.3.1 Esikäsitteilyn merkitys.....	16
2.3.2 Teräspintojen rasvan ja lian poistomenetelmät.....	17
2.3.4 Fosfatoiointi.....	19
2.3.5 Teräspintojen mekaaniset esikäsitteilymenetelmät.....	20
2.4 Laatu pintakäsittelyssä	25
2.4.1 Laatu.....	25
2.4.2 Laadunvalvonta.....	25
2.4.3 Henkilöstö, ammattitaito ja välineet.....	28
3 JAUHEMAALAUUS	28
3.1 Jauhemaalauksen idea	28
3.1.1 Jauhemaalauksen tiivistettyä.....	28
3.1.2 Jauhemaalauksen hyödyt, haitat ja käyttökohteet.....	29
3.2 Maalin koostumus	32
3.2.1 Yleistä maaleista ja jauhemaalit.....	32

3.2.2 Maalausjärjestelmät jauhemaalauksessa	34
3.3 Jauhemaalauksen menetelmät ja laitteet	39
3.3.1 Menetelmät laitteineen	39
3.3.2 Muita laitteita	44
3.4 Jauhemaalauksen prosessi.....	51
3.4.1 Jauhemaalauustyö	51
3.4.2 Kappaleiden maalaus ja uunitus	52
3.4.3 Jäähdytys, tarkastus ja pakkaus	52
3.4.4 Korjausmaalaus	53
3.5.5 Layout- esimerkkejä	53
3.5 Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu	55
3.5.1 Yleistä	55
3.5.2 Esikäsittelyn turvallisuusriskit ja ympäristöhaitat	56
3.5.3 Jauhemaalalien ympäristöhaitat ja turvallinen käyttö	57
3.5.4 Maalaamon ja maalauslaitteistojen rakenne	61
3.5.5 Direktiivit ja säädökset.....	65
3.5.6 Jauhemaalauksen kustannusten vertailua muihin menetelmiin.....	66
3.5.7 Energiansäästö jauhemaalauksessa	66
4 YRITYKSEN NYKYTILAN ARVIOIMINEN	68
4.1 SWOT-analyysi.....	68
4.2 Analyysin suorittaminen	69
4.3 Päätökset.....	70
5 INVESTOINTILASKENTA	70
5.1 Yleistä.....	70
5.2 Investointilaskelmat.....	71
5.3 Laskentamenetelmien käsittely.....	74

5.3.1 Nykyarvomenetelmä.....	74
5.3.2 Annuiteettimenetelmä	75
5.3.3 Takaisinmaksuajan menetelmä	76
6 YRITYKSEN NYKYTILA JA INVESTOINTILASKELMAT	76
6.1 Yrityksen nykytilan arviointi SWOT - analyysin avulla	76
6.1.1 Nelikenttäänalyysin taulukko.....	76
6.1.2 Analyysin tulkinta.....	78
6.2 Laskelmat, laitteisto ja prosessi	83
6.2.1 Huomioitavaa.....	83
6.2.2 Jauhemaalauslaitteiston valinta, käyttöönottokustannukset sekä prosessinkulku	84
6.2.3 LTO:n hyödyt ja takaisinmaksuaika.....	87
6.2.4 Vuosittaiset kustannukset ja investointilaskelmat	88
6.2.5 Investointilaskelmien tulkinta.....	90
7 TULOKSET	92
7.1 Nykytila	92
7.2 Maalaamo	92
7.3 Laskelmat	92
8 KEHITYSIDEAT TULEVAISUUDESSA	93
9 POHDINTA.....	94
LÄHTEET	98
LIITTEET	101
Liite 1. Haastattelu 1.	101
Liite 2. Haastattelu 2.	102
Liite 3. Diskonttaustekijä.....	103
Liite 4. Jälkeenpäin suoritettujen jaksollisten maksujen nykyarvo	104
Liite 5. Annuiteettitekijä	105

Liite 6. Itse valmistettujen komponenttien kustannukset.....	106
Liite 7. Käyttöönottokustannukset	107
Liite 8. Vuosittaiset kustannukset.....	108
Liite 9. Kannattavuus omilla tuotteilla.....	109
Liite 10. Alihankinnan määrä nykyarvomenetelmällä ja annuiteetti.....	110
Liite 11. Katteelliset tuntihinnat, laskettuna kannattavalla tuntimäärällä/ a	111

KUVIOT

KUVIO 1. Organisaatiokaavio	9
KUVIO 2. Tuotteita	10
KUVIO 3. Tuotteita	10
KUVIO 4. Korroosiota	13
KUVIO 5. Klassinen korroosiopari.....	15
KUVIO 6. Rasvanpoistomenetelmät ja pesuaineet	18
KUVIO 7. Valmis jauhemaalipinta, Hakamet Oy.....	30
KUVIO 8. Maalausjärjestelmän merkintä-esimerkki	36
KUVIO 9. Sähköstaattinen varausmenetelmä ja Faradayn häkki.....	40
KUVIO 10. Sähköstaattinen varausmenetelmän laitteisto.....	40
KUVIO 11. Kitkavarausmenetelmä	42
KUVIO 12. Kitkavarauslaitteisto	42
KUVIO 13. Jauhesäiliön toimintaperiaate	44
KUVIO 14. Jauhelaatikko säiliönä	45
KUVIO 15. Jauhepumpun toiminta.....	46
KUVIO 16. Suodatinerotuskaappi.....	46
KUVIO 17. Kiinteillä suodattimilla oleva jauhemaalauskaappi	47
KUVIO 18. Vaihdettava suodatinmoduulikaappi.....	48
KUVIO 19. Jauheen erotus syklonilla ja jälkisuodatus.....	49
KUVIO 20. Jauhemaalaustraverssi ja sen osat	49

KUVIO 21. Levytavaran maalaus traverssilla.....	50
KUVIO 22. Jauhemaalausta	51
KUVIO 23. Layout-esimerkki 1.....	54
KUVIO 24. Layout- esimerkki 2.....	54
KUVIO 25. Esimerkki poistoilmapatterista	67
KUVIO 26. Esimerkki tuloilmapatterista.....	68
KUVIO 27. Perushankintameno ja vuosittaiset nettotuotot.....	74
KUVIO 28. Prosessikaavio.....	86

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Teräspinnan ruostumisasteet.....	21
TAULUKKO 2. Käsi- ja konetyökalut ja niiden käyttö	22
TAULUKKO 3. Pinnan täydellisen esikäsitteilyn standardiesikäsitteilyasteet.....	24
TAULUKKO 4. SFS-EN ISO 12944–5. Tavallisimmat korroosionestomaalityypit	37
TAULUKKO 5. Teknoksen maalausjärjestelmätunnus.....	38
TAULUKKO 6. Kustannusvertailua menetelmien välillä	66
TAULUKKO 7. Nelikenttäanalyysin taulukko, Hakamet Oy	77
TAULUKKO 8. LTO: n kustannukset ja takaisinmaksuaika.....	87
TAULUKKO 9. Diskonttaustekijä	103
TAULUKKO 10. Jälkeenpäin suoritettujen jaksollisten maksujen nykyarvo.....	104
TAULUKKO 11. Annuiteettitekijä.....	105
TAULUKKO 12. Itse valmistettujen komponenttien kokonaiskustannukset.....	106
TAULUKKO 13. Käyttöönottokustannukset.....	107
TAULUKKO 14. Vuosittaiset kustannukset	108
TAULUKKO 15. Kannattavuus omilla tuotteilla	109
TAULUKKO 16. Alihankinnan määrä nykyarvomenetelmällä ja annuiteetti.....	110
TAULUKKO 17. Katteelliset tuntihinnat.....	111

1 JOHDANTO

1.1 Tehtävä ja tavoitteet

”Kustannukset vaihtelevat sen mukaan, missä maalaus suoritetaan. Maalaus työpaikassa on yleensä halvempi ja laadultaan parempi kuin asennuspaikalla”(Tunturi P, Tunturi P 1999, 26).

Toimeksiantajana tähän opinnäytetyöhön toimii Hakamet Oy. Impulssi Hakamet Oy:n omaan pintakäsittelylaitokseen tuli alueen kovien pintakäsittelykustannusten noustessa. Ongelmana on ollut toimitusaikojen lyheneminen. Yrityksen omana motiivina on pintakäsittelyalan kilpailun puuttuminen alueelta. Yritys voisikin harkita oman maalaamon perustamista, mikä avaisi ovia myös ulkopuoliseen alihankintaan maalaustöissä. Täten pintakäsittelyn hintoja voitaisiin kilpailuttaa. Yrityksen pintakäsittelysen omille tuotteille on pääasiassa jauhemaalauksista. Opinnäytetyön tarkoituksena onkin kartoittaa paljonko omalle jauhemaalamolle tulisi kustannuksia ja millaisella volyymilla se olisi kannattavaa, jos sellainen päätettäisiin joskus tulevaisuudessa hankkia. (Haka P, 2012. Liite 1).

Yrityksen tuotteet pysyvät tulevaisuudessa pääosin samoina, joten maalaamon kustannusten kartoittaminen helpottuu. Lisäksi oman maalaamon hankkiminen helpottaisi koko tuotantoprosessin kontrollointia, kun se on yrityksen omissa käsissä. (Haka P, 2012. Liite 1). Pulverimaalaamon hankinta kasvattaisi yrityksen nykyisen organisaation ammattitaitoa ja kilpailukykyä sekä edistäisi työllisyyttä alueella.

Työhön kuuluu yrityksen nykytilan kartoitus ja omien resurssien hyödyntäminen maalauksessa, johon kuuluu työvoiman tarpeen arviointi ja laitteiston osittain itse tekeminen. Työssä kartoitetaan myös, paljonko tarvittaisiin maalattavaa alihankintaa. Lopuksi lasketaan millaisella volyymilla investointi on kannattava ja milloin se maksaa itsensä takaisin. (Haka P, 2012. Liite 1).

Vaihtoehtoja pintakäsittelytiloiksi ovat yrityksen omat tilat (nykyinen hitsaamo).

Tässä opinnäytetyössä käsitellään aiheita liittyen pintakäsittelyyn, jauhemaalaukseen, pintakäsittelyn ympäristövaikutuksiin, työturvallisuuteen, yrityksen nykytilaan sekä investointilaskelmiin. Aihealue on rajattu näihin kohtiin ja niitä käsitellään tässä työssä vain osittain ja pääpiirteittäin, aiheen laajuuden vuoksi. Laskelmat suoritetaan mahdollisimman tarkasti.

Tavoitteena on saada toimeksiantajalle suuntaa antavat investointilaskelmat jauheemaalaaamosta sekä kartoittaa yrityksen nykytila. Investointilaskelmat tehdään Hakamet Oy:n viime vuosilta jo valmiina olevien maalausostojen pohjalta.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus pyrkii yleistämään. Perusideana on kysyä pieneltä joukolta tutkimusongelmaan liittyviä kysymyksiä. Pienen joukon eli otoksen vastaajien edellytetään edustavan koko joukkoa eli perusjoukkoa. Tutkimuksessa käsitellään mittauksen tuloksena saatua aineistoa tilastollisin menetelmin. Tutkimus edellyttää riittävää määrää havaintoyksiköitä, jossa tulokset olisivat luotettavia ja käsiteltäisiin koko perusjoukossa. Tutkimus perustuu positivismiin, jossa korostetaan tiedon perusteluja, luotettavuutta ja yksiselitteisyyttä. Se perustuu mittaamiseen, jonka tavoitteena on tuottaa perusteltua, luotettavaa ja yleistettävää tietoa. (Kananen J 2008, 10).

Kvalitatiivinen tutkimus tarkoittaa puolestaan laadullista tutkimusta. Laadullinen tutkimus pyrkii ymmärtämään ilmiötä. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa käytetään esimerkiksi havainnointia, haastatteluja ja tekstianalyysejä. Laadullisen tutkimuksen aineisto on laadullista eli perustuu kirjoitettuihin teksteihin, puheisiin eli ei-numeraaliseen aineistoon. Laadullisessa tutkimuksessa samasta aineistosta voi syntyä erilaisia tulkintoja, sillä tutkijan omat kokemukset ja kiinnostuneisuus ohjaavat ja rajaavat tulkintaa. (Kananen 2008, 10–11).

Tässä opinnäytetyössä käytetään henkilöhaastatteluja sekä jo olemassa olevaa aineistoa. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa kysytään pieneltä joukolta tutkittavaa ilmiö-

tä, eli siis tässä tapauksessa käytettiin henkilöhaastatteluja. Olemassa oleva aineisto viittaa taas kvalitatiiviseen tutkimukseen. Tässä opinnäytetyössä tehdään myös investointilaskelmia, jotka viittaavat vahvasti kvantitatiiviseen tutkimukseen.

Tutkimusmenetelmän valinnassa on näin ristiriitaa. Kanasen (2008) mukaan molempia tutkimuksia voidaan käyttää myös rinnakkain, mikä osoittaa tutkijan kykyä hallita tutkimusmenetelmät laajasti. Tulee tilanteita, joissa tarvitaan erilaisia menetelmiä tulosten vahvistamiseen. Voisi ymmärtää, että tarkastelemalla useampi näkökulmia saadaan luotettavampaa tietoa. (Kananen 2008,10–11).

1.3 Yritysesittely

Hakamet Oy on metalliteollisuuden sopimusvalmistaja Seppälänkankaalla Jyväskylässä.

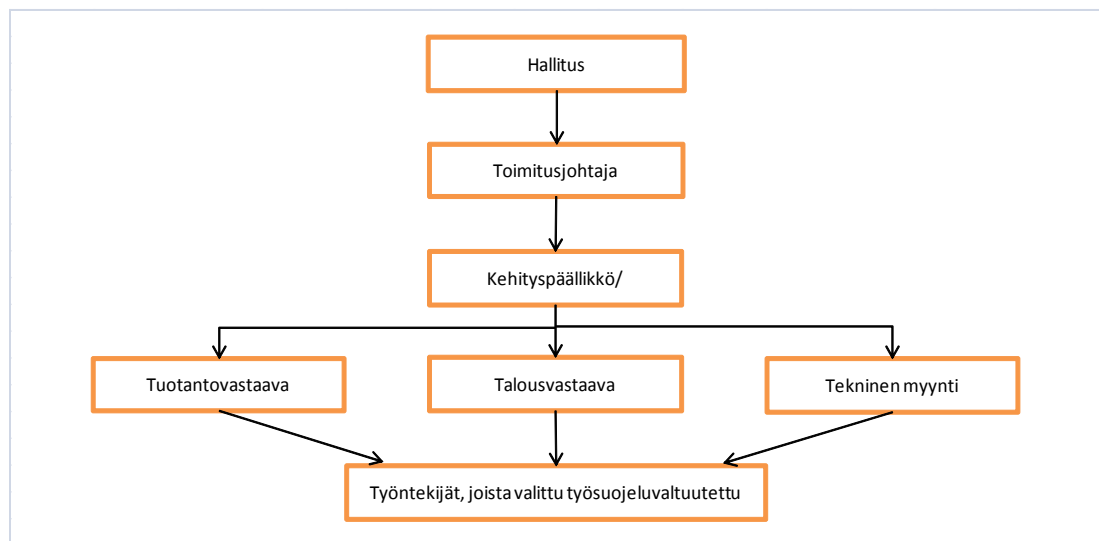
Yritys on perustettu v. 1982. Yritys sai alkunsa muuramelaisen yksityisen henkilön toimesta autotallissa. Pikkuhiljaa yritys alkoi kerätä asiakkaita ja suosiota, näin ollen mahdollistaen tuotannon laajentamisen suurempiin tiloihin Muuramen yritysalueelle. Hakamet Oy toimi Muuramessa aina kevääseen 2008 asti, jolloin yritys hankki suuremmat toimitilat Jyväskylän Seppälänkankaalta, suuremman kysynnän ja tilan ahtauden vuoksi. Muuton yhteydessä oli mahdollista lisätä konekanta, mikä mahdollisti yrityksen monipuolisuuden ja näin ollen kasvattaa myös asiakaskuntaa. Näissä tiloissa Hakamet Oy toimii tänäkin päivänä.

Hakamet Oy on perheyritys, jossa toimitusjohtaja ja hänen puolisonsa omistavat 100 % yrityksen osakekannasta. Yritys on 1-toimipaikkainen ja toimitilat sijaitsevat Yritystiellä, Jyväskylän Seppälänkankaalla.

Hakamet Oy työllistää tällä hetkellä noin 12 henkilöä. Tuotannon puolella työskenteleviä on kahdeksan henkilöä, sisältäen tuotantovastaavan. Yrityksen johdon työntekijäitä ovat:

- toimitusjohtaja
- taloushallinto
- tekninen myynti ja suunnittelu
- kehityspäällikkö.

Yrityksen henkilöstöresurssit ovat vaihdelleet ja olleet parhaimmillaan lähempänä 20 työntekijää. Organisaatiokaavio on esitetty kuviossa 1.

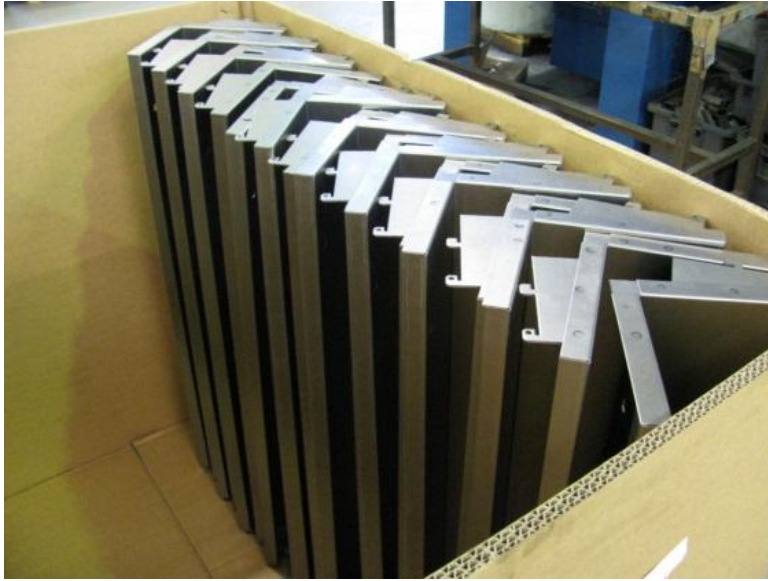


KUVIO 1. Organisaatiokaavio

(Kauppinen J 2012)

Tuotantoon kuuluvat ohutlevytuotteet sekä kevyet teräsrakenteet. Tuotteet valmistetaan protokappaleista aina suursarjoihin. Suurimpia asiakkaita ovat muun muassa Pikval Oy ja Expedit Finland Oy, jotka valmistavat pääasiassa myymäläkalusteita. Pieniä ja keskisuuria asiakkaita yrityksellä on toista sataa. Asiakkaiden tarpeiden mukaan Hakamet valmistaa myös suurempia ja raskaampia teräsrakenteita.

Yrityksellä ei ole tällä hetkellä omia tuotteita, vaan ne valmistetaan asiakkaiden omien työkuvioiden ja toiveiden mukaan (ks. kuviot 2 ja 3). Asiakkaat saavat halutessaan tuotteiden 3D-mallinnuksen, visualisoinnin sekä dokumentoinnin. Käytössä ovat nykyaikaiset CAD/CAM-ohjelmistot ja laitteistot (Vertex G4).



KUVIO 2. Tuotteita

(Kauppinen 2012)



KUVIO 3. Tuotteita

(Kauppinen 2012)

Asiakkaan halutessa Hakamet ottaa kokonaisvastuun tuotteiden toimittajana. Tuotteet toimitetaan pintakäsiteltyinä ja pakattuina sopimuksen mukaan.

Hakamet valmistaa mittatilaustyönä asiakkaiden tai arkkitehtien suunnittelemaa tuotetta. Käytettyjä materiaaleja ovat pääasiassa: niukkaseosteinen hiiliteräs, ruostumaton teräs, alumiini sekä kupari.

Lisäksi käytetään joitakin erikoismateriaaleja, kuten haponkestäviä materiaaleja sekä teollisuusmuoveja ja seoksia. Monipuolinen ja nykyaikainen konekanta mahdollistaa tämän asiakaslähtöisen toiminnan. (Hakamet n. d. Viitattu 16.8.2012).

Toiminnan pääkohtia ovat:

- lähtökohtana asiakkaiden tarpeet
- jatkuva tuotannon ja tuotteiden kehittäminen
- tuotantoteknologian parantaminen edelleen
- korkealaatuiset tuotteet
- hyvä toiminnallinen laatu.

2 PINTAKÄSITTELY

2.1 Metallien pinnoittamisen tarkoitus

Metallien pinnoittamisen syynä on se, että perusmetallille saataisiin uusia ominaisuuksia. Pinnoitteiden avulla voidaan parantaa perusmetallin ulkonäköä, lisätä sen käyttöikää, säästää perusmetallia, keventää rakennetta tai sitten saavuttaa sellaisia teknisiä ominaisuuksia, joita ei muutoin voisi saada. (Tunturi ym. 1999, 8.)

Ahonen (1991) lisää teoksessaan pintojen käsittelystä, että maalauksen tavoitteiden tarkoituksena on myös katsoa asiaa näkökulmasta, mikä milloinkin on tärkeintä (Ahonen T 1991, 8).

Holger (1999) katsoo maalauksen tarkoitusta myös puhtaanapidon näkökulmasta. Maalattua tai lakattua pintaa on huomattavasti helpompi puhdistaa. Lisäksi maalauksella voidaan välittää erilaisia tietoja, varoituksia ja tunnuksia. (Holger A 1999, 8.)

Tunturi ja muut (1999, 8) listaavat pinnoittamisen syyt seuraavasti:

- perusmateriaalin korroosionesto eli suojaaminen ympäristön syövyttäviltä vaikutuksilta
- tuotteen ulkonäön säilyttäminen esimerkiksi värisävy, kiilto, himmeys, varoituskäsit
- tartuntakerroksen aikaansaaminen (fosfatointi)
- materiaalien tekeminen tiettyyn prosessiin tai käsittelyyn sopivaksi tai hygieenisiksi (elintarviketeollisuus)
- korjaus-, huolto- ja kunnossapidon takia
- taloudellisuuden takia (hintaa, saatavuus)
- tilapäissuojan aikaansaamiseksi
- erikoistekniikan tarpeet, kuten elektroniikan piiritekniikka
- tiettyjen fysikaalisten erityisominaisuuksien aikaansaaminen, kuten pintakovuuden lisääminen (kromaus, nitraus), kulutuksen ja repeilyn kesto (voiteluominaisuudet), juotosominaisuuksien parantaminen (tinaus), pintakerroksen sähkön- ja lämmönjohtavuuden parantaminen.

Hakamet Oy:n pintakäsiteltävä materiaali on pääasiassa seostamatonta hiiliterästä, jota käytetään myymäläolosuhteissa, mutta myös muissakin kohteissa kuten ulkotiloissa ja märkätiloissa. Seuraavassa osiossa käsitellään ympäristövaikutuksia teräkseen.

2.2 Korroosio

2.2.1 Korroosio kiteytettynä

Korroosioilla tarkoitetaan materiaalien tuhoutumista eri tekijöiden vaikutuksesta. Aiemmin korroosiota pidettiin vain metalleihin liittyvänä ilmiönä, mutta viimeaikoina sen on todettu vaikuttavan myös muihin materiaaleihin. Korroosio on laaja käsitys, sisältäen eri materiaaleja kuten betoni, muovi, puu ja metalli. (Ahonen 1991,137.)

Korroosiota on myös kuvattu ilmiönä, jossa ympäristö aiheuttaa metallin fysikaalis-kemiallisen reaktion. Se siis muuttaa metallin ominaisuuksia ja vaurioittaa yleisesti metallin ympäristöä ja teknistä järjestelmää (ks. kuvio 4). (Holger 1999, 72.)

”Sanaa korroosio käytetään nykyisin kasvavassa määrin kuvaamaan kaikkien rakennemateriaalien kemiallista ja sähkökemiallista tuhoutumista ympäristön vaikutuksesta” (Korroosioikäkirja 2004, 17).



KUVIO 4. Korroosiota

(Korroosio 2009. Viitattu 26.10.2012)

Korroosiotyyppejä on Ahosen (1991, 138–141) mukaan useita:

- sähkökemiallinen korroosio
- selektiivinen korroosio
- piilokorroosio

- jännityskorroosio
- korroosioväsyminen
- turbulenssikorroosio.

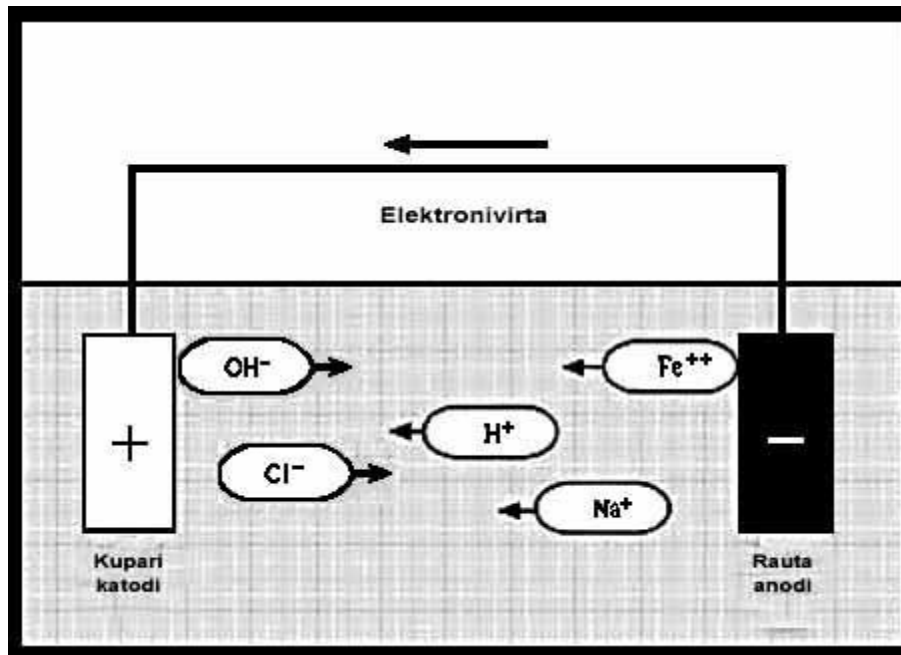
2.2.2 Korroosion syntyminen

Korroosion syntymiseen vaikuttavat keskeiset tekijät ovat materiaaliin itseensä sitoutuneen energian vapautuspyrkimys, sähkökemialliset parit, jännitykset sekä ympäristön vaikutukset (ilma, vesi, maa). Korroosiota nopeuttavat tekijät ovat sille otolliset tekijät, kuten ilman epäpuhtaudet, veden suolapitoisuus ja virtausnopeus sekä lämpötila ja maassa olevat happamuustekijät. (Ahonen 1991, 137.)

Holger (1999, 72) on samoilla linjoilla ja mainitsee, että suojaamattomana teräspinta syöpyy useimmissa ympäristöissä ja muodostaa ruostetta, joka on teräksen korroosiosta syntynyt reaktiotuote.

Korroosiokäsikirjassa (2004, 22) mainitaan metallien korroosion perustuvan korroosioparin syntymiseen kahden eri potentiaalin omaavan metallipinnan osan tai kahden eri metallin välille.

Klassinen korroosiopari tulee korkeamman potentiaalin omaavasta metallikohdasta tai toisin sanoen jalomman metallin (katodi) ja matalamman potentiaalin omaavasta epäjalon metallin (anodi) yhdistymisestä. Tämä näkyy kohdassa, jossa metallin syöpyminen ilmenee metallin häviämisenä eli painon vähennyksenä. (Korroosiokäsikirja 2004, 22.) Korroosiopari on esitetty kuviossa 5.



KUVIO 5. Klassinen korroosiopari

(vrt. kuvio: Korroosiokäsikirja 2004, 22)

Teräspinnalla on aina vähintään kolme neljästä perusedellytyksestä eli anodit, katodit ja elektronijohde, jolla tarkoitetaan metallia tai perusainetta. Neljäntenä aineena on vesi, joka toimii sähköä johtavana nesteinä eli elektrolyytteinä. Ilmassa on yleensä vesihöyryä, jolloin metallin pinnalle muodostuu ohut vesikalvo. Tämä kalvo tulee korroosion kannalta oleelliseksi, kun veden tiivistyminen höyrystä nesteeksi alkaa. Ilman suhteellisella kosteudella on arvo, jossa metallin pinnalle muodostuu syövyttävä nestekalvo. Tätä sanotaan kriittiseksi kosteudeksi. Kriittisen kosteuden arvolle ilmassa on annettu yleisesti 60–70 %. (Holger 1999, 73.)

Tästä tarkastelusta on päätelty, että korroosion neljä perusedellytystä täyttyvät lähes aina. Teräsrakenteille oleellista on siis korroosionsuojaus. (Holger 1999, 73.)

2.2.3 Korroosionesto

Korroosion aiheuttama korroosiopari voidaan teoriassa estää. Tämä voidaan suorittaa poistamalla sen toiminnalle välttämättömiä edellytyksiä, kuten poistamalla elektrolyytti (kuivaamalla ilma) tai muuttamalla sopivasti sen ominaisuuksia (hapen poisto, inhibiittien käyttö), katkaisemalla metallinen ja sähköä johtava yhteys anodin ja katodin väliltä tai rajoittamalla ja estämällä liuoksen kosketusta metalliin (pintakäsittelytekniikka, korroosionestomaalaus). (korroosiokäsikirja 2004, 24.)

Korroosionestolla pyritään estämään korroosioparien muodostumista tai hidastamaan niiden toimintaa. Maalien korroosionestosta saadaan hyvä kuva tutkimalla miten maalikalvo vaikuttaa korroosion osatapahtumiin. (Holger 1999, 74.)

Koska Hakametilla tuotteet menevät pääasiassa jauhemaalauksen jälkeen myymälöihin ja muihin sisätiloihin, käsitellään korroosionestoa vain metallien esikäsitteilyn kannalta ennen maalausta. Jauhemaalattuja tuotteita ei juuri mene ulkotiloihin, mutta märkiin sisätiloihin kylläkin (kiukaat). Kiukaiden valmistaminen Hakamet Oy:ssä on sittemmin loppunut, mutta niiden korroosionesto on ollut haasteellista, koska ympäristö on käytössä todella kostea ja lämpötilan muutokset hetkellisesti todella suuria. Tämä aiheuttaa maalikalvon halkeamisen metallipinnoilla lämpölaajenemisen vaikutuksesta.

2.3 Metallien esikäsitteilyt

2.3.1 Esikäsitteilyn merkitys

Pinnan esikäsitteily pitää tehdä huolellisesti, koska se on maalauksen onnistumisen kannalta työn tärkein vaihe. Maalin kestoikä on hyvin puhdistetulla pinnalla huomattavasti parempi kuin huonosti puhdistetulla. Esikäsitteily jakautuu kahteen päävaiheeseen: esipuhdistukseen ja varsinaiseen esikäsitteilyyn. (Ahonen 1991, 26.)

Tunturin ja muiden mukaan (1999, 32) pintakäsittelyn onnistumisen edellytyksinä on riittävän puhdas pinta ja pinnoitteelle sopiva profiili. Puhdistusmenetelmän valintaan vaikuttavat useat tekijät:

- pintakäsittelymenetelmä
- kappaleen koko ja muoto
- kappaleen käyttöolosuhteet.

Esikäsittelymenetelmän valinnassa on huomioitava myös pinnan tarkoituksenmukainen puhdistustaso, sillä pinnan esikäsittelyn puhdistusaste on usein verrannollinen kustannusten syntyyn.

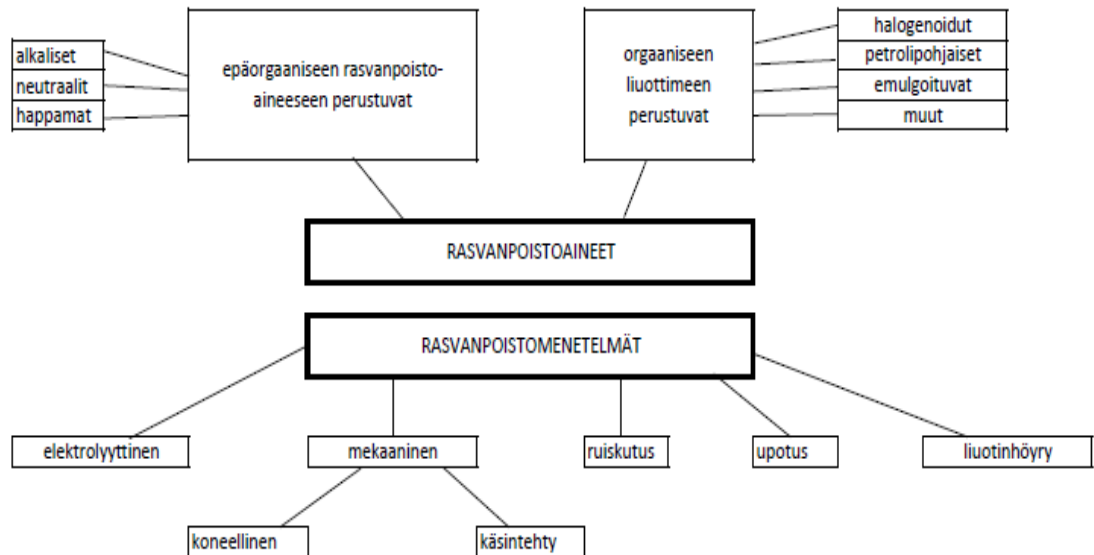
2.3.2 Teräspintojen rasvan ja lian poistomenetelmät

Suojaamattomalla teräspinnalla voi olla haitallisia epäpuhtauksia, jotka lyhentävät maalin kestoikää. Näihin epäpuhtauksiin kuuluvat muun muassa rasva, öljy, ympäristöstä tuleva lika, valssihilse, ruoste ja korroosiota kiihdyttäviä aineita, jotka ovat joko näkyviä tai näkymättömiä. (Holger 1999, 76.)

Teräksen pinnalla olevat epäpuhtaudet heikentävät maalin tarttumista metallipintaan tai estävät sen kokonaan. Esimerkiksi kuumavalssatun teräksen pinnalle valmistusvaiheessa muodostunut valssihilsekerros suojaa pintaa vain niin kauan kuin se on ehjä. (Holger 1999, 76.)

Aiemmin mainittu (ks. luku 2.2.2) korroosio alkaa vaikuttaa valssihilseeseen niin, että siitä tulee katodi ja teräksestä anodi eli teräs alkaa syöpyä ja ruoste irrottaa valssihilseen. Kyseinen hilse on siis poistettava ennen maalausta. Myös ruoste on poistettava ennen maalausta, koska se kiihdyttää korroosiota. Muita korroosiota kiihdyttäviä aineita ovat suolahapon ja rikkihapon suolat. Suolat aiheuttavat maalikalvon alle aliruostetta, jotka estävät maalia passivoimasta teräspintaa sekä irrottavat maalikalvoa. (Holger 1999, 76–78.)

Korroosiokäsikirjassa (2004, 570) mainitaan lian- ja rasvanpoistossa käytettävät menetelmät ja aineet, jotka ovat havainnollistettu kuviossa 6.



KUVIO 6. Rasvanpoistomenetelmät ja pesuaineet

(ks. alkuperäinen kuvio: Korroosiokäsikirja 2004, 570)

Pesumenetelmien ja käytettävien aineiden valinnoissa on otettava huomioon useita tekijöitä, joita ovat esimerkiksi tuotannon laatu ja määrä, epäpuhtauksien laatu ja määrä sekä seuraava pintakäsittelyvaihe.

Vesipesulla pinnasta poistetaan vesiliukoisia yhdisteitä. Näitä ovat erilaiset suolat ja happotähteet. Muita pesumenetelmiä ovat:

- **alkaliset pesut** → rasvan, öljyn ja vesiliukoisten epäpuhtauksien poisto. Alkaliset pesuaineet toimivat parhaiten 60–90 asteen lämpötiloissa
- **liuotinpesut** → *palavat* ja *palamattomat* liuottimet. *Palaviin* kuuluvat esimerkiksi liuotinbenssiini, tinnerit, tärpätti ja aromaattiset hiilivedyt, kuten ksyleeni ja tolueeni. *Palamattomat* liuottimet ovat taas kloorattuja hiilivetyjä, joita käytetään myrkyllisyytensä vuoksi vain kiinteissä laitoksissa

- **emulsiopesu** → pesuliuos sisältää vettä, liuotinta ja emulgaattoreita. Emulgaattoreiden tehtävänä on saada epäpuhtaudet sellaiseen muotoon, että ne eivät tartu uudestaan pintaan. (Korroosiokäsikirja 2004, 570–572.)

2.3.4 Fosfatoi

Fosfatoi on tapahtuma, jossa muodostetaan metallipinnalle ohut, eristävä metallifosfaattikalvo. Kalvon koostumus riippuu itse metallista ja fosfatoi menetelmästä. Rauta- ja sinkkifosfatoi on pääasiainen esikäsittelymenetelmä, jota käytetään maalauksessa. Nykyään käytetään myös mangaattifosfatoi, koska se sisältää vähemmän myrkyllisiä aineita kuin edellä mainitut rauta- ja sinkkifosfatoi. Fosfatoi käytetään enimmäkseen sinkin ja teräksen esikäsittelymenetelminä (Korroosiokäsikirja 2004, 573.)

Rautafosfatoi perustuu tapahtumaan, jossa metallin pinnalle muodostuu hyvin ohut fosfaattikalvo, joka parantaa maalin tarttuvuutta alustaan. Tämän menetelmän korroosionestokyky on kuitenkin heikko. (Korroosiokäsikirja 2004, 573.)

Kyseisen menetelmän liuokset sisältävät alkalifosfaatteja ja niillä on usein hyvä rasvanpoistokyky. Tästä johtuen erillistä rasvanpoistoa tarvitaan vain hyvin likaisilla tuotteilla. (Korroosiokäsikirja 2004, 573.)

Kylvyn pH-arvo on tavallisesti 3,5–6. Rautafosfatoi nissa ei muodostu lietettä altaan pohjalle. Menetelmää käytetään pääasiassa teräksen käsittelyyn, mutta sitä voi käyttää myös sinkittyyn teräkseen ja alumiiniin. (Korroosiokäsikirja 2004, 573.)

Teräksen pinnalle muodostunut kalvonpaine on 0,2–1,1 grammaa neliometriä kohden. Sinkillä vastaavat luvut ovat 0,1–2 ja alumiinilla 0,3. (Korroosiokäsikirja 2004, 573.)

Sinkkifosfatoi on teräksen, sinkin ja alumiinin esikäsittelymenetelmä. Kyseinen menetelmä parantaa taas korroosionestokykyä sekä maalin tarttuvuutta. Kalvonpaksuus teräkselle ja sinkille on 1,3–3,2 grammaa neliometriä kohden ja alumiinille 0,5–

1,9. Fosfatointimenetelmän pH-arvo on pienempi kuin rautafosfatoinnin (2,8–3,5) ja prosessi vaatii aina erillisen rasvanpoiston ja huuhtelun ennen fosfointia. Toisin kuin rautafosfatoinnissa, sinkkifosfatoinnissa muodostuu altaiden pohjalle runsaasti lietettä, joka on poistettava ja käsiteltävä. (Korroosiokäsikirja 2004, 573.)

Fosfointikäsitteilyt tehdään tavallisesti upottamalla tai ruiskuttamalla. Menetelmän valintaan vaikuttavat tavallisesti kappaleiden koko ja muoto sekä tuotannon määrä. Fosfatoinnin jälkeen on pinta huuhdeltava, passivoitava ja kuivattava lämpimällä ilmalla. (Korroosiokäsikirja 2004, 573.)

2.3.5 Teräspintojen mekaaniset esikäsitteilymenetelmät

Ruosteenpoisto on yksi mekaanisista esikäsitteilyistä. Ruostetta voidaan poistaa myös pesuprosessissa (ks. luku 2.3.2), mutta tehokkaampi tulos saadaan käsin poistamalla mekaanisesti. Mekaanisten esikäsitteilymenetelmien tarkoituksena on myös muiden kiinteiden kerrostumien poisto ja pinnan profiilin optimointi. (Tunturi ym. 1999, 32.)

Holger (1999, 78) mainitsee myös, että ruosteenpoistossa oleellisesti vaikuttaa mm. teräspinnan ruostumisaste. Seuraavassa taulukossa on kuvattu maalaamattoman teräspinnan ruostumisasteet.

TAULUKKO 1. Teräspinnan ruostumisasteet

(ks. alkuperäinen taulukko: Holger 1999, 78)

Ruostumisaste	Sanallinen määritelmä
A	Teräspinta, jota laajalti peittää hyvin kiinni oleva valssihilsekerros, mutta jossa ruostetta on hyvin vähän tai ei lainkaan
B	Teräspinta, jolla on alkavaa ruostumista ja jolta valssihilsekerros on alkanut irrota
C	Teräspinta, jolta valssihilse on ruostunut pois tai jolta se voidaan kaapia mutta, jossa paljain silmin tarkasteltaessa on havaittavissa vähäistä kuoppakorroosiota
D	Teräspinta, jolta valssihilse on ruostunut pois ja jossa paljain silmin tarkasteltaessa on havaittavissa yleistä kuoppakorroosiota

Ennen mekaanista esikäsittelyä on pinnalta poistettava luonnollisesti öljy, rasva ja lika, sillä ne voivat liata suihkupuhdistusmateriaalin myöhemmässä vaiheessa (Tunturi ym. 1999, 32).

Korroosiokäsikirjassa (2004, 572) mainitaan, että mekaanisiin esikäsittelymenetelmiin kuuluvat **kaavinta**, **teräsharjaus**, **hakkaus** ja **suihkupuhdistus**. Kaavinta ja hakkaus eivät varsinaisesti ole esikäsittelymenetelmiä, vaan ne tehdään tarvittaessa ennen teräsharjausta ja suihkupuhdistusta.

Tunturin ja muiden (1999, 32) mukaan standardissa SFS-ISO 8501–1, käsityökaluilla päästään puhdistusasteeseen St 2 ja konetyökaluilla asteeseen St 3. Korroosiokäsikirja (2004, 572) listaa kyseiset puhdistusasteet standardin SFS 4957 teräsharjauksen osalta seuraavan mukaisesti:

- St 2, huolellinen kaavinta ja teräsharjaus
- St 3, hyvin huolellinen kaavinta ja teräsharjaus.

Tunturi ja muut (1999, 32) kuitenkin kuvaavat selkeästi taulukossa 2, miten puhdistus tulisi tapahtua käsityökaluilla ja koneilla.

TAULUKKO 2. Käsi- ja konetyökalut ja niiden käyttö

(ks. alkuperäinen taulukko: Tunturi ym. 1999, 32)

Käsityökalut	Käyttö	Konetyökalut	Käyttö
Puukot, kaapimet, taltat, vasarataulat	Kuonan, kerrostuneen ruosteen, hilseilevän vanhan maalin, irtonaisen ruosteen poisto	Vasarataulat, pyörivät iskukoneet	Paksujen ja laminoitujen kerrosten poisto
Käsiteräharja, hiomapaperit, hioma-aineita sisältävät muoviset hiomavälineet	Viimeistelykäsittelyt, kuten tiukasti kiinni olevan maalin reunakerroksen ohentaminen	Neulapistoolit	Hitsisaumojen, katkojen, onkaloiden ja kiinnikkeiden käsittely
		Hiomakoneet, hiomalaikat, pyörivät teräsharjat, pyörivät hiomapaperiliuskalaikat, pyörivät viimeistelyharjat	Ruosteen, ruostekerrostumien ja maalin poisto
		Pyöröhiomakoneet	Hitsausliitosten kulmien yms. hionta

Suihkupuhdistuksessa puhallusrakeet singotaan tai puhalletaan isolla nopeudella pintoihin, jotka ovat puhdistettavana.

Suihkupuhallukseen valittava raemateriaali määräytyy käytettävän suihkupuhdistuslaitteiston ja halutun lopputuloksen mukaan. Materiaaleina toimivat metalliset ja ei-metalliset materiaalit. Rakeet voivat olla käytettävissä useaan kertaan tai ne ovat kertakäyttöisiä. Rakeita voidaan myös käyttää veden kanssa, jolloin sekoitetaan rakeet veteen (märkäpuhallus) tai ruosteen irrottajana voi toimia myös korkeapaineinen vesi (n. 350 kg/m²). (Korroosiokäsikirja 2004, 572.)

Hakamet Oy: n normaaleihin mekaanisiin esikäsittelymenetelmiin kuuluu lasertyöstöstä aiheutuvan oksidikerroksen poistaminen. Mustien teräslevyjen työstämisessä käytetään suojakaasuna happea, joka aiheuttaa leikkuureunalle hapen palamisesta aiheutuvan oksidikerroksen. Oksidikerros poistetaan koneellisesti pyörivällä teräsharjalla. Oksidikerros vaikuttaa oleellisesti myös hitsattavuuteen.

Liekkipuhdistuksessa puhdistettavan pinnan yli viedään asetyleeni-happiliekki. Näin saadaan valssihilse ja ruoste irtoamaan lämmön vaikutuksesta. Menetelmän jälkeen pinta on käsiteltävä koneellisesti teräsharjoilla, jonka jälkeen pöly ja epäpuhtaudet poistetaan, ettei niistä olisi haittaa maalauksessa. (SFS-EN ISO 12944-4, 1998, 18.)

Taulukossa 3 on määritelty pinnan täydellisen (koko pinnan) esikäsittelyn standardiesikäsittelyasteet. Taulukossa viitataan myös standardiin ISO 8501-1.

TAULUKKO 3. Pinnan täydellisen esikäsitteilyn standardiesikäsitteilyasteet

(ks. alkuperäinen taulukko: SFS-EN ISO 12944–4, 1998, 24)

Standardi esikäsitteilyaste (1)	Esikäsitteily menetelmä	Edustavat valokuvaesimerkit Standardissa ISO 8501-1 (2) (3) (4)	Esikäsitteily pintojen olennaiset ominaisuudet lisätietoja käsitteilyistä ennen pinnan esikäsitteilyä ja sen jälkeen ks. ISO 8501-1	Soveltumialue
Sa 1	Suihkupuhdistus	B Sa 1 C Sa 1 D Sa 1	Irtonainen valssihilse, ruoste ja maalipinnoitteet sekä vieras aine on poistettu. (5)	Pintojen esikäsitteily a) pinnoittamattomat teräspinnat ; b) pinnoitetut teräspinnat, jos pinnoitetta poistetaan siinä määrin, että määritelty puhtaustaste saavutetaan (6)
Sa 2		B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	Suurin osa valssihilsestä, ruosteesta, maalipinnoitteesta ja vieraasta aineesta on poistettu. Jäljelle jäävien epäpuhtauksien on oltava tiukasti kiinni alustassa.	
Sa 2 1/2		A 2 1/2 B 2 1/2 C 2 1/2 D 2 1/2	Valssihilse, ruoste, maalipinnoitteet ja vieras aine on poistettu. Jäljellä olevien epäpuhtausjäämien tulee näkyä ainoastaan lievänä täplien tai raitojen muotoisena värjäytymisenä.	
Sa 3 (7)		A Sa 3 B Sa 3 C Sa3 D Sa3	Irtonainen valssihilse, ruoste ja maalipinnoitteet sekä vieras aine on poistettu. (5)	
St 2	puhdistus käsityökaluilla ja koneellisesti	B St2 C St 2 D St2	Irtonainen valssihilse, ruoste ja maalipinnoitteet sekä vieras aine on poistettu. (5) Pinta on kuitenkin käsiteltävä hyvin paljon huolellisemmin kuin esikäsitteilyasteessa St 2 , jotta pintaan saataisiin metallialustan mukainen hohde.	
St3		B St3 C St3 D St3	Irtonainen valssihilse, ruoste ja maalipinnoitteet sekä vieras aine on poistettu. (5) Jäljellä olevien epäpuhtausjäämien tulee näkyä ainoastaan lievänä pinnan värjäytymisenä (eri värien sävyjä).	
FI	Liekkipuhdistus	A FI B FI C FI D FI	Irtonainen valssihilse, ruoste ja maalipinnoitteet sekä vieras aine on poistettu. Jäljellä olevien epäpuhtausjäämien tulee näkyä ainoastaan lievänä pinnan värjäytymisenä (eri värien sävyjä).	
Be	Happopeittäus		Valssihilse, ruoste, maalipinnoitejäämät on poistettu täydellisesti. Maalipinnoitteet on poistettava sopivalla menetelmällä ennen peittäystä.	Esimerkiksi ennen kuumasinkitystä.

(1) Käytetyt lyhenteet:

Sa = suihkupuhdistus (ISO 8501-1)

St = puhdistus käsityökaluilla tai koneellisesti (ISO 8501-1)

FI = liekkipuhdistus

Be = happopeittäus

(2) A, B, C, D kuvaavat pinnoittamattoman teräspinnan alkuperäistä kuntoa (ks. ISO 8501-1).

(3) Edustavissa valokuvaesimerkeissä esitetään ainoastaan pintoja tai pinta-aloja, jotka olivat aikaisemmin pinnoittamattomia.

(4) Kun kysymyksessä ovat maalaamattomat tai maalatut teräksellä olevat metallipinnoitteet, voidaan sopia tietyjen vakioesikäsitteilyasteiden vastaavasta soveltamisesta edellyttäen, että nämä ovat teknisesti toteutettavissa kyseisissä olosuhteissa.

(5) Valssihilseen katsotaan olevan tiukasti kiinni, jos sitä ei saada poistettua pyöristetillä kittausveitsellä nostamalla.

(6) Arviointiin vaikuttaviin tekijöihin on kiinnitettävä erikoista huomiota.

(7) Tämä pinnan esikäsitteilyaste voidaan saavuttaa ainoastaan määrättyissä olosuhteissa, joita kenties ei ole mahdollista saavuttaa rakennuspaikalla.

2.4 Laatu pintakäsittelyssä

2.4.1 Laatu

Laatu on tuotteen tai palvelun kaikki ne piirteet ja ominaisuudet, joilla tuote tai palvelu täyttää asetetut tai oletetut tarpeet (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 54. Viitattu 5.9.2012).

Pinnoitteiden laatuun vaikuttaa suuri määrä erilaisia tekijöitä. *Laadunohjauksella* pyritään optimoimaan kulloinkin tarvittava taso. Ylilaadun tekeminen luonnollisesti maksaa. Laadunohjauksen tarkoituksena on löytää kullekin työvaiheelle ja pinnoitteelle sellainen taso ja sellaiset ominaisuudet, että ne vastaavat pinnan käyttötarkoitusta ja aiottua käyttöikä. Pinnoitteen epäonnistuminen johtaa virheen aiheuttajan etsimiseen ja kehittämään parempia menetelmiä tai ottamaan käyttöön uusia ratkaisuja. (Korroosiokäsikirja 2004, 859.)

Pinnoitteen laadunohjaus alkaa suunnittelusta. Suunnittelijan on tehtävä pinnoittaminen mahdolliseksi tuleviin rasitusolosuhteisiin nähden. Kappaleen valmistuksessa on jo terästyössä otettava huomioon tulevat rasitusolosuhteet (ks. luku 3.2.2) ja niiden edellyttämä pinnoittaminen. (Korroosiokäsikirja 2004, 859.)

Eryteisesti korroosionestomaalaus on standardisoitu. On huomioitava, että metallien pinnoituksessa standardeilla on ohjeellinen merkitys. Työmäärittelyssä voidaan standardeista poiketa. Standardi on riitatapauksissa tulkittava laadulliseksi vähimmäisvaatimukseksi. (Korroosiokäsikirja 2004, 860.)

2.4.2 Laadunvalvonta

Laadunohjaukseen liittyy myös laadunvalvonta. Valvonnan määrän ja laajuuden määrää se, kuinka tärkeänä tilaaja ja toimittaja pitävät työn onnistumista. (Korroosiokäsikirja 2004, 860.)

Laadunvalvonta tehdään noudattaen etukäteen suunniteltuja toimenpiteitä, jotka ovat tarpeen riittävän varmuuden saamiseksi siitä, että tuote täyttää sille asetetut vaatimukset. Laaduntarkastus eli laadunvalvonta on sitä toimintaa, jossa tuotteen yhtä tai useampaa ominaisuutta mitataan, tutkitaan ja testataan. Vertaamalla tuloksia asetettuihin vaatimuksiin selvitetään ja todetaan, täyttääkö tuote sille asetetut vaatimukset. (Tunturi ym. 1999, 163.)

Laadunvalvontaan kuuluu kaikkien pinnoitteen valmistamisen eri vaiheisiin osallistuvat osapuolet. Esimerkiksi pinnoitteen toimittajan osuus, tässä tapauksessa maali- tehdas, vastaa luonnollisesti toimittamastaan tuotteesta. Tuotteen tulee olla eritellyn mukainen, tasalaatuinen ja värisävyltään tilaajan tarkoittama. Pinnoitteen valmistaja tutkii myös valmistuksessa käytettävät raaka-aineet. (Korroosiokäsikirja 2004, 860.)

Laadunvalvonta maalauksessa voidaan jakaa työn aikaiseen valvontaan, jonka työn suorittaja tekee usein itse sekä valmiin tuotteen valvontaan (Tunturi ym. 1999, 163).

Pinnoitteen käyttäjän velvollisuuksina on valvonnan dokumentointi. Lisäksi työn tekijän on valvottava oman työnsä laatua. Pinnoittajan työnjohto ja tilaajan valvoja sopivat erikseen maalaustyön vaatimustasosta ja rasiusten edellyttämästä laadusta. (Korroosiokäsikirja 2004, 860.)

Työn aikaisen valvonnan kohteet ovat:

- maalattavan pinnan puhtauden tarkistus (pinnan ruostumisasteet, esikäsitteilyasteet, terästyö, pinnan karheus)
- maalien ja maalausvälineiden tarkistus
- olosuhteiden tarkistus
- maalikalvon visuaalinen tarkistus
- maalikalvon märkä- ja kuivakalvonpaksuudet. (Tunturi ym. 1999, 163.)

Maalaustyön aikaiseen tarkastukseen kuuluu myös maalausolosuhteiden, -välineiden, -aineiden ja menetelmien valvonta. Valvonnan pitää ennaltaehkäistä virheitä. (Tunturi ym. 1999, 163.)

Valmiin pinnoitteen tarkastuksessa pinnoitteen tarkistus voidaan tehdä silmämääräisellä tarkistuksella ja mittalaitteilla tehtävillä tarkistuksilla, joita ovat kalvonpaksuuden mittaaminen, tartunnan mittaukset, huokoisuuden mittaukset ja kiillon mittaaminen. (Tunturi ym. 1999, 163.)

Silmämääräisessä tarkistuksessa kiinnitetään huomiota vaikeasti maalautuviin kohtiin. Näitä ovat terävähköt särmit, nurkat ja taitekohdat. Vaikeasti maalautuvat kohdat voidaan vahvistusmaalata siveltimellä ennen ruiskumaalausta. Maalin kuivumisen jälkeen on hyvä tarkastaa, ettei kalvossa ole sen toimintaa heikentäviä tai ulkonäköä häiritseviä virheitä kuten kuplia, huokosia, kraatereita, valumia, halkeilua, appelsiinpintaa tai karheita kohtia. Pinnan tasaisuutta arvioidaan silmämääräisen tarkastelun lisäksi myös käsin tunnustelemalla. Vaativissa kohteissa määritetään ulkonäkövaatimukset käyttämällä vertailu- tai mallipintoja. (Tunturi ym. 1999, 163.)

Maalikalvonpaksuus voidaan määrittää märästä maalikalvosta tai kuivasta kalvosta. Märkäkalvon paksuuden mittaaminen tehdään työn aikana välittömästi maalin levityksen jälkeen. Mittaukseen käytetään kampa- tai kiekkotulkkia. Kalvon paksuus voidaan laskea märkäkalvolukemasta, kun tiedetään maalin kuiva-ainepitoisuus prosentteina. (Tunturi ym. 1999, 163–164.)

Kuivakalvonmittauksessa metallialustalta voidaan kuivan maalikalvon paksuus määrittää kalvonpaksuusmittareiden avulla. Magneettiselta alustalta mitataan kalvonpaksuus magneettisella menetelmällä. Alumiinin ja ruostumattoman teräksen kalvonpaksuuskäyttöön käytetään pyörrevirtausmittareita. Tunturi ja muut (1999) viittaavat menetelmien kuvauksen löytyvän standardista SFS 3644. (Tunturi ym. 1999, 163.)

Lisäksi Tunturin ja muiden (1999) mukaan maalikalvon tarttuvuuden määrittämiseen, maalipinnoitteen huokoisuuden määrittämiseen ja kiillon määrittämiseen löytyy standardeja ja ohjeita (Tunturi ym. 1999, 163). Lisäksi Korroosiokäsikirjassa (2004,

861) mainitaan, että Suomessa SFS-standardit ovat tärkeimmät. Kirjassa painotetaan myös edelleen, että standardit ovat käytössä vain ohjeellisia.

2.4.3 Henkilöstö, ammattitaito ja välineet

Korroosionestomaalaustyöntekijällä on oltava sen edellyttämät välineet ja ammattitaito. Eritystapauksissa voidaan vaatia saadun ammattikoulutuksen osoittamista tai hyväksytyin järjestön sertifiointi. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 54. Viitattu 5.9.2012.)

Työntekijällä on oltava hyvät välineet ja niiden kunnossapidosta huolehditaan. Hyvän lopputuloksen kannalta on välttämätöntä, että työntekijällä on riittävät tiedot vaaditusta laatutasosta, välineistä, maaliaineista sekä niiden käyttöominaisuuksista ja olosuhdevaatimuksista. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 54. Viitattu 5.9.2012.)

3 JAUHEMAALAUUS

3.1 Jauhemaalauksen idea

3.1.1 Jauhemaalauksen tiivistettynä

Jauhemaalauksella on maalituotteen levittämistä alustalle kuivana eli jauheen muodossa. Menetelmää käytetään yleisesti metalliteollisuudessa. (Ahonen 1991, 77.)

Jauhemaalauksen käyttö rajoittuu metalliteollisuuteen, koska jauhemaalit ruiskutetaan maalattavalle pinnalle lähinnä sähköstaattisesti (Holger 1999, 116.). Tarkemmin sanottuna sähkökenttä muodostetaan maadoitetun kappaleen ja pistoolissa olevan elektrodin kärjen välille. Jauhepartikkelit päästetään kyseiseen kenttään, jossa ne

tarttuvat elektrostaattisesti kappaleeseen. (Jauhemaalaukset 2004–2010. Viitattu 5.9.2012.)

Ruiskutuksen jälkeen tuotteet siirretään uuniin, jossa jauhemaalain verkkoutuminen tapahtuu ja saadaan aikaan maalikalvo (Holger 1999, 116).

Jauhemaalaukset ovat ympäristöystävällinen vaihtoehto. Jauheet ovat täysin liuotteettomia, jonka vuoksi niistä ei aiheudu VOC-päästöjä (Volatile Organic Compound) eli haihtuvia orgaanisia päästöjä. (Jauhemaalaukset 2010. Viitattu 4.9.2012.)

Jauhemaalauksen pinta on erittäin kova ja kimmoisa. Nämä ominaisuudet taas parantavat kuljetus- ja asennusvaurioita. Tämä olennaisesti parantaa korroosionestoa ja huoltomaalaukset jäävät vähäisiksi. (Jauhemaalaukset 2010. Viitattu 4.9.2012.)

3.1.2 Jauhemaalauksen hyödyt, haitat ja käyttökohteet

Ahosen mukaan (1991) *hyötyjä* jauhemaalauksessa on useita. Jauhemaalauksessa maalipinnan muodostuminen tapahtuu polttouunissa, jossa kappaleeseen ruiskutettu jauhe sulaa pinnoille, jolloin pinnasta tulee todella tasainen (ks. Kuvio 7) ja usein myös ominaisuuksiltaan parempi kuin tavallisilla maalausmenetelmillä. (Ahonen 1991, 77.)



KUVIO 7. Valmis jauhemaalipinta, Hakamet Oy

(Kauppinen 2012)

Liutteita ei menetelmässä tarvita lainkaan. Maalauuskammioiden huoltotyöt vähenevät sekä poistoilman tarve vähenee. Jauhemaalauksessa ei myöskään käytetä sekoituksia ja ohenteita, jota käytetään märkemaalauksessa. Tämä pienentää virheiden mahdollisuutta. (Ahonen 1991, 77.)

Jauhemaalauksella saadaan yhdellä maalaukerralla paksummat kerrokset kuin esimerkiksi märkemaalauksella. Maalausmenetelmästä johtuen saadaan myös kappaleiden reunoihin ja särmiin paksut kerrokset. Laitteistot vievät vähemmän tilaa kuin muut laitteistot. Paloturvallisuus paranee myös, koska liutteita ei tarvita. Energiaa säästyy tiloissa, jossa maalaus suoritetaan, koska ilmanvaihto voi olla suhteellisesti pienempi. (Ahonen 1991, 77.)

Jauhemaalauksen hyviä puolia:

- ohiruiskutettu jauhe voidaan ottaa talteen
- jauhemaalilla on myös edullista. Sen kuiva-aine pitoisuus on lähes 100 %
- yksinkertaisten kappaleiden maalaaminen on helppoa. Menetelmä on myös helposti automatisoitavissa

- erinomainen mekaaninen ja kemiallinen kestävyys. Ominaisuudet saavutetaan heti, kun kappale on jäähtynyt
- voidaan pakata heti jäähtymisen jälkeen
- voidaan maalata kulman taakse
- laitteita ei tarvitse pestä käytön jälkeen. Käytettävä jauhe voidaan jättää laitteen sisään ja maalaus aloittaa helposti uudestaan
- laitteet varmatoimisia → alhaiset huoltokulut
- jauhemaalauksella on työturvallista
- ympäristöystävällisyys. (Jokinen I n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Jauhemaalauksen *haittoja* ovat muun muassa investointikustannukset. Se on kallein tarjolla olevista maalausmenetelmistä. Lämpökuivaus vaatii energiaa eikä sovi kookkaille, monimutkaisille kappaleille kohtuullisin kustannuksin. Lämpökuivaus (poltto-uuni) ei myöskään sovi kappaleille, joiden fyysiset ominaisuudet eivät kestä lämpöä. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 28. Viitattu 5.9.2012.)

Jauhemaalauksen huonot puolet ovat kiteytettyinä:

- jauhemaaleja ei voi ostaa pienissä erissä
- erikoissävyt voivat olla todella kalliita
- värienvaihto työlästä, jos jauhe otetaan talteen
- korroosionkestävyys ei välttämättä aina hyvä
- tarvitaan suuritehoinen uuni
- uunien energiankulutus on suuri
- menetelmällä ei saavuteta yhtä suurta nopeutta, kuin märkemaalauksella
- vaikea saavuttaa aivan tasaisia ja kiiltäviä pintoja
- korjausmaalaus on vaikeampaa kuin märkemaalilla
- laitteet ovat kalliita märkemaalaukseen verrattuna. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Jauhemaalauksen *käyttökohteita* ovat muun muassa kodinkoneet, teräskalusteet ja hyllyt, puutarhakalusteet, polkupyörät sekä autonosat (Jauhemaalit 2010. Viitattu 4.9.2012).

Tallberg Tech Oy Ab:n sivuilla (2004–2010) mainitaan lisäksi käyttökohteiksi muun muassa alumiiniprofiilit, koneteollisuus, lämmitys ja ilmastointi sekä edellä mainittujen lisäksi vielä muovin ja puun pintakäsittelyt (Jauhemaalaukset 2004–2010. Viitattu 5.9.2012.)

3.2 Maalin koostumus

3.2.1 Yleistä maaleista ja jauhemaalit

Maalikalvo koostuu sideaineista ja siihen dispergoituista pigmenteistä ja apuaineista. Jos kalvossa ei ole pigmenttejä, sitä sanotaan lakkakalvoksi. Sideaine on maaleissa saatettu nestemäiseen muotoon tai jauheeksi. Jauhemaalit ovat liuotteettomien maalien alaryhmänä, joiden sideaineena toimii kiinteä jauhe. (Korroosiokäsikirja 2004, 677.)

Sideaine on maalikalvon ja maalin tärkein komponentti. Sideaineen tehtävänä on muodostaa alustaan kiinnittyvä kalvo, jonka sisällä on sideaineen toisiinsa liimaamat pigmenttihiukkaset. Sideaine määrää maalikalvon ominaisuudet. Näitä ovat muun muassa tartunta alustaan, sisäinen lujuus sekä kemialliset ominaisuudet. Se määrää myös maalin ominaisuudet, joita ovat kuivumistapa ja maalityyppi. (Korroosiokäsikirja 2004, 677.)

Jauhemaalien sideaineena toimii jokin kestävä muovi. Näitä ovat yleensä polyamidi, polyvinyylikloridi tai polyeteeni. (Korroosiokäsikirja 2004, 682.)

Pigmentit ovat hienojakoisia, kiinteitä ja sideaineeseen liukenemattomia jauheita, joita dispergoidaan sideaineeseen maalin valmistusvaiheessa. Pigmenttejä on kolmea eri päätyyppiä. Näitä ovat väripigmentit, korroosionestopigmentit ja apupigmentit eli täyteaineet. (Korroosiokäsikirja 2004, 677.)

Väripigmenttien tarkoituksena on antaa maalikalvolle väri ja suojata sideainetta UV-säteilyn hajottavalta vaikutukselta (Korroosiokäsikirja 2004, 677).

Korroosionestopigmenttien tarkoituksena on luonnollisesti estää tai hidastaa maalikalvon alla olevan teräksen korroosiota (Korroosiokäsikirja 2004, 677).

Apupigmenttien eli täyteaineiden hiukkaskoon ja muodon avulla saadaan aikaan mahdollisimman tiivis ja luja maalikalvo (Korroosiokäsikirja 2004, 677).

Jauhemaalit jakaantuvat Jokisen (n. d) mukaan pääasiassa seuraaviin ryhmiin:

- *epoksijauheet*. Jauhe on edullinen ja sillä on erinomainen mekaaninen ja kemiallinen kestävyys. Huonoina puolina voidaan mainita kellastuminen liiasta uunituksesta ja lämpimistä olosuhteista. Liituuntuu ulkona
- *polyesterijauheet*. Epoksia kalliimpi jauhe. Jauheella on lähes samanlainen kemiallinen ja mekaaninen kestävyys kuin epoksijauheella. Jauhe ei kellastu eikä liitunnun toisin kuin epoksijauhe
- *epoksyepolyesterijauheet*. Tämä jauhe on molempien edellä mainittujen yhdistelmä, jolla on molempien hyviä ominaisuuksia ja se on yleisin jauhetyyppi Suomessa
- *metallihohdemaalit, struktuurimaalit* sekä muut erikoismaalit, joihin kuuluvat mm. *sinkkipölyjauhe* korroosionestoon sekä *polyuretaani, akryyli ja riisan*, mutta nämä ovat Suomessa harvinaisempia. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Teknos (2010) Internet-sivuilla on laajat tuoteselosteet jauhemaaleille (ks. Teknos Oy:n kotisivut: <http://www.metal.teknos.fi/?pageID=H2843&lang=7>). Myös Powertech Ltd Oy:n kotisivuilla on kerrottu jauhemaalien sideaineista, erikoispinnoitteista, pinnanlaaduista ja kiiltoasteista (ks. Powertech Ltd Oy:n kotisivut: <http://www.powdertech.fi/jauhemaalit.html>).

Maalien kemiallisiin koostumuksiin ei tässä opinnäytetyössä syvennyttä. Seuraavaksi käsitellään maalaukseen olennaisesti liittyvää *maalaujärjestelmää*.

3.2.2 Maalausjärjestelmät jauhemaalauksessa

Maalausjärjestelmä muodostuu poikkeuksetta maalattavien pintojen esikäsitteystä sekä alustan suojaukseen käytettävien maalien muodostamasta maalikalvosta. Järjestelmään saattaa kuulua vain yksi maali, joka maalataan yhteen tai useampaan kertaan. Tavallisesti järjestelmään kuuluu useampia maaleja, jotka täydentävät toisiaan. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 48. Viitattu 5.9.2012.)

Maalikerrosten tehtäviin kuuluu suojata pintaa eri tavoilla. Esimerkiksi pintamaalilla on suuri sähkövastus ja pohjamaalissa on korroosionestopigmentointi. Käyttöjärjestyksen mukaan nimetään maalit pohja-, väli- ja pintamaaleiksi. Korroosionestomekanismi tässä järjestelmässä perustuu suureen sähkövastukseen, korroosionestopigmentteihin tai katodiseen suojaukseen. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 48. Viitattu 5.9.2012.)

Pohjamaalien tehtävänä on tarttua hyvin alustaansa ja suojata metallia korroosiolta. *välimaalien* tehtävänä taas on tarttua pohjamaaliin hyvin kiinni ja suojata edellistä kerrosta. Tämä siksi, että konepajoissa ja asennuspaikoilla saattaa odotusajat olla hyvinkin pitkiä ennen seuraavaa maalausvaihetta. *Pintamaali* toimii korroosiota estävänä ja eristävänä kerroksena. Pintamaali vähentää hapen, veden ja kemikaalien pääsyä väli- ja pohjamaalikerroksiin. Se antaa maalattavalle kappaleelle myös ulkonäön, joten sen kiiltoasteelle ja värisävylle on omat vaatimuksensa. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 48. Viitattu 5.9.2012.)

Maalausjärjestelmän valinnassa tulisi huomioida seuraavia asioita:

- ympäristön rasisluokka
- maalattavan pinnan materiaali
- pintakäsittelykustannukset koko rakenteen käyttöikä huomioiden
- kuljetusten ja varastoinnin huomioiminen
- esikäsitteilymenetelmien ja maalauspaikan soveltuvuus valitulle maalausjärjestelmälle

- kohteen erityisrasitukset esim. mekaaninen rasitus, likaantuminen, lämpörasitus yms.
- esteettiset näkökohdat esimerkiksi värisävyn saanti tiettyyn pintamaaliin ja kiiltoaste. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 48. Viitattu 5.9.2012.)

Tunturi ja muut (1999) viittaavat standardiin SFS EN ISO 12944–2, jossa **Ympäristön rasitusluokat** jaetaan kuuteen luokkaan:

1. C1 → erittäin alhainen
2. C2 → alhainen
3. C3 → keskinkertainen
4. C4 → korkea
5. C5-I → erittäin korkea (teollisuus)
6. C6-M → erittäin korkea (meri).

Lisäksi vielä upotusrasitukset kolmeen luokkaan:

1. Im 1 → makeavesiupotus
2. Im 2 → suolavesiupotus
3. Im 3 → upotus maahan. (Tunturi ym. 1999, 86.)

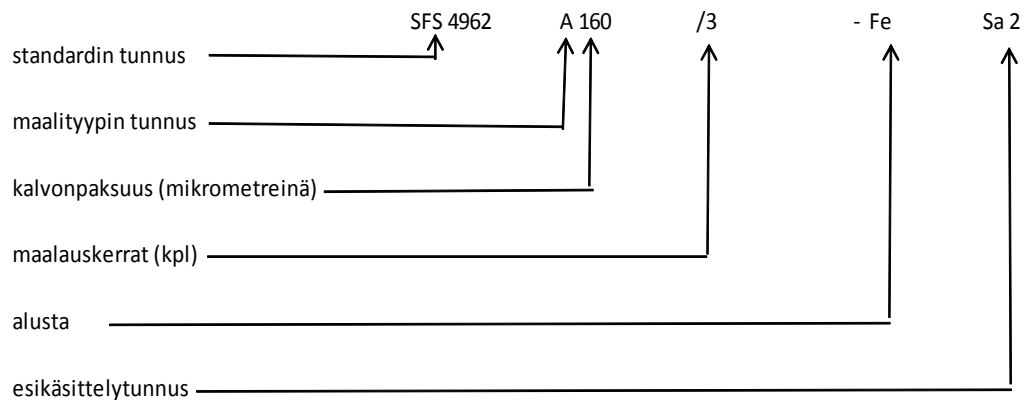
Tikkurila Oy:n julkaisussa (2012) kerrotaan esimerkiksi rasitusluokasta C1. Sen korrosiovaikutukset esiintyvät kuivissa ja lämmitetyissä sisätiloissa esimerkiksi asuinhuoneissa, kouluissa ja toimistoissa. Ääripäässä C5-M rasitusluokka kertoo taas hyvin ankarista meriolosuhteista, joissa suolapitoisuus on korkea, kondensoituminen jatkuva sekä saasteiden määrä korkea. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 48–49. Viitattu 5.9.2012.)

Maalausjärjestelmän kestävyys on jaettu Tikkurila Oy:n julkaisussa (2012) kolmeen luokkaan, joka on peräisin standardista SFS EN ISO 12944–1:

1. alhainen (L) 2–5 vuotta
2. kohtalainen (M) 5–15 vuotta
3. korkea (H) yli 15 vuotta.

Luokitus tarkoittaa aikaa, jonka suojamaaliyhdistelmän oletetaan kestävän ennen huoltomaalausta. Se ei ole takuu-aika. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 49. Viitattu 5.9.2012.)

Maalausjärjestelmän merkintä tapahtuu korroosiokäsikirjassa (2004) seuraavasti, viitaten standardeihin SFS 4962 ja SFS 5225 (ks. kuvio 8):



KUVIO 8. Maalausjärjestelmän merkintä-esimerkki

(ks. alkuperäinen kuvio: Korroosiokäsikirja 2004, 688)

Standardijärjestelmän rajoittuneisuus aiheuttaa Suomessa ongelmia. Esimerkiksi yleinen standardi SFS-EN ISO 12944 käsittelee vain rakenteita, joiden paksuus on vähintään 3 mm ja jotka ovat tehty hiili- tai niukkaseosteisesta teräksestä, joko pinnoittamattomana, sinkittynä, sherardoituna, konepajapohjattuna tai maalattuna. Standardi ei käsittele ohutlevyistä, alumiinista tai ruostumattomasta teräksestä tehtyjä rakenteita. Myös pinnoitevalikoima on rajoitettu niin, että esimerkiksi **jauhe- ja muita lämpökovettuvia maaleja se ei käsittele**. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 49. Viitattu 5.9.2012.)

Koska standardin käyttöalue on rajoitettu huomattavasti, sitä varten on kehitetty ulkopuolisia ja eri tarkoituksiin spesifioituja maalausjärjestelmiä. Suomessa on otettu

käyttöön merkintäjärjestelmä, jossa on yhdistettynä standardien SFS-EN ISO 12944–5 ja SFS 5873 merkinnät. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 49–50. Viitattu 5.9.2012.)

SFS-EN ISO 12944-5 rajoittuneisuuden takia on käytössä paljon järjestelmiä, jotka eivät kuulu sen alueisiin. Tällöin merkinnästä jätetään pois standardin tunnus ja sen mukainen maaliyhdistelmän numero. (Metallipintojen teollinen maalaus 2012, 50. Viitattu 5.9.2012.)

Maalausalustan tunnuksat ovat: Fe = rauta, Zn = sinkki, Al = alumiini.

Kyseisessä maalausjärjestelmässä käytetään seuraavia tunnuksia. Mukaan on myös otettu Teknos Oy:n oma merkintä kahdesta jauhemaalista (ks. taulukko 4):

TAULUKKO 4. SFS-EN ISO 12944–5. Tavallisimmat korroosionestomaalityypit

(ks. alkuperäin taulukko: Jauhemaalitus korroosionestomenetelmänä 2010. Viitattu 4.9.2012)

maalityyppi	SFS-EN ISO 12944-5
akryylimaalit	AY
alkydimaalit	AK
epoksimaalit	EP
epoksitervamaalit	CTE
kloorikautsumamaalit	CR
polyuretaanimaalit	PUR
polyuretaanitervat	CTPUR
etyylisilikaatti	ESI
sinkkiepoksi	EPZn (R)

jauhemaalityyppi	Teknos merkintä
epoksi	EP
polyesteri	PE

Seuraavassa on esitetty esimerkki Teknos Oy:n omasta (ks. taulukko 5) maalausjärjestelmätunnuksesta INFRALIT EP 8026–05 / PE 8350–00. EPOKSI- /POLYESTERJAUHEMAALIJÄRJESTELMÄT.

TAULUKKO 5. Teknoksen maalausjärjestelmätunnus

(ks. alkuperäinen taulukko: Jauhemaalien maalausjärjestelmät 2010. Viitattu 12.9.2012)

Teknoksen maalausjärjestelmätunnus	P227a
SFS-EN ISO 12944-5 (2007) rasitusluokka/kestävyysluokka	C3/H
Maalausjärjestelmän rakenne:	EP60/1 PE100/1- FeSa 2½
INFRALIT EP 8026-05 sinkkiepoksijauhemaali	1 x 60 µm
INFRALIT PE 8350-00 polyesterijauhemaali	1 x 100 µm
Kokonaiskalvonpaksuus	160 µm

Maalausjärjestelmä merkitään seuraavasti: P227a – EP 8026 - 05 60/1 PE 8350 - 00 100/1 – FeSa 2½.

Maalien ominaisuuksista kerrotaan, että INFRALIT EP 8026-05 on sinkkiepoksijauhe-
maali, joka verkkoutuu 160–200 °C lämpötiloissa. Sinkkiepoksijauhe toimii ruostumi-
sen ehkäisevänä pohjamaalina järjestelmässä. (Jauhemaalien maalausjärjestelmät
2010. Viitattu 12.9.2012.)

INFRALIT EP 8026-00 on taas polyesterijauhemaali, joka verkkoutuu 180–220 °C läm-
pötiloissa. Polyesterijauhe on kemiallisesti ja mekaanisesti kestävä maali. Näiden
kahden jauheen muodostaman maalausjärjestelmän tyypillisimpinä käyttökohteina
mainitaan rasitusluokassa C3 olevat pinnat, jotka ovat alttiita auringonvalolle ja sää-
rasituksille. (Jauhemaalien maalausjärjestelmät 2010. Viitattu 12.9.2012.)

3.3 Jauhemaalauksen menetelmät ja laitteet

3.3.1 Menetelmät laitteineen

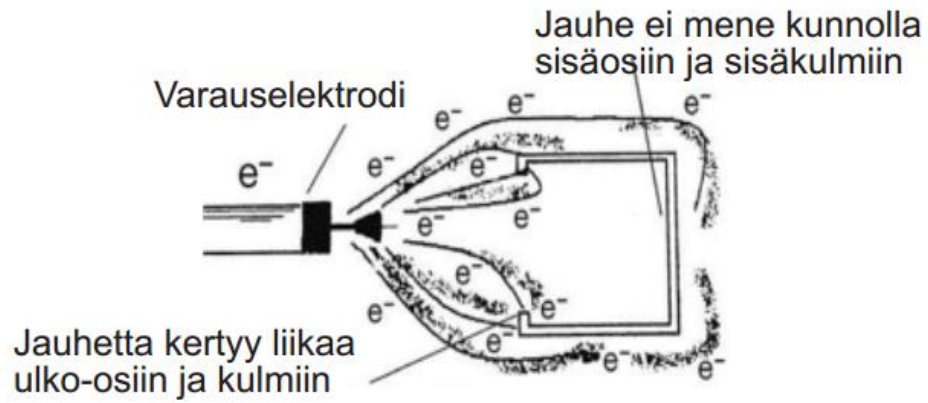
Sähköstaattinen jauhemaalauks on menetelmä, jossa maalijauhe ruiskutetaan sumutuspistoolilla ja varataan samalla sähköstaattisesti korkeajännitettä käyttämällä (Ahonen 1991, 77).

Menetelmiä on kahdenlaisia. Ensimmäisessä menetelmässä maali voidaan syöttää nopeasti pyörivälle lautaselle, jonka pyörintänopeus voi olla jopa 4000 1/min. Keskipakoisvoimalla maali sinkoutuu lautasen reunalle, jossa se kulkeutuu kahden sähköisesti varatun särmän väliin muodostuneeseen voimakkaaseen sähkökenttään ja varautuu sähköisesti. Maalihiukkaset kulkeutuvat maadoitetulle kappaleelle sähkökentän voimaviivojen mukaisesti. Tästä johtuen kappale maalautuu tasaisesti. (Ahonen 1991, 76.)

Toisessa menetelmässä perinteisen maalisuuttimen kärkeen on sijoitettu korkeajännitteinen elektrodi eli antenni. Elektrodin avulla maalihiukkaset saavat sähköisen varauksen. (Ahonen 1991, 76.) Jauheen ollessa varattuna kiinnittyy se sähköisesti vastaanavan eli maalattavan kappaleen pinnalle. (Ahonen 1991, 77.)

Sähköstaattisessa jauhemaalauksessa maali voidaan ruiskuttaa joko suurpainepumpun avulla tai matalapaineisella menetelmällä perinteistä hajotusilmamenetelmää käyttäen. (Ahonen 1991, 76.)

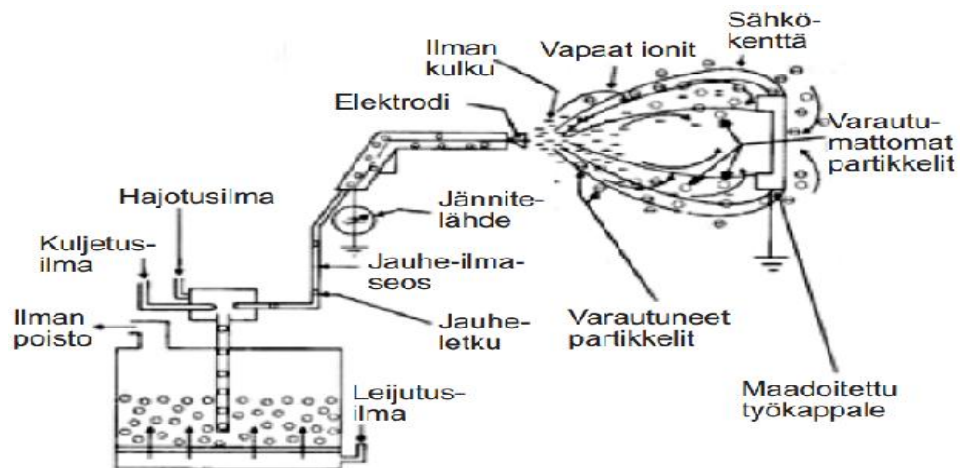
Sähköstaattista jauhemaalauksia kutsutaan myös koronamenetelmäksi (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012). Sähköstaattisen jauhemaalauksen periaate on esitetty kuviossa 9.



KUVIO 9. Sähköstaattinen varausmenetelmä ja Faradayn häkki

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Sähköstaattisen varausmenetelmän jauhemaalauslaitteisto on esitetty seuraavassa kuviossa kokonaisuudessaan (ks. kuvio 10).



KUVIO 10. Sähköstaattinen varausmenetelmän laitteisto

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

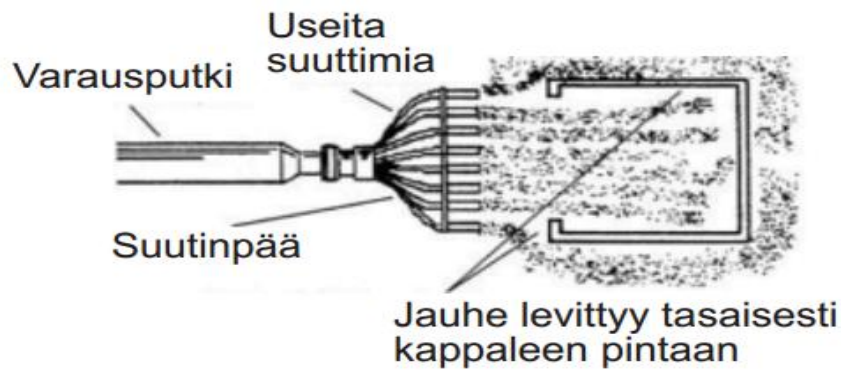
Sähköstaattisen varauksen etuja:

- suuri kapasiteetti (kg/h/pistooli)
- monipuoliset säätömahdollisuudet
- sopii kaikille maalityypeille
- jauhetta kertyy paljon teräviin reunoihin. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Sähköstaattisen varauksen huonoja puolia:

- Faradayn häkki-ilmiö, joka vaikeuttaa metallikoteloiden sisäpintojen maalausta vain ulkopuolelta ruiskutettaessa (ks. kuvio 9)
- uudelleen maalaus on vaikeaa
- ohiruiskutus on runsaampaa
- uudelleen maalauksessa ilmenee sähkökuvioiden muodostumista. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

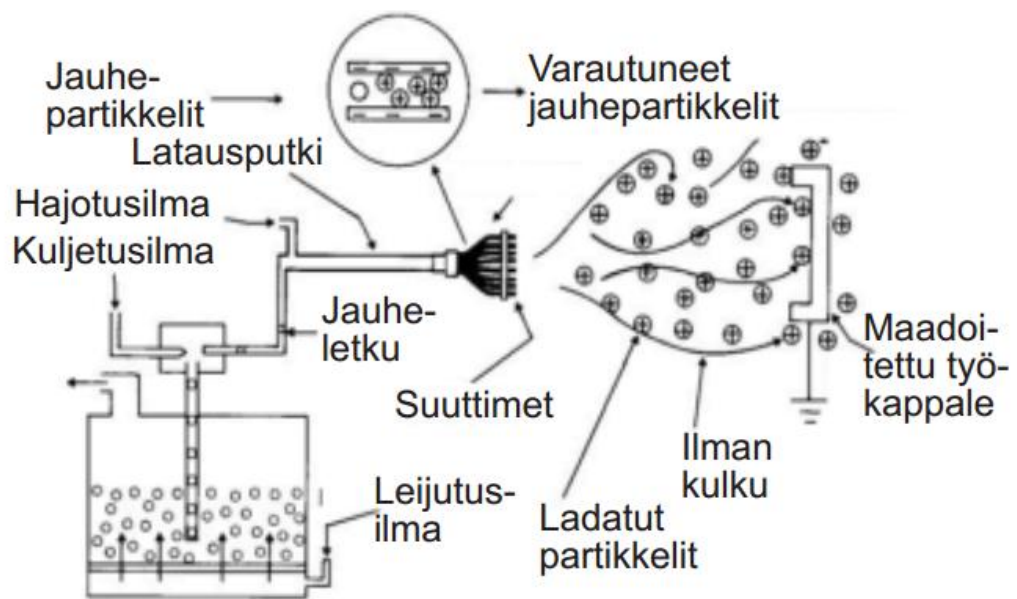
Ilmastaattinen jauheruiskutus eli tribostaattinen ruiskutus (myös kitkavarauksmenetelmä) on maalijauheen varaamista kitkan avulla. Kitka aiheuttaa jokaisessa hiukassa sen omaa kemiallista ja fysikaalista rakennetta vastaavan sisäisen ionisoitumisen. Itse kitka eli friktio saadaan aikaan ionigeneraattorin avulla. Menetelmän avulla saadaan aikaan jauhepilvi, joka koostuu miljoonista erillisistä varautuneista jauhehiukkasista. Sillä on hyvä kyky tunkeutua maalattavan kappaleen sisäpuolisiin onkaloihin ja nurkkiin (ks. kuvio 11). Jauheen tunkeuma vaikeisiin paikkoihin on parempi kuin perinteisellä menetelmällä, koska jauheen mukana ei tule ilmaa. Kyseistä menetelmää käytetään samankaltaisissa kohteissa kuin sähköstaattista jauheruiskutusta. (Ahonen 1991, 79.)



KUVIO 11. Kitkavarausmenetelmä

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Seuraavassa kuviossa on esitetty kitkavarauslaitteisto kokonaisuudessaan (ks. kuvio 12).



KUVIO 12. Kitkavarauslaitteisto

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Kitkavarausmenetelmän etuja ovat:

- menetelmässä ei esiinny Faradayn häkki-ilmiötä. Sisäkulmien ja vaikeamuotoisten kappaleiden maalaus helpompaa, kuin koronamenetelmällä
- uudelleen maalaus onnistuu hyvin, koska sähkökentästä johtuvaa purkauskuvoitumista ei esiinny, toisin kuin koronamenetelmässä
- sopii paremmin automatisointiin
- ei erillistä jännitelähdettä. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Huonoja puolia ovat:

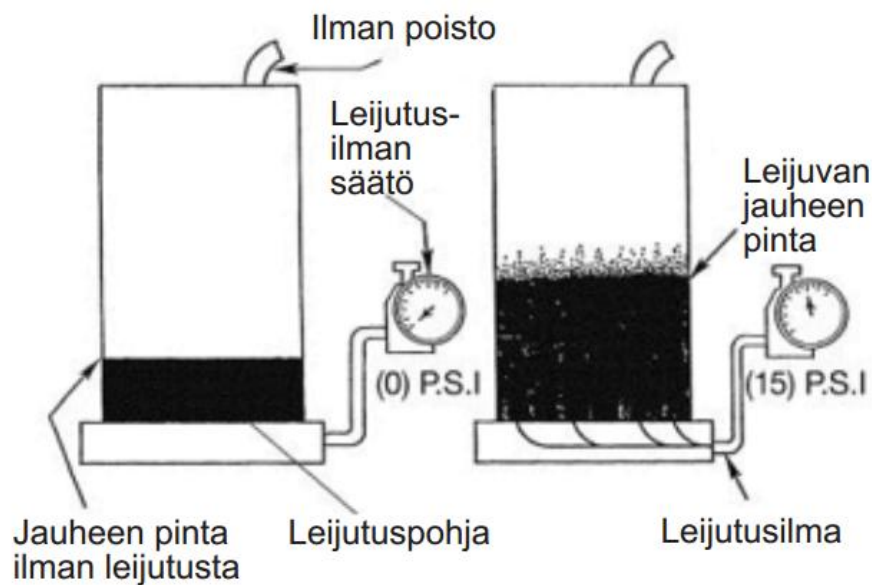
- pienempi kapasiteetti
- jauheen varautumista ei voi säätää, muuten kuin muuttamalla ilman virtausta
- ei sovi kaikille maalityypeille
- kiertojauhe ei varaudu hyvin
- laitteet ovat heikompia huonolaatuiselle paineilmalle ja heikolle kunnossapidolle. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Leijutus eli pyörresintraus on metallipintojen päällystämistä pehmeillä jauheilla ja epokseilla. Leijutus tapahtuu upotusaltaassa, jossa on reiällinen välipohja, jonka läpi puhalletaan ilmaa yläpuolella olevan jauheen joukkoon. Jauhe saadaan leijuvaksi sitä kuumentamalla, jolloin sen tilavuus kasvaa 15–25 %. Maalattavat esineet tulee esilämmittää ennen leijutuskammioon asettamista. (Ahonen 1991, 79.)

Staattisen varauksen jauheessa saa aikaan ilmapuhallus. Varauksen ansiosta jauhe tarttuu metallipinnoille. Tämän jälkeen käsitellyt kappaleet asetetaan polttouuniin lämpötilaan 200–300 °C, jolloin pinnalla oleva jauhe sulaa ja muodostaa kiinteän kalvon. Menetelmää käytetään pienten kappaleiden maalaamiseen ja sillä saadaan aikaan paksuja kalvoja. (Ahonen 1991, 79.)

3.3.2 Muita laitteita

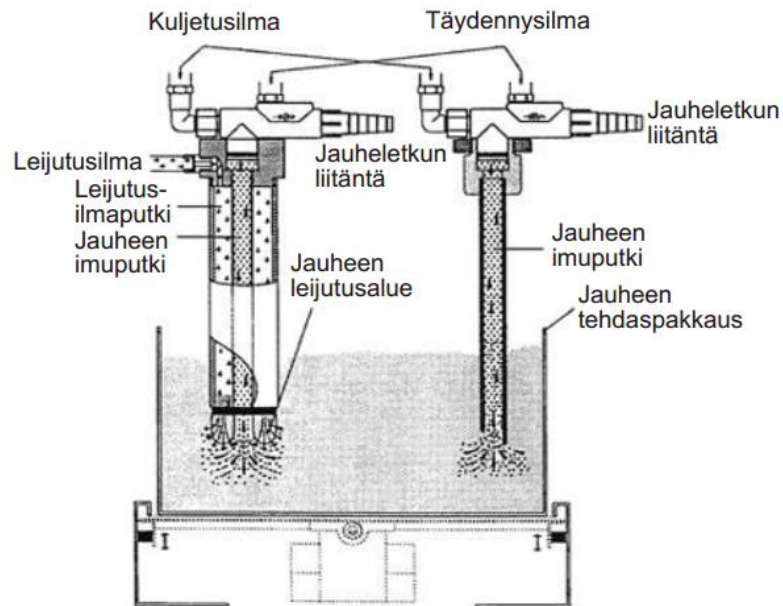
Jauhesäiliön (ks. kuvio 13) tarkoituksena on saada jauheen leijutus aikaan. Tämä tapahtuu johtamalla ilmaa jauheeseen pohjan kautta läpäisevän muovilevyn läpi. Jauhesäiliö on suositeltava silloin, kun värinvaihtoa ei tarvitse tehdä kovin usein. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)



KUVIO 13. Jauhesäiliön toimintaperiaate

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Suoraan toimittajalta tulevaa jauhelaatikkoa voidaan myös käyttää maalisäiliönä. Prosessissa jauhe imetään suoraan laatikosta (ks. kuvio 14). Leijutus saadaan aikaan imuputken ulkopuolelle johdettavan leijutusilman avulla. Laatikon alapuolella on oltava tärypöytä, joka estää jauheen holvaantumisen (pakkaantuminen). (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)



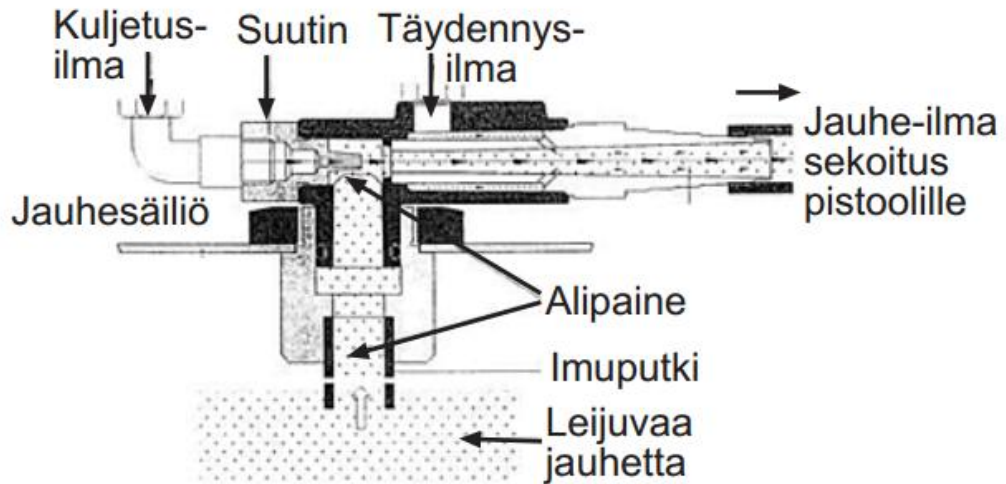
KUVIO 14. Jauhelaatikko säiliönä

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Jauhepumpua tarvitaan nostamaan jauhe ylös säiliöstä. Kyseisessä prosessissa kuljetusilma aiheuttaa suuttimella alipaineen imuputkeen, joka saa jauheen nousemaan ylös säiliöstä. Jos kuljetusilmaa nostetaan, lisää se jauheen määrää pistoolille. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Täydennysilma ei aiheuta alipainetta imuputkeen. Tästä voidaan päätellä, että täydennysilman lisäys ei lisää syöttöä pistoolille. Laitteiden valmistajilla on omat ohjeet kuljetus- ja täydennysilmamäärien säätämiseen maalauksen aikana. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

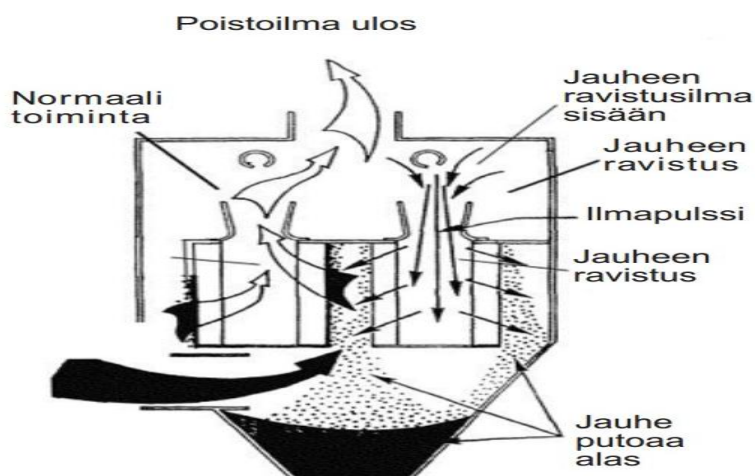
Jauhepumpun periaate on esitetty kuviossa 15.



KUVIO 15. Jauhepumpun toiminta

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

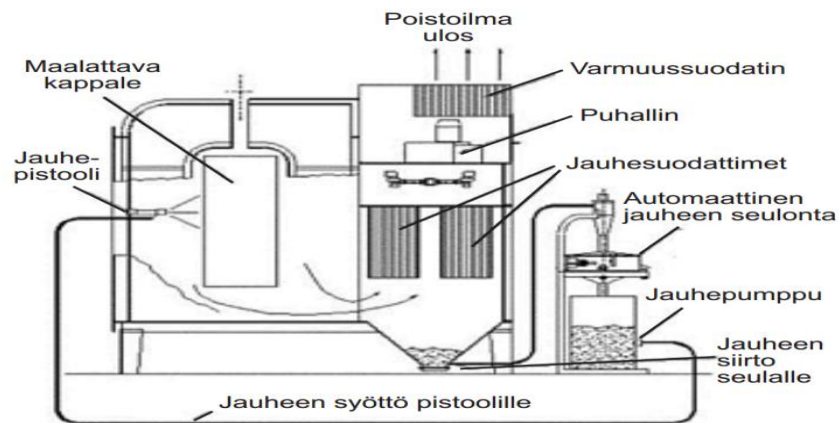
Jauhemaalaukskaapit ja niiden talteenottojärjestelmät ovat yksinkertaisia tai ne voivat olla myös monimutkaisia. Talteenottojärjestelmänä toimii *suodatinkaappi*, jonka toimintaperiaate on esitetty kuviossa 16. Normaalivaiheessa imu saa jauheen tarttumaan suodattimen pintaan, kun taas ravistusvaiheessa jauhe irtoaa suodattimen pinnasta. Yhtä suodatinta tulee ravistaa kerrallaan. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)



KUVIO 16. Suodatinerotuskaappi

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

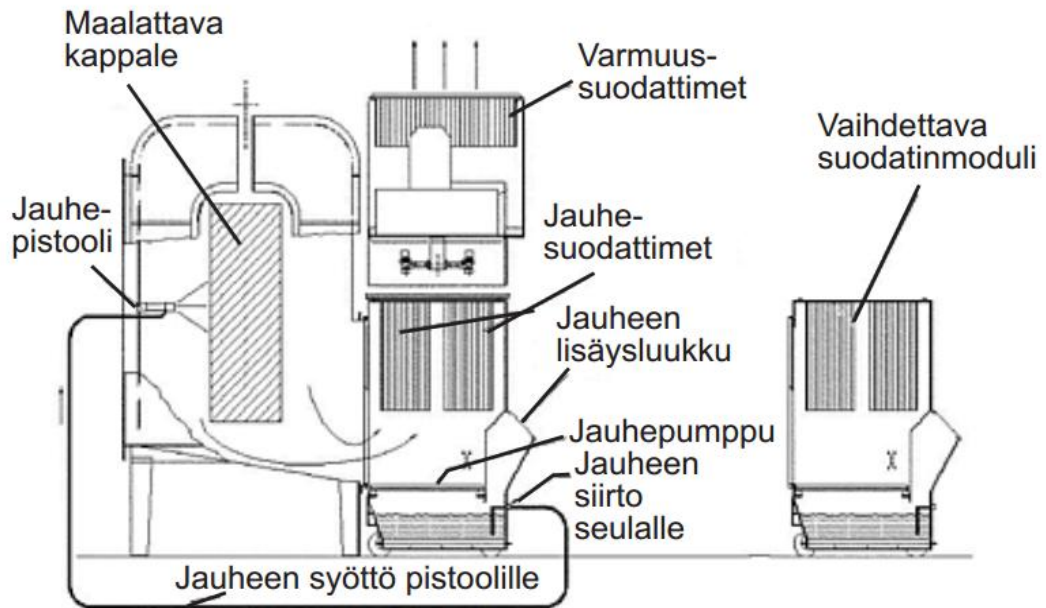
Kiinteillä suodattimilla varustettu jauhemaalaskaappi (ks. kuvio 17) soveltuu yksivärikkäyttöön, kun jauhetta kierrätetään tai monivärikkäyttöön kun jauhetta ei kierrätetä (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012).



KUVIO 17. Kiinteillä suodattimilla oleva jauhemaalaskaappi

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Vaihdettavilla suodatinmoduuleilla (ks. kuvio 18) varustettu suodatinerotuskaappi sopii monivärikkäyttöön, kun jauheet kierrätetään. Jos väriä halutaan vaihtaa, tulee vain maalaskaappi puhdistaa. Jokaiselle käytettävälle värille on oma suodatinmoduulinsa. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

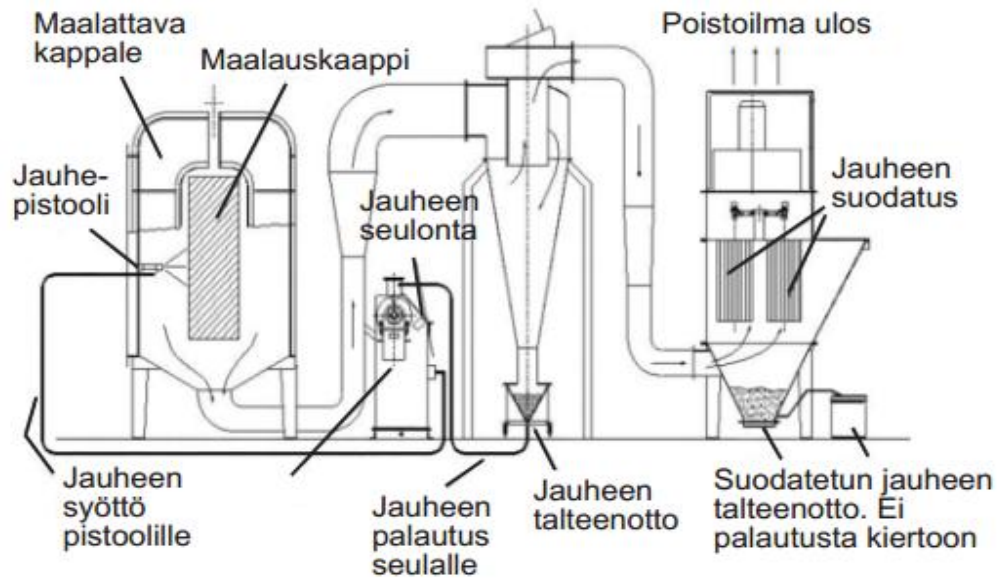


KUVIO 18. Vaihdettava suodatinmoduulikaappi

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Syklonierotuskaappi soveltuu yksivärikäyttöön, kun jauhetta kierrätetään tai monivärikäyttöön, kun jauhetta ei kierrätetä. Syklonilla erotettu jauhe on parempilaatuista kuin suodattimilla erotettu, koska se ei sisällä niin paljon hienojakoista jauhetta. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Syklonierotuslaitteisto (ks. kuvio 19) on monimutkaisempi ja suurempi kuin suodatin-kaappi. Laitteisto on vaikea puhdistaa, minkä vuoksi se ei sovi monivärikäyttöön talteenotolla. Hyvänä puolena voidaan mainita kiertojauheen laatu verrattuna suodatin-kaappin talteenottoon. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)



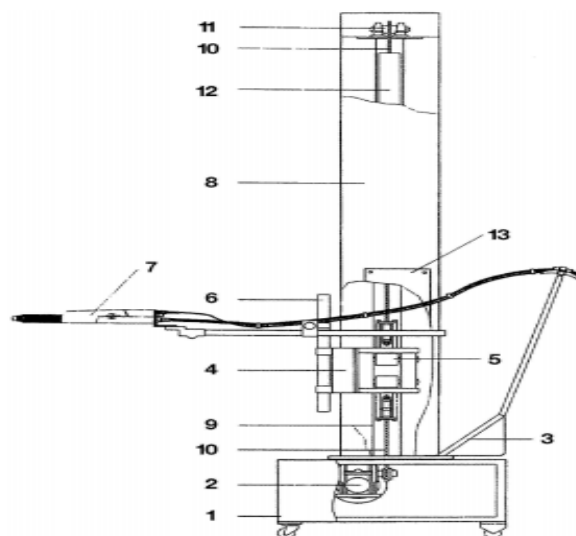
KUVIO 19. Jauheen erotus syklonilla ja jälkisuodatus

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Jauhemaalauksen automatisoinnissa käytetään pääasiassa *traversseja* (ks. kuvio 20). Traverssi liikkuu pystysuunnassa maalauskaapissa ja siinä kiinni olevat maalauspiستoolit ruiskuttavat maalia kappaleiden pintaan. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Traverssin osat

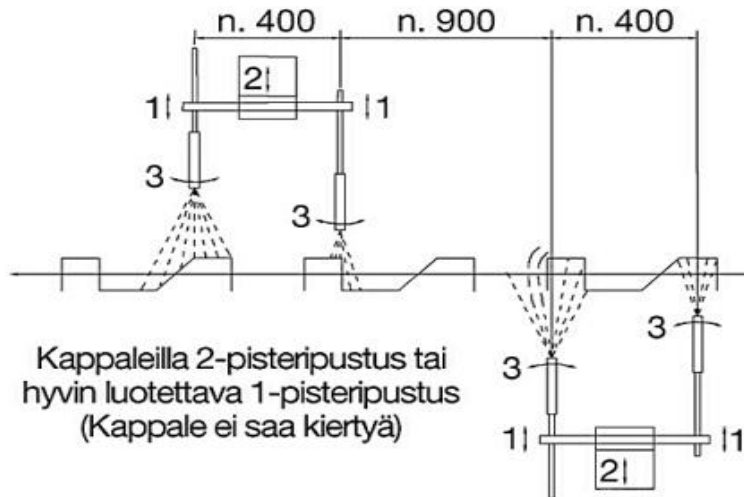
1. Runko
2. Moottori
3. Letkun tuki
4. Traverssi
5. Rulla
6. Pistoolin kannatin
7. Kotelo
8. Runkojohde
9. Ketju
10. Ketjupyörän levy
11. Vastapaino
12. Huoltoluukku



KUVIO 20. Jauhemaalustraverssi ja sen osat

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Seuraavassa kuviossa on esitetty levytavaran maalausta traverssien avulla (ks. kuvio 21).



KUVIO 21. Levytavaran maalaus traverssilla

(Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012)

Automatisoinnin ideana on lisätä työn nopeutta sekä tehokkuutta. Automatisointi sopii parhaiten kuitenkin vain yksinkertaisten kappaleiden ja suurien sarjojen maalaukseen. Automatisoinnin yhteydessä on kuitenkin tehtävä paljon kokeiluja jokaista maalattavaa kappaletta kohti. Automatisoinnissa käytetään yleensä kitkavarausmenetelmää koronamenetelmän sijaan. Automatisoinnissa käytetään traverssien lisäksi myös robotteja. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Lisätietoa jauhemaalauksen laitteista ja automatisoinnista löytyy Tallberg Tech Oy Ab:n kotisivuilta (ks. Tallberg Tech Oy Ab:n kotisivut:

<http://www.tallberg.fi/tallbergtech/index.php?id=100&tuoteryhma=1005>).

3.4 Jauhemaalausprosessi

3.4.1 Jauhemaalauustyö

Jauhemaalauksen pääasiallinen työjärjestys on seuraava:

- kappaleiden esikäsittely
- kappaleiden ripustaminen
- kappaleiden maalaus
- kappaleiden uunitus
- kappaleiden tarkistus
- värienvaihdot
- pakkaus.

Jauhemaalauustyö (ks. Kuvio 22) on käytännössä hyvinkin tapauskohtaista. Työhön vaikuttavat muun muassa maalattavien kappaleiden ominaisuudet (koko, muoto, laatuvaatimus, massiivisuus) sekä käytössä olevat laitteet (ruiskut, kaapit, kuljettimet, uunit, automaatiotaso). (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.) Seuraavissa luvuissa on käsitelty joitakin maalausprosessiin liittyviä seikkoja sekä korjausmaalausta.



KUVIO 22. Jauhemaalauستا

(Jauhemaalauستا 2009. Viitattu 27.9.2012)

3.4.2 Kappaleiden maalaus ja uunitus

Maalaustyössä kappaleiden sisäosat ja hankalat kohdat maalataan ensin ja suorat pinnat ja ulkopuolet viimeisenä (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012).

Faradayn häkki-ilmiö aiheuttaa ongelmia sähköstaattisessa maalauksessa. Ongelmia voi välttää muuttamalla jännitteen säätöä, pistoolin etäisyyttä sekä maalaussuuntaa. Oikean maalaustavan selvittäminen onnistuu kokeilemalla. Varsinkin suuria sarjoja maalatessa kokeiluihin kannattaa käyttää aikaa. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Maalauksen jälkeen kappale siirretään *uuniin*. Uunitusaikaan vaikuttavat maalin laatu, kappaleen materiaalipaksuus, kappaleen muoto ja sen sijainti uunissa. Liian lyhyt uunitusaika johtaa alipolttoon, jolla on vakavammat seuraukset kuin ylipoltolla. Ali-poltettu pinta ei pysy kiinni kappaleessa ja se joudutaan poistamaan kokonaan. Ali-polttamisia voi tapahtua hyvinkin helposti, jos kappaleen materiaalipaksuus on suuri tai jos sen osia on uunin lattian läheisyydessä, jossa lämpötila on alhaisempi kuin uunin yläosissa. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

3.4.3 Jäähdytys, tarkastus ja pakkaus

Kappaleet voidaan *pakata* vasta, kun ne ovat jäähtyneet riittävästi. Tämä voidaan tarkistaa kädellä kokeilemalla kappaleen pinnasta. Kappaleen massiivisimmat osat ovat myös huomioitava, koska ne jäähtyvät hitaammin. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Kappaleita pakattaessa ei tarvitse huolehtia niiden osumista toisiinsa. Pinnat eivät kuitenkaan saa hangata toisiinsa kuljetuksen aikana. Strukturi- ja mattamaalipinnat ovat poikkeuksia, koska näiden pinta ei kestä osumista toisiinsa kuljetuksen aikana. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Jauhemaalauksen yleisimpiä *tarkastusmenetelmiä* on silmämääräinen tarkastus, jossa seurataan pääasiassa maalin peittävyttä, tasaisuutta ja kiiltoa. Muita tarkistuksia

ovat kalvonpaksuuden mittaus ja tartunnan tarkistaminen. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

3.4.4 Korjausmaalauus

Korjausmaalauus tehdään lähes poikkeuksetta kitkavarausmenetelmällä. Koronavarausmenetelmä muodostaa sähkökentän pistoolin ja kappaleen välille, joka vaikeuttaa korjausmaalauusta. Pinnassa jo valmiina oleva maalikerros on eriste, joka aiheuttaa sähkökentän johdosta läpilyömistä ja pintaan tulee helposti sähköpurkauskuvioita, jotka pilaavat kappaleen lopputuloksen. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

Korjausmaalauus koronamenetelmällä on kuitenkin mahdollista, jos kappaletta esikuumennetaan riittävästi. Kappaleen materiaalipaksuus on huomioitava, koska ohutseinäiset kappaleet jäähtyvät nopeammin. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

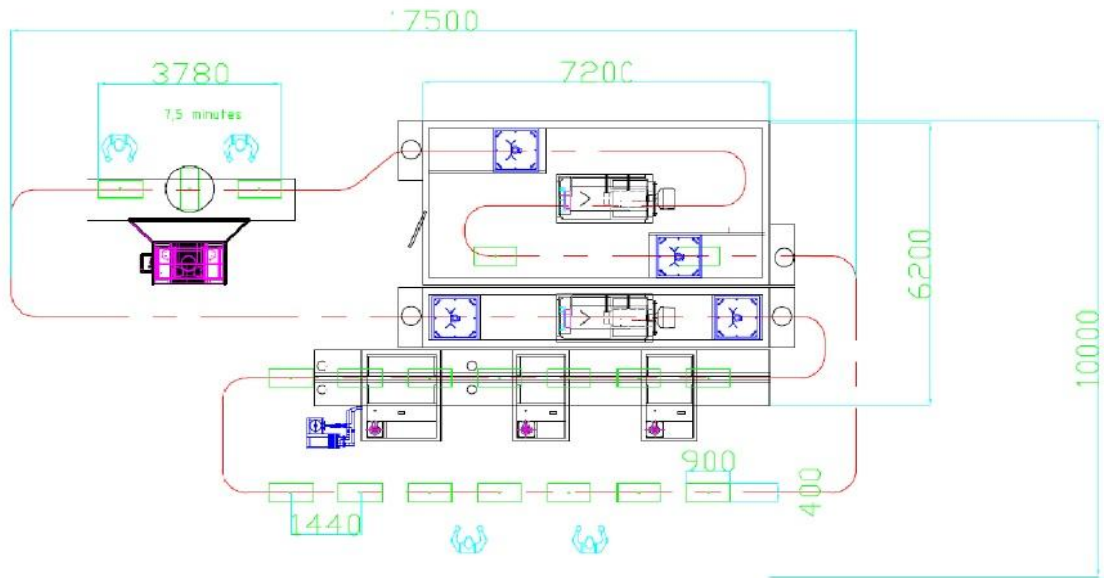
Maalikerroksen pinnanpaksuus on merkittävä korjausmaalauksessa. Tähän syynä on se, että maali tasoittuisi joka kohtaan mahdollisimman hyvin. (Jokinen n. d. Viitattu 5.9.2012.)

3.5.5 Layout- esimerkkejä

Seuraavissa kuvioissa on esitetty layout-esimerkkejä Spraytec Oy:n tyypillisimmistä ratkaisuista jauhemaalauuslinjalle. Kuvioista saa näkemystä jauhemaalauuslinjan tilantarpeesta mitoituksien myötä. (Jansson J 2012.)

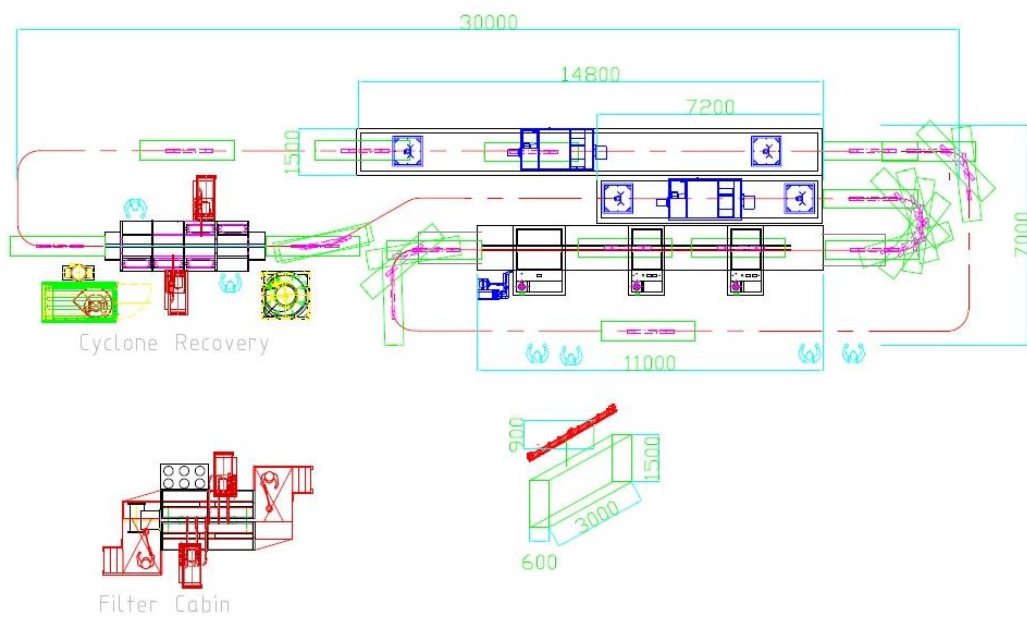
Kuviossa 23 on esitetty manuaalisen linjaston työnkulku pientavaralle, aina ripustuksesta uunitukseen asti.

Kuviossa 24 on taas esitetty isommille kappaleille tehty ratkaisu. Kuviossa on esitetty myös syklonierotuksella oleva linjasto ja vaihdettavat suodatinyksiköt.



KUVIO 23. Layout-esimerkki 1

(Jansson 2012)



KUVIO 24. Layout- esimerkki 2

(Jansson 2012)

3.5 Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu

3.5.1 Yleistä

Metallien pintakäsittelyssä käytetään usein erilaisia menetelmiä. Niissä käytetään usein lukuisia aineita, joihin saattaa liittyä tapaturmariski tai sairastumisen vaara pitempiaikaisessa työssä. (Tunturi ym. 1999, 152.)

Vaarallisena pidetyn aineen käyttäminen ja käsitteleminen suurina määrinä työssä ei sinänsä merkitse terveysvaaraa. Riskin suuruus riippuu aineen käsittelytavasta, käytötavasta, laitteista, ilmanvaihdosta sekä torjunta- ja suojaustoimenpiteiden tasosta. (Tunturi ym. 1999, 152.)

Monilla aloilla yhteinen haittatekijä on melu. Tätä esiintyy myös pintakäsittelylaitoksissa. Pintakäsittelyprosesseissa syntyy myös erilaisia jätteitä sekä sieltä vapautuu päästöjä ilmaan ja veteen. (Tunturi ym. 1999, 152.)

Pintakäsittelyssä käytettävät kemikaalit ja siinä syntyvät jätteet luokitellaan lähes poikkeuksetta terveydelle ja ympäristölle vaarallisiksi. Täten pintakäsittelylaitokselta vaaditaan kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin tarvittavat luvat tai ilmoitukset sekä suuronnettomuusvaaran torjuntaa koskevissa säädöksissä vaadittu erityinen vaaran arviointi- tai turvallisuusselvitys. (Tunturi ym. 1999, 155.)

Sijoituslupa tarvitaan, jos kemikaalien käsittely ja varastointi on laajamittaista tai liuottimien käyttö ylittää lupavelvollisuuden rajan. *Jätelupa* on haettava, jos metallipitoista sakkaa syntyy vähintään tonni vuodessa, joka käytännössä tarkoittaa sitä, että jokaisen laitoksen on haettava kyseinen lupa. (Tunturi ym. 1999, 155–156.)

Vesilupa tarvitaan, kun vesiä johdetaan viemäriverkostoon tai vesistöön riippuen kemikaalien ja aineiden laadusta. Toimenpiteet ovat seuraavat:

- sopimus vesi- ja viemärilaitoksen kanssa

- ennakoilmoitus alueelliselle ympäristökeskukselle kuusi kuukautta ennen laitoksen rakentamisen aloittamista tai kolme kuukautta ennen toiminnan muuttamista
- vesioikeuden luvan hakeminen
- ennakoilmoitus, ellei vesistöön johdeta vaarallisiksi luokiteltuja aineita eikä vesistön pilaantumista aiheudu. Ennakoilmoitus täytyy tehdä alueelliselle ympäristökeskukselle vähintään neljä kuukautta ennen rakentamisen aloittamista. Lupaa jäteveden johtamiselle viemäriverkostoon haetaan kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta. (Tunturi ym. 1999, 156.)

Pintakäsittelytoiminnasta, raaka-aineista, energian käytöstä, jätteistä ja niiden käsittelystä, vesien tarkkailusta ja päästöistä ilmaan on tehtävä vuosiraportti ympäristökeskukselle. (Tunturi ym. 1999, 156.)

Sinkkituhka, kovasinkki ja metalliromu toimitetaan kierrätykseen. Metallipitoiset sakat, kemikaalijätteet, peittaushappojätteet ja jäteöljyt on toimitettava ongelmajäte-käsittelyyn, ellei niitä voida hyödyntää. (Tunturi ym. 1999, 156.)

3.5.2 Esikäsittelyn turvallisuusriskit ja ympäristöhaitat

Mekaanisessa esipuhdistuksessa (vrt. luku 2.3.5) ruosteisen, hapettuneen, maalatun tai kuumasinkityn pinnan puhdistusmenetelmiä ovat harjaus, hionta ja hiekkapuhallus (Tunturi ym. 1999, 152).

Menetelmissä on olemassa tapaturmariski liittyen kyseisiin menetelmiin. Riskien takia on käytettävä asianmukaisia suojaimia. On suositeltavaa, että käytetään paineilmahengityslaitteita hiekk-, metalli- ja maalipölyn hengittämisen välttämiseksi. Puhdistus- ja maalijätteet käsitellään ongelmajätteinä. (Tunturi ym. 1999, 152.)

Hakamet Oy:ssä mekaaniset esipuhdistukset tapahtuvat jo tuotannon puolella eikä nykyisen maalauksen suorittajan tarvitse suorittaa näitä toimenpiteitä. Esipuhdistusmenetelmiä ovat muun muassa putkien harjaus, hitsaussaumojen hionta, oksidi-

kerrosten poistaminen laserleikkauksen jälkeen ja ruosteen poisto hiomalla. Tarpeelliset suojarusteet ovat käytössä tuotannossa.

Alkalinen pesuaine (ks. luku 2.3.2) on yleisin pesumenetelmä teräksen käsittelyssä. Rasvanpoistoaine sisältää emäksisiä aineita, alkalihydroksideja, yleisimmin natriumhydroksidia, silikaatteja, fosfaatteja, kostutusaineita, pintajännitystä alentavia aineita, emulsiogeneraattoreita ja muita vastaavia aineita. Pesuliuoksen lämpötila on yleensä korkea altaissa, lähes 100 °C, mistä johtuen ilman epäpuhtauksina voi esiintyä lipeäutuja. Suurin terveysriski aiheutuu ihoa ja limakalvoja syövyttävästä emäksisestä aineesta. (Tunturi ym. 1999, 152.)

Työntekijä voi altistua kuumasta vesiliuoksesta syntyneelle vesihöyrylle, joka tuo mukanaan emäksiä. Suihkutettaessa alkalipesuaineita painesumu leviää helposti ilmavirtojen mukana työilmaan. Altistumisen hallintaan käytetään pesukaappeja tai tehokasta kohdepoistoa. Työntekijällä tulee olla roiskeilta suojaava naamari, emäksille sopivat käsineet ja suojavaatteet. (Työterveyslaitos. 2005, 3. Viitattu 29.9.2012.)

Fosfatoinnissa (ks. luku 2.3.4) ympäristöhaitat syntyvät lähinnä pesualtaan pohjalle syntyvästä lietteestä. Rautafosfatoinnissa ei kuitenkaan muodostu lietettä altaan pohjalle. Sinkkifosfatoinnissa tämä taas tapahtuu, jonka takia se on poistettava ja käsiteltävä. (Korroosiokäsikirja 2004, 573.)

3.5.3 Jauhemaalien ympäristöhaitat ja turvallinen käyttö

Jauhemaalit koostuvat pääasiassa sideaineesta, pigmenteistä ja täyteaineesta sekä kovetteesta. Jauhemaalien ominaisuudet vaihtelevat eri maalityyppien kesken. Jauhemaalien suurin komponentti on sideaineet (yleisimmät ovat epoksi ja polyesteri), jotka hajoavat luonnossa hitaasti muovien tapaan. Pigmentit ja täyteaineet ovat inerttejä, niukkaliukoisia orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä (titaanioksidi ja raskassälpä). Jokaiselle maaliseokselle on käyttöturvallisuustiedotteet, joissa mainitaan mahdolliset terveydelle tai ympäristölle vaaralliset aineosat. Jauhemaalijätteen toi-

mittamisesta tavallisen sekajätteen kaatopaikalle on kuitenkin sovittava aina paikallisen viranomaisen kanssa. (Jauhemaalain kaatopaikkakelpoisuus 2011.)

Teknos Oy:n tekemässä ohjeessa (2005) mainitaan, että jauhemaalauksen vaaratekijät ovat pienemmät kuin tavanomaisessa liuoteohenteisessa märkämaalauksessa. Jauhemaalili-maseosten syttyminen vaatii 50–100 kertaa enemmän energiaa kuin liuote-ilmaseosten vaatima energia. Tämän lisäksi jauhemaalipitoisuuden täytyy ylittää tietty pitoisuusraja, niin sanottu alempi räjähdysraja LEL (Lower Explosion Limit), ennen kuin syttyminen voi tapahtua. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 3. Viitattu 29.9.2012.)

Tietyt vaaratekijät tulee kuitenkin huomioida myös jauhemaalauksessa. Näiden tekijöiden ehkäisemiseksi on tehtävä varotoimenpiteitä. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 3. Viitattu 29.9.2012.)

Suurimmat vaaratekijät sähköstaattisessa ruiskutuksessa ovat:

1. pölyräjähdys ja tulipalo
2. sähköisku
3. altistuminen haitallisille aineille
4. paineilma. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 3. Viitattu 29.9.2012.)

Pölyräjähdyksessä itse räjähdys voi tapahtua, kun seuraavat alla olevat ehdot täyttyvät:

1. ilmaseoksen jauhepitoisuus on alemman (LEL) ja ylemmän (UEL, Upper Explosion Limit) räjähdysrajan sisällä*
2. jauhepilven syttymisen vaatima energialähde on läsnä. Syttymislähteenä voi toimia:
 - a. kuumat pinnat ja liekit
 - b. sähkölaitteiden aiheuttama tai muu kipinöinti
 - c. sähköstaattisen varautumisen aiheuttama kipinöinti.

(*Tavallisin mitattu LEL-arvo on noin 20–70 g/ m³. On suositeltavaa kuitenkin pitää LEL-arvo alle 10 g/ m³). (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 5. Viitattu 29.9.2012.)

Tulipalo saattaa saada alkunsa, kun kertynyt jauhemaalikerros sekä jauhepilvi ja yllä mainittu sytytyslähde (2) ovat samanaikaisesti läsnä. Palo jauhemaalilaitteistossa saattaa aiheuttaa pölyräjähdysten, jos palavien hiukkasten on mahdollista päästä järjestelmän suljettuihin osiin, kuten sykloniin ja jälkisuodattimiin tai niitä yhdistäviä putkistoja tai palavaa pölykerrosta häiritään. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 4. Viitattu 29.9.2012.)

Jauheräjähdys voidaan estää, jos molemmat tai toinen (ks. kohta 1 ja 2) saadaan estettyä. Riittävä ilmanvaihto on yksi keino estää nämä turvallisuusriskit. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 4. Viitattu 29.9.2012.)

Teknos Oy:n (2005) ohjeessa mainitaan lisää ehkäiseviä toimenpiteitä sivulla 5. (ks. Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 5. Viitattu 29.9.2012.)

Sähköturvallisuusriskien syitä ovat:

1. riittämätön tai viallinen maadoitus, joka johtaa staattisen sähkön kertymiseen ja sen aiheuttamaan kipinöintiin tai sähköiskuun
2. sähkölaitteen toimintahäiriö tai ylikuumentuminen, joka johtaa tulipalon syttymiseen tai sähköiskuun.

Ennaltaehkäisyä voidaan mainita, että riittävän ja jatkuvan maadoituksen turvaamiseksi maadoitusreitti maalattavan kappaleen, ripustimen sekä kuljetinradan välillä tulee olla hyvin suunniteltu ja säännöllisesti testattu. Ripustimien suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota ripustus ja maadoituskohtien puhtaana pysymiseen. Riittävän maadoituksen varmistamiseksi on ripustimia myös puhdistettava säännöllisesti. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 6. Viitattu 29.9.2012.)

Hyvänä esimerkkinä työntekijän suojelusta voidaan mainita, että lattian ja muiden pintojen, joihin työntekijät pääsevät kosketuksiin, tulee olla sähköä johtavia eikä niiden suurin sallittu vastus saisi ylittää 1 MΩ. Sähköä johtamattomat pinnat voidaan pinnoittaa tai maalata sähköä johtavilla maaleilla. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 6. Viitattu 29.9.2012.)

Lattia voidaan päällystää esimerkiksi muovipäällysteellä. Päällysteitä valmistetaan useaa eri tyyppiä, minkä vuoksi päällystettä valittaessa on selvitettävä, täyttävätkö ne kyseisen tilan asettamat vaatimukset. Päällyste saadaan sähköä johtavaksi hiilellä, metallilla tai kemiallisesti. Parhaiten sähköä johtavat ominaisuutensa säilyttävät päällysteet, jotka sisältävät hiiltä. (Ahonen, T. Eskelinen, M. Pihkala, E. Piironen, K 1986, 115.)

Homogeeniset, sähköä johtavat muovimatot tai laatat ovat niissä käytetyn hiilen vuoksi väriltään kokonaan mustia tai osa kuvioinnista on mustaa hiiltä. Päällysteen sähköjohtavuusarvot riippuvat hiilen määrästä. (Ahonen ym. 1986, 115.)

Heterogeeniset ja sähköä johtavat päällysteet voivat olla värillisiä, joskin niissäkin hiilipulveri näkyy mustina raitoina (Ahonen ym. 1986, 115).

Lisäksi Työntekijöiden tulee käyttää antistaattisia vaatteita ja jalkineita (ISO 2023/2024) sekä ei-eristäviä käsineitä (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 6. Viitattu 29.9.2012.)

Lisää ohjeita sähköturvallisuusriskien ennaltaehkäisyyn on mainittu Teknos Oy:n oppaassa (ks. Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005. Viitattu 29.9.2012) sivulla 6 ja 7.

Vaarallisille aineille altistuminen aiheuttaa terveysongelmia, kun työntekijät altistuvat jauhemaalien sisältämille kemikaaleille, joista jotkut saattavat olla haitallisia. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 8. Viitattu 29.9.2012.)

Teknos Oy:n (2005) mukaan EU-lainsäädännössä edellytetään, että työnantaja suorittaa arvioinnin vaarallisille aineille altistumisesta koskien niiden ominaisuuksia sekä esiintymisen laajuutta työpisteissä ja ryhtyy tarpeellisiin altistumista ehkäiseviin ja rajoittaviin toimenpiteisiin. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 8. Viitattu 29.9.2012.)

Arvioinnin osana on viitattava tuotteen etiketin tietoihin ja valmistajan antamaan käyttöturvallisuustiedotteeseen sekä muuhun toimittajan antamaan informaatioon (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 8. Viitattu 29.9.2012.)

On myös muita seikkoja, joita tulee huomioida arviointia tehtäessä. Olennaista on huomioida, että jauhemaalit muodostavat ilmassa leijuvaa pölyä, joka saattaa olla terveydelle vaarallista. Jos yksittäisten aineiden pitoisuudet ilmassa ylittävät, tai todennäköisesti tulevat ylittämään jonkin altistusrajan, joka muuttuu kansallisessa lainsäädännössä tai yrityksen sisäisessä työperäistä altistusta koskevassa ohjeessa, toimenpiteisiin altistumisen ehkäisemiseksi tai rajoittamiseksi tulee ryhtyä. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 8. Viitattu 29.9.2012.)

Paineilma voi aiheuttaa myös terveydelle vaaraa. Riskitekijöitä ovat:

1. paineilma voi päästä ihmiskehoon esimerkiksi suun ja korvien kautta ja aiheuttaa sisäisiä vammoja
2. voi läpäistä ihon ja aiheuttaa veritulppia
3. paineilman mukana kulkevat hiukkaset voivat aiheuttaa silmävammoja
4. paineistetut järjestelmät voivat räjähtää rajusti, jos ne repeävät tai vioittuvat.

Ennaltaehkäisevinä toimina voidaan mainita, että paineilmaa ei saa käyttää vaatteiden tai ihon puhdistukseen, paineilmaverkosto on pidettävä hyvässä kunnossa ja sille on laadittava määräaikaishuolto-ohjelma sekä paineilmajärjestelmän käyttöä koskevat asianmukaiset ja riittävät ohjeet tulee olla jokaisen paineilmaverkostoa käyttävän henkilön saatavilla. Ohjeisiin tulee sisältyä toiminta hätätilanteessa. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 13. Viitattu 29.9.2012.)

3.5.4 Maalaamon ja maalauslaitteistojen rakenne

Täydellinen ohjeistus maalaamon ja maalauslaitteistojen rakenteeseen löytyy standardeista Pr EN 12981 ja Pr EN 50177. Luvussa 3.5.5 mainittuihin direktiiveihin ja säädöksiin tulee tutustua ennen jauhemaalaamon tai sen laitteiston asentamista ja käyttöönottoa. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 13. Viitattu 29.9.2012.)

Ruiskutustilojen sijoituksessa tulee huomioida muun muassa turvallisten pakoreittien sijoitus, alueen ilmanvaihto ja ilmanpoisto, tulipalon sattuessa esteetön pääsy

ensisammutuskalustolle, palohälytyspainikkeille sekä muille hätäpalveluille. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 13. Viitattu 29.9.2012.)

Jauhemaalauskaappeihin liitettävät jauheensyötön laitteisto ja jauhemaalausletkut tulee olla kytkettyinä poistoimun toimintaan siten, että mahdollisen laitevian sattuessa ja imun loppuessa jauheensyöttölaitteistotoiminta ja ruiskutustoiminnot pysähtyvät. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 14. Viitattu 29.9.2012.)

Ilmanvaihdon määrää mittaavien katkaisijoiden käyttö on suositeltavaa ilmanvaihdon toiminnan seuraamiseksi. Laitteisto on myös riittävän herkkä ilmaisemaan tukkeutuneet suodattimet sekä rikkoutuneet tai irralliset tuulettimen siivet. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 14. Viitattu 29.9.2012.)

Palonilmaisulaitteisto voidaan asentaa varokeinona jauhemaalauskaappiin sekä muille alueille, jossa jauhemaalaa käsitellään. Laitteisto kytketään sammuttamaan jauheemaalinsyöttö maalauslaitteistoon ja talteenottolaitteiston ilmanvaihdon. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 14. Viitattu 29.9.2012.)

Liekinilmaisulaitteisto suositellaan asennettavaksi täysin automaattisesti toimiviin maalauskaappeihin. Laitteisto sijoitetaan kaapin sisään ja kytketään sammuttamaan niin virran- kuin jauhemaalinkin syöttö jauhemaalauslaitteistoon sekä pysäyttämään poistoimurit. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 14. Viitattu 29.9.2012.)

Verkkouttamisuunin eli jauhemaalauksessa käytettävien uunin ja jauhemaalauskaapin välisen etäisyyden tulee olla vähintään yksi metri, sillä jauhemaalaa ei saa kulkeutua ja kertyä uuniin, sen ilmanottoaukkoihin, kuumille pinnoille tai sähkölaitteille. Ilmannopeus kaapissa ei saa olla niin suuri, että jauhemaalaa irtoaa pinnasta ennen jauheen sulamista. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 14. Viitattu 29.9.2012.)

Uunin tarvitsema raittiin ilman määrä tulee olla tiedossa ja näkyvästi merkittynä uunin tunnistetietoihin (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 14. Viitattu 29.9.2012).

Jatkuvatoimisten uunien, erityisesti säteilylämmitteisten, tulee olla ristiinkytkettynä kuljettimen toimintaan siten, että kuljettimien pysähtyessä lämmitystehoa alennetaan tai lämmitys pysähtyy kokonaan. Tämä pitää tehdä siksi, että kappaleen ylikuu-

meneminen sekä jauhemaalien ja kappaleen syttyminen saadaan estettyä. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 14. Viitattu 29.9.2012.)

Kaasu- ja öljylämmitteiset uunit on varustettava räjähdysluukuilla, joiden avulla kaasu- tai öljyräjähdyksen sattuessa saadaan paineisku ohjattua pois uunista. Räjähdyksluukkujen sijoituksessa on huomioitava niiden suuntaus, ettei paineisku kohdistu ruiskutuslaitteisto ja työskentelyaluetta kohti. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 14. Viitattu 29.9.2012.)

Jauhemaalien ruiskutuslaitteiston tulee olla standardien mukainen. Esimerkiksi kaikkien käytössä olevien maalauspistoolien tulee olla standardien EN 50050 ja EN 50053–1 (kohta 5) mukaisia. Tällä varmistetaan se, ettei paloa aiheuttavaa kipinää synny, jos pistooli joutuu liian lähelle maadoitettua kappaletta. Automaattipistoolien tulee taas olla standardin EN 50177 mukaisia. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 15. Viitattu 29.9.2012.)

Traverseihin sijoitettujen automaattipistoolien korkeajännityskaapelien tulee olla suojassa mekaanisilta vaurioilta (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 15. Viitattu 29.9.2012).

Palon tai muun hätätilanteen sattuessa on kaikkien sähkölaitteiden oltava kaukokyt-kettävissä pois päältä (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 15. Viitattu 29.9.2012).

Ilmanvaihdon tarkoituksena on pitää ilman pölypitoisuus työskentelytiloissa HTP-arvon (haitalliseksi tunnetut pitoisuudet) alapuolella sekä alle puolessa alemmasta räjähdysrajasta (LEL) suljetuilla alueilla (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 15. Viitattu 29.9.2012).

Jauhemaalien talteenottolaitteistoon liittyvät suljetut suodatintoiset talteenotto-laitteistot ja syklonit tulee varustaa räjähdysluukuilla, jos niiden rakenteessa ovat aukot eivät riitä paineenalennukseen. Suositeltavinta on sijoittaa talteenottolaitteistot (jälkisuodattimet) ulkotiloihin niin vähällä säänsuojarakenteella kuin mahdollista. Jos jälkisuodatin sijoitetaan sisälle, tulisi se sijoittaa omaan tilaan niin, että se on erillään muusta laitteistosta ja työtilasta. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 15. Viitattu 29.9.2012.)

Talteen otetun jauhemaalain poisto itse laitteistosta voidaan järjestää seuraavilla tavoilla:

- lokerosyöttimellä tai vastaavalla pulssimaisesti toimivalla syöttölaitteella, joka katkaisee mahdollisen liekkirintaman ja palavien partikkeleiden etenemisen. Laitte on suositeltavaa varustaa tunnistimella, joka pysäyttää laitteen onnettomuuden sattuessa
- suoraan metalliseen keruustiaan, joka on kiinnitetty tiukasti tyhjennysaukkoon
- jos jauhemaali kierrätetään uudelleenkäyttöä varten, se on seulottava ennen uuteen jauhemaalisiin sekoittamista. Kun kierrätys on automaattista, tulee seulan olla kiinteästi asennettu tuotantolaitteiston ja jauhemaalain leijutusastian välille
- leijutusastioiden ja talteenottolaitteistojen sijoitusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, että täyttö, tyhjennys- ja puhdistustoimenpiteet saadaan hoidettua niin, että mahdollisimman vähän jauhemaalia pääsee ympäristöön. Kohdepoistoimulla voidaan vähentää ilmaan pääsevän pölyn määrää. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 15–16. Viitattu 29.9.2012.)

Jauhepitoisuuden laskemiseen jauhemaalauskaapissa on olemassa kaava ja se lasketaan kaavalla, joka on $C = M / V$.

- C tarkoittaa jauhemaalain pitoisuutta kaapissa (g/m^3)
- M tarkoittaa pistoolien suurimmalla tuotolla laskettua jauhemaalain määrää tietyllä aikavälillä. Maalattavalle kappaleelle kertyvää maalia ei lasketa mukaan
- V tarkoittaa talteenottolaitteiston pienintä säädettävissä olevaa poistoilman määrää, samalla aikavälillä kuin M. (Jauhemaalien turvallinen käyttö 2005, 17. Viitattu 29.9.2012.)

3.5.5 Direktiivit ja säädökset

EU-direktiivi 1999/92/EY (1999) käsittelee räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamalle vaaralle mahdollisesti alttiiksi joutuvien työntekijöiden turvallisuutta ja terveyden suojelua koskevia vähimmäisvaatimuksia. (EY 16.12.1999/92, 4. Viitattu 29.9.2012.)

Direktiivi käsittelee esimerkiksi työnantajan velvollisuuksia räjähdysvaarallisissa tiloissa (EY 16.12.1999/92, 5. Viitattu 29.9.2012). Esimerkkinä tästä voidaan mainita työnantajan velvollisuus luokitella tilat, jossa voi esiintyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Direktiivi velvoittaa työnantajan luokittelemaan tilat direktiivissä mainitun liitteen 1 mukaisesti. (EY 16.12.1999/ 92, 6. Viitattu 29.9.2012.)

ATEX-direktiivi käsittelee myös räjähdysvaarallisia tiloja, mutta se määrää myös niissä käytettävien laitteiden turvallisuuteen liittyvät seikat. ATEX-työolosuhdesäännökset koskevat kaikkia niitä työnantajia, joiden työntekijät voivat joutua alttiiksi palavasta nesteestä, kaasusta tai pölystä aiheutuvalle räjähdysvaaralle. Ne koskevat myös ihmisiä, jotka työskentelevät *Ex-tiloissa* ja rakentavat tai suunnittelevat *Ex-tiloja*. (ATEX 2012, 5. Viitattu 2.10.2012.)

Ex-tila on nimitys räjähdysvaaralliselle tilalle. *Ex-tiloissa* tulee olla muun muassa räjähdysuojausasiakirja sekä tiloissa pitää huomioida räjähdysvaaralliset pölyt ja pölytiloille pitää tehdä tilaluokitus (ATEX 2012, 4. Viitattu 2.10.2012).

Ex-laitteille on asetettu vaatimukset, jotka koskevat kaikkia laitteita mitkä saattavat aiheuttaa räjähdysvaaran omien syttymislähteiden vuoksi (ATEX 2012, 4. Viitattu 2.10.2012.)

ATEX-laitesäädökset koskevat laitteiden, suojausjärjestelmien ja tietyissä tapauksissa komponenttien markkinoille saattajia, kuten valmistajia, maahantuojia ja jälleenmyyjiä sekä niitä, jotka valmistavat laitteen omaan käyttöönsä. (ATEX 2012, 5. Viitattu 2.10.2012.)

3.5.6 Jauhemaalauksen kustannusten vertailua muihin menetelmiin

Tässä osiossa on jauhemaalauksen takaisinmaksu-esimerkki Acme Fabrication Companyn (AFC) tekemässä vertailussa. Tarkastelussa vertailtiin matala- ja korkeaohenteisten maalien, vesiohenteisten maalien sekä jauhemaalauksen vuosittaisia käyttökustannuksia, pääomakustannusta ja vuosittaisia käyttökustannussäästöjä. Luvut ovat seuraavassa taulukossa. (Bocchi, G 1997. Viitattu 7.10.2012.)

TAULUKKO 6. Kustannusvertailua menetelmien välillä

(Bocchi 1997. Viitattu 7.10.2012)

Table VI -- Finishing Payback System				
Finishing System	Capital Cost	Annual Operating Cost	Annual Operating Savings	Payback In Years
Low-Solids	\$550,000	\$422,518	\$0.00	N/A
High-Solids	\$204,000	\$349,764	\$72,754	2.80
Waterborne Powder Coating	\$240,000	\$408,106	\$14,412	16.65
	\$165,000	\$233,993	\$188,525	0.88

Taulukosta voidaan nähdä hyvin, kuinka paljon jauhemaalauksella on muita menetelmiä edullisempi. Perushankintakustannus, tässä tapauksessa pääomakustannus on huomattavasti halvempi verrattuna muihin. Samoin vuosittaiset käyttökustannukset ovat alhaisempia. Säästöjäkin tulee vuoden aikana huomattavasti enemmän verrattuna muihin. Takaisinmaksu AFC:n laskelmissa tapahtuu alle vuodessa. (Bocchi 1997. Viitattu 7.10.2012.)

3.5.7 Energiansäästö jauhemaalauksessa

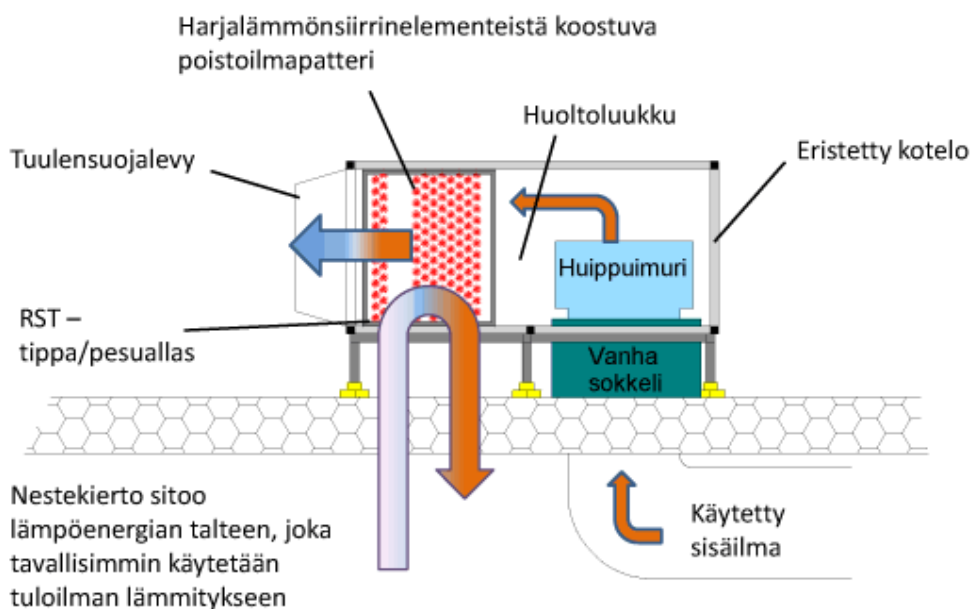
Lämmöntalteenottojärjestelmää (LTO) voidaan käyttää jauhemaalauksessa pois-toilman hyödyntämiseen ja sitä kautta esimerkiksi prosessiveden lämmittämiseen

(fosfointi) sekä tuloilman lämmittämiseen. Verkkoutumisuunissa käytettävä lämpötila on lähes jatkuvasti 160–200 astetta (ks. luku 3.2.2). Hydrocell Oy:n edustajan mukaan uunista vapautuva energiamäärä pystyy helposti lämmittämään pienen yrityksen tuloilman ja käytettävää energiaa jää vielä runsaasti prosessiveden lämmitykseen. (Keinänen, M. 2012.)

Hydrocell Oy valmistaa harjalämmönsiirtopattereita, joilla voidaan toteuttaa joustavasti ja kustannustehokkaasti uusien ja vanhojen kiinteistöjen lämmöntalteenotto. (Lämmöntalteenotto 2012. Viitattu 10.10.2012.)

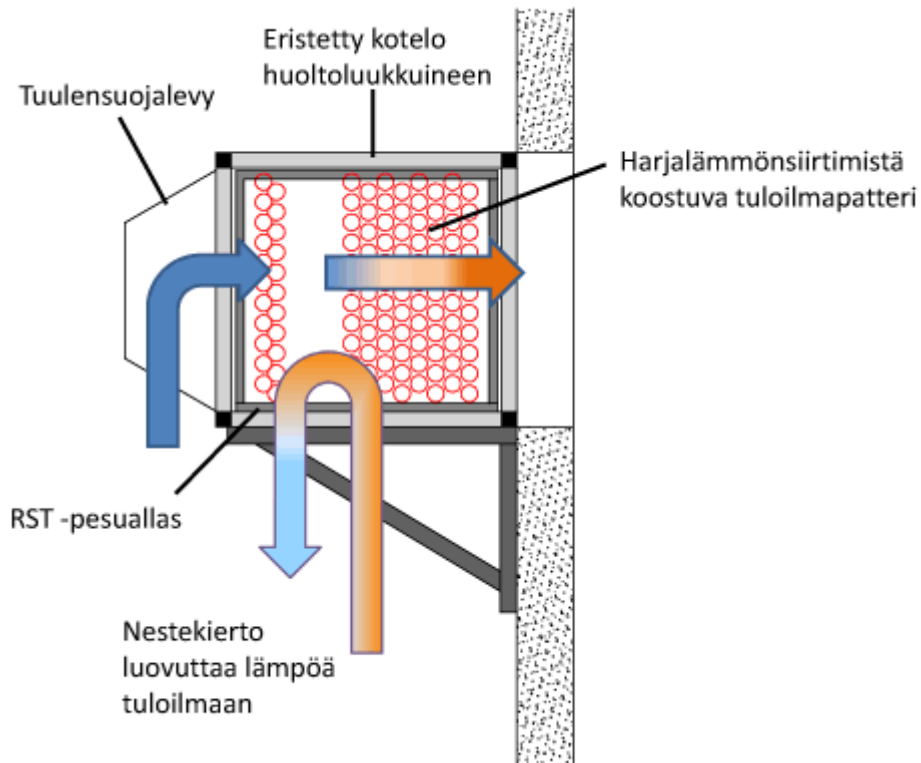
Järjestelmän käyttöikä on 25 vuotta. Nykyajan energianhinnoina takaisinmaksuaika on kolmesta kuuteen vuotta. Rakentamis- ja energiamääräysten tiukentuessa sekä energian hinnan noustessa on LTO kannattava hankinta. (Lämmöntalteenotto 2012. Viitattu 10.10.2012.)

Esimerkkejä Hydrocellin ratkaisuista on kuvioissa 25 ja 26.



KUVIO 25. Esimerkki poistoilmapatterista

(Lämmöntalteenotto 2012. Viitattu 10.10.2012)



KUVIO 26. Esimerkki tuloilmapatterista

(Lämmöntalteenotto 2012. Viitattu 10.10.2012)

4 YRITYKSEN NYKYTILAN ARVIOIMINEN

4.1 SWOT-analyysi

Nelikenttäanalyysi (SWOT) on yleinen ja yksinkertainen yrityksille tarkoitettu analysointimenetelmä. Analyysin avulla voidaan selvittää yrityksen vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat. Yksinkertaisen nelikenttämenetelmän avulla yritys pystyy arvioimaan tulevaisuuttaan ja toimintaansa. (Nelikenttäanalyysi 2000–2009. Viitattu 7.10.2012.)

Yrityksen toimintaa voidaan arvioida useilla eri tavoilla. Keskeisintä on kuitenkin selvittää sekä yrityksen nykytilaan, että sen tulevaisuuteen vaikuttavat asiat. Analyysi on

yksinkertainen tapa ryhmitellä yrityksen toimintaan vaikuttavia lukuisia tekijöitä havainnolliseen nelikenttämoodiin. (Nelikenttäanalyysi 2000–2009. Viitattu 7.10.2012.)

Lyhenne SWOT tulee seuraavista sanoista:

- S= strength eli vahvuus
- W= weakness eli heikkous
- O= opportunity eli mahdollisuus
- T= threat eli uhka. (Nelikenttäanalyysi 2000–2009. Viitattu 7.10.2012.)

Analyysi sisältää yrityksen vahvuuksien ja heikkouksien (nykytila) sekä sen tulevaisuuden uhkien ja mahdollisuuksien (tulevaisuus) analysoinnin. Yrityksen vahvuudet ovat niitä toimenpiteitä ja resursseja, joita yritys pystyy hyödyntämään. Heikkoudet ovat puolestaan niitä tekijöitä, joihin yritys täytyy panostaa tulevaisuudessa, jotta se pystyy toimimaan tehokkaasti. Liiketoiminta on mahdollista vasta, kun yrityksen tulevaisuutta vaarantavat uhat ja menestystä edesauttavat mahdollisuudet tunnetaan. (Nelikenttäanalyysi 2000–2009. Viitattu 7.10.2012.)

4.2 Analyysin suorittaminen

Nelikenttäanalyysia voidaan käyttää kaikenlaisissa yrityksissä ja organisaatioissa. Tarkastelussa voidaan käsitellä kokonaisuutta tai yksityiskohtaisemmin jotain yritystoiminnan osaa. Yksityiskohtainen tarkastelu on rajatumpi eli kohteena voivat olla esimerkiksi markkinat, tuotteet tai henkilöstö. (Nelikenttäanalyysi 2000–2009. Viitattu 7.10.2012.)

SWOT-analyysia voidaan käyttää joko yksin tai ryhmässä työskennellen. Ryhmissä työskennellessä analyysi voidaan tehdä ensin yksin ja tämän jälkeen miettiä ryhmässä eri vaihtoehtoja. Tällainen aivoriihi-menetelmä antaa analyysille enemmän kattavuutta. (Nelikenttäanalyysi 2000–2009. Viitattu 7.10.2012.)

Analyysin teossa on suositeltavaa noudattaa seuraavia periaatteita:

- mahdollisimman yksinkertainen ja käytännönläheinen analyysi
- nykytilan (vahvuudet, heikkoudet) erillään pitäminen ja ne tekijät, jotka vaikuttavat tulevaisuudessa liiketoiminnan onnistumiseen
- pyrkimys löytää nelikentän jokaiseen ruutuun yritystä kuvaavia tekijöitä. Kaikki mieleen tulevat asiat kirjataan taulukkoon. Mitä enemmän ideoita saadaan, sen parempi. (Nelikenttäanalyysi 2000–2009. Viitattu 7.10.2012.)

4.3 Päätökset

Analyysin jälkeen yrityksen tulee käydä läpi jokainen nelikentän ruutu. Konkreettiset toimintaratkaisut tulevat näistä nelikentän ruutuihin kirjatusta asioista:

- vahvista vahvuuksia ja hyödynnä niitä jatkossakin
- korjaa ja paranna löydettyjä heikkouksia. Heikkouksia ei voida poistaa, mutta niitä pitää pyrkiä lieventämään
- hyödynnä mahdollisuudet resurssien mukaisesti
- varaudu uhkiin hyvällä suunnittelulla, jolloin vastoinkäymiset eivät tule yllätyksenä. Analyysin avulla yritys pystyy melko nopeasti ja vaivattomasti saamaan selville yrityksen nykytilan ja sen tulevaisuudessa kehittämistä vaativat asiat ja osa-alueet. (Nelikenttäanalyysi 2000–2009. Viitattu 7.10.2012.)

5 INVESTOINTILASKENTA

5.1 Yleistä

Yrityksellä täytyy olla menoja saadakseen tuloja. Voi siis ajatella, että kaikkia menoja voidaan pitää investointeina tulon saamiseksi. Investointikäsite rajataan koskemaan tiettyä osaa menoista. Investointeina pidetään menoja, jotka ovat rahamäärältään

suuria ja joissa tulon odotusaika on pitkä. (Haverila M, Uusi - Rauva E, Kouri I, Miittinen A 2009, 195.)

Investointi on luonteeltaan rahoitus- tai reaali-investointi. Rahoitusinvestoinnissa sijoitetaan rahaa esimerkiksi hankkimalla obligaatioita tai debenttureja. **Reaali-investoinnissa raha käytetään tuotannontekijöiden hankkimiseen tuottojen saamiseksi.** Reaali-investointeja ovat muun muassa toimitilojen, koneiden ja laitteiden ostot, tuotekehityspanostus sekä markkinointikanavien luominen ja kampanjoiden toteuttaminen. (Haverila ym. 2009, 195.)

Investoinnit ratkaisevat merkittävästi yrityksen tulevaisuuden ja ne luovat toiminnalle puitteet. Resursseista on aina pulaa. Jos yritys sitoo omaa ja vierasta pääomaa mit-taviin investointeihin, sidotaan yrityksen toimintamuodot yleensä melko pitkällä tähtäyksellä. (Haverila ym. 2009, 195.)

5.2 Investointilaskelmat

Investointilaskelmien realistisuuden varmistamiseksi on syytä tunnistaa asiaan liittyviä tyypillisiä ongelmia. Näistä ongelmista on lueteltu joitain seuraavassa:

- investointien kertaluonteisuus
- nopeat ympäristömuutokset
- tulevaisuuden ja eri tekijöiden epävarmuuden huomioon ottaminen, siis varuksellinen suhtautuminen trendeihin
- suunnittelutilanteen monimutkaisuus ja siitä aiheutuva mahdollinen ”datan” väärä tulkinta. (Haverila ym. 2009, 199.)

Laskelmien perusteiden selvittäminen pakottaa tutkimaan erilaisia keinoja investoinnin kannattavuuden ja rahoitusvaikutuksen parantamiseksi. Tällöin on mahdollista, että investointi on erilaisten laskentamenetelmien käytön jälkeen parempi kuin alkuperäinen muoto. **Mitä merkittävämmästä hankkeesta on kysymys, sitä enemmän tiedonhankintaan on panostettava.** (Haverila ym. 2009, 199.)

Yleisimpiä investointilaskentamenetelmiä ovat:

- nykyarvomenetelmä
- annuiteettimenetelmä
- sisäisen korkokannan menetelmä
- yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä
- takaisinmaksuajan menetelmä. (Haverila ym. 2009, 199.)

Määriteltävissä tekijöissä investoinnin edullisuuteen vaikuttavat olennaisesti mitattavissa olevat tai kvantitatiivisesti esitettävät tekijät. Näitä ovat:

- perusinvestointi- eli perushankintakustannus
- laskentakorkokanta
- juoksevasti syntyvät tuotot
- juoksevasti syntyvät kustannukset
- investointiajanjakso tai pitoaika
- investointikohteen jäännösarvo. (Haverila ym. 2009, 199–200.)

Perushankintakustannus on lähimmäksi päätöksentekohetkeä ajoittuva investoinnin kustannus. Sen määrittämiseen liittyy yleensä vähemmän epävarmuutta kuin muihin investoinnin tuottoihin ja kustannuksiin. Määrittelyssä voidaan myös tehdä virhe ja rahoitustarve saattaa jäädä vajaaksi. (Haverila ym. 2009, 200.)

Laskentakorkokanta tarkoittaa korvausta rahan käyttöön saamisesta. Vaihtoehtojen kannattavuusvertailussa käytetään investointeja arvioitaessa laskentakorkokantaa. Korkokantaa voidaan pitää tuottovaatimuksena, joka suunnitellun investoinnin tulee kattaa. (Haverila ym. 2009, 200.)

Laskentakoron avulla saadaan eri ajankohtiin osuvat suoritukset keskenään vertailukelpoisiksi. Investointilaskelmissa tämä on olennaista, koska hankinnat ajoittuvat useille eri vuosille. Vertailu tehdään diskonttaamalla tulevaisuudessa toteutuva rahavirta sovittua laskentakorkokantaa käyttäen nykypäivään. Diskonttaus on korkolaskennalle vastakohta. (Haverila ym. 2009, 200–201.)

Esimerkiksi jos pankkiin talletetaan vuodeksi sata euroa 10 % korolla, on euromäärä vuoden kuluttua $100 * (1 + 0,1)$ eli 110. Jos merkitään korkoa i :llä ja pitoaikaa n :llä saadaan laskettua nykyisen euromääräisen rahasumman arvo kertomalla 100 yleisellä tekijällä $(1 + i)^n$. (Haverila ym. 2009, 201.)

Diskonttaus on päinvastainen tapahtuma. Vuoden päästä saadaan 110 euroa. Kysymys kuuluu, mikä sen arvo on tänä päivänä. Tässä tapauksessa 110 on jaettava tekijällä $1 + 0,1$ ja tulokseksi saadaan 100. Diskonttaustekijä voidaan esittää kaavamuodossa $1/(1 + i)^n$. (Haverila ym. 2009, 201.)

Diskonttauksessa voidaan käyttää yleistä taulukkoa, joka määrittelee diskonttaustekijän. Taulukosta voi katsoa esimerkiksi kahden vuoden kohdalta yhden rahayksikön (1) nykyarvo 15 % korkokannan mukaan. Tässä tapauksessa se olisi 0,7561 rahayksikköä. (Haverila ym. 2009, 201.)

Investointiajanjaksolla tarkoitetaan investointihyödykkeen arvioitua tulevaa pitoaikaa. Investointilaskelmissa pitoajaksi valitaan kuitenkin hyödykkeen taloudellinen pitoaika. Tämän ajanjakson jälkeen on odotettavissa, että markkinoille ilmestyy esimerkiksi parempi kone, joka tekee aiemmin hankitun koneen vanhentuneeksi. (Haverila ym. 2009, 201.)

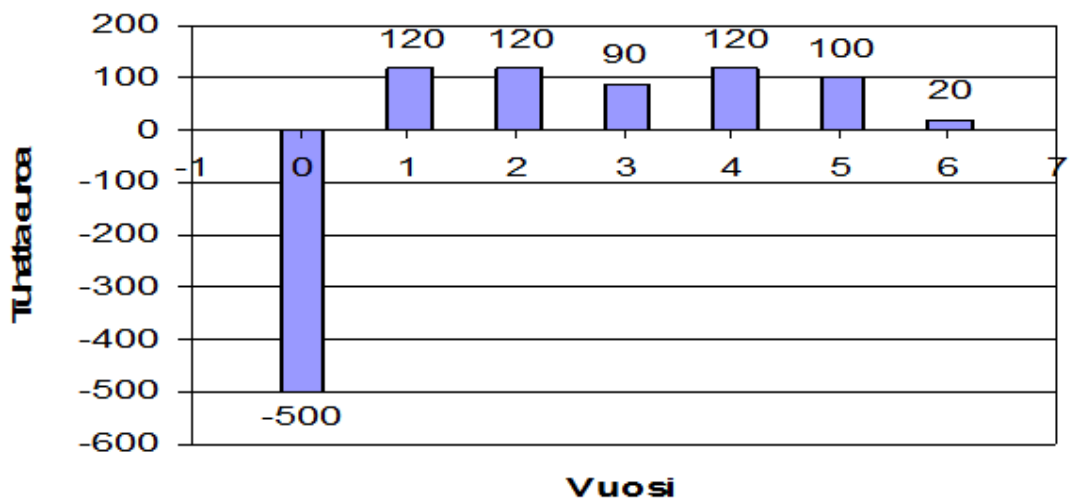
Jäännösarvolla tarkoitetaan sitä myyntituloa, joka hyödykkeestä voidaan arvioida saatavan pitoajan päättyessä. Investointikohteen tyyppi vaikuttaa merkittävästi jäännösarvoa tarkasteltaessa. Monissa tapauksissa jäännösarvo voi olla 0 tai jopa negatiivinen, jolloin hyödykkeestä on maksettava, jotta siitä päästään eroon. (Haverila ym. 2009, 202.)

5.3 Laskentamenetelmien käsittely

5.3.1 Nykyarvomenetelmä

Tätä menetelmää käytettäessä kaikki investoinnin tuotot ja kustannukset diskontataan nykyhetkeen valittua laskentakorkokantaa käyttäen. Laskentakorkokannaksi valitaan esimerkiksi oman pääoman tuottovaatimus, joka voi olla 15 % sijoitetulle pääomalle. Tämän menetelmän mukaan investointi on kannattava, kun nykyarvo on positiivinen. Siinä tapauksessa investoinneista syntyvien nettotuottojen nykyarvo jäännösarvo mukaan lukien on suurempi kuin investoinnin perushankinnasta koituvat kustannukset. (Haverila ym. 2009, 202.)

Perushankintameno sekä vuosittaiset nettotuotot voidaan havainnollistaa yksinkertaisella aikajanalla seuraavan kuvion mukaisesti.



KUVIO 27. Perushankintameno ja vuosittaiset nettotuotot

(Vrt. alkuperäinen kuvio: Haverila ym. 2009, 202)

Esimerkkinä käytetään laskentakorkokantaa 15 %. Nettotuottoa saadaan vain jakson loppupäässä vuosina 4 ja 5 kumpanakin vuonna 2000 euroa, perushankintameno (H)

on 3000 euroa. Nettotuottojen nykyarvoksi (V_0) saadaan käyttämällä liitteessä (Ks. liite 3) olevan taulukon kertoimia:

$$V_0 = 0,5717 \times 2000 + 0,4971 \times 2000 = 2\,137 \text{ euroa}$$

Investoinnin nykyarvoksi saadaan:

$$V_0 - H = 2\,137 \text{ euroa} - 3\,000 \text{ euroa} = -863 \text{ euroa}$$

Näillä arvoilla hanke ei johda positiiviseen tulokseen. Mikäli investoinnin kaikki nettotuotot arvioidaan kaikkina pitoajan vuosina yhtä suuriksi, voidaan laskennan helpottamiseksi käyttää jaksollisten maksujen nykyarvon taulukkoa eli $V_0 = \frac{an}{i} * S$, jossa S = yhden vuoden nettotuotto, n = vuosien lukumäärä, joilta tuottoja saadaan ja i = käytetty laskentakorkokanta. Liitteen taulukossa (ks. Liite 4) esitettyjen jaksollisten maksujen nykyarvotekijän $\frac{an}{i}$ kaava on $\frac{((1+i)^n - 1)}{i(1+i)^n}$. (Haverila ym. 2009, 202.)

Nykyarvomenetelmän mukaan investointi on kannattava, jos nykyarvo on positiivinen. Laskennassa pidemmällä aikavälillä tulisi ottaa huomioon inflaatio (myös deflaation) ja verotuksen vaikutus rahoituksen kustannusten tarkastelussa. (Haverila ym. 2009, 202.)

5.3.2 Annuiteettimenetelmä

Kyseinen menetelmä on edelliselle tavallaan käänteinen. Se on laskentamenetelmä, jossa investoinnin hankintameno jaetaan pitoaikaa vastaaville vuosille yhtä suuriksi pääomakustannuksiksi (annuiteeteiksi). Ne muodostuvat poistoista ja käytettävän laskentakorkokannan mukaisista korkokustannuksista. Investointi on taloudellisesti edullinen, jos vuotuiset nettotulot ovat vähintään yhtä suuret tai suuremmat kuin vuotuiset pääomakustannukset. (Haverila ym. 2009, 203.)

Annuiteettitekijän taulukosta (ks. liite 5) saadaan kertoimet (annuiteettitekijät), joilla investoinnin perushankintameno on kerrottava annuiteettia laskettaessa. Annuiteet-

tikertoimen kaava on $((i(1+i)^n)/(1+i)^n - 1))$. Kerrointa käytettäessä rahamääräiseksi annuiteetiksi saadaan: annuiteetti = pääomakustannuskerroin x hankintakustannus. (Haverila ym. 2009, 203–204.)

5.3.3 Takaisinmaksuajan menetelmä

Kyseisellä menetelmällä selvitetään, minkä ajan kuluessa investoinnin nettotuotot ylittävät perushankinta kustannukset. Laskentakoron pois jättäminen laskuista on takaisinmaksuaika= perushankintameno/nettotuotto vuodessa= vuosia. (Haverila ym. 2009, 205–206.)

Menetelmää käytetään silloin, kun tuottojen kertymistä on vaikea ennakoida pitkällä tähtäimellä (Haverila ym. 2009, 206.)

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä muita menetelmiä, koska tarkoituksena on laskea vain investoinnin kannattavuus ja takaisinmaksuaika. Tässä työssä näillä menetelmillä pystytään laskelmat tekemään.

6 YRITYKSEN NYKYTILA JA INVESTOINTILASKELMAT

6.1 Yrityksen nykytilan arviointi SWOT -analyysin avulla

6.1.1 Nelikenttäanalyysin taulukko

Ennen suurta investointia yrityksen on hyvä arvioida nykytilaansa ja tulevaisuuttaan turvatakseen toiminnan jatkuvuuden. Analyysissa käsitellään yrityksen nykytilaa yleisesti ja mahdollisen oman maalaamon kannalta. Yksinkertainen tapa on tehdä

SWOT-analyysi (ks. luku 4). Analyysi aloitetaan luettelemalla taulukkoon (ks. taulukko 7) yrityksen vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat.

TAULUKKO 7. Nelikenttäanalyysin taulukko, Hakamet Oy

Tekijä: J. Kauppinen, Hakamet Oy	
Yritys: Hakamet Oy	
Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> - osaava henkilöstö - sitkeys - ongelmanratkaisukyky - joustavuus - työntekijät nuoria - pitkä kokemus alalta - yrityksen sijainti - nykyaikainen laitteisto - halu uudistua 	<ul style="list-style-type: none"> - informaation kulku - laatu ailahtelee - taloudelliset resurssit - sidottu pääoma - koneiden käyttöaste - koulutuksen puute - ei omia tuotteita - toiminnan seuranta - työilmapiiri vaihtelee - kilpailukyky - ammattitaidon katoaminen - markkinointi
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> - kysyntä - koulutus - ekologinen ajattelu - monitaitoisuuden arvostus - erikoistuminen 	<ul style="list-style-type: none"> - talouden taantuma - väestön ikääntyminen - ympäristölakien kiristyminen - työvoiman saatavuus - teknologian kehittyminen - rahoitus - hintojen nousu - kilpailijat

6.1.2 Analyysin tulkinta

Vahvuuksien parantaminen on olennaista yrityksessä.

Henkilöstö on tällä hetkellä osaavaa ja tätä kuuluisi ylläpitää jatkossakin. Antamalla lisäkoulutusta taataan kilpailukykyinen ammattitaito. Monipuoliset tehtävät takaavat motivaation säilymisen ja päättelykyvyn parantumisen. Maalauksia lisäisivät luonnollisesti henkilöstön ammattitaitoa ja koko tuotannon kokonais kuvan ymmärtämistä.

Sitkeys on yksi vahvuuksista yrityksissä. Vaikeuksista on selvitty tähänkin asti ja organisaatiota pitäisi edelleen vahvistaa ryhmähenkeä luomalla.

Ongelmaratkaisukyky on ollut vahvuutena aina. Esimerkiksi piirustuksissa ilmenevät epäselvyydet on pystytty ratkomaan päättelemällä. Uusien- ja haastavien työkappaleiden valmistaminen on suoritettu innovatiivisilla ratkaisuilla mahdollisuuksien mukaan. Ongelmien välttämiseksi olisi hyvä olla tarkat työohjeet, informointi (mitä tehdään ja tarkoitus) sekä selkeät piirustukset.

Joustavuudella tarkoitetaan tässä sekä työntekijöiden huomioon ottamista että tuotannollisia seikkoja. Työnantaja pystyy joustamaan, mikäli työntekijä tarvitsee esimerkiksi vapaapäivän, sekä vastaavasti työntekijät joustavat työajoissaan. Tuotannossa yritys pystyy tarpeen tullen mukautumaan kysynnän vaihteluun ja kiiretilauksiin. Joustavuuden parantamiseen on työkaluina johtamisen laatu sekä edelleen osaava henkilöstö (motivoiminen, suoraviivaisuus ja päätöksenteko).

Työntekijöiden sukupolvi on nuorta ja tähän tulisi pyrkiä jatkossakin. Sitouttamalla nuori ja osaava henkilöstö yritykseen, taataan kilpailukyky jatkossakin. Nuori oppii uutta, mikä helpottaa yrityksen henkilöstön tulevaa koulutuksen tarvetta. Nuorekkuutta voidaan parantaa esimerkiksi liikuntamahdollisuuksia tarjoamalla (kuntosalit).

Kokemus alalta ja osa-alueelta on pitkältä aikaväliltä. Kokemus auttaa selviämään haastavistakin tehtävistä. Pitäisi siis panostaa enemmän vastaaviin tuotteisiin ja keskittyä erityisosaamiseen (levy- ja hitsaustyöt).

Yrityksen sijainti on logistisesti kilpailukykyinen. Jakelumahdollisuudet ovat laajat ja yritys sijaitsee maantieteellisesti hyvällä paikalla. Hyvä sijainti antaa mahdollisuuksia uusien asiakkaiden saamiseen joka puolella maata. Yritys voisikin markkinoida itseään tällä perusteella.

Nykyaikainen laitteisto antaa toistaiseksi kilpailukykyä. Monipuolisetkin tuotteet pystytään valmistamaan näiden avulla. Tätä vahvuutta tulisi edelleenkin parantaa ottamalla koneista, laitteista ja ohjelmistoista kaikki hyöty irti (toiminnanohjausjärjestelmä, laser, särmäys).

Halu uudistua ja kehittää toimintaa on vahvuus, joka antaa yrityksestä ulkopuolelle hyvän kuvan. Yrityksen pitäisikin antaa organisaatiolle mahdollisuudet kehittää toimintaa yhtenä ryhmänä (aivoriihet, palaverit).

Heikkouksia tulee pyrkiä korjaamaan ja ehkäisemään sekä parantamaan.

Informaation kulku on ajoittain heikkoa yrityksessä. Olennainen tieto ei aina tavoita kaikkia työntekijöitä, jotka liittyvät esimerkiksi jonkin työvaiheen tekemiseen. Tuotteen tulleet muutokset eivät myöskään tavoita työn suorittajia, joka näin johtaa pieneen virheeseen tai pahimmassa tapauksessa koko sarjan hylkäämiseen. Valmiina varastossa olevista osista ei myös kerrota kyseisen osan työvaihetta suorittavalle tuotannontekijälle, jonka takia niitä ei voida koskaan hyödyntää. Viestintää yrityksen sisällä tulisi parantaa, joko työohjeita tekemällä tai henkilökohtaisesti johdon toimesta.

Heikko laatu johtuu myös oleellisen tiedon puutteesta ja koulutuksen tasosta. Laatu pitäisi tehdä kaikille selväksi käsitteenä ja kertoa sen merkitys koko organisaatiolle.

Taloudellisten resurssien puuttuminen estää osaltaan yritystä kehittymästä. Taloudellisuutta ja kustannustehokkuutta pystytään parantamaan kuitenkin pienillä asioilla kuten menetelmäkehityksellä, hukan vähentämisellä ja toiminnanohjauksen kehittämisellä.

Sidottu pääoma on ajoittain suurta tuotannossa. Raaka-aineet ja materiaalit tulevat kotiin hyvin paljon ennen varsinaista tuottavan työn suorittamista. Tämä johtaa hiljaisina aikoina siihen, että ne myös käytetään huomattavasti aikaisemmin tuotteiden

tekemiseen, joka puolestaan sitoo työstä aiheutuvat kustannukset. Pahimmassa tapauksessa raaka-aineet käytetään johonkin muuhun tuotteeseen, joka taas johtaa materiaalien ja raaka-aineiden puuttumiseen kriittisellä hetkellä (työn aloitus). Varastossa olevat puolivalmisteet ja osat sitovat myös pääomaa. Materiaalit ja raaka-aineiden kotiinkutsu tulisi ajoittaa siihen hetkeen, kun työtä ollaan aloittamassa. Puolivalmisteista ja osista tulisi tehdä inventaario säännöllisin väliajoin sekä ohjata töiden aloittaminen hetkeen, jolloin se menisi jouhevasti koko prosessin läpi.

Koneiden käyttöaste on ajoittain heikkoa. Tämä johtuu tietenkin tilauskannoista, mutta tuotteet pitäisi suunnitella niin, että niitä pystyttäisiin hyödyntämään jokaisella koneella (laser -> levyntyöstökeskus ja päinvastoin).

Koulutuksen puute näkyy osittain. Menetelmät ja tavat vanhentuvat aikanaan ja niitä pitäisi pyrkiä parantamaan antamalla työntekijälle mahdollisuudet käydä kursseilla, alaan liittyvissä koulutustapahtumissa sekä messuilla. Tämä mahdollistaa esimerkiksi menetelmätekniikoiden parantumisen.

Omien tuotteiden puuttuminen on heikkous. Innovatiivisen ja uniikin oman tuotteen kehittäminen on hankalaa, mutta se olisi erittäin vahva kilpailuvaltti markkinoilla.

Toiminnan seurannassa on puutteita. Materiaalivirran seuranta on hankalaa, kun puolivalmisteet ovat väärässä paikassa tai pahimmassa tapauksessa kadoksissa kokonaan. Toimintaa pitäisi seurata ja ohjata jokaisen työvaiheen jälkeen. Toimitusaikoihin ei välillä päästä, koska tuotteet ovat olleet "piilossa" ja niitä ei ole voitu huomioida ajoissa. Työvaiheen suorittajan pitäisi huolehtia tuote aina seuraavalle työvaiheelle asti ja pitää huolta siitä, että seuraava vaihe huomioidaan.

Työilmapiirin vaihtelua on ollut havaittavissa. Huono ilmapiiri voi johtua vallitsevasta yleisestä taloustilanteesta. Työntekijät eivät pääse kehittymään, eikä palkankorotuksiin ole mahdollista päästä edes kovalla työpanoksella, mikä taas vaikuttaa työmotivaatioon ja näkyy koko yhteisössä. Työntekijöille pitäisi antaa mahdollisuus esimerkiksi tulospalkkaukseen. Kehityskeskustelut olisivat myös ajankohtaisia.

Kilpailukyky nykyisellään on kohtalaista. Suurimpana ongelmana on yrityksen kyky vastata kilpailijoiden panokseen. Kilpailijat pystyvät tekemään tuotteet halvemmalla,

joka nykypäivänä on suuri etu. Yrityksen pitäisikin tehostaa toimintaansa kustannuslaskennassa ja realisoida vaiheajat.

Ammattitaitoa katoaa yrityksestä kokeneiden ja ammattitaitoisten työntekijöiden myötä. Uusia on vaikea löytää ja nykyiset pitäisi sitoa yritykseen pitkällä aikavälillä. Kouluttaminen nyt ja tulevaisuudessa on tässäkin tapauksessa olennaista.

Markkinointiin pitäisi panostaa enemmän. Markkinointi tapahtuu suppealla alueella (pääasiakkaat, vakioasiakkaat). Nykyään yrityksen brändi on merkittävä. Yritys pystyy korostamaan omaa brändiään esim. Internet sivujensa avulla, jota kuuluisi päivittää aina ajan tasalle. Mikäli yritys panostaisi omaan maalaamoon, niin markkinointia tulisi ehdottomasti lisätä.

Mahdollisuudet tulisi hyödyntää resurssien mukaisesti.

Kysyntä voi parantua oleellisesti uusien laitehankintojen myötä. yrityksen laajentaessa toimialaa kasvattaa se ammattitaitoa, mikä antaa taas vakuuttavan kuvan asiakkaille. Kysynnän paraneminen antaa yritykselle uusia mahdollisuuksia ja edellytyksiä vankempaan toimintaan.

Koulutus on mahdollisuus parantaa kilpailukykyä. Ulkopuolelta tuleva ammattitaito antaa aina uusia näkemyksiä ja kehitysideoita. Koulutustarpeen selvittäminen on olennaista.

Ekologista ajattelua arvostetaan nykyään paljon. Suuret yritykset panostavat ekologisuuteen ja odottavat tätä myös yhteistyökumppaneiltaan. Ekologisia ratkaisuja voi olla muun muassa jätevirtojen minimointi. Ajatus antaa yrityksestä paremman kuvan ympäristöä arvostavana tahona.

Monitaitoisuus on taito, jota ei ole kovin monessa organisaatiossa. Yrityksen investoimalla uuteen laitteistoon tai monipuolistamalla toimintaansa, antaa se suurta etua kilpailijoihin nähden. Asiakkaat arvostavat myös suuresti tätä piirrettä. Monitaitoisuutta tulisi kehittää ylimmästä johdosta aina työntekijöihin asti työtehtäviä vaihtamalla.

Erikoistuminen joihinkin tiettyyn tuotteeseen tai tuotekokonaisuuteen toisi rutiininomaista osaamista yritykseen. Se mahdollistaisi suurien sarjojen tekemisen ja näin kustannustehokkuuden parantamisen sekä tuotannon ohjaamisesta tulisi helpompaa. Pitäisikin kartoittaa erikoistumismahdollisuudet yrityksen resurssien mukaan.

Uhkiin olisi syytä varautua hyvissä ajoin hyvällä suunnittelulla:

Talouden taantuma on ollut raskasta usealle PK- yritykselle. Taantumaaan varautuessa yrityksen olisi hyvä tehdä ennusteita tulevasta. Kysyntää pystytään ennustamaan, kun yritys mittaa ja dokumentoi tapahtuneet myynnit ja tarjouskyselyt vuosien varrelta. Pitäisi myös miettiä keinot, kuinka osaava työvoima saadaan pidettyä yrityksen kirjoilla.

Väestön ikääntyminen vie kokeneen ja osaavan työvoiman eläkkeelle. Työvoiman saanti heikentyy ja ammattitaito katoaa. Yrityksen tulisi panostaa rekrytointiin nyt ja tulevaisuudessa sekä nuoren työvoiman koulutukseen ja työllisyyteen.

Ympäristölakien kiristymisen tuo lisää kustannuksia. Uusia investointeja hankittaessa tulisivat ympäristöasiat ja ekologisuus miettiä hyvin jo etukäteen. Kerralla kunnolla tehty on aina parempi kuin korjata jälkeenpäin. Jätehuoltoa ja päästöjä pystytään parantamaan nykYTEKNOLOGIAN avulla huomattavasti.

Työvoiman saatavuus on yhtä väestön ikääntymisen kanssa, mutta myös koulutuksen taso on heikkoa. Osaavaa ja kokenutta työvoimaa on vaikea löytää. Yrityksen tulisi pitää kiinni omasta ammattitaidosta ja kokemuksesta sekä kehittää osaamista kaikin mahdollisin resurssein.

Teknologian kehittyminen vaikuttaa yrityksen kilpailukykyyn. Menetelmät kehittyvät ja nopeutuvat. Koneiden ja laitteistojen elinkaari on teollisuudessa yleensä noin 10 vuotta riippuen käyttötarkoituksesta. Tuotannontekijöiden päivittäminen ja huoltaminen pitäisi suorittaa ajallaan, mikä lisää niiden elinkaarta ja tuottavuutta.

Rahoituksen saaminen yrityksille on nykyään hankalaa vaikean taloustilanteen vuoksi. Ylivelkaantumisen riski on olemassa kasvavien rahoituskustannusten noustessa tulevaisuudessa. Omalla toiminnallaan yritys pystyy vakuuttamaan rahoittajat sen kilpailukykyisyydestä sekä kehittämään toimintaansa.

Hintojen nousu raaka-aineissa ja esimerkiksi kuljetuskustannuksissa vaikeuttaa yrityksen toimintaa jatkossakin. Kustannuksissa pitäisi siis säästää muissa seikoissa eli tässä tapauksessa omassa toiminnassa. Hukan vähentäminen tuotannossa ja kuljetusten tehokäyttö (mahdollisimman paljon tavaraa samaan suuntaan ja samanaikaisesti) auttavat näissä asioissa. Ei pidä unohtaa myöskään energian hintojen nousua, mitä pystytään erilaisilla ratkaisuilla ehkäisemään.

Kilpailijoiden kilpailukyvyyn paraneminen esimerkiksi uudet laitehankinnat on uhka yritykselle. Tässä kilpailussa pitäisikin pysyä kyydissä koulutuksella, jatkuvalla parantamisella, tarjouslaskennan kehittämällä, laadulla sekä kaikilla osa-alueilla resurssien mukaisesti.

6.2 Laskelmat, laitteisto ja prosessi

6.2.1 Huomioitavaa

Tähän opinnäytetyöhön tehtiin laskelmat kahdelle osapuolelle. Toimeksiantajalle tehtiin erikseen tarkasti määritellyt laskelmat. Tarkasti määritellyt kustannukset saatiin Wagner Industrial Solutions Scandinavialta, joka on erikoistunut muun muassa jauhemaalauksen teknisiin ratkaisuihin ja kustannuksiin.

Tässä versiossa tekniset ratkaisut (prosessikaavio, laitteisto) tulevat todennäköisesti toteutumaan, mutta kustannukset eivät pidä paikkaansa kuin osittain.

6.2.2 Jauhemaalauslaitteiston valinta, käyttöönottokustannukset sekä prosessin- kulku

Haastateltaessa Factor Oy:n toimitusjohtajaa Petri Koskista saatiin selville, että osa laitteiston rakenteesta voidaan valmistaa myös itse. Koskisella on pitkä kokemus jauhemaalauksesta ja maalaamoiden perustamisesta.

Hakamet voisi hyödyntää muun muassa ylimääräisinä olevia merikontteja verkkouttamisuunin rakennuksessa, johon itse asennettaisiin eristevillat sekä levyt suojaamaan ympäristöä kuumuudelta. Myös pesu- ja fosfointilinjan rungot voitaisiin valmistaa itse. Kappaleiden ripustuskoukut olisi myös viisainta valmistaa itse. Tämä toisi merkittäviä säästöjä laitteiston kokonaiskustannuksiin. (Koskinen P 2012. Liite 2.)

Laitteiston sisältävät komponentit ja laitteet sekä **käyttöönottokustannukset (perushankintakustannukset)** muodostuvat seuraavista tekijöistä:

- **laitteiston hinta.** Sisältää maalauskaapin, kaasulla toimivan uunin ja polttimet, sähköstaattiset jauhemaaluspistoolit, pesu- ja fosfointilinjan, jauheen talteenottoyksikön, käytetyn fosfaattiveden säiliön, ripustuslinjan, traverssit (robotit), linjan liikutukseen tarkoitettun moottorin sekä muut linjan toimintaan liittyvät komponentit, kuten kosteusmittarit (Koskinen 2012. Liite 2)
- **koulutukset.** Kouluttaminen maalaukseen kestää noin kuukauden. Koulutus tapahtuu neljälle työntekijälle työn ohessa. Tämä määrä riittää oman tuotannon pyörittämiseen. Loput työntekijät koulutetaan myöhemmin maalauksen alkaessa, jossa saadaan jo tuottavuutta ja laitos toimii kolmessa vuorossa. Pintakäsittelyn koulutuksesta on vastuussa yksi kouluttaja (Koskinen 2012. Liite 2)
- **luvat.** Ympäristö-, vesi- ja rakennusluvat. *Ympäristölain* mukaan yritys, joka harjoittaa tiloissaan fosfointiin liittyvää toimintaa on velvollinen tekemään ympäristöselvityksen, josta seuraa ympäristölupamaksu. Maksu riippuu työmäärästä ja prosessialtaan koosta. Maksua voi määrittellä jo valmiiksi myönnettyistä ympäristöluvista aluehallintoviraston sivuilta. *Jätevesien* johdattamisesta viemäriverkostoon sovitaan paikallisen viranomaisen kanssa. (Engman-

Andtbacka C, 2012.) *Rakennuttamisen* kannalta yrityksen on tehtävä toimenpideilmoitus, koska maalaamon myötä kiinteistön rakenne hieman muuttuu (jätevesien johdattaminen, LVI- työt) (Toimenpidelupa 2012. Viitattu 22.10.2012)

- **laitteiston siirtäminen yritykseen ja sen asentaminen.** Kestää kuukauden. Laitteiston asentaminen tapahtuu toimittajan toimesta ja se kuuluu laitteiston ostohintaan. Kustannuksia tulee lähinnä sähkö- ja LVI- töistä sekä rakennusmuutoksista (Koskinen 2012. Liite 2)
- **vakuutukset.** Työntekijöiden ja laitteistojen vakuutukset
- **markkinointi.** Tuotteet vaativat markkinointia, että saadaan asiakkaat tietoisiksi uusista mahdollisuuksista
- **materiaalikustannukset koulutuksen ajaksi.** Tämä sisältää maalit, kaasut sekä fosfointi- ja pesuaineet
- **työntekijöiden varusteet.** Käsittävät suojanaamarit sekä antistaattiset haalarit.

Lisäksi yritys voi halutessaan pinnoittaa alustan antistaattisella maalilla. RTV- yhtiymän edustajan mukaan Teknos Oy ei ole valmistanut kyseisiä pinnoitteita kymmeenen vuoteen. Määräys antistaattiselle pinnoitteelle jauhemaalaamoissa saattaa olla nykynormien mukaan totta, mutta Teknoksen jauheosaston mukaan Suomessa on ehkä viisi maalaamaa, jotka käyttävät kyseistä ratkaisua. Laitteet tulee olla maadoitettuja, mutta lattian osalta siihen ei ole puututtu enää nykyään. (Tuomisalo A, 2012.)

Paineilmalaitteisto yrityksellä on jo valmiina tiloissa. Laitteiston resurssit riittävät hyvin ylläpitämään myös jauhemaalauslaitteistoa.

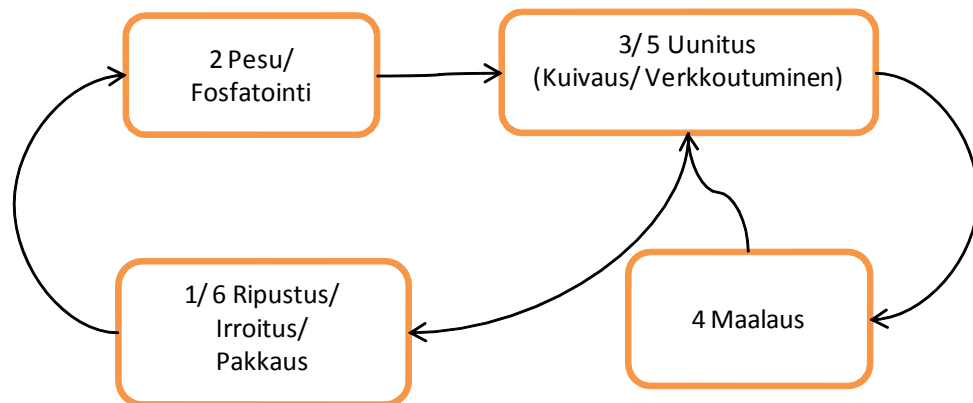
Ennen kuin lopulliset käyttöönottokustannukset saatiin määriteltyä, piti jauhemaalauslaitteiston kokonaishinnasta vähentää itse tehtyjen komponenttien hinta. Säästöjä saatiin siis itse valmistetusta uunista, ripustuskoukuista, pesu- ja fosfointilinjan tukirakenteista ja suojalevyistä sekä fosfaattiveden jätesäiliöstä. Liitteessä 6 on arvioitu näiden komponenttien valmistuskustannukset. Valmistuskustannuksien hintoja arvioitiin karkeasti ja lopputulokseksi saatiin noin 6300 euroa.

Valmistuskustannusten jälkeen voitiin ruveta arvioimaan käyttöönottokustannuksia. Kustannukset on lueteltu liitteeseen 7. Käyttöönottokustannuksissa laskettiin yhteen laitteiston hinta ja muut kiinteät kustannukset, jotka syntyvät uudesta hankinnasta. Laitteiston hinnasta tuli vähentää itse tehtyjen komponenttien hinta, josta kustannussäästöarvio on noin 20 000 euroa. Tämä kokonaisuus on siis perushankintakustannus.

Maalausprosessi on tässä työssä havainnollistettu vain karkeasti. Itse **maalausprosessi** jauhemaalauslinjalla tapahtuu seuraavassa järjestyksessä:

1. ripustus
2. pesu ja fosfointi
3. kuivaus (uunissa)
4. maalaus
5. verkkoutuminen
6. irrotus ja pakkaus.

Seuraavassa kuviossa on havainnollistettu prosessikaavio.



KUVIO 28. Prosessikaavio

6.2.3 LTO:n hyödyt ja takaisinmaksuaika

Seuraavassa taulukossa on laskettu LTO-järjestelmän takaisinmaksuaika. Järjestelmä lasketaan omana tapauksenaan. Takaisinmaksuaika ei huomioi rahan aika-arvoa eikä tässä ole otettu huomioon järjestelmästä itsestään aiheutuvia vuosittaisia kustannuksia.

TAULUKKO 8. LTO: n kustannukset ja takaisinmaksuaika

Tuloilmamäärä 120 kWh/a			
8- rivinen LTO- patteri (neste 30/74 astetta)			
Ilma	2	m3/s	hinta:
	180/51	astetta	6 900,00 €
Glykoli	1,4	l/s	
	30/74	astetta	
	225	kW	
4- rivinen tulopatterri			
ilma	2	m3/s	4 100,00 €
	- 29 / 17	astetta	
	120	kW	
Laitteiston asennus- ja materiaalmaksut (arvio):			3 000,00 €
yht:			14 000,00 €
Lämmityskustannukset/ a:			6 000,00 €
Takaisinmaksuaika:			2,3 vuotta
(ei huomioi vuotuisia kustannuksia)			

Lämmöntalteenottojärjestelmä mahdollistaisi sen, että tuloilma voitaisiin lämmittää kokonaan ja prosessi- ja käyttöveden lämmitykseen jäisi vielä 74-asteista nestettä

noin 410 MWh/a verran. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että kaukolämmitys voitaisiin sulkea kokonaan. (Keinänen 2012.) Yrityksen vuosittaiset lämmityskustannukset ovat 6000 euroa, joten nämä kustannukset kun otetaan pois kokonaan, saadaan takaisinmaksuajaksi noin 2,3 vuotta. Järjestelmä asennetaan verkkouttamisuunin yhteyteen.

6.2.4 Vuosittaiset kustannukset ja investointilaskelmat

Koska maalauslinja tulee sijaitsemaan omissa tiloissa, voidaan joitain vuotuisia kustannuksia jättää pois, kuten vartiointikustannukset ja paloturvallisuusmateriaaleista aiheutuvat kustannukset. Oletetaan myös, että asiakas maksaa kuljetuskustannukset. Lämmityskustannukset ovat olemattomat, joten sekin voidaan jättää huomioimatta LTO:n ansiosta.

Vuosittaiset kustannukset muodostuvat seuraavista tekijöistä:

- henkilöstökustannukset (sisältävät työntekijät, laativastaavan ja hallinnon).
Sisältää tuntipalkan + muut maksut
- materiaalikustannukset (maalit, kaasut, prosessivedet/pesuaineet/fosfatointi sekä pakkaustarvikkeet)
- laitteiston huolto (laitteiden huolto, laitteiden puhtaanapito)
- puhtaanapito (siivous, jätehuolto)
- energia (sähkö)
- myynti- ja markkinointi
- työterveyshuolto
- työvaatteet (haalarit, suojanaamarit)
- puhelin
- rahoituskulut
- konttoritarvikkeet
- IT-kulut
- vakuutukset

- tarkastuskäynnit (kaasujen tarkastus, palotarkastus).

Vuosittaiset kustannukset on arvioitu Hakamet Oy:n vuoden 2011 taloustiedoista. Muut kustannukset, kuten materiaalikustannukset on saatu Hakamet Oy:n viiden vuoden aikaisista maalausostoista. Vuosittaisten kustannusten arviointi tehtiin, jos maalaamo pyörisi yhdessä vuorossa ja neljällä työntekijällä. Laskuista voitiin huomata, että henkilöstö aiheuttaa suurimmat vuotuiset kustannukset. Maalauslinjan toiminta vaatii kuitenkin vähintään neljä työntekijää, jotta linja voisi vastata kysyntään. Vuosittaiset kustannukset on laskettuna liitteessä 8.

Investointilaskelmat tehtiin jo valmiina olevien maalausostojen perusteella. Viiden vuoden ajalta katsottiin yrityksen maalausostot ja laskettiin niiden keskiarvo. Keskiarvoksi maalausostolle saatiin noin 103 000 euroa. Laskelmissa vertailtiin olisiko yrityksen kannattavaa ylläpitää maalaamo, jos vain oma tuotanto olisi käytettävissä. Tämän jälkeen laskettiin mahdollinen alihankinnan tarve maalaukseen. Laskelmissa vertailtiin myös työvuorojen vaikutusta tuottavuuteen ja kuinka nopeasti takaisinmaksu tapahtuu sekä kannattavuus lisääntyy.

Oletetaan, että maalausostoissa on toimittajalla ollut 30 % kate. Yrityksen laskelmiin on siis hyvä asettaa pienempi tuottovaatimus, joka on tässä tapauksessa 20 %.

Työvuorojen vaikutus kustannuksiin on myös huomioitava. Vuorojen lisääntyminen vaikuttaa oleellisesti henkilöstökustannuksiin ja esimerkiksi materiaalikustannuksiin. Työvuorossa työskentelee neljä työntekijää.

Laitteistolla on Koskisen (Liite 2) mukaan 10 vuoden pitoaika. Laskelmissa huomioidaan poistot sekä jäännösarvo. Laskentakorkokantana käytettiin yritysainan korkoprosenttia 6.

Valmiina olevista maalausostoista tuli ensin vähentää omasta maalaamosta syntyvät kustannukset, jotta nähtiin kannattavuus.

Investointilaskelmissa käytettiin nykyarvomenetelmää ja annuiteettimenetelmää. Laskelmia varten luotiin Excel-pohjaiset työkalut, joissa kustannuksia ja muita muuttujia voitiin huomioida lopputuloksessa.

Omille tuotteille nykyarvo on laskettu liitteessä 9. Alihankinnan kanssa nykyarvomenetelmällä tehdyt laskelmat sekä annuiteetti ovat liitteessä 10. Lisäksi määriteltiin katteelliset tuntihinnat kannattavalla tuntimäärällä kattamaan 10 vuoden mittainen investointijakso. Taulukko löytyy liitteestä 11.

6.2.5 Investointilaskelmien tulkinta

Omille tuotteille laskettu kannattavuus (ks. liite 9) osoittaa nettotuotoissa (- 233 032 euroa), että investointi pelkästään omaan tuotantoon ei ole kannattava. Kannattavuus laskettiin, jos maalaamo pyörisi yhdessä vuorossa neljän työntekijän voimin. Työtunteja kertyi vuodelle 2112, mistä saatiin omakustannehinnaksi tuntia kohden noin 42 euroa. Vuosittaisista kustannuksista piti vähentää maalausostojen keskiarvo (omat tuotteet), josta saatiin selville budjettivaje (nettotuotot) yhtä vuotta kohden. Nettotuotoista vähennettiin omien tuotteiden kate 20 % (20 600 euroa). Nettotuotoista tuli vähentää myös laitteiston poistot yhtä vuotta kohden (10 000 euroa). Näin saatiin tulokseksi - 233 032 euroa, joka on miinus-merkinen ja näin ollen tappiollinen.

Kannattavuudesta voitiin siis päätellä, että maalaustoiminta omilla tuotteilla ei ole missään tapauksessa kannattavaa. Mikäli laitteiston hinta ja esimerkiksi henkilöstökustannukset olisivat pienemmät, voitaisiin maalaustoimintaa jossain määrin harkita.

Omille tuotteille tehdyt laskelmat suoritettiin vain nykyarvomenetelmällä, koska huomattiin heti, että kannattavuus ei omilla tuotteilla ole järkevää. Visuaalista havainnointia varten tehtiin myös kaavio laskelmista.

Alihankinnan kanssa tehdyt laskelmat nykyarvomenetelmällä (ks. liite 10) osoittavat, että investointi on kannattava, jos ulkopuolista alihankintaa saadaan noin 970 000 euron edestä (sisältää katteen 20 %). Tällöin investointi maksaa itsensä takaisin oletetussa 10 vuodessa. Laskelmat pätevät lopputuloksessa vain, jos maalaamo toimii kolmessa vuorossa ja yhdessä vuorossa on neljä työntekijää. Näin laskettuna saatiin varmuutta siihen, että maalaamo pystyisi vastaamaan paremmin kysyntään. Huo-

mattiin, että henkilöstökustannukset nousivat jo lähemmäs 900 000 euroa. Takaisinmaksuajaksi ilman rahan aika-arvon huomioon ottamista saatiin 7,3 vuotta.

Laskelmat tehtiin samalla periaatteella kuin omilla tuotteilla laskettuina, mutta nyt apuna käytettiin alihankintaa omien tuotteiden lisäksi. Laskelmat ovat optimaalisia eli näin laskettuna investointi maksaisi itsensä juuri pitoajan päätyttyä. Laskelmat eivät siis huomioi sellaisia muuttujia kuten esimerkiksi vuosittaisten tuottojen heilahteluja. Mikäli yhtenä vuotena tuotot jäisivät oletettua pienemmiksi, ei investointi olisikaan enää kannattava. Voidaankin siis päätellä, että rahavirtaa pitäisi pystyä enustamaan.

Annuiteettimenetelmällä saatiin tulokseksi noin 20 400 euroa/a, joka on pienempi kuin vuosittainen tuotto 21 420 euroa. Näin ollen investointi näillä arvoilla olisi kannattava.

Katteelliset tunti hinnat laskettiin kannattavalla tuntimäärällä kattamaan 10 vuoden investointi. Laskelmat osoittavat, että työntekijöiden määrän kasvaessa tunti hinta pienenee ja tarvittavien työtuntien määrä myös pienenee. Taulukko (ks. liite 11) osoittaa, että 12 työntekijällä toimiessa prosessi lähentelee omakustannushintaa 42 euroa, jossa on mukana 20 prosentin kate. Taulukko antaa suuntaa millaisella työvoimalla ja tunneilla investointi kannattaa. Taulukosta voidaan päätellä, että investointi on kannattava 12 työntekijällä, koska esimerkiksi neljällä työntekijällä ylitettäisiin omakustannushinta jo lähes 6 euroa/h, mikä nostaisi kateprosenttia jo huomattavasti eikä prosessi olisi enää kilpailukykyinen.

Periaatteessa 12 työntekijää toimisi yhdessä vuorossa noin 2015 h/a mutta käytännössä työntekijät jaetaan kolmeen vuoroon, joka on todettu jo liitteessä 10.

Investoinnin elinkaaren loppua kohden työntekotunnit pienevät suhteessa investoinnin nykyarvoon, joka tarkoittaa sitä, että tarvittava työmäärä on pienempi koska investoinnin arvo pienenee.

Tämä laskelma ei anna todellisia arvoja vaan antaa suuta siitä, että millaisella työvoimalla investointi kannattaisi. Laskelma tehtiin siis kannattavuuden tarkastelua varten.

7 TULOKSET

7.1 Nykytila

Yrityksen nykytilan arvioiminen tehtiin käsittelemään nykyistä hetkeä sekä tulevaisuuden näkymiä. SWOT-analyysi antoi selkeän kuvan mahdollisista kehityskohteista ja olemassa olevista ongelmista.

Nykytilan arvioiminen vaikuttaa suoraan myös tulevaisuudessa hankittavaan jauhemaalaamoon. Analyysillä saatiin suljettua pois mahdollisia uhkakuvia jo tätäkin osaluuetta käsiteltäessä.

7.2 Maalaamo

Tämän opinnäytetyön pohjalta on hyvä lähteä luomaan maalaamokokonaisuutta, missä otetaan huomioon maalaamon turvallisuus, ympäristöasiat, säädökset, esikäsitteilymenetelmät, maalausjärjestelmät ja muut jauhemaalaamon kokonaisuuteen liittyvät oleelliset asiat. Tässä työssä mainittujen standardien vaatimukset antavat asiakasystävällisen kokonaisuuden, jossa asiakkaan ei tarvitse huolehtia tuotteiden laadusta. Maalaamokokonaisuus luodaan myöhemmin yhdessä jauhemaalaamokokonaisuuksiin erikoistuneiden ammattilaisten kanssa.

Kokonaisuus tulee sisältämään maalaamon tarkan layoutin sekä tarkemmat yksityiskohdat maalauslaitteiston rakenteista ja työmenetelmistä.

7.3 Laskelmat

Tässä työssä tehdyt kustannus- ja investointilaskelmat antavat hyvin suuntaa siitä millaisen kustannusrakenteen ympärille yrityksen tulisi tulevaisuudessa jauhema-

laamaa miettiä. Oma tuotanto ei selkeästi riitä vastaamaan jauhemaalaaamon ylläpitokustannuksiin ja yritys tarvitsee ulkopuolista alihankintaa huomattavasti omaa tuotantoa enemmän.

Tuloksista nähdään, että noin kymmenkertainen tuotantomäärä pystyy ylläpitämään investointia ja vuosittaisia kustannuksia. Maalaamon täytyy pyöriä kolmessa vuorossa ja työntekijöitä yhtä vuoroa kohden tulee olla neljä, jotta maalaamo olisi kilpailukykyinen.

Tarkempi kustannusrakenne määräytyy laitteiston hankintahetkellä, jolloin pystytään laskemaan rahoituksen tarve investoinnille. Tässä työssä käytetyt laskelmat ovat hypoteettisia ja suuntaa antavia.

8 KEHITYSIDEAT TULEVAISUUDESSA

SWOT-analyysin pohjalta saadut tulokset antavat hyvää suuntaa siihen, mistä on hyvä kehitystyö yrityksessä aloittaa. Analyysissa saadut potentiaaliset kehityskohteet takaavat yrityksen kilpailukyvyn tulevaisuudessakin.

Hakamet Oy:n tuotteiden suunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon niiden sopivuus jauhemaalaukseen. Tuotteiden rakenne pitäisi aina suunnitella niin, että ne olisivat helpompi maalata ja mahdollisimman vähän hukkaa syntyisi materiaalien käytössä. Yrityksen yhteistyökumppaneita ja asiakkaita olisi myös hyvä informoida asiassa ja tiivistää yhteistyötä. Tuoterakenteiden helpottuessa ja yksinkertaistuessa saataisiin laadunvalvontaan helpotusta sekä maalausprosessi kokonaisuudessaan nopeutuisi. Myös kustannustehokkuus paranisi.

Maalaustuotannossa voidaan ruveta käyttämään esimerkiksi laadullisia mittareita mittaamaan työn laatua. Tämä voi sisältää esimerkiksi reklamaatioiden määrän ja korjaustöiden määrät. Mittareita voidaan käyttää myös läpimenoaikojen analysoin-

tiin ja kehittämiseen. Asiakastytyväisyysmittarit koko yrityksen toiminnan kannalta olisi suotavaa, jotta asiakkaiden tarpeisiin pystyttäisiin vastaamaan paremmin.

Joustavuuden lisääminen maalauslinjalla tehostaisi muuttuvan tilauskannan hallintaa. Kiiretoimitukset ja korjausmaalaus pystyttäisiin näin suorittamaan tiukan aikataulun mukana. Joustavuutta pystytään luomaan esimerkiksi nopeasti vaihdettavilla maalaisäiliöillä. Liiallinen automatisointi taas ei olisi joustavaa eikä näin ollen erityisen tehokasta.

Automatisoinnin lisääminen olisi tehokasta taas siinä vaiheessa, kun tuotanto olisi stabiilia ja tuotantoerät suuria.

Yrityksen nykyiset tilat tulevat olemaan jauhemaalamolle melko ahtaita, joten itse maalausprosessi ei kestä viivästyksiä eikä tuotannon katkoksia. Tilojen laajentaminen tulee kyseeseen. Näin saataisiin lisää tilaa varastoille, jotka antavat mahdollisuuksia koko prosessin hallintaan kuten logistiikan hallintaan ja tuotteiden pakkaukseen.

9 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä haastavuutta toi aiheen laajuus. Työn tekeminen piti aloittaa pintakäsittelyn perusteista, mistä saatiin tietoa siihen minkä takia metallien pintakäsittely on tärkeää. Pintakäsittelyn syyt voivat olla siis esimerkiksi kosmeettisia (ulkonäkövaatimukset) tai korroosiota ehkäiseviä.

Ennen metallien varsinaista pintakäsittelyä korostui esikäsittelyn merkitys. Selvisi se, että pintakäsittelyn lopputulokseen vaikuttaa oleellisesti kuinka tuotteet esikäsitellään ennen maalausta. Hyödyllistä tietoa saatiin esimerkiksi ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta korroosiokestävyyteen ja millainen maalausjärjestelmä ennalta ehkäisee korroosion syntymistä.

Pintakäsittelyn perusteiden jälkeen oli selkeämpää perehtyä itse jauhemaalauksen ominaisuuksiin ja hyötyihin. Saatiin selville, että jauhemaalaus pintakäsittelymene-

telmänä on varsin ympäristöystävällinen ja laadukas tapa tuottaa maalipintaa. Esimerkiksi liuotinvapaa maali on ympäristöystävällistä ja turvallista käyttää. Ristiriitaisuutta aiheutti laitteiston hankintahinta, joka joidenkin lähteiden mukaan on kallis verrattuna muihin maalausmenetelmiin, kun taas toisaalta mainittiin laitteiston olevan edullisempi muihin verrattuna. Hinta kuitenkin riippuu suuresti siitä, että minkälaiset laitteistot ja menetelmät valitaan.

Itse laitteisto sisältää paljon erilaisia vaihtoehtoja. Laitteisto ja muut tekniset ratkaisut riippuvat paljon sitä käyttävän yrityksen tuotannosta, materiaaleista, laatuvaatimuksista ja itse tuotteista. Tutkimusta tehdessä huomattiin, kuinka hyvin säästöjä voidaan saada jauhemaalauksessa liittämällä laitteistoon lämmön talteenottojärjestelmä. Järjestelmä on ekologinen ja taloudellisesti kannattava vaihtoehto. Yleisesti ottaen järjestelmää ei kuitenkaan käytetä vielä kovinkaan monessa pintakäsittelylaitoksessa. Ratkaisu on kuitenkin yleistymässä energiavaatimusten noustessa.

Myöhemmässä vaiheessa selvisi myös, että osa laitteistoon liittyvistä komponenteista pystytään valmistamaan itse, mikä taas vaikeutti itse opinnäytetyön tekemisprosessia. Ratkaisu toisi kuitenkin taloudellisia säästöjä. Arviot kustannuksista määriteltiin karkeasti, koska kustannusten muodostuminen vaatisi tarkempaa tietoa ja suunnittelua, johon tässä työssä ei perehdytty kuin pintapuolisesti.

Jauhemaalauksen turvallisuuteen liittyvissä asioissa huomattiin asioita, jotka eivät olleet itsestäänselvyyksiä. Direktiiveissä ja standardeissa painotettiin jauhemaalauksen pöly- ja räjähdysvaaran todellista riskiä sekä työnantajan velvollisuuksia kyseisissä tiloissa. Maalaamoja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon nämä seikat. Myös staattisen sähkönsäähkön aiheuttamat riskit ovat myös olennaisia liittyen muun muassa pölyräjähdykseen. Työntekijöiden antistaattiset suojarusteet, laitteiston huolellinen maadoitus, laitteiden kunnossapito ja niiden vaatimukset sekä maalausympäristön puhtaanapito ovat avaintekijöitä riskien välttämiseksi.

Antistaattinen lattiapinnoite on myös tärkeä tekijä turvallisuudessa, mutta selvisi, että kyseistä ratkaisua ei juurikaan käytetä. Turvallisuusriskien minimoimiseksi tätäkin ratkaisua tulisi kuitenkin pohtia tulevaisuudessa.

Yrityksen nykytilan arvioiminen antoi suuntaa siitä, mihin yritys on menossa ja mitkä sen mahdollisuudet ovat esimerkiksi jauhemaalaa hankittaessa. Yleisesti SWOT-analyysin perusteella selvitettiin kuitenkin, että kehitystä on tapahduttava joillakin osa-alueilla, jotta kilpailukykyä ja monipuolisuutta pystyttäisiin saavuttamaan. Analyysi voitaisiin suorittaa vieläkin kriittisemmin ja yksityiskohtaisemmin ryhmässä, jotta saataisiin erilaisia näkemyksiä.

Maalaamon kustannus- ja investointilaskelmat antoivat hyvin suuntaa antavat tiedot siitä, että minkälaisella volyyymilla ja ulkopuolisen alihankinnan määrällä investointi olisi kannattavaa. Haastavuutta laskelmiin toi kustannusten muodostaminen jo valmiina olevista ostoista. Tämä kuitenkin todisti sen, että on muitakin tapoja muodostaa kustannusrakenne kuin tehdä se alusta asti omien tuotteiden perusteella. Laskelmista voitiin kuitenkin päätellä se, että tämä ei anna aivan todellista informaatiota ja luotettavuutta tuloksiin, koska nykyisen toimittajan kustannusrakenne on varmasti erilainen. Laskelmien perusteella yrityksen tulisivat saada paljon tuotteita maalaukseen, jotta sen ylläpitäminen olisi kannattavaa. Mielenkiintoiseksi teki nykyarvomenetelmän soveltaminen tarvittavien työtuntimäärien laskemisessa ja katteellisissa tuntimäärissä. Nähtiin, että työtuntimäärät laskivat suhteessa investoinnin nykyarvoon ja näin ollen toivat lisää tuottavuutta.

Kokonaisuutta rakentaessa huomattiin aiheen todellinen laajuus ja monimutkaisuus. Työn edetessä huomattiin erilaisten asioiden liittyminen toisiinsa, joka teki työstä mielenkiintoista ja haastavaa. Kokonaisuus kuitenkin alkoi hahmottua loppua kohti ja päästiin hyvin selville siitä, että mitä tutkittiin ja millaiset vaikutukset jonkin osa-alueen muuttumisella olisi lopputulokseen.

Työn kokonaisuuden toteuttamiseen haettiin tietoa kirjallisuudesta, Internet-lähteistä sekä haastatteluin. Erilaiset lähteet antoivat vaihtoehtoisia näkemyksiä pintakäsittelyalasta yleisesti.

Yleisesti ottaen opinnäytetyön tuloksissa saavutettiin lähes kaikki tarvittava tieto aihe-alueesta ja tavoitteisiin päästiin melko hyvin. Tässä opinnäytetyössä saavutettujen tulosten perusteella saatiin luotua kattava runko maalaamon hankkimiseen liittyvissä asioissa. Jatkotutkimusta aiheesta olisi hyvä kuitenkin tehdä tulevaisuudessa,

sillä jauhemaalausala ja siihen liittyvät oheisprosessit ovat kuitenkin melko laajoja ja yksityiskohtiin tutustumalla saataisiin parempaa tietoa sen mahdollisuuksista.

LÄHTEET

Ahonen, T. 1991. Maalaustyöt. 1. Pintakäsittelyn perusteet. 2. muutt. p. Saarijärvi. Gummeruksen Kirjapaino Oy.

ATEX- räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. 2012. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston opas. Viitattu 2.10.2012.

http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ ja_opaat/ATEX_opas.pdf

Bocchi, G. 1997. Powder coating advantages. Artikkelijauhemaalauksen hyödyistä PF online sivuilla. Viitattu 7.10.2012. <http://www.pfonline.com/articles/powder-coating-advantages>.

Engman- Andtbacka, C. 2012. Ympäristölupa. Sähköpostiviesti 3.10.2012. Vastaanottaja J. Kauppinen. Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintoviraston virkailijan vastaus ympäristölupakysymykseen.

EY 16.12.1999/ 92. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. Viitattu 29.9.2012.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999L0092:20070627:FI:PDF>.

Haka, P. 2012. Toimitusjohtaja, Hakamet Oy. Haastattelu.

Haverila, M. Uusi- Rauva, E. Kouri, I. Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere. Hämeen Kirjapaino Oy.

Holger, A. 1999. Maalit ja niiden käyttö. 2. uud. p. Helsinki. Hakapaino Oy.

Jansson, J. 2012. Layout- esimerkkejä jauhemaalaukslinjaan. Sähköpostiviesti 2.10.2012. Vastaanottaja J. Kauppinen. Spraytec Oy:n asiantuntijan vastaus kyselyyn jauhemaalaukslinjan tilantarpeesta.

Jauhemaalit. 2010. Yleistä Teknos Oy:n kotisivuilla. Metall-, mineraali- ja jauhemaalit. Viitattu 4.9.2012. <http://www.metal.teknos.fi/?lang=7>, Jauhemaalit.

Jauhemaalauks. 2004–2010. Tietoa jauhemaalauksesta Tallberg Tech Oy Ab:n kotisivuilla. Viitattu 5.9.2012.

<http://www.tallberg.fi/tallbergtech/index.php?id=100&tuoteryhma=1005>.

Jauhemaalauks. 2009. Löfs Ab Oy:n kotisivut. Viitattu 27.9.2012.

http://www.lofs.fi/site/produkt/index_tuote.php?id=1, palvelut, jauhemaalauks.

Jauhemaalauks kaatopaikkakelpoisuus. 2011. Teknos Oy:n henkilökunnan selvitys jauhemaalauks kaatopaikkakelpoisuudesta. Viitattu 3.10.2012.

<http://www.mz.teknos.com/marketingzone/getitem.asp?id={23735235-45BA-4002-9A88-B9B55A2FFF6A}>.

Jauhemaalauksen korroosionestomenetelmänä. 2010. Esite Teknos Oy:n kotisivuilla. Viitattu 4.9.2012.

<http://www.mz.teknos.com/marketingzone/getitem.asp?id={8C9421F8-334D-44C2-BE1D-74EB0FA0F598}>

Jauhemaalien maalausjärjestelmät. 2010. Tietoa maalausjärjestelmistä Teknos Oy:n kotisivuilla. Viitattu 12.9.2012.

http://194.100.44.55/Maalausj.nsf/Powder_FI?OpenView,P227INFRALITEP8026-05/PE8350-00EPOKSI-/POLYESTERIJAUHEMAALIJÄRJESTELMÄT.

Jauhemaalien turvallinen käyttö. 2005. Opas Teknos Oy:n kotisivuilla. Viitattu 29.9.2012. <http://mz.teknos.com/marketingzone/getitem.asp?id={C6D0662D-AAC3-4EC4-BCFB-D2B1C326E4D6}>

Jokinen, I. n. d. Oppikirjan metallituotteiden maalaus; Tuki- ja lisämateriaali. Viitattu 5.9.2012. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/metallituotemaalaus/>, kalvosarja, jauhemaalauksen.

Kananen, J. 2008. Kvantti, Kvantitatiivinen tutkimus alusta loppuun. 1. p. Jyväskylä. Jyväskylän yliopistopaino.

Kauppinen, J. 2012. Organisaatiokaavio ja kuvia Hakamet Oy:n tuotannosta.

Keinänen, M. 2012. Lämmöntalteenottojärjestelmä. Sähköpostiviesti 8.10.2012. Vastaa J. Kauppinen. Hydrocell Oy:n asiantuntijan vastaus kyselyyn LTO:n hankkimisesta yritykseen.

Korroosio. 2009. Kuva korroosiosta Wikipedian Internet-sivuilla. Viitattu 26.10.2012. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Korroosio>.

Koskinen, P. 2012. Toimitusjohtaja, Factor Oy. Haastattelu.

Kunnossapitoyhdistys ry. 2004. Korroosio käsikirja. 2. p. Hamina. Oy Kotkan Kirjapaino Ab.

Liiketoiminnan nelikenttäanalyysi SWOT. 2000–2009. VTT:n laatima ohje PK-yritysten riskienhallintaan. Viitattu 7.10.2012. <http://www.pk-rh.fi/riskilajit/liikeriskit/liiketoiminnan-nelikenttaanalyysi-swot/>.

Lämmöntalteenotto. 2012. Tietoa Hydrocell Oy:n lämmöntalteenottojärjestelmästä. Viitattu 10.10.2012. <http://hydrocell.nixit.fi/fi/lammonsiirtimet/lammontalteenotto/>.

Metallin rasvanpoisto. 2005. Kamat-tietokortti. Työterveyslaitoksen laatima tietokortti. Tietokortti kemiallisesta altistumisesta metalli- ja autoalojen työtehtävissä. Viitattu 29.9.2012. <http://www.ttl.fi/partner/kamat/tietokortteihin/Documents/Metallinrasvanpoisto.pdf>.

Metallipintojen teollinen maalaus. 2012. Tikkurilan toimituskunnan julkaisu. Viitattu 5.9.2012. <http://www.digipaper.fi/coatings/33461/>.

SFS-EN ISO 12944-4. 1998. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden Korroosionesto suoja-
maaliyhdistelmillä. Osa 4: Pintatyypit ja esikäsitteily. Helsinki: Suomen Standardisoi-
misliitto SFS. Viitattu 29.8.2012. <http://www.jamk.fi/kirjasto>, Nelli-
portaali, SFS On-
line.

Toimenpidelupa. 2012. Jyväskylän kaupungin rakennusvalvonta. Viitattu 22.10.2012.
<http://www.jyvaskyla.fi/rakennus/luvat/toimenpidelupa>.

Toiminta. n. d. Yritysesittelyä Hakamet Oy:n kotisivuilla. n. d. Viitattu 16.8.2012.
<http://hakamet.com/index.php?page=etusivu>, toiminta.

Tunturi, P. & Tunturi P. 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. MET- julkaisuja
nro 3/1999. 3. p. Toim. Tunturi, P. & Tunturi P. Tampere. Tammer-paino Oy.

Tuomisalo, A. 2012. Antistaattinen lattiapinnoite. Sähköpostiviesti 4.10.2012. Vas-
taanottaja J. Kauppinen. RTV- yhtymä Oy Jyväskylän edustajan vastaus kyselyyn anti-
staattisen lattiapinnoitteen saatavuudesta.

LIITTEET

Liite 1. Haastattelu 1.

Haastattelu

7.6.2012

Haastattelija: Juho Kauppinen

Haastateltava: Petri Haka, Toimitusjohtaja, Hakamet Oy.

Kysymykset:

1. Mitä opinnäytetyöhön halutaan?
2. Mihin se rajataan?
3. Mikä on yrityksen motiivi?

Liite 2. Haastattelu 2.

Haastattelu

12.10.2012

Haastattelija: Juho Kauppinen

Haastateltava: Petri Koskinen, Toimitusjohtaja, Factor oy. Petri Haka, Toimitusjohtaja, Hakamet Oy.

Kysymykset:

1. Millainen jauhemaalauslinjasto hankitaan ja millaiset tekniset ratkaisut?
2. Mitkä ovat jauhemaalauksen kustannukset sen hankintahetkellä ja vuositasolla?
3. Maalauslinjan toimintaperiaate?
4. Mistä voi kysyä lisätietoja kustannuksista?
5. Laitteiston pitoaika?

Liite 3. Diskonttaustekijä

TAULUKKO 9. Diskonttaustekijä

Yhden suorituksen diskonttaustekijä

Vuosi	Korko (%)														Vuosi	
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	30		40
1	1,000	0,990	0,980	0,971	0,962	0,952	0,943	0,926	0,909	0,893	0,877	0,862	0,833	0,769	0,714	1
2	1,000	0,980	0,961	0,943	0,925	0,907	0,890	0,857	0,826	0,797	0,769	0,743	0,694	0,592	0,510	2
3	1,000	0,971	0,942	0,915	0,889	0,864	0,840	0,794	0,751	0,712	0,675	0,641	0,579	0,455	0,364	3
4	1,000	0,961	0,924	0,888	0,855	0,823	0,792	0,735	0,683	0,636	0,592	0,552	0,482	0,350	0,260	4
5	1,000	0,951	0,906	0,863	0,822	0,784	0,747	0,681	0,621	0,567	0,519	0,476	0,402	0,269	0,186	5
6	1,000	0,942	0,888	0,837	0,790	0,746	0,705	0,630	0,564	0,507	0,456	0,410	0,335	0,207	0,133	6
7	1,000	0,933	0,871	0,813	0,760	0,711	0,665	0,583	0,513	0,452	0,400	0,354	0,279	0,159	0,095	7
8	1,000	0,923	0,853	0,789	0,731	0,677	0,627	0,540	0,467	0,404	0,351	0,305	0,233	0,123	0,068	8
9	1,000	0,914	0,837	0,766	0,703	0,645	0,592	0,500	0,424	0,361	0,308	0,263	0,194	0,094	0,048	9
10	1,000	0,905	0,820	0,744	0,676	0,614	0,558	0,463	0,386	0,322	0,270	0,227	0,162	0,073	0,035	10
11	1,000	0,896	0,804	0,722	0,650	0,585	0,527	0,429	0,350	0,287	0,237	0,195	0,135	0,056	0,025	11
12	1,000	0,887	0,788	0,701	0,625	0,557	0,497	0,397	0,319	0,257	0,208	0,168	0,112	0,043	0,018	12
13	1,000	0,879	0,773	0,681	0,601	0,530	0,469	0,368	0,290	0,229	0,182	0,145	0,093	0,033	0,013	13
14	1,000	0,870	0,758	0,661	0,577	0,505	0,442	0,340	0,263	0,205	0,160	0,125	0,078	0,025	0,009	14
15	1,000	0,861	0,743	0,642	0,555	0,481	0,417	0,315	0,239	0,183	0,140	0,108	0,065	0,020	0,006	15
16	1,000	0,853	0,728	0,623	0,534	0,458	0,394	0,292	0,218	0,163	0,123	0,093	0,054	0,015	0,005	16
17	1,000	0,844	0,714	0,605	0,513	0,436	0,371	0,270	0,198	0,146	0,108	0,080	0,045	0,012	0,003	17
18	1,000	0,836	0,700	0,587	0,494	0,416	0,350	0,250	0,180	0,130	0,095	0,069	0,038	0,009	0,002	18
19	1,000	0,828	0,686	0,570	0,475	0,396	0,331	0,232	0,164	0,116	0,083	0,060	0,031	0,007	0,002	19
20	1,000	0,820	0,673	0,554	0,456	0,377	0,312	0,215	0,149	0,104	0,073	0,051	0,026	0,005	0,001	20
21	1,000	0,811	0,660	0,538	0,439	0,359	0,294	0,199	0,135	0,093	0,064	0,044	0,022	0,004	0,001	21
22	1,000	0,803	0,647	0,522	0,422	0,342	0,278	0,184	0,123	0,083	0,056	0,038	0,018	0,003	0,001	22
23	1,000	0,795	0,634	0,507	0,406	0,326	0,262	0,170	0,112	0,074	0,049	0,033	0,015	0,002	0,000	23
24	1,000	0,788	0,622	0,492	0,390	0,310	0,247	0,158	0,102	0,066	0,043	0,028	0,013	0,002	0,000	24
25	1,000	0,780	0,610	0,478	0,375	0,295	0,233	0,146	0,092	0,059	0,038	0,024	0,010	0,001	0,000	25
26	1,000	0,772	0,598	0,464	0,361	0,281	0,220	0,135	0,084	0,053	0,033	0,021	0,009	0,001	0,000	26
27	1,000	0,764	0,586	0,450	0,347	0,268	0,207	0,125	0,076	0,047	0,029	0,018	0,007	0,001	0,000	27
28	1,000	0,757	0,574	0,437	0,333	0,255	0,196	0,116	0,069	0,042	0,026	0,016	0,006	0,001	0,000	28
29	1,000	0,749	0,563	0,424	0,321	0,243	0,185	0,107	0,063	0,037	0,022	0,014	0,005	0,000	0,000	29
30	1,000	0,742	0,552	0,412	0,308	0,231	0,174	0,099	0,057	0,033	0,020	0,012	0,004	0,000	0,000	30
31	1,000	0,735	0,541	0,400	0,296	0,220	0,164	0,092	0,052	0,030	0,017	0,010	0,004	0,000	0,000	31
32	1,000	0,727	0,531	0,388	0,285	0,210	0,155	0,085	0,047	0,027	0,015	0,009	0,003	0,000	0,000	32
33	1,000	0,720	0,520	0,377	0,274	0,200	0,146	0,079	0,043	0,024	0,013	0,007	0,002	0,000	0,000	33
34	1,000	0,713	0,510	0,366	0,264	0,190	0,138	0,073	0,039	0,021	0,012	0,006	0,002	0,000	0,000	34
35	1,000	0,706	0,500	0,355	0,253	0,181	0,130	0,068	0,036	0,019	0,010	0,006	0,002	0,000	0,000	35
36	1,000	0,699	0,490	0,345	0,244	0,173	0,123	0,063	0,032	0,017	0,009	0,005	0,001	0,000	0,000	36
37	1,000	0,692	0,481	0,335	0,234	0,164	0,116	0,058	0,029	0,015	0,008	0,004	0,001	0,000	0,000	37
38	1,000	0,685	0,471	0,325	0,225	0,157	0,109	0,054	0,027	0,013	0,007	0,004	0,001	0,000	0,000	38
39	1,000	0,678	0,462	0,316	0,217	0,149	0,103	0,050	0,024	0,012	0,006	0,003	0,001	0,000	0,000	39
40	1,000	0,672	0,453	0,307	0,208	0,142	0,097	0,046	0,022	0,011	0,005	0,003	0,001	0,000	0,000	40
41	1,000	0,665	0,444	0,298	0,200	0,135	0,092	0,043	0,020	0,010	0,005	0,002	0,001	0,000	0,000	41
42	1,000	0,658	0,435	0,289	0,193	0,129	0,087	0,039	0,018	0,009	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000	42
43	1,000	0,652	0,427	0,281	0,185	0,123	0,082	0,037	0,017	0,008	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000	43
44	1,000	0,645	0,418	0,272	0,178	0,117	0,077	0,034	0,015	0,007	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	44
45	1,000	0,639	0,410	0,264	0,171	0,111	0,073	0,031	0,014	0,006	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	45
46	1,000	0,633	0,402	0,257	0,165	0,106	0,069	0,029	0,012	0,005	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	46
47	1,000	0,626	0,394	0,249	0,158	0,101	0,065	0,027	0,011	0,005	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	47
48	1,000	0,620	0,387	0,242	0,152	0,096	0,061	0,025	0,010	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	48
49	1,000	0,614	0,379	0,235	0,146	0,092	0,058	0,023	0,009	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	49
50	1,000	0,608	0,372	0,228	0,141	0,087	0,054	0,021	0,009	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	50
60	1,000	0,550	0,305	0,170	0,095	0,054	0,030	0,010	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	60
70	1,000	0,498	0,250	0,126	0,064	0,033	0,017	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	70
80	1,000	0,451	0,205	0,094	0,043	0,020	0,009	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	80
90	1,000	0,408	0,168	0,070	0,029	0,012	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	90
100	1,000	0,370	0,138	0,052	0,020	0,008	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100
150	1,000	0,225	0,051	0,012	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	150
200	1,000	0,137	0,019	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	200
300	1,000	0,051	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	300
400	1,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	400
500	1,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	500
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	30	40	

Liite 4. Jälkeenpäin suoritettujen jaksollisten maksujen nykyarvo

TAULUKKO 10. Jälkeenpäin suoritettujen jaksollisten maksujen nykyarvo

Vuosittain toistuvien suoritusten diskonttaustekijä

Vuotta	Korko (%)																Vuotta
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	30	40		
1	1,000	0,990	0,980	0,971	0,962	0,952	0,943	0,926	0,909	0,893	0,877	0,862	0,833	0,769	0,714	1	
2	2,000	1,970	1,942	1,913	1,886	1,859	1,833	1,783	1,736	1,690	1,647	1,605	1,528	1,361	1,224	2	
3	3,000	2,941	2,884	2,829	2,775	2,723	2,673	2,577	2,487	2,402	2,322	2,246	2,106	1,816	1,589	3	
4	4,000	3,902	3,808	3,717	3,630	3,546	3,465	3,312	3,170	3,037	2,914	2,798	2,589	2,166	1,849	4	
5	5,000	4,853	4,713	4,580	4,452	4,329	4,212	3,993	3,791	3,605	3,433	3,274	2,991	2,436	2,035	5	
6	6,000	5,795	5,601	5,417	5,242	5,076	4,917	4,623	4,355	4,111	3,889	3,685	3,326	2,643	2,168	6	
7	7,000	6,728	6,472	6,230	6,002	5,786	5,582	5,206	4,868	4,564	4,288	4,039	3,605	2,802	2,263	7	
8	8,000	7,652	7,325	7,020	6,733	6,463	6,210	5,747	5,335	4,968	4,639	4,344	3,837	2,925	2,331	8	
9	9,000	8,566	8,162	7,786	7,435	7,108	6,802	6,247	5,759	5,328	4,946	4,607	4,031	3,019	2,379	9	
10	10,000	9,471	8,983	8,530	8,111	7,722	7,360	6,710	6,145	5,650	5,216	4,833	4,192	3,092	2,414	10	
11	11,000	10,368	9,787	9,253	8,760	8,306	7,887	7,139	6,495	5,938	5,453	5,029	4,327	3,147	2,438	11	
12	12,000	11,255	10,575	9,954	9,385	8,863	8,384	7,536	6,814	6,194	5,660	5,197	4,439	3,190	2,456	12	
13	13,000	12,134	11,348	10,635	9,986	9,394	8,853	7,904	7,103	6,424	5,842	5,342	4,533	3,223	2,469	13	
14	14,000	13,004	12,106	11,296	10,563	9,899	9,295	8,244	7,367	6,628	6,002	5,468	4,611	3,249	2,478	14	
15	15,000	13,865	12,849	11,938	11,118	10,380	9,712	8,559	7,606	6,811	6,142	5,575	4,675	3,268	2,484	15	
16	16,000	14,718	13,578	12,561	11,652	10,838	10,106	8,851	7,824	6,974	6,265	5,668	4,730	3,283	2,489	16	
17	17,000	15,562	14,292	13,166	12,166	11,274	10,477	9,122	8,022	7,120	6,373	5,749	4,775	3,295	2,492	17	
18	18,000	16,398	14,992	13,754	12,659	11,690	10,828	9,372	8,201	7,250	6,467	5,818	4,812	3,304	2,494	18	
19	19,000	17,226	15,678	14,324	13,134	12,085	11,158	9,604	8,365	7,366	6,550	5,877	4,843	3,311	2,496	19	
20	20,000	18,046	16,351	14,877	13,590	12,462	11,470	9,818	8,514	7,469	6,623	5,929	4,870	3,316	2,497	20	
21	21,000	18,857	17,011	15,415	14,029	12,821	11,764	10,017	8,649	7,562	6,687	5,973	4,891	3,320	2,498	21	
22	22,000	19,660	17,658	15,937	14,451	13,163	12,042	10,201	8,772	7,645	6,743	6,011	4,909	3,323	2,498	22	
23	23,000	20,456	18,292	16,444	14,857	13,489	12,303	10,371	8,883	7,718	6,792	6,044	4,925	3,325	2,499	23	
24	24,000	21,243	18,914	16,936	15,247	13,799	12,550	10,529	8,985	7,784	6,835	6,073	4,937	3,327	2,499	24	
25	25,000	22,023	19,523	17,413	15,622	14,094	12,783	10,675	9,077	7,843	6,873	6,097	4,948	3,329	2,499	25	
26	26,000	22,795	20,121	17,877	15,983	14,375	13,003	10,810	9,161	7,896	6,906	6,118	4,956	3,330	2,500	26	
27	27,000	23,560	20,707	18,327	16,330	14,643	13,211	10,935	9,237	7,943	6,935	6,136	4,964	3,331	2,500	27	
28	28,000	24,316	21,281	18,764	16,663	14,898	13,406	11,051	9,307	7,984	6,961	6,152	4,970	3,331	2,500	28	
29	29,000	25,066	21,844	19,188	16,984	15,141	13,591	11,158	9,370	8,022	6,983	6,166	4,975	3,332	2,500	29	
30	30,000	25,808	22,396	19,600	17,292	15,372	13,765	11,258	9,427	8,055	7,003	6,177	4,979	3,332	2,500	30	
31	31,000	26,542	22,938	20,000	17,588	15,593	13,929	11,350	9,479	8,085	7,020	6,187	4,982	3,332	2,500	31	
32	32,000	27,270	23,468	20,389	17,874	15,803	14,084	11,435	9,526	8,112	7,035	6,196	4,985	3,333	2,500	32	
33	33,000	27,990	23,989	20,766	18,148	16,003	14,230	11,514	9,569	8,135	7,048	6,203	4,988	3,333	2,500	33	
34	34,000	28,703	24,499	21,132	18,411	16,193	14,368	11,587	9,609	8,157	7,060	6,210	4,990	3,333	2,500	34	
35	35,000	29,409	24,999	21,487	18,665	16,374	14,498	11,655	9,644	8,176	7,070	6,215	4,992	3,333	2,500	35	
36	36,000	30,108	25,489	21,832	18,908	16,547	14,621	11,717	9,677	8,192	7,079	6,220	4,993	3,333	2,500	36	
37	37,000	30,800	25,969	22,167	19,143	16,711	14,737	11,775	9,706	8,208	7,087	6,224	4,994	3,333	2,500	37	
38	38,000	31,485	26,441	22,492	19,368	16,868	14,846	11,829	9,733	8,221	7,094	6,228	4,995	3,333	2,500	38	
39	39,000	32,163	26,903	22,808	19,584	17,017	14,949	11,879	9,757	8,233	7,100	6,231	4,996	3,333	2,500	39	
40	40,000	32,835	27,355	23,115	19,793	17,159	15,046	11,925	9,779	8,244	7,105	6,233	4,997	3,333	2,500	40	
41	41,000	33,500	27,799	23,412	19,993	17,294	15,138	11,967	9,799	8,253	7,110	6,236	4,997	3,333	2,500	41	
42	42,000	34,158	28,235	23,701	20,186	17,423	15,225	12,007	9,817	8,262	7,114	6,238	4,998	3,333	2,500	42	
43	43,000	34,810	28,662	23,982	20,371	17,546	15,306	12,043	9,834	8,270	7,117	6,239	4,998	3,333	2,500	43	
44	44,000	35,455	29,080	24,254	20,549	17,663	15,383	12,077	9,849	8,276	7,120	6,241	4,998	3,333	2,500	44	
45	45,000	36,095	29,490	24,519	20,720	17,774	15,456	12,108	9,863	8,283	7,123	6,242	4,999	3,333	2,500	45	
46	46,000	36,727	29,892	24,775	20,885	17,880	15,524	12,137	9,875	8,288	7,126	6,243	4,999	3,333	2,500	46	
47	47,000	37,354	30,287	25,025	21,043	17,981	15,589	12,164	9,887	8,293	7,128	6,244	4,999	3,333	2,500	47	
48	48,000	37,974	30,673	25,267	21,195	18,077	15,650	12,189	9,897	8,297	7,130	6,245	4,999	3,333	2,500	48	
49	49,000	38,588	31,052	25,502	21,341	18,169	15,708	12,212	9,906	8,301	7,131	6,246	4,999	3,333	2,500	49	
50	50,000	39,196	31,424	25,730	21,482	18,256	15,762	12,233	9,915	8,304	7,133	6,246	4,999	3,333	2,500	50	
60	60,000	44,955	34,761	27,676	22,623	18,929	16,161	12,377	9,967	8,324	7,140	6,249	5,000	3,333	2,500	60	
70	70,000	50,169	37,499	29,123	23,395	19,343	16,385	12,443	9,987	8,330	7,142	6,250	5,000	3,333	2,500	70	
80	80,000	54,888	39,745	30,201	23,915	19,596	16,509	12,474	9,995	8,332	7,143	6,250	5,000	3,333	2,500	80	
90	90,000	59,161	41,587	31,002	24,267	19,752	16,579	12,488	9,998	8,333	7,143	6,250	5,000	3,333	2,500	90	
100	100,000	63,029	43,098	31,599	24,505	19,848	16,618	12,494	9,999	8,333	7,143	6,250	5,000	3,333	2,500	100	
150	150,000	77,520	47,436	32,938	24,930	19,987	16,664	12,500	10,000	8,333	7,143	6,250	5,000	3,333	2,500	150	
200	200,000	86,331	49,047	33,243	24,990	19,999	16,667	12,500	10,000	8,333	7,143	6,250	5,000	3,333	2,500	200	
300	300,000	94,947	49,869	33,329	25,000	20,000	16,667	12,500	10,000	8,333	7,143	6,250	5,000	3,333	2,500	300	
400	400,000	98,132	49,982	33,333	25,000	20,000	16,667	12,500	10,000	8,333	7,143	6,250	5,000	3,333	2,500	400	
500	500,000	99,309	49,997	33,333	25,000	20,000	16,667	12,500	10,000	8,333	7,143	6,250	5,000	3,333	2,500	500	
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	30	40		

Liite 5. Annuiteettitekijä

TAULUKKO 11. Annuiteettitekijä

Annuiteettitekijä

Vuotta	Korko (%)																Vuotta
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	30	40		
1	1,000	1,010	1,020	1,030	1,040	1,050	1,060	1,080	1,100	1,120	1,140	1,160	1,200	1,300	1,400	1	
2	0,500	0,508	0,515	0,523	0,530	0,538	0,545	0,561	0,576	0,592	0,607	0,623	0,655	0,735	0,817	2	
3	0,333	0,340	0,347	0,354	0,360	0,367	0,374	0,388	0,402	0,416	0,431	0,445	0,475	0,551	0,629	3	
4	0,250	0,256	0,263	0,269	0,275	0,282	0,289	0,302	0,315	0,329	0,343	0,357	0,386	0,462	0,541	4	
5	0,200	0,206	0,212	0,218	0,225	0,231	0,237	0,250	0,264	0,277	0,291	0,305	0,334	0,411	0,491	5	
6	0,167	0,173	0,179	0,185	0,191	0,197	0,203	0,216	0,230	0,243	0,257	0,271	0,301	0,378	0,461	6	
7	0,143	0,149	0,155	0,161	0,167	0,173	0,179	0,192	0,205	0,219	0,233	0,248	0,277	0,357	0,442	7	
8	0,125	0,131	0,137	0,142	0,149	0,155	0,161	0,174	0,187	0,201	0,216	0,230	0,261	0,342	0,429	8	
9	0,111	0,117	0,123	0,128	0,134	0,141	0,147	0,160	0,174	0,188	0,202	0,217	0,248	0,331	0,420	9	
10	0,100	0,106	0,111	0,117	0,123	0,130	0,136	0,149	0,163	0,177	0,192	0,207	0,239	0,323	0,414	10	
11	0,091	0,096	0,102	0,108	0,114	0,120	0,127	0,140	0,154	0,168	0,183	0,199	0,231	0,318	0,410	11	
12	0,083	0,089	0,095	0,100	0,107	0,113	0,119	0,133	0,147	0,161	0,177	0,192	0,225	0,313	0,407	12	
13	0,077	0,082	0,088	0,094	0,100	0,106	0,113	0,127	0,141	0,156	0,171	0,187	0,221	0,310	0,405	13	
14	0,071	0,077	0,083	0,089	0,095	0,101	0,108	0,121	0,136	0,151	0,167	0,183	0,217	0,308	0,404	14	
15	0,067	0,072	0,078	0,084	0,090	0,096	0,103	0,117	0,131	0,147	0,163	0,179	0,214	0,306	0,403	15	
16	0,063	0,068	0,074	0,080	0,086	0,092	0,099	0,113	0,128	0,143	0,160	0,176	0,211	0,305	0,402	16	
17	0,059	0,064	0,070	0,076	0,082	0,089	0,095	0,110	0,125	0,140	0,157	0,174	0,209	0,304	0,401	17	
18	0,056	0,061	0,067	0,073	0,079	0,086	0,092	0,107	0,122	0,138	0,155	0,172	0,208	0,303	0,401	18	
19	0,053	0,058	0,064	0,070	0,076	0,083	0,090	0,104	0,120	0,136	0,153	0,170	0,206	0,302	0,401	19	
20	0,050	0,055	0,061	0,067	0,074	0,080	0,087	0,102	0,117	0,134	0,151	0,169	0,205	0,302	0,400	20	
21	0,048	0,053	0,059	0,065	0,071	0,078	0,085	0,100	0,116	0,132	0,150	0,167	0,204	0,301	0,400	21	
22	0,045	0,051	0,057	0,063	0,069	0,076	0,083	0,098	0,114	0,131	0,148	0,166	0,204	0,301	0,400	22	
23	0,043	0,049	0,055	0,061	0,067	0,074	0,081	0,096	0,113	0,130	0,147	0,165	0,203	0,301	0,400	23	
24	0,042	0,047	0,053	0,059	0,066	0,072	0,080	0,095	0,111	0,128	0,146	0,165	0,203	0,301	0,400	24	
25	0,040	0,045	0,051	0,057	0,064	0,071	0,078	0,094	0,110	0,127	0,145	0,164	0,202	0,300	0,400	25	
26	0,038	0,044	0,050	0,056	0,063	0,070	0,077	0,093	0,109	0,127	0,145	0,163	0,202	0,300	0,400	26	
27	0,037	0,042	0,048	0,055	0,061	0,068	0,076	0,091	0,108	0,126	0,144	0,163	0,201	0,300	0,400	27	
28	0,036	0,041	0,047	0,053	0,060	0,067	0,075	0,090	0,107	0,125	0,144	0,163	0,201	0,300	0,400	28	
29	0,034	0,040	0,046	0,052	0,059	0,066	0,074	0,090	0,107	0,125	0,143	0,162	0,201	0,300	0,400	29	
30	0,033	0,039	0,045	0,051	0,058	0,065	0,073	0,089	0,106	0,124	0,143	0,162	0,201	0,300	0,400	30	
31	0,032	0,038	0,044	0,050	0,057	0,064	0,072	0,088	0,105	0,124	0,142	0,162	0,201	0,300	0,400	31	
32	0,031	0,037	0,043	0,049	0,056	0,063	0,071	0,087	0,105	0,123	0,142	0,161	0,201	0,300	0,400	32	
33	0,030	0,036	0,042	0,048	0,055	0,062	0,070	0,087	0,104	0,123	0,142	0,161	0,200	0,300	0,400	33	
34	0,029	0,035	0,041	0,047	0,054	0,062	0,070	0,086	0,104	0,123	0,142	0,161	0,200	0,300	0,400	34	
35	0,029	0,034	0,040	0,047	0,054	0,061	0,069	0,086	0,104	0,122	0,141	0,161	0,200	0,300	0,400	35	
36	0,028	0,033	0,039	0,046	0,053	0,060	0,068	0,085	0,103	0,122	0,141	0,161	0,200	0,300	0,400	36	
37	0,027	0,032	0,039	0,045	0,052	0,060	0,068	0,085	0,103	0,122	0,141	0,161	0,200	0,300	0,400	37	
38	0,026	0,032	0,038	0,044	0,052	0,059	0,067	0,085	0,103	0,122	0,141	0,161	0,200	0,300	0,400	38	
39	0,026	0,031	0,037	0,044	0,051	0,059	0,067	0,084	0,102	0,121	0,141	0,160	0,200	0,300	0,400	39	
40	0,025	0,030	0,037	0,043	0,051	0,058	0,066	0,084	0,102	0,121	0,141	0,160	0,200	0,300	0,400	40	
41	0,024	0,030	0,036	0,043	0,050	0,058	0,066	0,084	0,102	0,121	0,141	0,160	0,200	0,300	0,400	41	
42	0,024	0,029	0,035	0,042	0,050	0,057	0,066	0,083	0,102	0,121	0,141	0,160	0,200	0,300	0,400	42	
43	0,023	0,029	0,035	0,042	0,049	0,057	0,065	0,083	0,102	0,121	0,141	0,160	0,200	0,300	0,400	43	
44	0,023	0,028	0,034	0,041	0,049	0,057	0,065	0,083	0,102	0,121	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	44	
45	0,022	0,028	0,034	0,041	0,048	0,056	0,065	0,083	0,101	0,121	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	45	
46	0,022	0,027	0,033	0,040	0,048	0,056	0,064	0,082	0,101	0,121	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	46	
47	0,021	0,027	0,033	0,040	0,048	0,056	0,064	0,082	0,101	0,121	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	47	
48	0,021	0,026	0,033	0,040	0,047	0,055	0,064	0,082	0,101	0,121	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	48	
49	0,020	0,026	0,032	0,039	0,047	0,055	0,064	0,082	0,101	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	49	
50	0,020	0,026	0,032	0,039	0,047	0,055	0,063	0,082	0,101	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	50	
60	0,017	0,022	0,029	0,036	0,044	0,053	0,062	0,081	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	60	
70	0,014	0,020	0,027	0,034	0,043	0,052	0,061	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	70	
80	0,013	0,018	0,025	0,033	0,042	0,051	0,061	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	80	
90	0,011	0,017	0,024	0,032	0,041	0,051	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	90	
100	0,010	0,016	0,023	0,032	0,041	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	100	
150	0,007	0,013	0,021	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	150	
200	0,005	0,012	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	200	
300	0,003	0,011	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	300	
400	0,003	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	400	
500	0,002	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,200	0,300	0,400	500	
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	30	40		

Liite 6. Itse valmistettujen komponenttien kustannukset

TAULUKKO 12. Itse valmistettujen komponenttien kokonaiskustannukset

UUNI koko: 12000 x 2400 x 2600 mm (2 x valmis merikontti)		
Uunin materiaalit:	TARVE m2	HINTA/m2
Lämpöeristevillat	120	26,70 €
(Paroc pro slab 60 lämmönkestävyys 350 astetta paksuus yhteensä 200mm 1 kerros= 100mm)		(huom. 2 kerrosta)
		kok.hinta 3 204,00 €
	TARVE KG	HINTA/Kg
1,5 mm:n teräslevy (DC 01 AM)	1413	1,00 €
		kok.hinta 1 413,00 €
Laserleikkaus		240,00 €
FOSTATOINTI JA PESULINJA koko: 10000 x 1200 x 2000 mm		
materiaalit:	TARVE m	HINTA/m
putkikehikot 8kpl	41,6	3,50 €
(putki 40 x 20 x 2 DIN 2394)		kok.hinta 145,60 €
	TARVE Kg	HINTA/Kg
1,5 mm:n teräslevy (DC 01 AM)	518,1	1,00 €
		kok.hinta 518,10 €
hitsaustyö (arvio)		120,00 €
Laserleikkaus		120,00 €
RIPUSTUSKOUKUT (300kpl)		
	TARVE kg	HINTA/Kg
materiaali: Pyöröteräs 510 B H9 4mm	6	3,00 €
(koukun mitta oikaistuna n. 200mm)		kok.hinta 168,00 €
epäkeskoleikkaus/taivutus yhteensä		150,00 €
FOSFAATTIVEDEN JÄTESÄILIÖ 2000 x 1500 x 500 mm		
materiaalit:	TARVE Kg	HINTA/Kg
1,5 mm:n teräslevy (DC 01 AM)	76,5	1,00 €
		kok.hinta 76,50 €
	TARVE m	HINTA/m
putki 40 x 20 x 2 DIN 2394	8	3,50 €
		kok.hinta 28,00 €
hitsaustyö		75,00 €
laserleikkaus		60,00 €
Yhteensä		6 318,20 €

Liite 7. Käyttöönottokustannukset

TAULUKKO 13. Käyttöönottokustannukset

	Kustannus
Laitteisto	120 000,00 €
Säästö omista komponenteista	20 000,00 €
Laitteisto (todellinen)	100 000,00 €
Koulutus	32 000,00 €
materiaalit (maalaukseen)	3 200,00 €
Ympäristölupa	5 000,00 €
Toimenpideilmoitus	1 000,00 €
Jätevesien johdattaminen (tarkastusmaksu)	300,00 €
Sähkötyöt (materiaaleineen)	1 500,00 €
LVI- työt (materiaaleineen)	5 000,00 €
Rakennuskustannukset (materiaaleineen)	3 000,00 €
Vakuutukset alussa	2 500,00 €
Markkinointi	2 000,00 €
Lattiapinnoite	- €
Työntekijöiden varusteet	300,00 €
Yhteensä	155 800,00 €

Liite 8. Vuosittaiset kustannukset

TAULUKKO 14. Vuosittaiset kustannukset

työntekijöiden määrä	4	
työntekijän kustannus (todellinen)	34	e/ h
työpäiviä vuodessa	264	/ a
vuoroja	1	
Vuoron pituus	8	h
		kustannukset/ a
henkilöstökustannukset	287 232,00 €	
materiaalikustannukset	27 000,00 €	
laitteiston huolto	5 000,00 €	
puhtaanapito	3 800,00 €	
energia	8 400,00 €	
myynti- ja markkinointi	4 000,00 €	
työterveyshuolto	4 000,00 €	
työvaatteet	7 000,00 €	
puhelin	1 000,00 €	
rahoituskulut	1 200,00 €	
konttoritarvikkeet	500,00 €	
IT- kulut	1 000,00 €	
vakuutukset	2 000,00 €	
tarkastuskäynnit	4 500,00 €	
Yhteensä	356 632,00 €	

Liite 9. Kannattavuus omilla tuotteilla

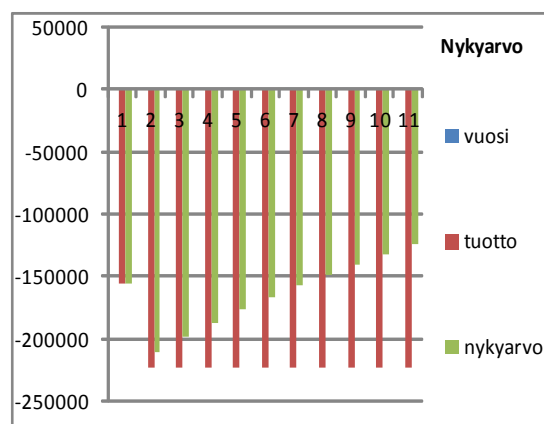
TAULUKKO 15. Kannattavuus omilla tuotteilla

vuosittaiset kustannukset (ylläpitokust.)	356632	
Vuosittaiset ostot (omat tuotteet)	103000	
Kustannusten erotus	253632	
poistot	10000	/ a
jäännösarvo	10000	
Käyttöönottokustannukset	-155800	
työntekijöiden määrä	4	
työntekijän kustannus (todellinen)	34	e/ h
työpäiviä vuodessa	264	/ a
vuoroja	1	
Vuoron pituus	8	h
h/a	2112	
		kustannukset/ a
henkilöstökustannukset	287232	
materiaalikustannukset	27000	
laitteiston huolto	5000	
puhtaanapito	3800	
energia	8400	
myynti- ja markkinointi	4000	
työterveyshuolto	4000	
työvaatteet	7000	
puhelin	1000	
rahoituskulut	1200	
konttoritarvikkeet	500	
IT- kulut	1000	
vakuutukset	2000	
tarkastuskäynnit	4500	
Yhteensä	356632	
Tuntihinta sivukuluineen	42,21	

Kate 20% 20600

Nettotuotot **- 233 032 €**Nykyarvomenetelmä
korkokanta

6 %		
vuosi	tuotto	nykyarvo
0	-155800	-155800
1	-223032	-210407,55
2	-223032	-198497,69
3	-223032	-187261,97
4	-223032	-176662,23
5	-223032	-166662,48
6	-223032	-157228,76
7	-223032	-148329,02
8	-223032	-139933,04
9	-223032	-132012,3
10	-223032	-124539,9
11	-223032	-117488,8

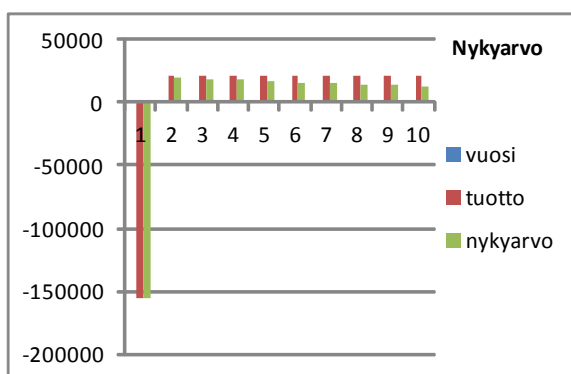


Liite 10. Alihankinnan määrä nykyarvomenetelmällä ja annuiteetti

TAULUKKO 16. Alihankinnan määrä nykyarvomenetelmällä ja annuiteetti

vuosittaiset kustannukset (ylläpitokust.)	-1015896		omat tuotteet	103000
omien tuotteiden vähennys ja alihankinta	57104		kate omista tuotteista 20%	20600
			kerroin	0,8
alihankinnan tarve ilman katetta/katteella	776000	970 000	oma tuotanto ilman katetta	82400
poistot	10000	/a		
jäännösarvo	10000		kate (alihankinta+oma) 20%	11420,8
käyttöönottokustannukset	-155800			
työntekijöiden määrä	4			
Työntekijän kustannus/h	34	e/h		
työpäiviä vuodessa	264	/a		
vuoroja	3			
Vuoron pituus	8	h		

	kustannukset/a
henkilöstökustannukset	861696
materiaalikustannukset	81000
laitteiston huolto	5000
puhtaanapito	3800
energia	25200
myynti- ja markkinointi	4000
työterveyshuolto	4000
työvaatteet	21000
puhelin	1000
rahoituskulut	1200
konttoritarvikkeet	500
IT- kulut	1000
vakuutukset	2000
tarkastuskäynnit	4500
Yhteensä	-1015896



Nykyarvomenetelmä		laskenta korkokanta
vuosi	tuotto	6 % nykyarvo
0	-155800	-155800
1	21420,8	20208,3
2	21420,8	19064,4
3	21420,8	17985,3
4	21420,8	16967,3
5	21420,8	16006,9
6	21420,8	15100,8
7	21420,8	14246,1
8	21420,8	13439,7
9	21420,8	12678,9
10	21420,8	11961,3
yhteensä		157 659 €

kustannus	-155800
jaksot	10
korko.kanta	6 %
jäännös	10000
Annuiteetti	20 409,55 €

Takaisimaksuajan menetelmä

investointi	-155800	tuotot /a	21420,8
		=	7,3 vuotta

Liite 11. Katteelliset tunti hinnat, laskettuna kannattavalla tuntimäärällä/ a

TAULUKKO 17. Katteelliset tunti hinnat

Tuntihinta (kate 20 %)	40	vuosi	tuotto- vaatimus , euroa	työntekijät						diskonttaus 6 %		
				1	2	3	4	8	12			
		0	-155800	-155800	72,86	56,43	50,95	48,21	44,11	42,74	euroa/ h	
Poisto	10000	1	-145800	-137547,2	-18252,8	1181,7	1525,8	1689,7	1785,7	1952,0	2014,5	0,943
		2	-135800	-120861,5	-16685,7	1019,1	1315,8	1457,2	1540,0	1683,4	1737,3	0,890
Käyttöönottokustannushinta	-155800	3	-125800	-105624,1	-15237,4	878,0	1133,6	1255,4	1326,7	1450,3	1496,7	0,840
		4	-115800	-91724,4	-13899,7	755,5	975,5	1080,4	1141,7	1248,1	1288,1	0,792
		5	-105800	-79059,9	-12664,5	649,4	838,5	928,7	981,4	1072,8	1107,2	0,747
		6	-95800	-67535,2	-11524,7	557,5	719,9	797,2	842,5	921,0	950,5	0,705
		7	-85800	-57061,9	-10473,3	478,0	617,2	683,5	722,3	789,6	814,9	0,665
		8	-75800	-47557,9	-9504,0	409,2	528,4	585,1	618,4	676,0	697,6	0,627
		9	-65800	-38946,9	-8610,9	349,8	451,6	500,1	528,5	577,8	596,3	0,592
		10	-55800	-31158,4	-7788,5	298,5	385,3	426,8	451,0	493,0	508,8	0,558

Katteelliset tunti hinnat laskettuna kannattavalla tuntimäärällä / a, kattamaan 10 vuoden investointi