

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennusinsinööri, AMK

2021

Sara Grundsten-Lyapova

VESIOHENTEISTEN MAALIEN KÄYTTÖ TEOLLISUUS- JA LAIVAMAALAUKSESSA

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennusinsinööri

2021 | 48 sivua, 4 liitesivua

Sara Grundsten-Lyapova

VESIOHENTEISTEN MAALIEN KÄYTTÖ TEOLLISUUS- JA LAIVAMAALAUKSESSA

Opinnäytetyössä tarkastellaan vesiohenteisia maaleja sekä syvennytään toimeksiantajan omiin vesiohenteisiin maaleihin. Tavoitteena on luoda kattava tietopaketti vesiohenteisten maalien käytöstä teollisuus- ja laivamaalauksessa. Työssä tutkitaan myös toimeksiantajan kehittämien vesiohenteisten maalien kuivumisaikoja eri olosuhteissa.

Tutkimukset suoritettiin toimeksiantajan tiloissa. Tutkimuksia varten ruiskumaalattiin levyjä 120 µm:n kuivakalvonpaksuuteen. Levyjen kuivumisaikoja tarkasteltiin niin huoneenlämmössä eri ilmanvaihtoilla kuin lämpökaapissa eri olosuhdearvoilla.

Tutkimusosuudessa huomattiin, että vesiohenteisten maalien kuivumisajat hidastuvat merkittävästi, mitä vähemmän ilmaa vaihtuu maalatun kappaleen kuivumistilassa. Lämpötilan nostaminen taas nopeutti maalien kuivumista. Liian korkea ilman suhteellinen kosteus vaikutti negatiivisesti kuivumiseen kaikilla testatuilla maaleilla. Tuloksia hyödynnettiin lisäämällä maalien kuivumisesta lisätietoa tuoteselosteisiin sekä luomalla erilliset työohjeet jokaiselle maalille.

ASIASANAT:

maalaustyöt, ruiskumaalaus, vesiohenteiset maalit

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction engineering

2021 | 48 pages, 4 pages in appendices

Sara Grundsten-Lyapova

THE USE OF WATER BASED PAINTS IN INDUSTRIAL PAINTING AND MARINE PAINTING

This thesis covers basic information about water-based paints, as well as delves into the clients' own water-based paints. The aim was to create a comprehensive package of information on the use of water-based paints in industrial and marine painting, and to study the drying times of three water based paints in different conditions, which the client has developed.

The tests were carried out at the clients premises. For the tests, the plates were spray painted to a dry film thickness of 120 μm and the drying times of the plates were observed both at room temperature with different ventilations and in the oven with different conditions.

The tests showed that the drying times for water-based paints slow down significantly, the less air flows in the drying space of the painted piece. In the other hand, raising the temperature accelerated the drying time. Too high relative humidity had a negative influence on the drying times with all products. The results were used to add more information of the drying times to technical data sheets, separate work instructions to each paint were also completed.

KEYWORDS:

painting works, spray painting, water based paints

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tavoite	8
1.2 Nor-Maali Oy	9
2 VESIOHENTEISET TEOLLISUUS- JA LAIVAMAALIT METALLIPINNOILLE	10
2.1 Maalityypit	10
2.1.1 Yksikomponenttiset alkydimaalit	11
2.1.2 Kaksikomponenttiset epoksimaalit	12
2.1.3 Kaksikomponenttiset polyuretaanimaalit	13
2.1.4 Yksikomponenttiset akryylimaalit	14
2.1.5 Kaksikomponenttinen isosyanaattivapaa akryylimaali	15
2.2 Maaliyhdistelmät ja käyttökohteet	16
2.3 Maalien ympäristövaikutukset ja terveyshaitat	17
2.4 Terveyshaitoilta suojautuminen	18
3 MAALAUSTILAT JA TYÖN SUORITUS	20
3.1 Maalaustilat	20
3.1.1 HL Groupin ratkaisu	21
3.1.2 Finnkoneen ratkaisu	22
3.1.3 Pekotekin ratkaisu	23
3.2 Tilaluokitukset, varastointi ja kuljetus	25
3.3 Työvälineet ja -ohjeet	26
4 JÄTTEIDEN KIERRÄTYS	29
4.1 Veden kierrätys uusiokäyttöön	29
4.1.1 Axolot Solutions-yrityksen jätevedenkierrätysratkaisu	29
4.1.2 Desotecin jätevedenkierrätysratkaisu	32
4.2 Hävitys vaarallisten jätteiden käsittelylaitoksessa	33
5 OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS VESIOHENTEISTEN MAALIEN KUIVUMISEEN	35
5.1 Miksi tutkittiin?	35
5.2 Tutkimukset	36
5.2.1 Akvanor 100SG	36

5.2.2 Normadur Aqua DTM	38
5.2.3 Norepox Aqua DTM	39
6 XXX	41
7 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	44

LIITTEET

- Liite 1. Yrityksen omaa tietoa.
Liite 2. Työohjeet

KUVAT

Kuva 1. Integroidun ilmankostutinjärjestelmän sijoitus järjestelmään.	24
Kuva 2. Huonoille olosuhteille altistunut kappale.	26
Kuva 3. Prosessikuvaus jäteveden käsittelystä.	30
Kuva 4. Elektrokemiallisen kennon toiminta.	31

TAULUKOT

Taulukko 1. Vesiohenteisia maalityyppejä.	11
Taulukko 2. Vesiohenteinen alkydimaali.	12
Taulukko 3. Vesiohenteinen epoksimaali.	12
Taulukko 4. Vesiohenteinen polyuretaanimaali.	13
Taulukko 5. Vesiohenteiset akryylimaalit.	14
Taulukko 6. Vesiohenteinen isosyanaattivapaa akryylimaali.	15
Taulukko 7. Akvanor 100SG (maalauskaappi).	36
Taulukko 8. Akvanor 100 SG (lämpöuuni).	37
Taulukko 9. Normadur Aqua DTM (maalauskaappi).	38
Taulukko 10. Normadur Aqua DTM (lämpöuuni).	38
Taulukko 11. Norepox Aqua DTM (maalauskaappi).	39
Taulukko 12. Norepox Aqua DTM (lämpöuuni).	40

KÄYTETYT LYHENTEET

Rh	suhteellinen kosteus, relative humidity
Ta	ilman lämpötila, temperature air
Td	kastepistelämpötila, temperature dew point
Ts	alustan lämpötila, temperature substrate
VAK	vaarallisten aineiden kuljetus
VOC	haihtuvat orgaaniset yhdisteet, volatile organic compounds

1 JOHDANTO

Maalit ovat osa jokapäiväistä elämäämme ja uusia maaleja kehitetään jatkuvasti vastaamaan nyky maailman tarpeita. Käytössä on liuotin- ja vesiohenteisia maaleja. Vesiohenteisiä maaleja käytetään yleensä rakennuksien sisäpintojen maalauksessa, mutta metallituotteiden maalauksessa ja teollisuuspuolella liuotinohenteiset maalit ovat edelleen hyvin suosittuja. Vesiohenteisten maalien suosio on kuitenkin kasvanut koko ajan.

Miksi sitten vesiohenteiset maalit ovat kiinnostava vaihtoehto? Vesiohenteiset maalit ovat ympäristöystävällisempiä kuin liuotinohenteiset. Liuotinohenteisissä maaleissa ohenteena toimii eri liuotteet ja liuotteista haihtuu VOC-päästöjä (volatile organic compounds). VOC-päästöt vaikuttavat negatiivisesti ilmanlaatuun saastuttamalla. Vesiohenteisten maalien ohenteena liuotteiden sijaan toimii vesi, joka haihtuessaan ei aiheuta vastaavia VOC-päästöongelmia. (Tikkurila Oy 2018b.)

Vähäisen liuotinmäärän vuoksi vesiohenteisista maaleista ei aiheudu yhtä suurta haittaa ihmisen terveydelle kuin liuotinohenteisistä. Liuotteilla on useita eri haitallisia terveysvaikutuksia, koska ne kulkeutuvat elimistöön ihon sekä hengitysteiden välityksellä. (Työterveyslaitos 2017.)

1.1 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda tiivis ja kattava tietopaketti vesiohenteisista maaleista ja niiden käytöstä. Opinnäytetyössä esitellään ensin maalityyppejä ja maalien aiheuttamia ympäristö- sekä terveysvaikutuksia (luku 2), jonka jälkeen käsitellään teknisiä yksityiskohtia sekä maalauksesta että varastoinnista ja kuljetuksesta (luku 3). Neljännessä luvussa käsitellään kierrätysmahdollisuuksia maalauksesta aiheutuville vesille. Aihe on ajankohtainen ja tärkeä. Ympäristöasiat ovat koko ajan esillä enenevässä määrin ja rajoitukset kiristyvät. Luvussa 5 avataan tutkimus, jossa tutkittiin kolmelle Nor-Maali Oy:n vesiohenteiselle maalille raja-arvoja sekä optimaalisia arvoja käyttämiselle, ruiskutus- ja kuivumisolosuhteille. Tutkimuksien avulla Nor-Maali Oy:n asiakkaat saavat mahdollisimman paljon tietoa käyttämistään maaleista, jolloin virheiden määrä minimoidaan maalauksen aikana ja sen jälkeen. Luvussa 6 käsitellään maalin kehitystyö asiakkaan toiveiden mukaan.

Opinnäytetyö tuo uusia näkökulmia kaikille, jotka ovat kiinnostuneita vesiohenteisista maaleista ja tavoitteena on, että tämän opinnäytetyön avulla kynnyksiä siirtyä liuotinhohteisista maaleista vesiohenteisiin maaleihin madaltuisi.

1.2 Nor-Maali Oy

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii lahtelainen yritys Nor-Maali Oy. Yrityksen perusti neljä henkilöä 1987. Nor-Maali Oy valmistaa teollisuus- ja laivamaaleja teräspinnoille. Yrityksellä on kattavat jakeluverkot ympäri Suomea, mikä mahdollistaa nopean toimituksen maaleille. (Nor-Maali Oy 2020d.) Suomen lisäksi Nor-Maali Oy:llä on kattava jakeluverkosto myös ulkomailla. Ruotsissa on seitsemän jälleenmyyjää. Tuotteita on saatavilla jälleenmyyjiltä myös Venäjällä, Tšekissä, Slovakiassa, Puolassa, Romaniassa, Liettuassa, Latviassa, Kroatiassa ja Bulgariassa (Nor-Maali Oy 2021a). Tehtaita on Suomen tehtaan lisäksi Slovakiassa ja Venäjällä. Yritys haluaa tarjota asiakkailensa erinomaisen kokemuksen asiakassuhteen alkamisesta saakka, kuuntelemalla heidän toiveitaan ja tarjoamalla teknistä sekä käytännönläheistä neuvontaa.

Nor-Maali Oy kehittää toimintaansa sekä tuotteitansa jatkuvasti vastaamaan nykyisiä toiveita ja vaatimuksia. Yritys on sitoutunut Suomen Kemianteollisuus ry:n Responsible Care – Vastuu Huomisesta -ohjelmaan (Nor-Maali Oy 2020c), joka haastaa yritykset muun muassa käyttämään luonnonvaroja kestävästi ja luomaan turvallisia ja kestäviä tuotteita (Kemianteollisuus 2020). Tuotekehitystä tehdään jatkuvasti ja yritys onkin luonut kehitystyön avulla useisiin kohteisiin sopivia vesiohenteisia teollisuusmaaleja. Yrityksellä on käytössä ISO 9001 -laatu järjestelmä, sekä ISO 14001:2015 -sertifioitu ympäristöjärjestelmä (Nor-Maali Oy 2020d; Nor-Maali Oy 2021c).

2 VESIOHENTEISET TEOLLISUUS- JA LAIVAMAALIT METALLIPINNOILLE

Vesiohenteiset maalit ovat kehittyneet viime vuosina. Enää ei ole tarpeen tinkiä maalin ominaisuuksista vain sen vuoksi, että maali on vesiohenteista. (Flink ym. 2010, 34.) Maalit muodostuvat useammasta eri komponentista, kuten sideaineista, pigmenteistä, täyteaineista, liuotteista ja apuaineista.

Sideaineet määräävät maalikalvon ominaisuuksia. Esimerkiksi kuivumistapa ja maalikalvon kestävyys vaihtelevat sideaineen perusteella. Pigmentit ja täyteaineet vaikuttavat useampaan eri ominaisuuteen, kuten väriin, peittokykyyn sekä kiiltoon. Liuotteet alentavat viskositeettiä, eli ne helpottavat maalin levitystä. (Teknos 2013, 25–26.) Vesiohenteisten maalien liuotteena toimii pääasiassa vesi. Pienissä määrin ne sisältävät myös veteen sekoittuvia liuotteita, kuten glykolieettereitä tai alkoholeja. (Munger & Vincent 1999, 93.) Liuotteet haihtuvat pois maalauksen jälkeen. Apuaineet ovat erityisen tärkeitä vesiohenteisille maaleille, niiden avulla maalit kuivuvat ja ne saadaan levitettyä helpommin kohteeseen. (Teknos 2013, 25–26.)

2.1 Maalityypit

Maalityyppejä on paljon ja lähes kaikkia voi valmistaa sekä liuotin- että vesiohenteisina. Vesiohenteisiä maalityyppejä esitelty taulukossa 1. Eri maalityypit soveltuvat eri rasisitusluokkiin. SFS-EN ISO 12944-2:2017 -standardi määrittelee ilmastorasitusluokat. Ilmastorasitusluokkia on yhteensä kuusi: C1, C2, C3 C4, C5 ja CX. Alin luokka eli C1 on ”hyvin lievä korroosiovaikutus” ja korkein luokka CX on ”äärimmäinen korroosiovaikutus”. Muut asettuvat näiden kahden välille.

Taulukko 1. Vesiohenteisia maalityyppejä (Teknos 2013, 26–27).

Maalityyppi	Ominaisuudet
Alkydimaalit	Hapen avulla kovettuva, käyttö rasisitusluokissa C1–C4
Akryylimaalit	Fysikaalisesti kuivuvia, hyvä säänkestävyys
Epoksimaalit	Kemiallisesti kovettuva, hyvä kulutuskestävyys
Polyuretaanimaalit	Kemiallisesti kovettuva, hyvä säänkestävyys

Alkydimaalit kovettuvat hapen avulla. Alkydimaaleja on mahdollista käyttää niin sisä- kuin ulkotiloissa monessa erityyppisessä ympäristössä. Akryylimaalit taas ovat fysikaalisesti kuivuvia ja niillä on hyvä säänkestävyys. Epoksi- ja polyuretaanimaalit ovat kemiallisesti kovettuvia. Nämä maalit vaativat kahden komponentin sekoittamista keskenään kovettuakseen. Epoksimaalit ovat kulutuskestäviä, mutta eivät kestä UV-säteilyä. Maalipinta liituuntuu eli muuttuu valkoiseksi nopeasti UV-säteilylle altistuessaan. Polyuretaanimaalit taas kestävät eri sääolosuhteita hyvin. (Teknos 2013, 26–27.)

2.1.1 Yksikomponenttiset alkydimaalit

Kuten taulukossa 1 on todettu, alkydimaalit kovettuvat hapen avulla. Hapettumalla kovettuvat maalit reagoivat ilman hapen kanssa ja kovettumisreaktio alkaa. Kovettumisprosessiin alkydimaaleilla vaikuttaa moni asia. Mitä alhaisempi lämpötila ja korkeampi ilmankosteus, sitä hitaammin maali kuivuu. (Kleven ym. 2011, 194.) Alkydimaalit ovat yksikomponenttisiä (Jotun Paint School 2020) ja niillä on sekä hyviä että huonoja tyyppillisiä ominaisuuksia. Hyvinä ominaisuuksina voidaan pitää esimerkiksi maalin helppoa levitettävyyttä, säänkestävyyttä, kiillon pitävyyttä sekä päälle maalattavuutta. Huonoina ominaisuuksina voidaan mainita huono kemikaalikestävyys, rajallinen upotusrasituskesto sekä haasteellisuus maalata korkeampia kalvonpaksuuksia yhdellä ruiskutuskeralla. (Frosio 2017.) Yläraja alkydimaalille yhdellä kerroksella on noin 80–100 µm, sillä kalvonpaksuuden noustessa liikaa alkaa maalipinnassa esiintyä halkeilua (Technical manager J. Jäämaa, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 2.12.2020). Alkydimaalit ovat myös hitaita kuivumaan ja saattavat kellastua vuosien kuluessa (Teknos 2020).

Nor-Maali Oy:n kehittämä alkydimaali Norrapid Aqua (taulukko 2) on suunniteltu käytettäväksi sekä pohja- ja pintamaalina että kertamaalina.

Taulukko 2. Vesiohenteinen alkydimaali.

Tuotenimi	Kiiltoryhmä	Käyttökohteet	VOC-arvo
Norrapid Aqua	Puolikiiltävä	C1–C2 (kertamaalina)	42 g/l

Norrapid Aqua soveltuu maalattavaksi kertamaalina kohteisiin, jotka menevät C1–C2-rasitusluokkiin. Maalin VOC-arvo on 42 g/l. (Nor-Maali Oy 2021f.)

Liutinohenteisten alkydimaalien VOC-arvot ovat huomattavasti korkeampia. Liutinohenteinen alkydimaali Norrapid MWT:n VOC-arvo on 410 g/l, eli käyttämällä vesiohenteista maalia vähenee VOC-päästöjen määrä merkittävästi. (Nor-Maali Oy 2021g.)

2.1.2 Kaksikomponenttiset epoksimaalit

Vesiohenteiset epoksimaalit kovettuvat kemiallisesti (taulukko 1). Kemiallisesti kovettuvat maalit vaativat kahden komponentin sekoituksen ennen maalausta. Sekoitussuhde vaihtelee maaleittain ja se tulee tarkistaa aina tuoteselosteesta. Sekoituksen jälkeen alkaa kemiallinen reaktio. Reaktionopeuteen vaikuttaa olennaisesti lämpötila; mitä lämpimämpää maali on, sitä nopeammin se kuivuu. (Kleven ym. 2011, 198.)

Taulukossa 3 on esitelty Nor-Maali Oy:n vesiohenteinen epoksimaali Norepox Aqua DTM.

Taulukko 3. Vesiohenteinen epoksimaali.

Tuotenimi	Kiiltoryhmä	Käyttökohteet	VOC-arvo
Norepox Aqua DTM	Puolikiiltävä	C2–C4 (kertamaalina)	62 g/l

Norepox Aqua DTM on vesiohenteinen epoksimaali, joka kuivuu nopeasti maalauksen jälkeen. Maali sisältää ruosteenestopigmenttejä. Sitä ei suositella käytettäväksi yli rasitusluokka C4:n. Norepox Aqua DTM:ää on mahdollista maalata niin kertamaalina ainoaksi maalipinnaksi kuin pintamaalina pohjamaalin päälle. Maali soveltuu myös polyuretaanimaalilla päälle maalattavaksi. Kovetteena toimii polyamiiniaddukti. Maalin VOC-

arvo on 62 g/l. Tätä maalia käyttäessä tulee pitää erityistä huolta maksimikäyttöajasta, sillä maali ei muutu silminnähden käyttöajan loputtua, vaikka se olisi jo käyttökelvotonta. (Nor-Maali Oy 2019b.)

Vesiohenteiset epoksimaalit ovat helppokäyttöisiä ja niillä on pienempi VOC-arvo kuin liuotinhenteisillä epoksimaaleilla. Epotex HB -tuote on 2-komponenttinen liuotinhenteinen epoksimaali, jonka VOC-arvo on 310 g/l (Nor-Maali Oy 2021d). VOC-arvo kasvaa siis merkittävästi maalatessa liuotinhenteisillä maaleilla.

Vaikka maalit ovat vesiohenteisiä, näiden maalien päälle on mahdollista maalata niin vesi- kuin liuotinhenteisiä maaleja. Soveltuvat maalit on mainittu maalien tuoteselosteissa. Maalit ovat myös ylimaalattavissa nopeasti.

2.1.3 Kaksikomponenttiset polyuretaanimaalit

Polyuretaanimaalit ovat säänkestäviä kaksikomponenttisiä maaleja (taulukko 1). Nor-Maali Oy:llä on saatavilla yhtä vesiohenteista polyuretaanimaalia. Maali kovettuu kemiallisesti, kuten epoksimaalitkin. Tämä tarkoittaa sitä, että vesiohenteiset polyuretaanimaalit toimitetaan myös kahtena eri komponenttina. Komponentit A ja B tulee sekoittaa yhteen ennen maalauksen aloittamista. Taulukossa 4 on esitelty Nor-Maali Oy:n polyuretaanimaali.

Taulukko 4. Vesiohenteinen polyuretaanimaali.

Tuotenimi	Kiiltoryhmä	Käyttökohteet	VOC-arvo
Normadur Aqua DTM	Kiiltävä	C2–C4 (kertamaalina), C3–C5 (pintamaalina eri pohjamaaliyhdistelmissä)	99 g/l

Normadur Aqua DTM on kertamaali, tällöin maalia on mahdollista levittää suoraan kapaleen pintaan ilman pohjamaalia. Maali sopii käytettäväksi rasisluokka C5:een saakka pintamaalina pohjamaalin päälle tai vaihtoehtoisesti kertamaalina rasisluokka C4:ään asti. Maaliin on lisätty ruosteenestopigmentejä. Maalin VOC-arvo on 99 g/l. (Nor-

Maali Oy 2020h.) Nor-Maali Oy:n valikoimiin kuuluu myös liuotinhenteisiä polyuretaani-maaleja. Normadur 50-tuotteen VOC-arvo on 450 g/l, joka on merkittävästi suurempi arvo, mitä vesiohenteisilla polyuretaanimaaleilla on (Nor-Maali Oy 2019c).

Normadur Aqua DTM kovettuu alifaattisen isosyanaatin avulla. Huomioitavaa vesiohenteisissa polyuretaanimaaleissa on se, että käyttöajan mennessä umpeen ei maalin koostumus muutu näkyvästi. Maalarin tulee siis pitää erityistä huolta siitä, että tuoteselosteessa mainittu käyttöaika ei ylitä. (Nor-Maali Oy 2020h.)

Käyttämällä sopivia maaliyhdistelmiä on mahdollista saavuttaa erittäin hyvä ilmastorasituskestävyys, kemiallinen kestävyys sekä säänkestävyys vesiohenteisten polyuretaanimaalien avulla. Normadur Aqua DTM kestää auringonvaloa sekä ultraviolettiä. (Nor-Maali Oy 2020h.)

2.1.4 Yksikomponenttiset akryylimaalit

Akryylisideaineeseen perustuvat maalit kuivuvat fysikaalisesti. Vesi haihtuu pois maalikalvon sisältä ja kalvo muodostuu, kun hiukkaspartikkelit liimautuvat toisiinsa veden haihtuessa. Nor-Maali Oy on kehittänyt useampia vesiohenteisiä akryylimaaleja, jotka kuivuvat fysikaalisesti. Nämä maalit ovat 1-komponenttisiä maaleja ja saatavilla on niin pohja- kuin pintamaaleja sekä kertamaaleja (taulukko 5).

Taulukko 5. Vesiohenteiset akryylimaalit.

Tuotenimi	Kiiltoryhmä	Käyttökohteet	VOC-arvo
Akvanor 81 Primer	Himmeä	C1–C3 (kertamaalina)	40 g/l
Akvanor 80 TC	Puolikiiltävä	C1–C3 (pintamaalina maa- lausyhdistelmissä)	25 g/l
Akvanor 100 SG	Puolikiiltävä	C1–C3 (kertamaalina)	40 g/l

Akvanor 81 Primer on pohjamaali, joka kuivuu nopeasti. Tämä maali on käytettävissä niin kertamaalina kuin osana maaliyhdistelmää. Pintamaali voi olla niin vesiohenteinen kuin liuotinhenteinen ja soveltuvat maalit löytyvät tuoteselosteesta. Maalin VOC-arvo on 40 g/l. (Nor-Maali Oy 2020f.) Pintamaalina Nor-Maali Oy tarjoaa Akvanor 80 Topcoat-nimistä tuotetta. Tällä maalilla maalattavat pinnat eivät saa altistua hapoille tai emäksille,

sillä se ei kestä niitä. Vettä ja alifaattisia liuotteita tuote kestävä pienissä määrin. Pohjamaaliksi tälle maalille on annettu useita vaihtoehtoja tuoteselosteessa. Pohjamaalit voivat olla joko vesiohenteisia tai liuotinohenteisia. Maalin VOC-arvo on 25 g/l. (Nor-Maali Oy 2020e.)

Maaleja Akvanor Primer 81- sekä Akvanor 80 Topcoat on mahdollista maalata kohteisiin, jotka altistuvat korkeintaan C3-luokan ilmastorasitukselle (Nor-Maali Oy 2020f; Nor-Maali Oy 2020e). Jos vaaditaan hieman suurempaan ilmastorasitusluokkaan sopivaa maalia, yksi mahdollinen valinta vesiohenteisista akryylipohjaisista maaleista olisi Akvanor 100 SG, joka soveltuu C3-rasitusluokkaan saakka. Tätä tuotetta voi käyttää niin pohja- kuin pintamaalina sekä kertamaalina. Kuitenkaan happoja ja emäksiä ei tämäkään maali kestä, joka tulee ottaa huomioon suunniteltaessa maaliyhdistelmää. Tuoteselosteessa on mainittuna mahdollisiksi pintamaaleiksi niin liuotin- kuin vesiohenteisiä maaleja. Maalin VOC-arvo on 40 g/l. (Nor-Maali Oy 2020g.) Liuotinohenteisten akryyli-maalien VOC-arvot kasvavat merkittävästi verrattuna vesiohenteisiin tuotteisiin. Normapren 40-maalin VOC-arvo on 490 g/l. (Nor-Maali Oy 2020i.)

Nor-Maalin tarjoamat akryylimaalit ovat monikäyttöisiä tuotteita useampaan erityyppiiseen kohteeseen. Maaleilla Akvanor 81 Primer sekä Akvanor 80 Topcoat on VTT:n todistus NO VTT-C-11308-1-15, jonka avulla saavutetaan ”IMO FTPC:n mukaiset vaatimukset liekinleviämisen ym. palamisesta johtuvien haittavaikutuksien osalta”. (Nor-Maali Oy 2020a; Nor-Maali Oy 2020b.)

2.1.5 Kaksikomponenttinen isosyanaattivapaa akryylimaali

Nor-Maali Oy on kehittänyt myös isosyanaattivapaan akryylimaalin, joka on hyvä vaihtoehto pintamaaliksi, jos isosyanaattivapaa tuote on tarpeen (taulukko 6).

Taulukko 6. Vesiohenteinen isosyanaattivapaa akryylimaali.

Tuotenimi	Kiiltoryhmä	Käyttökohteet	VOC-arvo
Norecyl Aqua TC	Puolikiiltävä	C2–C5 (pintamaalina eri pohjamaaliyhdistelmissä)	50 g/l

Norecryn Aqua TC on 2-komponenttinen vesiohenteinen akryylisideaineeseen perustuva pintamaali. (Nor-Maali Oy 2018b) Tämä maali ei sisällä lainkaan terveydelle haitallista isosyanaattia, jota polyuretaanimaalien kovettajat sisältävät. Norecryn Aqua TC-tuotteen maali osa perustuu akryylisideaineeseen, kun taas kovettaja perustuu epoksisideaineeseen. Akryyli tuo tuotteeseen parempaa säänkestoa ja kovettajan avulla on päästy eroon isosyanaateista. (Technical manager J. Jäämaa, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 2.12.2020.)

Norecryn Aqua TC on suunniteltu erityisesti tuotemaalaukseen, jossa tuotteiden läpimenoaika on saatava mahdollisimman nopeaksi. Nopea läpimenoaika saavutetaan maalin nopealla kuivumisella. Maalin VOC-arvo on 50 g/l. (Nor-Maali Oy 2018b.)

Nor-Maali Oy:lla on valikoimissaan myös liuotinpohjainen isosyanaattivapaa akryyliepoksimaali. Norecryn 50 on käytettävissä niin kerta- kuin pintamaalina ja tuotteen VOC-arvo on 300 g/l. (Nor-Maali Oy 2021e.)

2.2 Maaliyhdistelmät ja käyttökohteet

SFS-EN ISO 12944-5:2019 -standardi ohjeistaa oikean maaliyhdistelmän valinnassa. Maaliyhdistelmän valinta tulee tehdä kohteeseen sopivaksi, oli käytössä sitten vesiohenteiset tai liuotinohenteiset maalit. Maaliyhdistelmä voi sisältää yhtä tai useampaa eri maalityyppiä, myös hybridiyhdistelmät ovat mahdollisia. Hybridiyhdistelmissä käytetään liuotin- sekä vesiohenteisten maalien yhdistelmää. Yhdistelmää valittaessa tulee ottaa huomioon yrityksen toiveet sekä kohteen rasitusvaatimukset. Suotavaa on myös keskustella maalinvalmistajan kanssa maaliyhdistelmästä, jotta voidaan vahvistaa yhdistelmää vastaavien tuotteiden toimitus. Rasitusluokka tulee määrittellä SFS-EN ISO 12944-2:2017 mukaan ennen maaliyhdistelmän valintaa. SFS-EN ISO 12944-2:2017 suosittelee testaamaan standardikoekappaleen avulla ilmastorasitusluokan, jotta maalattavalle kohteelle löydetään sopiva maaliyhdistelmä.

Nor-Maali Oy:n nettisivuilta voi hakea eri maaliyhdistelmiä, jotka täyttävät ISO 12944-5 vaatimukset. Vesiohenteisille maaleille on saatavilla valmiita yhdistelmiä rasitusluokkiin C2–C4. Hiiliteräspinoille edellä mainittuihin luokkiin soveltuvia vesiohenteisiä kerta- maaleja on Akvanor 100SG, Norepox Aqua DTM ja Normadur Aqua DTM. Riittävä kestävyys kyseisillä maaleilla saavutetaan 120 µm:n kuivakalvonpaksuudessa.

Nettisivuilta löytyy myös hybridiyhdistelmiä, joissa on yhdistetty liuotinhenteisiä maaleja vesiohenteisiin. Hybridiyhdistelmiä on mahdollista käyttää ilmastorasitusluokissa C2–C5 ISO12944-5 maaliyhdistelmissä. C5-luokkaan on mahdollista päästä joko kahden tai kolmen maalikerroksen yhdistelmällä. Nor-Maali Oy:n hybridiyhdistelmien vesiohenteisena maalina on vesiohenteinen polyuretaanimaali Normadur Aqua DTM ja pohja- ja/tai väli-maalina on liuotinhenteinen maali. (Nor-Maali Oy 2021b)

Teollisuuspuolella Nor-Maali Oy:n vesiohenteisiä maaleja käytetään moneen eri tarkoitukseen. Pääsääntöisesti maaleilla maalataan erilaisia koneita, laitteita ja teräsrakenteita. Mahdollisia käyttökohteita ovat esimerkiksi metsäkoneet ja maatalouskoneet, sylinterit ja kaasupullot. (Director, offering and products M. Tuominen, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 21.5.2021.)

Meriteollisuudessa vesiohenteisiä maaleja voi käyttää hybridijärjestelmänä esimerkiksi kansirakenteissa sekä ulkosivuissa. Tällöin esimerkiksi pohjamaalina voisi toimia vesiohenteinen maali, jonka jälkeen pintamaaliksi maalataan liuotinhenteinen. Laivan sisäosia voi maalata pelkillä vesiohenteisillä maaleilla. Näistä esimerkkeinä ovat esimerkiksi konehuoneet, ilmastointikonehuoneet sekä erilaiset varastot ja asuintilat. (Myyntipäällikkö, laivamaalit P. Hirvensalo, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.11.2021.)

2.3 Maalien ympäristövaikutukset ja terveyshaitat

Vesiohenteiset maalit ovat ympäristöystävällisempiä kuin liuotinhenteiset, koska ohenteena toimii vesi ja vesi on turvallisempaa verrattuna liuotinaineisiin (Tikkurila Oy 2018a). Liuotinaineet muodostavat VOC-päästöjä, jotka ovat haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (Hengitysliitto 2020).

Vesiohenteiset maalit sisältävät niin pieniä määriä liuottimia, että VOC-päästöjä muodostuu huomattavasti vähemmän verrattuna liuotinhenteisiin maaleihin (Natcoat 2020). Tehokas keino pienentää VOC-päästöjen määrää on käyttämällä liuotinhenteisten maalien sijaan vesiohenteisiä. Teollisille laitoksille, joiden toimenkuvana on pintakäsittelyt, on Euroopan parlamentti ja neuvosto luonut direktiivin 2010/75/EU. Edellä mainittu direktiivi rajoittaa päästöjen määrää teollisuuspuolella.

Maalit aiheuttavat useita eri terveyshaittoja käyttäjälleen. Terveyshaittoja muodostuu niin liuotteista kuin maalien sideaineista. Vesiohenteisten maalien etu on se, että ne sisältävät liuotteita huomattavasti vähemmän verrattuna liuotinohenteisiin maaleihin ja näin ollen riskit altistua liuotteille pienenee.

Yleisimmät terveysongelmat ovat hengitystieongelmat, kuten astma. Hengitystieongelmia aiheuttavat erityisesti isosyanaatti. Polyuretaanimaalien kovettajat muodostuvat lähes kokonaan isosyanaatista niin vesi- kuin liuotinohenteisissä maaleissa. Liuotin- sekä vesiohenteiset epoksimaalit ja niiden kovettajat aiheuttavat allergista kosketushottumaa. Myös aiemmin mainitut isosyanaatit altistavat allergiselle kosketushottumalle.

Maalien sisältämät liuotteet aiheuttavat ärsytysihottumaa päästessään kosketuksiin ihon kanssa. Vesiohenteiset maalit sisältävät hyvin vähän liuotteita, joten riski altistua ärsytysihottumalle pienenee. Ärsytysihottuman lisäksi hermostovaikutusten riski kasvaa, mitä enemmän altistuu liuotteille. (Työterveyslaitos 2020.) Edellä mainittujen terveysongelmien lisäksi VOC-yhdisteet voivat aiheuttaa sisäelinsairauksia altistumisen ollessa jatkuvaa. Jo lyhyellä altistumisajalla voi aiheutua päänsärkyä, huimausta, pahoinvointia, hengitysvaikeuksia sekä ärsytystä silmiin, nenään ja kurkkuun. (Healthline 2020.)

2.4 Terveyshaitoilta suojautuminen

Jotta työnteko olisi turvallista, tulee työn aikana suojautua kemikaaleilta oikeaoppisesti. Ensisijainen toimenpide on käyttää mahdollisimman vähän altistavia tuotteita. Käyttämällä vesiohenteisiä tuotteita, liuottimille altistuminen vähenee (luku 2.3). Tehokkaalla ilmastoinnilla saadaan haitalliset aineet nopeammin pois työtilasta ja esimerkiksi kuivumistila on mahdollista rakentaa tiiviiksi tilaksi, jolloin haitalliset yhdisteet eivät pääse karkaamaan toisiin tiloihin.

Teollisuusmaalauksessa käytetään usein korkeapaineella toimivaa maalipumppua. Ruiskumaalatessa haitallisilta aineilta suojautuminen ei ole mahdollista ilman hengitysuojaimen käyttöä. Vaihtoehtoja on useita. Suodatinsuojaimia valmistetaan puolinaamareina ja kokonaamareina. Hengityslaitteita käyttäessä työntekijä saa puhdasta ilmaa letkun välityksellä säiliöstä. Tällöin suodattimen käyttö ei ole tarvittavaa. Oikea käytettävä suodatinyhdistelmä tulee valita altistavien kemikaalien mukaan. (Työterveyslaitos 2021.)

Edellä mainittujen toimenpiteiden lisäksi työntekijän tulee suojautua maaliroiskeilta ja haitallisilta kemikaaleilta käyttämällä suojavaatetusta ja -käsineitä (Työterveyslaitos 2020).

3 MAALAUSTILAT JA TYÖN SUORITUS

Vesiohenteisia maaleja käyttäessä on tärkeää optimaalisen lopputuloksen saavuttamiseksi hyvät maalaus- ja kuivumisolosuhteet sekä työhön soveltuvat työvälineet.

3.1 Maalaustilat

Vesiohenteisilla maaleilla maalatessa tulee kiinnittää erityistä huomiota maalaustilan ilmastointiin ja lämmitykseen. Nor-Maali Oy:n vesiohenteisten maalien tuoteselosteissa ilmenevät minimilämpötilat levityksen ja kuivumisen aikana. Pääsääntöisesti vesiohenteiset maalit vaativat tuoteselosteiden mukaan vähintään +10 celsiusasteen pintalämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden tulee olla alle 60–70 prosenttia. Kuivumisolosuhteet ovat tärkeässä osassa niin 1-komponenttisilla kuin 2-komponenttisilla maaleilla. Optimaalinen pintalämpötila maalauksen aikana on 15–23 celsiusastetta riippuen maalityypistä, sillä lämpötilan ollessa liian korkea, kuivuu maali liian nopeasti ja isoja pintoja maalattaessa aiheutuu ongelmia, esimerkiksi kuivasumeen muodossa. Kuivasume on maalin ruiskutuksesta aiheutuvaa sumetta, joka jää ruiskutetun pinnan päälle aiheuttaen esteettisen haitan lisäksi sen, että lika kerääntyy pintaan helposti pinnan ollessa karhea. (Technical manager J. Jäämaa, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.5.2020.)

Korkeampi lämpötila kuivumisen aikana nopeuttaa maalatun tuotteen valmistumista. Lämpötilaa on helppo nostaa, jos kappale on siirrettävissä erilliseen lämpöuuniin, tai kappale on maalattu tilassa, jossa lämpötilaa voi kontrolloida. Lämpöuuneja käytetään, jotta maalikalvossa olevat liuotteet haihtuvat nopeammin ja näin ollen maalipinta kuivuu nopeammin. (Accessa 2021.)

Pääsääntöisesti 1-komponenttisilla maaleilla korkeaa lämpötilaa suurempi tekijä kuivumisessa on hyvä ilmanvaihto. 2-komponenttisilla maaleilla voidaan käyttää korkeampia uunituslämpötiloja tuotteen kuivumisen edistämiseksi. (Director, offering and products M. Tuominen, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 9.9.2021.)

Suhteellisen ilmankosteuden noustessa liian korkeaksi vesiohenteisen maalin kuivuminen keskeytyy, kun vesi ei pääse haihtumaan maalikalvosta pois. Liian alhainen suhteellinen ilmankosteus aiheuttaa liian nopean kuivumisen, mikä lisää kuivasumeen määrää. (Technical manager J. Jäämaa, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.5.2020.)

Edellä mainittujen syiden vuoksi olisikin enemmän kuin suositeltavaa, että maalaushal- lista löytyisi säädettävä lämmitys, sekä mahdollisuus nostaa ja laskea suhteellista ilman- kosteutta. Kaikkien tilojen ei tarvitse olla jatkuvasti tarkoin säädelyjä, vaan on mahdol- lista myös investoida esimerkiksi maalausammioon sekä esikäsitteilyammioon. Val- mistajia on useampia ja suurin osa heistä tarjoaa räätälöidyt paketit yrityskohtaisiin tar- peisiin.

3.1.1 HL Groupin ratkaisu

HL Group on teknisen kaupan alan yritys, jonka toimialaa ovat autotuotteet, automaalit sekä teollisuustuotteet (HL Group 2020). HL Group tarjoaa Nova Vertan valmistamia maalausammioita. Yrityskohtaiset tarpeet otetaan huomioon ja näin ollen on mahdol- lista saada juuri vesiohenteisille maaleille sopiva maalausammio.

Kammioita on mahdollista toimittaa niin pienten kuin suurten tuotteiden maalaukseen. Jopa junia ja lentokoneita on mahdollista maalata heidän tarjoamissaan kammioissa. Lämmitysvaihtoehtoina on valittavissa kaukolämpö, öljy tai kaasu. Lämmitysmuoto vai- kuttaa olosuhteiden hallintaan. Öljylämmityksen haittana on epätarkkuus. Lämpöä ei saa alennettua nopeasti, sillä öljylämmityksessä käytettävä lämmönkehitin hohkaa lämpöä myös polttimen sulkemisen jälkeen kammioon siirtyvään ilmaan. Kaasu lämmitysmuo- tona on huomattavasti energiatehokkaampaa, sillä tällä lämmitysmuodolla ei muodostu hukkalämpöä. Lämpötilaa saadaan kontrolloitua erittäin tarkasti ja lämpötilan säätö ta- pahtuu nopeasti niin alentaessa kuin nostaessakin lämpötilaa. Investoitaessa maalaus- kammioon, kannattaa yrityksen tarkastella myös lämmitysmuotoja ja harkita öljyläm- mityksen vaihtamista kaasumuotoiseen lämmitykseen, jotta energiahukkaa saadaan vä- hennettyä.

Nova Vertan kammio sisältää maalaushuoneen sekä ilmanvaihtokoneiston, joiden yh- teyteen on mahdollista saada myös erillinen tila maalin sekoitukselle. Kammioon voi yh- distää maalaustilan jälkeen erillisen lämpöuunihuoneen. Tällöin tuotteiden siirto on help- poa ja maalaus voi jatkua keskeytyksettä. Jos erillinen lämpöuunihuone ei ole mahdolli- nen esimerkiksi tilanpuutteen vuoksi, voi yhden kammion jakaa puoliksi ja näin ollen käyttää toista puolta kuivatustilana ja toista puolta maalaustilana. Teollisuuspuolella voi maalauksessa olla myös hyvin painavia tuotteita, joten kammion katto on mahdollista modifioida sellaiseksi, että kammioon saadaan siirrettyä nosturilla tuotteita.

Ilmanvaihto on olennaista maalatessa, jotta maalaustyö onnistuu. Kammioon on mahdollista lisätä lisäpuhaltimia normaalin ilmanvaihtokoneiston lisäksi, jotka voidaan ottaa käyttöön tarvittaessa. Jokaiseen kammioon asennetaan riittävä määrä ilmastointikoneita, jotta saavutetaan tarvittava ilmavirtaus. Kammioon on mahdollista luoda myös kosteudensäätö kostuttimen avulla, mutta pääsääntöisesti olosuhteita kontrolloidaan ilmanvaihdon ja lämpötilan avulla.

HL Groupilta on mahdollista ostaa kammio kokonaan omaksi tai vaihtoehtoisesti vuokrata kammio. Vuokratun kammion voi myös sopia siirtyvän yrityksen omistukseen myöhemmin. Kammion hinta on hyvin riippuvainen sen koosta. Kammioon on mahdollista suorittaa perushuolto itse, esimerkiksi suodattimien vaihto. (Tuotepäällikkö P. Aimola, HL-Group, henkilökohtainen tiedonanto 1.9.2020.)

3.1.2 Finnkoneen ratkaisu

Finnkone Oy on suomalaisomistuksessa oleva yritys, joka toimittaa korjaamolaitteita. Yrityksen toimipaikka sijaitsee Vantaalla, mutta toimintaa on koko Suomen alueella. Finnkone Oy toimittaa yrityksille FAM Italy -merkkistä maalauskammiota. Vesiohenteisille maaleille suunnattu malli on nimeltään Igrofan. (Finnkone 2020.)

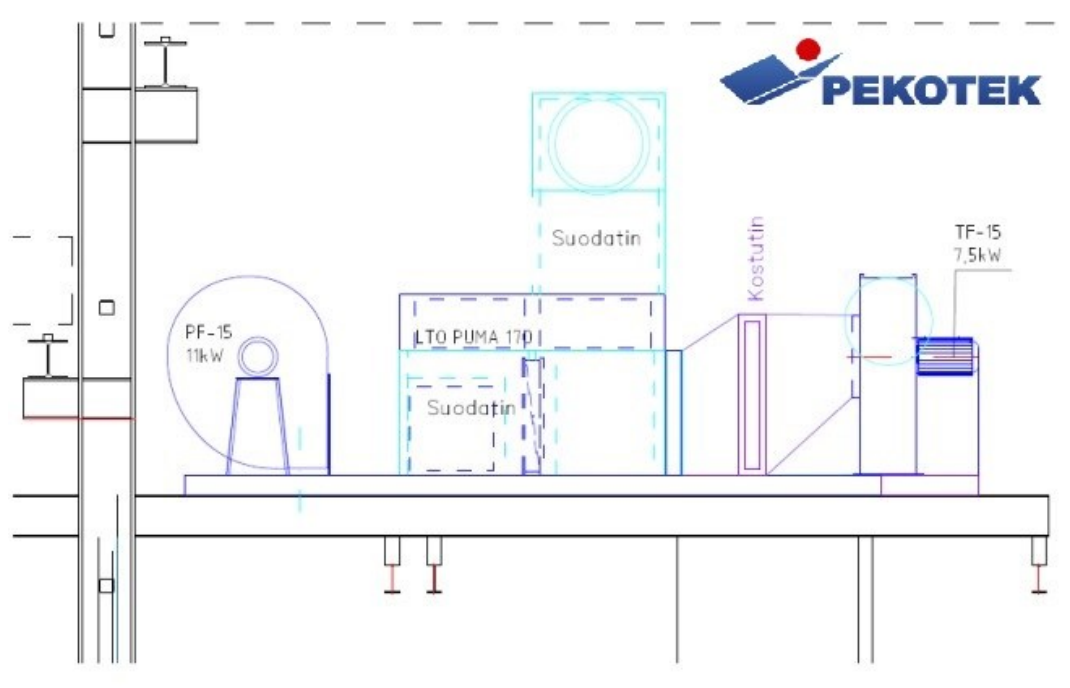
Igrofanissa on useita säätömahdollisuuksia, joilla voidaan saavuttaa optimit olosuhteet maalauksen ja kuivauksen ajaksi (Finnkone 2020). Yritys tarjoaa myös mahdollisuutta erilliselle kuivaustilalle, jotta maalaustyö voi jatkua toisten tuotteiden kuivuessa (Toimitusjohtaja S. Kekäläinen, Finnkone Oy, henkilökohtainen tiedonanto 3.9.2020). Nor-Maali Oy:n vesiohenteiset tuotteet sietävät maksimissaan 60–70 % suhteellisen ilman kosteuden, mutta optimi tulos saadaan noin 50 % suhteellisessa ilmankosteudessa. Liian kuiva ilma ei myöskään toimi, sillä maalit kuivuvat erittäin nopeasti alhaisessa suhteellisessa ilmankosteudessa. (Technical manager J. Jäämaa, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.5.2020.) Igrofan maalauskammiossa on adiabaattista haihduttamista hyväksi käytävä kosteusjärjestelmä (Finnkone 2020). Adiabaattinen haihdutus muuttaa vettä kaasuksi hyödyntämällä ilman lämpösisältöä (RakennusFakta 2020). Suomessa on yleensä ongelmana liian matala ilman suhteellinen kosteus. Kostuttimen avulla suhteellista ilmankosteutta saadaan kasvatettua maalauskammiossa, mutta suhteellista ilmankosteutta ei voida laskea. Kosteutta on mahdollista alentaa nostamalla lämpötilaa maalauskammiossa. Toinen vaihtoehto alentaa kosteutta on erillinen ilmastointilaitte.

Finnkone Oy:ltä voi ostaa kammion itselleen kokonaan tai vaihtoehtoisesti vuokrata. Vuokrasopimuksen aikana perushuolto on mahdollista suorittaa itse. Perushuoltoon kuuluu esimerkiksi suodatinhuolto. Suodattimia on useampia kammiossa ja niiden vaihtovälit poikkeavat toisistaan. Keskimääräisesti poistosuodattimia tulee vaihtaa 80–120 tunnin välein, riippuen maalattavien tuotteiden koosta. Mitä pienempiä tuotteita, sitä useammin suodattimet tulee vaihtaa, sillä maaliumua muodostuu enemmän. Tulopuolen suodattimet tulee vaihtaa noin 450 tunnin välein, kun taas kattosuodatin voi kestää jopa tuhat tuntia. Kostutuskenno kestää vain 250 tuntia, kunnes se tulee vaihtaa. Kerran vuodessa tulee valtuutetun huolto liikkeen käydä läpi muita kohteita, kuten automatiikkaa. (Toimitusjohtaja S. Kekäläinen, Finnkone Oy, henkilökohtainen tiedonanto 3.9.2020.)

3.1.3 Pekotekin ratkaisu

Pekotek on suomalainen yritys, joka valmistaa pintakäsittelylinjastoja. Kaikki linjastot valmistetaan asiakkaan toiveiden mukaan. Pekotek valmistaa linjastot itse Joensuun pajalla. (Pekotek 2020c.)

Yritys valmistaa maalausammioita moneen tarpeeseen. Yrityksen kammiot soveltuvat hyvin vesiohenteisille maaleille, sillä kammioon on mahdollista asentaa integroitava kostutin (kuva 1). Pekotek käyttää Muntersin FA6 haihduttavaa kostutinta ilmanvaihtokoneisiin. Kostuttimella on mahdollista vain lisätä kosteutta, ei poistaa sitä. Jos on tarpeen vähentää kosteutta, onnistuu se esimerkiksi lämpötilaa nostamalla. Kammioon on myös mahdollista asentaa sähköpatteri, jolloin lämpötila saadaan vielä korkeammaksi kuin pelkällä kammion omalla lämmityksellä.



Kuva 1. Integroidun ilmankostutinjärjestelmän sijoitus järjestelmään (Pekotek 2020).

Maalausammioon on mahdollista luoda myös raepuhallusvalmius. Tällöin maalausammio toimii ensin raepuhalluskammiona. Puhalluksen valmistuttua puhallusmateriaali ja pöly poistetaan kammiosta ilmvirran avustuksella ja näin ollen maalaustyö voidaan aloittaa. (Business Developer P. Rautiainen, Pekotek Oy, henkilökohtainen tiedonanto 7.9.2020). Raepuhaltamossa materiaalin vaihto on helppoa, magneettierotin sekä ilmvirtajärjestelmä erottelevat materiaalin tehokkaasti ja yksinkertaisesti. Raepuhallusta varten on vain yksi puhallin, joka hoitaa kaiken siivoamisesta ilmanvaihtoon. (Pekotek 2020b.) Kun maalausasento käännetään päälle puhallusasennon jälkeen, alkavat eri ilmastointikanavat ja suodattimet toimimaan, eli järjestelmät ovat erotettu toisistaan.

Pekotekiltä on myös mahdollista saada järjestelmä olosuhteiden tallennukselle. Pekotek Digital Twin -ohjelma tallentaa maalausammion olosuhteet jatkuvasti. Samainen järjestelmä ilmoittaa myös tulevista tarvittavista huolloista, esimerkiksi suodattimien vaihdosta. Ohjelmaan kuuluu myös 3D-mallinnus linjastosta. (Pekotek 2020a.) Poistosuodattimien vaihtoväli vaihtelee kapasiteetin mukaan. (Business Developer P. Rautiainen, Pekotek Oy, henkilökohtainen tiedonanto 7.9.2020).

3.2 Tilaluokitukset, varastointi ja kuljetus

Vesiohenteiset maalit sisältävät vettä. Tästä syystä kuljetuksen aikana lämpötila ei saa laskea pakkasen puolelle, kuten varastointitilankaan lämpötila ei saa laskea miinusasteille.

Nor-Maali Oy:n ohjeet vesiohenteisten maalien varastoinnille löytyvät jokaisen maalin tuoteselosteesta. Vesiohenteisten maalien tuoteselosteissa lukee, että ”säilytystilan tulee olla kuiva, tuuletettu ja lämpötilaltaan 5–30°C.” (Nor-Maali Oy 2020). Lämpötilamuutokset eivät aiheuta maalin laadun heikkenemistä, kunhan pysytään vaadituissa asteissa (Technical manager J. Jäämaa, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.5.2020).

CLP-asetus määrittelee kemikaalien luokituksia. CLP-asetus on ”Euroopan parlamentin ja neuvoston kemikaalien luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskeva asetus” (Tukes 2020a). Nor-Maali Oy:n kaikilla maaleilla on käyttöturvätiedotteet saatavilla ja niistä tulee ilmi vaaramerkit. Vesiohenteisilla maaleilla ei ole GHS02 (syttyvä) tai GHS03 (hapettava) vaaramerkkejä (Tukes 2020b), joten liuotinohenteisiin maaleihin verratessa vesiohenteisten maalien käyttö on myös käyttäjäturvallisempaa, kun riski räjähdykseen on huomattavasti pienempi. Astioita varastoitaessa on tärkeää, että ne ovat tiiviisti kiinni. Maalatesa vesiohenteisilla tuotteilla harvoin muodostuu niin suuria pitoisuuksia liuottimia, että tila luokiteltaisiin räjähdysvaaralliseksi tilaksi. Pumppua tulee pestä liuotteilla ja pumppun pesun aikana ilman tulee vaihtua riittävästi, jotta liuotinpitoisuudet eivät kasva liian suuriksi. (HSEQ päällikkö E. Syrjä, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2020.)

Maalauksen jälkeen kappaleen tulee kuivua hyvissä olosuhteissa ennen pakkausta ja siirtoa ulkotiloihin. Akryylituotteet ovat herkimpiä ja ne vaativatkin mielellään useamman päivän kuivumisajan ennen siirtoa. Alkydimaaleilla sekä kemiallisesti kovettuvilla 2-komponenttisilla maaleilla kuivumisajaksi riittää yksi päivä. (Technical manager J. Jäämaa, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.5.2020.) Jos kappale siirretään kylmään ja kosteaan ilmastoon liian aikaisin, maalipinta vahingoittuu ja maalattu kappale ruostuu (kuva 2).



Kuva 2. Huonoille olosuhteille altistunut kappale.

Suomessa lämpötilat talvikaudella voivat laskea huomattavasti pakkasen puolelle. Maalia kuljettaessa yrityksen tiloihin tulee huolehtia siitä, että lämpötilat pysyvät plussan puolella. Jos maalia tarvitaan useampia astioita, on suositeltavaa käyttää sellaista kuljetusyritystä, joka tarjoaa kuljetusta lämpösäädellyille tuotteille. Esimerkiksi Kaukokiito tarjoaa vesiohenteisille maaleille soveltuvia kuljetuksia ympäri vuoden. Kaukokiidolla on käytössä kalustoa, jossa kuormatila on lämmitetty ja näin ollen vaaraa jäätymiselle ei muodostu. (Kaukokiito 2020.)

3.3 Työvälineet ja -ohjeet

Vesiohenteisiä maaleja voidaan maalata samoilla laitteilla kuin liuotinohenteisiä. Pumpuja on erilaisia ja eri materiaaleista valmistettuja. Vesiohenteisille maaleille paras valinta on sellainen korkeapainepumppu, jonka sisäosat on valmistettu ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä. Tällöin maksimoidaan pumpun käyttöikä, sillä vesi ei

pääse tekemään vahinkoa pumpun sisäosille, toisin kuin se tekisi hiiliteräksestä tehdyille osille. On myös hyvä huomioida, että paineilmaletkujen liittimet on suositeltavaa olla valmistettu ruostumattomasta teräksestä.

Korkeapainepumppuvalmistaja Wiwa tarjoaa esimerkiksi Wiwa Phoenix GX -sarjan, joka soveltuu niin liuotin- kuin vesiohenteisten maalien maalaamiseen. (K. Lamminen, Sersale Oy, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2021). Wiwa Phoenix GX on muunneltava sarja, jonka avulla on mahdollista ruiskuttaa niin ilmatonta korkeapaineruiskutusta, siivuilma-avusteista ruiskutusta sekä sähköstatiikkaan perustuvaa ruiskutusta (Sersale 2021). Tuotemaalaimoihin tarvitaan riittävän tehokas korkeapainepumppu ja suositeltavaa olisi, että pumpun suhdeluku olisi vähintään 40:1. Tällöin pumpun teho on riittävän korkea ja ruiskutus onnistuu lähes millä tahansa vesiohenteisella maalilla. Hyvä vaihtoehto Phoenix GX sarjasta on GX6553. Tämän pumpun suhdeluku on 53:1. Korkeapainepumput ja letkut ovat hyvin pitkäikäisiä hyvällä hoidolla. (K. Lamminen, Sersale Oy, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2021.)

Ennen maalauksen aloitusta tulee maalipumpun, sekä letkujen läpi kierrättää ensin OH17-ohennetta, joka on ksyleenipohjainen (Nor-Maali Oy 2019a). Seuraavana vuorossa on OH04-ohenne, joka sisältää isopropanolia (Nor-Maali Oy 2017) tai vaihtoehtoisesti OH13, joka sisältää etanolia (Nor-Maali Oy 2018a). Viimeisessä vaiheessa kierrätetään pumpun sekä sen letkujen läpi puhdasta vettä. Maalauksen loputtua putsaus aloitetaan käänteisessä järjestyksessä, näin toimittaessa pumppu sekä letkut pysyvät puhtaina. (Nor-Maali Oy 2020g) Työpäivän aikana olevien lakisäätteisten taukojen aikana ei ole tarpeen toistaa pesua joka kerta, jos maalaus jatkuu samalla tuotteella. Maalikohtainen käyttöaika tulee kuitenkin ottaa huomioon 2-komponenttisilla tuotteilla. (Technical manager J. Jäämaa, Nor-Maali Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.5.2020.)

Ennen maalin levitystä tuotteelle, tulee pinnan olla puhdas ja kuiva. Kaikki kiinteät epäpuhtaudet tulee poistaa soveltuvalla esikäsitelymenetelmällä. Tuotteissa saattaa olla suolajäämiä tai muita vesiliukoisia jäämiä, jotka voidaan poistaa vesi-, suurpaine-, höyry- tai alkalipesulla. Rasvat ja öljyt eivät liukene veteen, joten ne tulee poistaa alkali-, emulsio- tai liuotepesulla. (SFS-EN ISO 8504-3:2018; SFS-EN ISO 12944-4). Esikäsitelyn jälkeen teräs- ja valurautapinnat tulee suihkupuhdistaa asteeseen Sa2½ (SFS-EN ISO 8501-1, SFS-EN ISO 12944-4). Jos tuote on esikäsitelty konepajapohjamaalilla, tulee vauriot puhdistaa asteeseen Sa2½, ehjiin konepajapohjapintoihin riittää edellä mainittu esikäsitelypesu (SFS-EN ISO 8501-2; SFS-EN ISO 12944-4). Sa2½ on esikäsitelyaste,

jonka SFS-EN ISO 12944-4:2017 määrittelee seuraavasti: "Valssihilse, ruoste, maalipinnoitteet ja vieras aines on poistettu. Jäljellä olevien epäpuhtausjäämien tulee näkyä ai-noastaan lievänä täplien tai raitojen muotoisena värjäntymisenä." Alumiinipintoihin riit-tää karhennus hiomapaperilla tai suihkupuhaltaamalla, sinkatut pinnat tulee karhentaa suihkupuhaltaamalla. (Nor-Maali Oy 2020g)

4 JÄTTEIDEN KIERRÄTYS

Maalauksen sivutuotteena muodostuu maali-, liuotin- ja/tai vesijätettä. Nämä jätteet tulee hävittää tai kierrättää asianmukaisesti. Vesiohenteisilla maaleilla maalatessa muodostuu jätevesiä muun muassa maalipumppujen puhdistuksen myötä ja näitä jätevesiä on mahdollista myös kierrättää uusiokäyttöön sopivilla laitteistoilla.

4.1 Veden kierrätys uusiokäyttöön

Vesi on elintärkeää maapallolle. Sen vuoksi on tärkeää pitää huolta vesistämme, eikä laskea saastunutta vettä maaperään tai viemäriin. (Axolot Solutions 2018b.)

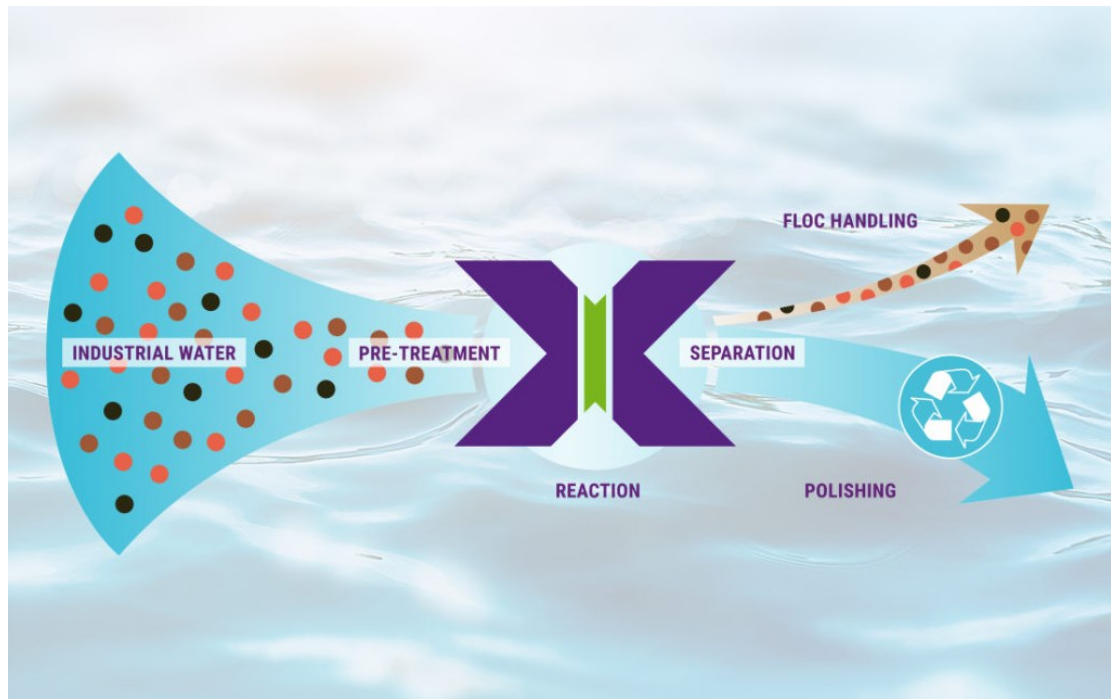
Axolot Solutions sekä Desotec tarjoavat eri tekniikoilla jäteveden puhdistusta. Kummankaan ratkaisut eivät suodata liuottimia, mutta ne suodattavat esimerkiksi liuenneet metalliyhdisteet (Myyntipäällikkö S. Rönkä, Axolot Solutions Oy, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020; Myyntipäällikkö H. Muurimäki, Desotec, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020.) Vesiohenteisissa maaleissa on usein esimerkiksi sinkkiä korroosioneston parantamiseksi (Kleven ym. 2011, 192).

Axolot Solutionin ratkaisu sopii hieman suuremmille vesimäärille (Myyntipäällikkö S. Rönkä, Axolot Solutions Oy, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020), kun taas Desotecin ratkaisu sopii sekä pienille että suurille vesimäärille. (Myyntipäällikkö H. Muurimäki, Desotec, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020). Kummankin ratkaisun pääperiaatteenä on erotella liuenneet epäpuhtaudet pois. Tavoitteena on pystyä laskemaan puhdistetut vedet viemäriin tai uudelleen käyttää prosessissa käsittelyn jälkeen. Veden koostumus tulee tutkia puhdistuksen jälkeen, jotta voidaan varmistua veden laadusta.

4.1.1 Axolot Solutions-yrityksen jätevedenkierrätysratkaisu

Axolot Solutions on vuonna 2014 perustettu firma, jonka pääkonttori on Ruotsissa. Heidän ratkaisunsa on erottaa kontaminaatiot vedestä sähkön avulla. Tällä tekniikalla jätevesistä saadaan eroteltua muun muassa metalleja, sulfaatteja ja fenoleja. (Myyntipäällikkö S. Rönkä, Axolot Solutions Oy, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020).

Kuva 3 havainnollistaa kaikki prosessin vaiheet. Ensimmäisessä vaiheessa jätevesi esikäsitellään sopivaksi kontaminaatioiden erottelua varten. Usein tämä on lähinnä pH:n säätöä. Esikäsitelyn jälkeen puhdistettava vesi ohjataan elektrokemialliseen kennoon. Sähkön avulla kontaminaatiot erottuvat flokiksi, joka nousee ylöspäin ja näin ollen eroteltunista saadaan ulos puhdasta vettä alakautta. (Myyntipäällikkö S. Rönkä, Axolot Solutions Oy, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020.)



Kuva 3. Prosessikuvaus jäteveden käsittelystä (Axolot Solutions 2018).

Elektrokemiallisen kennon toiminta

Kuva 4 kuvailee elektrokemiallisen kennon toimintaa. Kenno muodostuu kahdesta elektrodista, joista toinen on vaihdettava säännöllisin väliajoin riippuen käsiteltävän veden määrästä. Elektrodien välille muodostuu sähkökenttä, joka horjuttaa emulsioita sekä tuhoaa kaikki virukset ja bakteerit vedessä. (Axolot Solutions 2018a.) Kuluvan elektrodin tehtävänä on luovuttaa joko rauta- tai alumiini-ioneja, riippuen kennon materiaalista (Myyntipäällikkö S. Rönkä, Axolot Solutions Oy, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020). Metallionit tarttuvat veden ja hapen muodostamiin anioneihin, eli OH^- -anioneihin. Tämä yhdistelmä siivilöi vettä, jolloin siihen kiinnittyy suurin osa kontaminaatiosta. Pysyvä

elektrodi muodostaa vetykaasua ja vetykaasu nostattaa kontaminaatioit ylöspäin. Polymeeriä lisäämällä kontaminaatioista muodostunut flokki menee vieläkin tiivistetympään muotoon ja vetykaasun avulla nousee pinnalle. (Axolot Solutions 2018a.)



Kuva 4. Elektrokemiallisen kennon toiminta (Axolot Solutions 2018).

Tekniikan edut

Tämä tekniikka sopii suuremmille vesimäärille. Laitteisto ei vie tilaa paljon ja vesi puhdistuu nopeasti ja tehokkaasti. Suurin osa käyttökustannuksista muodostuu sähköstä, noin 50–70 %. Happamuudensäätö, polymeeri sekä pesuaineet vievät jokainen noin 5 % käyttökustannuksista. Pesu on tarpeellista, sillä elektrodien ollessa likaisia, ei sähkö enää kulje yhtä hyvin. Laitteeseen on mahdollista saada joko automaattinen tai manuaalinen pesusykli. Toinen suurempi kustannus on uhrattuvan elektrodin vaihto, noin 25–45 %. Lopulliset kustannukset määritellään vasta koeajon jälkeen, sillä veden koostumuksella ja kontaminaation määrällä on merkitystä hintaan. Koska flokki on mahdollista kuivattaa, menee se suhteelliseen pieneen tilaan. Flokki täytyy hävittää vaarallisena jätteenä, sillä flokki koostuu nimenomaan siitä kontaminaatiosta, jota vedestä irtoaa. Puhdistettua vettä on mahdollista käyttää uudelleen, mutta käytettäessä rautakennoa täytyy rauta ensin poistaa vedestä ruostumisen vuoksi. Axolot Solutions tarjoaa myös tähän

oman laitteen. Laitteisto on mahdollista vuokrata tai ostaa omaksi. (Myyntipäällikkö S. Rönkä, Axolot Solutions, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020.)

4.1.2 Desotecin jätevedenkierrätysratkaisu

Desotec on perustettu vuonna 1990. Yritys toimii useammassa eri maassa. Desotec tarjoaa jätevedenpuhdistuksen lisäksi myös muita palveluja, esimerkiksi VOC-päästöjen suodattamiseen tarkoitettua laitteistoa. Ympäristöystävällisyys kiinnosti Desotecia ja vuonna 2003 yritys alkoi rakentamaan laitosta kierrättääkseen käytetyt aktiivihiilet, jotta ne voidaan käyttää uudelleen. (Desotec 2020e.)

Mitä on aktiivihiili?

Aktiivihiili on vaaratonta hiiltä sisältävää materiaalia, jolla on huokoinen koostumus. Sillä on suuri sisäinen pinta-ala, jopa 1500 m²/g. (Desotec 2020a.) Aktiivihiili adsorboi hyvin kontaminaatioita suuren sisäisen pinta-alansa vuoksi. Adsorboinnin pääperiaatteena on se, että molekyylit kiinnittyvät kappaleen pinnalle, tässä tapauksessa siis aktiivihiilen pinnalle. Aktiivihiiltä voi valmistaa mistä tahansa materiaalista, joka sisältää suuren määrän hiiltä. Tällaisia ovat esimerkiksi puu, kookoksen kuoret sekä kivihiili. (Chemviron 2020.) Yksi mahdollinen materiaali aktiivihiilen valmistukseen on myös turve (Desotec 2020f).

Aktiivihiiltä on mahdollista valmistaa useampaan eri muotoon. On muotoon puristettua, raemaista sekä jauhemaista. Desotecillä on käytössään useampaa eri materiaalia ja muotoa, joten jokaiseen tarkoitukseen löydetään sopivin vaihtoehto. (Desotec 2020a.) Muotoon puristettua aktiivihiiltä on mahdollista saada pellettinä tai sylinterinä, mutta sitä käytetään yleisemmin kaasulaitteistoissa (Desotec 2020b). Raemaista taas käytetään molemmissa, niin kaasu- kuin nestelaitteistoissa. Nestettä käsitellessä raekoko on 0,2–2 mm (Desotec 2020c.) Myös jauhemainen aktiivihiili käy nestelaitteistoihin (Desotec 2020d). Aktiivihiilen materiaali ja muoto päätetään aina tapauskohtaisesti, sillä siihen vaikuttaa niin veden sisältö kuin vuosittainen suodatusaika (Myyntipäällikkö H. Muuri-mäki, Desotec, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020).

Desotecin tarjoama ratkaisu

Desotecillä on tarjota liikkuvia filttäöintilaitteistoja. Heidän laitteistonsa perustuvat aktiivihiihen ja sen puhdistustehoon. (Desotec 2020g.) Desotecillä on oma laboratorio, jossa he voivat testata jätevesiä tarvittaessa, jolloin päästään optimaaliseen ratkaisuun aktiivihiihen materiaalin suhteen. Laitteisto on helppokäyttöinen ja se on mahdollista joko vuokrata tai ostaa itselleen. Desoteciltä vuokratessa suodattimet ovat heidän omaisuuttaan, ja hintaan kuuluu myös niiden vaihto. Jos asiakas ostaa suodattimen itselleen, tulee hänen itse huolehtia aktiivihiihen vaihdosta säännöllisesti. Desotecin on mahdollista vaihtaa laitteisto myös nopealla aikataululla, mutta pitoisuuksia suositellaan seurattavan ja näin ollen tiedetään jo ajoissa, koska laitteisto pitäisi vaihtaa. Desotec hakee koko laitteen ja tuo tilalle uuden samanlaisen. He hoitavat kaiken alusta loppuun aktiivihiihilaitteen toimitamisesta aktiivihiihen hävittämiseen. Hintaa on todella vaikea määrittellä, sillä niin moni asia vaikuttaa siihen. Kiintoaineita ei saisi olla paljoakaan kierrätettävän veden mukana, eikä aktiivihiihi suodata liuottimia. Veden tulee olla kosketuksissa aktiivihiihen jonkin aikaa, jotta epäpuhtaudet saadaan pois. Tarvittava vaikutusaika vaihtelee ainekohtaisesti. Heidän laitteistoansa vedensuodatukselle ei tarvitse käyttää jatkuvana, vaan on mahdollista suorittaa puhdistusta esimerkiksi kerran päivässä tai vaikka kerran viikossa. (Myyntipäällikkö H. Muurimäki, Desotec, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2020.)

4.2 Hävitys vaarallisten jätteiden käsittelylaitoksessa

Jätevedet sekä -maalit on mahdollista hävittää vaarallisten jätteiden käsittelylaitoksessa. Yksi mahdollinen vaihtoehto on käyttää Stena Recycling Oy:n palveluita. Stena Recycling on yritys, joka toimiala on jätteiden kierrätys (Stena Recycling 2020). Stenan kautta on mahdollista hävittää myös luvussa 4.1.1 käsitelty Axolot Solutionsin vedenpuhdistusjärjestelmästä muodostuva flokki. Jos litramäärät ovat alhaisia, voi taloudellisesti paras vaihtoehto olla veden kierrätyksen sijaan toimittaa jätevedet vaarallisten jätteiden käsittelykeskukseen.

Vesiohenteisten maalien käytöstä muodostuvien jätteiden hävitys tapahtuu polttamalla, kuten myös liuotinhenteisten. Erona on kuitenkin se, että vesiohenteinen maali palaa matalammassa lämpötilassa, kun taas liuotinhenteiset vaativat korkealämpöpolttouunin käyttöä, jotta ne palavat hyvin. Vesiohenteisista maaleista muodostuvaa jätettä on halvempaa hävittää kuin liuotinhenteisistä maaleista aiheutuvaa jätettä, koska niitä ei

luokitella vaarallisiksi jätteiksi. Kun tätä luokitusta ei ole, kuljetuksen ei tarvitse olla VAK-kuljetusta (vaarallisten aineiden kuljetus).

Jätteet viedään hävitettäväksi useimmiten konteissa. Stena Recycling vuokraa kontteja asiakkailleen, mutta myös omia kontteja on mahdollista käyttää. Käytössä on niin IBC-kertakäyttökontteja kuin uudelleenkäytettäviäkin kontteja. Lopullinen hinta muodostuu hävitettävän jätteen kuljetuksesta, polttamisesta sekä konttivuokrasta. Käytettäessä kertakäyttöisiä kontteja, peritään niiden hävityksestä myös maksu. Nouto on helppo sopia joko säännölliseksi tai aina soittaessa haettavaksi. Halutessaan yritys voi itse toimittaa Stenan toimipisteeseen hävitettävän kontin. (Liiketoimintapäällikkö S. Tarkka-Partanen, Stena Oy, henkilökohtainen tiedonanto 17.6.2020.)

5 OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS VESIOHENTEISTEN MAALIEN KUIVUMISEEN

Opinnäytetyön empiirinen osa muodostui vesiohenteisten maalien maalauksen sekä kuivumisaikaisten olosuhderaja-arvojen määrittämisestä, kuivumisaikojen määrittämisestä sekä optimaalisten olosuhdearvojen määrittämisestä maalauksen sekä kuivumisen aikana kolmelle eri Nor-Maali Oy:n maalille.

5.1 Miksi tutkittiin?

Olosuhderaja-arvoja ja kuivumisaikoja päätettiin tutkia, jotta yrityksessä voitaisiin tarjota asiakkailleen mahdollisimman paljon tietoa maalien käyttöön liittyen. Tutkimus aloitettiin valitsemalla kolme eri maalia, jotka kaikki ovat eri maalityyppejä. Valitut tuotteet olivat Akvanor 100SG (akryylimaali), Norepox Aqua DTM (epoksimaali) ja Normadur Aqua DTM (polyuretaanimaali).

Olosuhderaja-arvojen määrittäminen on tärkeää, sillä maalaustyö voi epäonnistua olosuhteiden ollessa sopimattomat. Myös maalin tekniset ominaisuudet voivat heikentyä, jos maalauksen tai kuivumisen aikana olosuhteet ovat sopimattomat. Testien tavoitteena oli löytää ohjeelliset sekä optimaaliset olosuhderaja-arvot, joiden puitteissa maaleja olisi turvallista käyttää ja kuivuminen olisi tehokasta. Olosuhdearvoihin sisältyy ilman suhteellinen kosteus, lämpötila sekä ilmastointi.

Teollisuudessa maalattavien tuotteiden läpimenoaika minimoidaan, jotta tuotteet saadaan tilaajalle mahdollisimman nopeasti. Maalauksen jälkeen tuotteet täytyy pakata kuljetusta varten, jotta ne eivät vaurioitu. Jos maali ei ole kuivunut riittävästi, voi pakkausmateriaali vaurioittaa valmista maalipintaa. Myös kuljetuksen tai varastoinnin aikaiset olosuhteet voivat vaihdella paljon ja maalin ollessa vielä kuivumisvaiheessa, ei sen suojausmekanismi ole vielä täydellinen. Näin ollen maalattu tuote voi ruostua tai maalin värisävy muuttua.

5.2 Tutkimukset

Tutkimustestejä suoritettiin Nor-Maali Oy:n tehtaalla. Tutkimuksissa ja niiden suunnittelussa oli mukana Nor-Maali Oy:n henkilöstöä, opinnäytetyön tekijä mukaan lukien.

Tehtaalla oli käytettävissä ruiskumaalaukseen soveltuva ilmastoitu maalauskaappi Monika 2000 sekä kaksi kappaleen lämmitykseen soveltuvaa lämpöuunia. Käytetyt lämpöuunit olivat Pol-Eko Aparatura ja Aralab Testa.

Lämpöuuneissa ilman suhteellinen kosteus sekä lämpötila oli mahdollista säätää haluttuun arvoon. Testejä suoritettiin useita eri olosuhdearvoilla. Jokaista yksittäistä testiä varten maalattiin yksi esikäsitelty ohutmetallilevy jokaisella testattavalla maalilla. Maalauksen jälkeen levy siirrettiin kuivumaan joko lämpöuuniin tai ilmastoituun maalauskaappiin. Jokaiseen levyyn maalattiin 120 µm kuivakalvonpaksuutta maalia. Tutkimusten tuloksien avulla luotiin yksityiskohtaiset työohjeet jokaiselle kolmelle maalille, jotka löytyvät liitteestä 2.

5.2.1 Akvanor 100SG

Akvanor 100SG:tä testattiin ilmastoidussa maalauskaapissa kolmella eri arvolla: 7 500 m³/h, 4 860 m³/h ja 1 116 m³/h ilmanvaihdolla. Maalaustilan lämpötila oli 23 °C.

Taulukko 7. Akvanor 100SG (maalauskaappi).

Lämpötila	Ilmanvaihto	Kuivumisaika
23 °C	7 500 m ³ /h	1 t
23 °C	4 860 m ³ /h	3 t
23 °C	1 116 m ³ /h	5 t

Lämpöuunissa testattiin levyjä lämpötilan ollessa 23 °C ja suhteellisen ilmankosteuden ollessa 45 %, 60 % ja 70 %, testejä tehtiin myös lämpötilan ollessa 40 °C suhteellisen ilmankosteuden ollessa 45 % sekä lämpötilan ollessa 50 °C ja suhteellisen ilmankosteuden ollessa 45 % sekä 60 %. Testien perusteella määriteltiin kuivumisajat.

Taulukko 8. Akvanor 100 SG (lämpöuuni).

Lämpötila	Suhteellinen kosteus	Kuivumisaika
23 °C	45 %	4 t
23 °C	60 %	6 t
23 °C	70 %	>24 t
40 °C	45 %	1 t
50 °C	45 %	1 t
50 °C	60 %	1 t

Ilmastoidussa maalauskaapissa 23 °C lämpötilassa olevien maalattujen levyjen kuivumisaika kasvoi, mitä pienempi ilmanvaihto maalauskaapissa oli. Lämpökaapissa olleet levyt kuivuivat nopeammin, jos lämpötila oli korkeampi (40–50 °C) kuivumisen aikana. Suhteellisen ilmankosteuden ollessa 70 % hidastui maalin kuivuminen merkittävästi (yli 24 t).

Testeistä pääteltiin, että Akvanor 100SG hyötyy lämpötilan nostamisesta tiettyyn pisteeseen saakka. Lämpötilan noustessa 40 °C:sta 50 °C ei kuivumisaika lyhentynyt. Kuitenkin kuivumisaika hidastuu merkittävästi, jos ilman suhteellinen kosteus on 70 %. Lämpötilan pysytellessä vakiona, mutta ilmanvaihdon määrän alentuessa Akvanor 100SG:n kuivuminen hidastuu.

Akvanor 100SG-maalin maalaus- sekä kuivumisaikaisiksi olosuhteiden raja-arvoiksi näin ollen määriteltiin maksimilämpötilaksi 50 °C. Lämpötilan nostaminen yli 50 °C ei tuo hyötyä maalin kuivumiselle. Maksimi ilman suhteellisen kosteuden arvoksi todettiin 60 %. Optimaaliseksi lämpötilaksi todettiin 23 °C ja optimaaliseksi ilmankosteuden arvoksi 45 %.

Akvanor 100SG tarvitsee hyvän ilmanvaihdon kuivuakseen, lämpötilan nostaminen ei tuo merkittävää lisähyötyä kuivumiseen. Käyttäessä huoneenlämpöä korkeampia lämpötiloja kuivumisen aikana tulee maalattavan tuotteen antaa jäähtyä huoneenlämmössä uunituksen jälkeen, jotta termoplastisuus häviää.

5.2.2 Normadur Aqua DTM

Normadur Aqua DTM-maalia testattiin ilmastoidussa maalauskaapissa kolmella eri arvolla, 7 500 m³/h, 4 860 m³/h ja 1 116 m³/h ilmanvaihdolla. Maalaustilan lämpötila oli 23 °C.

Taulukko 9. Normadur Aqua DTM (maalauskaappi).

Lämpötila	Ilmanvaihto	Kuivumisaika
23 °C	7 500 m ³ /h	8 t
23 °C	4 860 m ³ /h	>12 t
23 °C	1 116 m ³ /h	>12 t

Lämpöuuni asetettiin arvoiksi 45 % suhteellisen ilmankosteuden kanssa 23 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C ja 80 °C. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa 70 °C testattiin kuivumisaikaa lämpötilan ollessa 30 °C, sen lisäksi kuivumisaikaa testattiin ilman suhteellisen kosteuden ollessa 60 % ja lämpötilojen 30 °C sekä 80 °C.

Taulukko 10. Normadur Aqua DTM (lämpöuuni).

Lämpötila	Suhteellinen kosteus	Kuivumisaika
23 °C	45 %	8 t
30 °C	60 %	3 t
30 °C	70 %	4 t
40 °C	45 %	3 t
50 °C	45 %	2 t
60 °C	45 %	1 t
80 °C	45 %	1 t
80 °C	60 %	1 t

Normadur Aqua DTM huomioitiin olevan melko herkkä olosuhdevaihteluille ja hidas kuivumaan muutenkin. Maali kuivuu selkeästi nopeammin lämpötilaa nostaessa 23 °C → 60 °C. Suhteellisen kosteuden ollessa 70 %, alkoi maalipinta kuplia.

Levy on kuitenkin suositeltavaa poistaa lämpökaapista noin 1–2 tunnin kuluttua, sillä huoneenlämmössä levy kovettuu nopeammin käsiteltäväksi saatuaan ensin lämpöä. Kevyt viilennys jouduttaa kuivumista. Ilmanvaihdon kasvattaminen ei merkittävästi nopeutanut kuivumista, suurimmalla ilmanvaihdolla maali kuivui kahdeksassa tunnissa ja ilmanvaihtoa alentaessa kuivumiseen meni yli 12 tuntia.

Olosuhteiden raja-arvoiksi näin ollen määriteltiin maksimilämpötilaksi 80 °C ja optimi lämpötilaksi yli 30°C lämpötilat. Ilman suhteellisen kosteuden maksimiraja-arvoksi määriteltiin 60 % optimiraja-arvoksi 45 %.

5.2.3 Norepox Aqua DTM

Norepox Aqua DTM-maalia testattiin ilmastoidussa maalauskaapissa kolmella eri arvolla, 7 500 m³/h, 4 860 m³/h ja 1 116 m³/h ilmanvaihdolla. Maalaustilan lämpötila oli 23 °C.

Taulukko 11. Norepox Aqua DTM (maalauskaappi).

Lämpötila	Ilmanvaihto	Kuivumisaika
23 °C	7 500 m ³ /h	4 t
23 °C	4 860 m ³ /h	6 t
23 °C	1 116 m ³ /h	>12 t

Lämpöuuniin asetettiin ilman suhteellisen kosteuden arvoksi 45 % seuraavien lämpötilojen kanssa: 23 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C ja 80 °C. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa 70 % testattiin kuivumisaikaa lämpötilan ollessa 30 °C sekä 60 °C. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa 60 % testattiin kuivumisaikoja lämpötiloissa 60 °C ja 80 °C. Näiden lisäksi testattiin kuivumista uunin lämpötilan ollessa 80 °C suhteellisen ilmankosteuden ollessa 45 %.

Taulukko 12. Norepox Aqua DTM (lämpöuuni).

Lämpötila	Suhteellinen kosteus	Kuivumisaika
23 °C	45 %	4 t
30 °C	70 %	7,5 t
40 °C	45 %	1,5 t
50 °C	45 %	1,5 t
60 °C	45 %	1 t
60 °C	60 %	1 t
60 °C	70 %	1 t
80 °C	45 %	1 t
80 °C	60 %	1 t

Norepox Aqua DTM hyötyi lämpötilan nostamisesta 23 °C:sta → 40 °C:een, nosto 50–80 °C:een ei tuonut merkittävää eroa kuivumisaikaan. Suhteellisen ilmankosteuden ollessa korkea (70 %) ja lämpötilan ollessa matala (30 °C), maalin kuivumisessa kestää kauan. Kuitenkin lämpötilan ollessa 60 °C ei korkea ilmankosteus aiheuttanut vastaavaa hidastumista kuivumiseen, vaan kappale kuivui tehokkaasti tunnissa. Ilmanvaihdon kasvattaminen auttaa maalin kuivumisprosessissa, mitä suurempi ilmanvaihto, sitä nopeammin maali kuivui.

Maalattava kappale on suositeltavaa poistaa lämpökaapista lämpötilasta riippuen 1–4 tunnin kuluttua huoneenlämpöön, tällöin maali kovettuu käsittelykuivaksi tehokkaasti. Raja-arvoiksi määriteltiin maksimilämpötilaksi 80 °C, todettiin että korkeampi lämpötila ei tuo enää lisäarvoa kuivumiselle. Optimilämpötilaksi todettiin 60 °C, kappale kuivui tehokkaasti ilman suhteellisesta kosteudesta riippumatta. Ilman suhteellisen kosteuden maksimiarvoksi 70 % ja optimiksi ilman suhteelliseksi kosteudeksi määriteltiin 45 %, jos ilman lämpötila on alle 30 °C. Ilman lämpötilan ollessa yli 30 °C on riittävää, että ilman suhteellinen kosteus on alle 70 %.

6 XXX

Yrityksen omaa tietoa.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kattava tietopaketti vesiohenteisista maaleista, tutkia vesiohenteisten maalien kuivumisesta sekä kehittää vesiohenteinen maali asiakkaan tarpeiden mukaan.

Tutkittaessa kolmea eri vesiohenteista maalia tuli erittäin selväksi se, miten tärkeitä oikeanlaiset olosuhteet ovat maalauksen aikana ja sen jälkeen. Nykymaailmassa arvostetaan nopeaa toimitusaikaa tuotteille ja vesiohenteisilla maaleilla maalatessa voidaan päästä todella tehokkaaseen työskentelytahtiin, kun otetaan huomioon niiden ominaisuudet.

Kuivumisajat hidastuivat merkittävästi, mitä vähemmän ilma vaihtui kappaleen ympärillä. Lämpötilan kasvaessa kuivumisajat lyhenivät. Yrityksien onkin järkevää panostaa sellaisiin maalaustiloihin, missä pystyy määrittelemään ilmastoinnin, lämpötilan sekä suhteellisen ilmankosteuden.

Tutkimukset onnistuivat hyvin ja niistä saatiin juuri se tieto maalien kuivumisesta, mitä haluttiin. Kuivumisaikojen määrittelyllä saatiin lisätietoa Nor-Maali Oy:n kehittämistä vesiohenteisista maaleista, joka on arvokasta lisätietoa niin käyttäjille kuin Nor-Maali Oy:n työntekijöille. Haastetta tutkimuksien loppuun saattamiseen toi korona-ajan rajoitukset, sekä uusien tuotteiden pidentyneet raaka-ainetoimitukset. Maalien testitulokset valmistuivat kuitenkin hyvällä aikataululla, sillä vesiohenteisten maalien kysyntä on kasvanut räjähdysmäisesti viimeisen vuoden aikana.

Työn teoriaosuudella onnistuttiin syventymään vesiohenteisten maalien eroihin liuotinhenteisiin esimerkiksi terveyden ja ympäristön kannalta. Vihreiden arvojen merkitys kasvaa koko ajan yrityksillä. Lukemalla työn teoriaosuuden, saa lukija kattavan tietopaketin vesiohenteisista maaleista ja päätös siirtyä liuotinhenteisistä maaleista vesiohenteisiin voi helpottua.

Työn tekeminen syvensi opinnäytetyön tekijän teoriaosaamista maaleista sekä tuotetietoa Nor-Maali Oy:n maaleista. Tutkimusosio antoi arvokasta lisätyötä yrityksen vesiohenteisistä maaleista, jota opinnäytetyön tekijä voi hyödyntää omassa työssään.

Työtä varten haastateltiin useampaa henkilöä ja haastattelut toivat uusia näkökulmia puoltamaan luettua teoretietoa. Vesiohenteisia maaleja on tutkittu jo kauan, mutta lähi-vuosina ne ovat kehittyneet eteenpäin huomasti. Työ oli opinnäytetyön tekijälle hyvin mielenkiintoinen aihealue.

Työtä voisi jatkaa kehittämällä laajemman skaalan vesiohenteisia maaleja. Testejä voisi myös suorittaa enemmän asiakkaiden tiloissa, sillä jokaisella asiakkaalla on hieman erilaiset maalausolosuhteet. Mitä monipuolisemmissa olosuhteissa maaleilla maalataan, sitä enemmän lisätietoa niistä saadaan. Jokaisella asiakkaalla on myös erityyppisiä tuotteita maalattavana. Esimerkiksi tuotteen koko vaikuttaa merkittävästi uunitusaikaan ja sitä kautta kuivumiseen. Mitä suurempi kappale, sitä kauemmin tuotteella kestää niin lämmetä kuin jäähtyä.

LÄHTEET

Accessa 2021. FAQs on paint and temperature control. Viitattu 31.5.2021. <https://www.accessa.com/paint-temperature-control-faq/>.

Axolot Solutions 2018a. Process Overview. Solutions. Viitattu 20.5.2020. <https://axolotsolutions.com/solution/>.

Axolot Solutions 2018b. Water. Viitattu 24.5.2020. <https://axolotsolutions.com/water/>.

Chemviron 2020. Activated Carbon. Products. Viitattu 24.5.2020. <https://www.chemviron.eu/products/activated-carbon/>.

Desotec 2020a. Activated carbon forms and shapes. Carbonology academy. Carbonology. Viitattu 24.5.2020. <https://www.desotec.com/en/carbonology/carbonology-academy/activated-carbon-forms-and-shapes>

Desotec 2020b. Extruded activated carbon. Carbonology academy. Carbonology. Viitattu 24.5.2020. <https://www.desotec.com/en/carbonology/carbonology-academy/extruded-activated-carbon-eac>.

Desotec 2020c. Granular activated carbon. Carbonology academy. Carbonology. Viitattu 24.5.2020. <https://www.desotec.com/en/carbonology/carbonology-academy/granular-activated-carbon-gac>.

Desotec 2020d. Powder activated carbon. Carbonology academy. Carbonology. Viitattu 24.5.2020. <https://www.desotec.com/en/carbonology/carbonology-academy/powder-activated-carbon>

Desotec 2020e. History. About. Viitattu 24.5.2020. <https://www.desotec.com/en/about/history>.

Desotec 2020f. Raw materials of activated carbon. Carbonology academy. Carbonology. Viitattu 24.5.2020. <https://www.desotec.com/en/carbonology/carbonology-academy/raw-materials-activated-carbon>.

Desotec 2020g. Waste water. Application fields. Viitattu 24.5.2020. <https://www.desotec.com/en/application-fields/waste-water-treatment>.

Direktiivi 2010/75/EU: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi teollisuuden päästöistä (yhtenäistetty ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen) Eur-Lex. 2010. Saatavilla. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=FI>.

Finnkone 2020. Yritys. Viitattu 6.9.2020. <https://www.finnkone.fi/yritys/>.

Flink, R.; Killström, T.; Kilpinen, J.; Kotilainen, P. & Tuisku, L. 2010. Metallipintojen teollinen maalaus. Tikkurila Oyj. Vantaa.

Frosio 2017. Surface treatment. Paint & Paint systems. Generic types of paints. Viitattu 8.6.2020. <https://www.frosiobook.no/index.php?action=showtopic&topic=mRdkBCSM>.

Healthline 2020. How Paint Fumes Affect Your Health and How To Prevent Exposure. Viitattu 31.5.2020. <https://www.healthline.com/health/paint-fumes#pregnancy-risks>.

Hengitysliitto 2020. VOC-yhdisteet. Kaasumaiset epäpuhtaudet. Sisäilma-asiat & sisäilmaongelmat. Sisäilma. Viitattu 30.5.2020. <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailma-ongelmat/kaasumaiset-epapuhtaudet/voc-yhdisteet>.

HL Group 2020. HL Group yrityseshittely. Yritys. Viitattu 6.12.2020. <https://hlgroup.fi/nykyaikainen-tukkukauppa/>.

Kaukokiito 2020. Voitteko kuljettaa lämpötilasäädelyjä tuotteita? Usein kysytyt kysymykset. Tutustu meihin. Viitattu 28.11.2020. <https://www.kaukokiito.fi/fi/tutustu-meihin/usein-kysytyt-kysymykset/>.

Kjernsmo, D.; Kleven, K. & Scheie, J. 2000. Kääntänyt englanniksi Groth, M & Sørensen, I. 2011. Corrosion protection Inspector's book of reference. Hempel A/S.

Munger, C. & Vincent, L. 1999. Corrosion prevention by protective coatings. National Association of Corrosion Engineers. United States of America.

National Coating Corporation 2020. The Difference Between Water-Based Coatings and Solvent-Based Coatings. Viitattu 30.5.2020. <https://www.natcoat.com/difference-between-water-based-coatings-and-solvent-based-coatings/>.

Nor-Maali Oy 2017. Käyttöturvallisuustiedote OH04. Viitattu 19.5.2020. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/04/OH-04.KTT_.fin_.pdf.

Nor-Maali Oy 2018a. Käyttöturvallisuustiedote OH13. Viitattu 19.5.2020. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/04/OH-13.ktt_.fin_.pdf.

Nor-Maali Oy 2018b. Tuoteseloste Norecyl Aqua TC. Viitattu 17.1.2021. Saatavilla vain yrityksen sisäisessä verkossa.

Nor-Maali Oy 2019a. Käyttöturvallisuustiedote OH17. 19.5.2020. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/04/OH-17.ktt_.fin_.pdf.

Nor-Maali Oy 2019b. Tuoteseloste Norepox Aqua DTM. Viitattu 10.6.2020. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/02/Norepox-Aqua-DTM.ts_.fin_.-1.pdf.

Nor-Maali Oy 2019c. Tuoteseloste Normadur 50. Viitattu 7.2.2021. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/02/Normadur-50.ts_.fin_.-1.pdf.

Nor-Maali Oy 2020a. Akvanor 81 Primer. Tuotteet. Viitattu 28.11.2020. <https://www.nor-maali.fi/tuote/akvanor-81-primer/>.

Nor-Maali Oy 2020b. Akvanor 80 Topcoat. Tuotteet. Viitattu 28.11.2020. <https://www.nor-maali.fi/tuote/akvanor-80-topcoat/>.

Nor-Maali Oy 2020c Etusivu. Viitattu 28.11.2020. <https://www.nor-maali.fi/>.

Nor-Maali Oy 2020d. Meistä. Viitattu 28.11.2020. <https://www.nor-maali.fi/meista/>.

Nor-Maali Oy 2020e. Tuoteseloste Akvanor 80 TC. Viitattu 10.6.2020. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/02/Akvanor-80-Topcoat.ts_.fin_.pdf.

Nor-Maali Oy 2020f. Tuoteseloste Akvanor 81 Primer. Viitattu 10.6.2020. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/02/Akvanor-81-Primer.ts_.fin_.pdf.

Nor-Maali Oy 2020g. Tuoteseloste Akvanor 100 SG. Viitattu 19.5.2020. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/02/Akvanor-100-SG.ts_fin.pdf.

Nor-Maali Oy 2020h. Tuoteseloste Normadur Aqua DTM. Viitattu 10.6.2020. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/02/Normadur-Aqua-DTM.ts_fin.pdf

Nor-Maali Oy 2020i. Normapren 40. Viitattu 7.2.2021. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/02/Normapren-40.ts_fin-2.pdf.

Nor-Maali Oy 2021a. Jälleenmyyjät. Viitattu 7.2.2021. <https://www.nor-maali.fi/jalleenmyyjat/>.

Nor-Maali Oy 2021b. Maaliyhdistelmät. Viitattu 16.5.2021. <https://www.nor-maali.fi/tuotteet/maalausjarjestelmat/>.

Nor-Maali Oy 2021c. Nor-Maalin ympäristöhallintajärjestelmä on nyt ISO 14001 -sertifioitu. Viitattu 17.12.2021. <https://www.nor-maali.fi/2021/09/nor-maalin-ymparistonhallintajarjestelma-on-nyt-iso-14001-sertifioitu/>.

Nor-Maali Oy 2021d. Tuoteseloste Epotex HB. Viitattu 22.11.2021. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/02/Epotex-HB.ts_fin-4.pdf.

Nor-Maali Oy 2021e. Tuoteseloste Norecryl 50. Viitattu 9.9.2021. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2020/03/Norecryl-50.ts_fin-2.pdf.

Nor-Maali Oy 2021f. Tuoteseloste Norrapid Aqua. Viitattu 17.1.2021. Saatavilla vain yrityksen sisäisessä verkossa.

Nor-Maali Oy 2021g. Tuoteseloste Norrapid MWT. Viitattu 7.2.2021. https://www.nor-maali.fi/wp-content/uploads/2021/01/Norrapid-MWT.ts_fin-1.pdf.

Pekotek 2020a. Olosuhdejärjestelmä. Tuotteet. Viitattu 10.9.2020. <https://pekotek.fi/tuotteet/olosuhdejarjestelma>.

Pekotek 2020b. Raepuhallus. Tuotteet. Viitattu 10.9.2020. <https://pekotek.fi/tuotteet/raepuhallus>.

Pekotek 2020c. Yritys. Viitattu 10.9.2020. <https://pekotek.fi/yritys>.

PuuProffa 2020. Maalituotteet. Pintakäsittelytavat. Puutieto. Viitattu 31.5.2020. <https://puuproffa.fi/puutieto/pintakasittelytavat/maalituotteet/>.

RakennusFakta 2020. Hörykostuttimet. Brautek Oy. Viitattu 6.9.2020. <https://www.rakennusfakta.fi/14/company/21/14/67/hoyrykostuttimet/tuote.html>.

SFS-EN ISO 8501-1. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat.

SFS-ISO 8501-2. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 2: Ennestään pinnoitetun teräksen esikäsittelyasteet sen jälkeen kun aikaisemmat pinnoitteet on poistettu paikoittain. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 8504-3:2018. Teräspintojen esikäsitteily ennen maalien ja vastaavien tuotteiden levitystä. Esikäsitteilymenetelmät. Osa 3: Puhdistus käsityökaluilla ja koneellisesti. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 12944-2:2017. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmällä. Osa 2: Ympäristöolosuhteiden luokittelu. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 12944-4:2017. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmällä. Osa 4: Pintatyypit ja pinnan esikäsitteily. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 12944-5:2019. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmällä. Osa 5: Suojamaaliyhdistelmät. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

Stena Recycling 2020. Stena Recycling Oy. Yritys. Viitattu 6.12.2020. <https://www.stenarecycling.fi/top-menu/yritys/stena-recycling-oy/>.

Teknos Oy 2020. Alkydi. Pieni maalisanasto. Maalausohjeet. Kotiin. Viitattu 17.9.2020. <https://www.teknos.com/fi-FI/kuluttajat-ja-ammattilaiset/maalausohjeet/pieni-maalisanasto/>.

Teknos Oy 2013. Korroosionestomaalauksen käsikirja. Offsetpaino L. Tuovinen Ky. Helsinki.

Tikkurila Oy 2018a. Kestävät ratkaisut. Yritysvastuu. Viitattu 30.5.2020. http://company.tikkurila-group.com/fi/yritysvastuu/kestavat_ratkaisut.

Tikkurila Oy 2018b. Mitä eroa on vesi- ja liuotinhenteisellä maalilla? Yleistä tietoa maaleista. Usein kysytyjä kysymyksiä. Vastuullisuus. Viitattu 28.11.2020. <https://tikkurilagroup.com/fi/vastuullisuus/usein-kysytyja-kysymyksia>.

Tukes 2020a. CLP-asetus. CLP-luokitus, merkinnät ja pakkaaminen. Kemikaalit. Viitattu 23.8.2020. <https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/cpl-asetus>.

Tukes 2020b. Kemikaalien varoitusmerkit. Merkinnät. CLP-luokitus, merkinnät ja pakkaaminen. Kemikaalit. Viitattu 23.8.2020. <https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/kemikaalien-merkinnat/varoitusmerkit#357b5414>.

Työterveyslaitos 2020. Teollisuusmaalaus. Viitattu 30.5.2020. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2017/06/altistuminen-teollisuusmaalaus.pdf>

Työterveyslaitos 2021. Malliratkaisu Hengityksensuojaimet. Viitattu 7.2.2021. https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/Malliratkaisu_Hengityksensuojaimet.pdf

Liite 2. Työohjeet

NORMAALI



NORMADUR AQUA DTM

TYÖOHJE 11/21

OMINAISUUDET JA MAALIN KÄYTTÖ

Normadur Aqua DTM:n optimi maalauslämpötila on yli 30 °C. Tällä maalilla maalattuja tuotteita voi uunitaa maksimissaan 80 °C lämpötilassa (taulukko 2). Maalattu kappale on suositeltavaa poistaa 1-2 tunnin kuluttua uunituksesta. Uunituksen jälkeen tehtävä viilennys parantaa maalin kuivumista/pakattavuutta oleellisesti.

Normadur Aqua DTM:llä maalatessa ilmanvaihdon kasvattaminen pienissä määrin ei merkittävästi nopeuta kuivumista, mutta riittävän korkealla ilmanvaihdolla maali kuivuu nopeammin (taulukko 1). Korkea suhteellinen ilmankosteus (70 %) aiheuttaa maalipinnan laadun heikentymistä, näin ollen maalia ei suositella maalattavaksi yli 60 % suhteellisessa ilmankosteudessa. Optimiarvo suhteelliselle ilmankosteudelle on 45 %.

Taulukko 1

Lämpötila	Ilmanvaihto	Kuivumisaika
23 °C	7 500 m ³ /h	8 h
23 °C	4 860 m ³ /h	> 12 h
23 °C	1 116 m ³ /h	> 12 h

TEKNISET TIEDOT

Kuiva-ainepitoisuus tilavuutena*	54 ± 2 %
Kiintoainepitoisuus*	845 g/l
VOC-arvo*	99 g/l

(*Arvot ovat laskennallisia.)

Pakkausko

	Määrä (l)	Astian koko (l)
Maaliosa	6	10
Kovete	1	1

Taulukko 2

Lämpötila	Suhteellinen kosteus	Kuivumisaika
23 °C	45 %	8 h
30 °C	60 %	3 h
30 °C	70 %	4 h
40 °C	45 %	3 h
50 °C	45 %	2 h
60 °C	45 %	1 h
80 °C	45 %	1 h
80 °C	60 %	1 h

Vastuuvapauslauseke

Tämän työohjeen tiedot perustuvat laboratoriokokeisiin ja käytännön kokemukseen. Koska tuotetta käytetään useimmiten valvontamme ulkopuolella, voimme vain taata tuotteen laadun. Pidämme itsellämme oikeuden muuttaa tuotetietoja ilman ennakoilmoitusta. Tarkempia lisätietoja saa ottamalla yhteyttä maalintoimittajan edustajaan. Tuote on tarkoitettu vain ammattikäyttöön. Mikäli tämän asiakirjan eri kieliversioiden välillä on ristiriitoja, noudatetaan englanninkielistä versiota.



NOREPOX AQUA DTM

TYÖOHJE 11/21

OMINAISUUDET JA MAALIN KÄYTTÖ

Norepox Aqua DTM:n optimi maalauslämpötila on 60 °C. Tällä maalilla maalattuja tuotteita voi uunnittaa maksimissaan 80 °C lämpötilassa (taulukko 2). Maalattu kappale on suositeltavaa poistaa 1 - 4 tunnin kuluttua uunista. Näin maali kovettuu nopeammin käsittelykuivaksi, sillä viilennys jouduttaa kuivumista.

Norepox Aqua DTM:llä maalatessa tehokkaalla ilmanvaihdolla kuivumisaika lyhenee (taulukko 1). Korkea ilman suhteellinen kosteus hidastuttaa kuivumisprosessia alle 30 °C lämpötiloissa. Kuitenkin lämpötilan kasvaessa vähenee suhteellisen ilmankosteuden merkitys. Lämpötilojen ollessa alle 30 °C optimiarvo suhteelliselle ilmankosteudelle on 45 %. Lämpötilojen kasvaessa yli 30 °C on riittävää, että ilman suhteellinen kosteus on alle 70 %.

Taulukko 1

Lämpötila	Ilmanvaihto	Kuivumisaika
23 °C	7 500 m ³ /h	4 h
23 °C	4 860 m ³ /h	6 h
23 °C	1 116 m ³ /h	> 12 h

TEKNISET TIEDOT

Kuiva-ainepitoisuus tilavuutena*	50 ± 2 %
Kiintoainepitoisuus*	814 g/l
VOC-arvo*	62 g/l

(* Arvot ovat laskennallisia.)

Pakkauskoko

	Määrä (l)	Astian koko (l)
Maaliosa	16	20
Kovete	4	5

Taulukko 2

Lämpötila	Suhteellinen kosteus	Kuivumisaika
23 °C	45 %	4 h
30 °C	70 %	7,5 h
40 °C	45 %	1,5 h
50 °C	45 %	1,5 h
60 °C	45 %	1 h
60 °C	60 %	1 h
60 °C	70 %	1 h
80 °C	45 %	1 h
80 °C	60 %	1 h

Vastuuvapauslauseke

Tämän työohjeen tiedot perustuvat laboratoriokokeisiin ja käytännön kokemukseen. Koska tuotetta käytetään useimmiten valvontamme ulkopuolella, voimme vain taata tuotteen laadun. Pidämme itsellämme oikeuden muuttaa tuotetietoja ilman ennakkoilmoitusta. Tarkempia lisätietoja saa ottamalla yhteyttä maalintoimittajan edustajaan. Tuote on tarkoitettu vain ammattikäyttöön. Mikäli tämän asiakirjan eri kieliversioiden välillä on ristiriitoja, noudatetaan englanninkielistä versiota.




AKVANOR 100 SG

TYÖOHJE 9/21

OMINAISUUDET JA MAALIN KÄYTTÖ

Akvanor 100 SG:n optimi maalauslämpötila on 23 °C. Tällä maalilla maalattuja tuotteita voi uunittaa maksimissaan 50 °C lämpötilassa (taulukko 2). Maali on termoplastista, joten kuivuakseen käsittelykuivaksi tulee maalatun tuotteen olla huoneenlämmössä viilentymässä uunituksen jälkeen.

Akvanor 100 SG:llä maalatessa ilmanvaihdolla on suuri merkitys. Mitä tehokkaampi ilmanvaihto on kuivuessa, sitä nopeammin maali kuivuu käsittelykuivaksi (taulukko 1). Korkea suhteellinen ilmankosteus hidastuttaa maalin kuivumista huomattavasti ja onkin suositeltavaa maalata Akvanor 100 SG:tä suhteellisen ilmankosteuden ollessa 45 %. Maksimissaan ilman suhteellinen kosteus saa olla 60 % (taulukko 2).

Taulukko 1

Lämpötila	Ilmanvaihto	Kuivumisaika
23 °C	7 500 m ³ /h	1 h
23 °C	4 860 m ³ /h	3 h
23 °C	1 116 m ³ /h	5 h

TEKNISET TIEDOT

Kuiva-ainepitoisuus tilavuutena*	49 ± 2 %
Kiintoainepitoisuus*	700 g/l
VOC-arvo*	40 g/l

(* Arvot ovat laskennallisia.)

Pakkauskoko

	Määrä (l)	Astian koko (l)
Akvanor 100 SG	10/20	10/20

Taulukko 2

Lämpötila	Suhteellinen kosteus	Kuivumisaika
23 °C	45 %	4 h
23 °C	60 %	6 h
23 °C	70 %	> 24 h
40 °C	45 %	1 h
50 °C	45 %	1 h
50 °C	60 %	1 h

Vastuuvapauslauseke

Tämän työohjeen tiedot perustuvat laboratoriokokeisiin ja käytännön kokemukseen. Koska tuotetta käytetään useimmiten valvontamme ulkopuolella, voimme vain taata tuotteen laadun. Pidämme itsellämme oikeuden muuttaa tuotetietoja ilman ennakoilmoitusta. Tarkempia lisätietoja saa ottamalla yhteyttä maalintoimittajan edustajaan. Tuote on tarkoitettu vain ammattikäyttöön. Mikäli tämän asiakirjan eri kieliversioiden välillä on ristiriitoja, noudatetaan englanninkielistä versiota.