

SUOMEN YMPÄRISTÖ 23 | 2008

Paras käytävissä oleva tekniikka (BAT) liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä

YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

**Heli Antson, Irina Hakala, Anneli Karjalainen, Krister Koivula,
Pirjo Gyllenberg, Hilikka Hirvikallio, Jarmo Lahti, Kari Soljamo,
Kimmo Silvo, Sirpa Silander, Seppo Tikkanen ja Jaana Villikka**

Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä

**Heli Antson, Irina Hakala, Anneli Karjalainen, Krister Koivula,
Pirjo Gyllenberg, Hilkka Hirvikallio, Jarmo Lahti, Kari Soljamo,
Kimmo Silvo, Sirpa Silander, Seppo Tikkanen ja Jaana Villikka**

Helsinki 2008

Suomen ympäristökeskus



SUOMEN YMPÄRISTÖ 23 | 2008
Suomen ympäristökeskus SYKE
Asiantuntijapalveluosasto

Taitto: Ritva Koskinen
Kansikuva: Pluki.fi

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2008

ISBN 978-952-11-3137-0 (nid.)
ISBN 978-952-11-3138-7 (PDF)
ISSN 1238-7312 (pain.)
ISSN 1796-1637 (verkkoj.)

ESIPUHE

Suomen ympäristönsuojelulaki edellyttää parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) soveltamista ympäristölupaprosessissa. Tässä julkaisussa keskitytään kuvaamaan suomalaisia pienten ja keskisuurten liuottimia käyttävien pintakäsittelylaitosten toimialalla käytössä olevia tekniikoita ja menetelmiä, niistä syntyviä päästöjä ja keinoja päästöjen rajoittamiseen ja hallintaan. Julkaisussa kerrotaan muun muassa liuottimia käyttävien toimintojen lainsäädännöllisestä taustasta, menetelmistä VOC-päästöjen vähentämiseen ja hallintaan sekä keskitytään erityisesti maalauksen ja painatuksen toimintojen BAT-tekniikoiden ja menetelmien kuvaukseen. BAT-luvussa BAT esitetään pääosin kuvauksena hyvistä käytännöistä ja toimintatavoista; numeerisia johtopäätöksiä ei ole voitu esittää puutteellisten päästö- ja kulutustietojen vuoksi.

Suomalaisen graafisen teollisuuden ja maalaamoiden prosesseista on kerätty tietoa useissa projekteissa ja julkaisuissa (mm. Arnold 2002, Kataja & Virtanen 2001, Rantala *et al.* 2001, Pohjoismaainen ministerineuvosto 1998, Martovaara *et al.* 1996). Selvitys toteutettiin toimialalle perustetun liuottimia käyttävän pintakäsittelyn BAT-toimialaryhmän sekä toimintokohtaisten pienryhmien avulla, joiden työn tuloksilla on täydennetty AX-Suunnittelun Krister Koivulan konsulttityötä. Ryhmien työskentelyyn osallistuivat seuraavat henkilöt (vähintään 2 kokouksessa):

Alatalo Aino	Rautaruukki Oyj
Antson Heli, puheenjohtaja	Uudenmaan ympäristökeskus
Gyllenberg Pirjo	Lounais-Suomen ympäristökeskus
Hakala Irina	Uudenmaan ympäristökeskus
Hirvikallio Hilikka	Kaakkois-Suomen ympäristökeskus
Ilomäki Ari	Metsäteollisuus ry
Karjalainen Anneli	Ympäristöministeriö
Karppinen Tuomo	Finnair Oyj
Korko Satu	Sanoma Oy
Laatta Laura	Rautaruukki Oyj
Lahti Jarmo	Teknos Oy
Mähönen Anne	Hansaprint
Nyberg Pertti	WS Bookwell Oy
Ruonala Seppo	Suomen ympäristökeskus
Soljamo Kari	Tikkurila Oy
Silander Sirpa, sihteeri	Suomen ympäristökeskus
Silvo Kimmo	Suomen ympäristökeskus
Tikkanen Seppo	Nor-maali Oy
Villikka-Ström Jaana	Viestinnän keskusliitto

Tämän julkaisun laatimisen yhteydessä haastattelimme lisäksi liuottimia käyttävän pintakäsittelyn eri sidosryhmien edustajia. Raportin asiantuntijatarkastajina toimivat Saara Juopperi ja Tuomo Karppinen. Lämpimät kiitokset kaikille raportin kirjoittamiseen osallistuneille sekä muille työssä aktiivisesti olleille kommentoistanne ja muusta arvokkaasta tuestanne!

SISÄLLYS

Esipuhe	3
I Johdanto	7
1.1 Työn tavoitteet.....	7
1.2 Työn tausta.....	7
1.3 Orgaanisten liuottimien määritelmät ja kulutus	8
1.4 Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöt	8
2 Sovellettavasta lainsäädännöstä	10
2.1 Ympäristönsuojelulaki ja -asetus.....	10
2.1.1 Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT).....	10
2.2 VOC-asetus.....	12
2.2.1 Päästöjen vähentämisvaatimukset.....	12
2.3 Ympäristönsuojeluasetuksen ja VOC-asetuksen välinen suhde.....	15
2.3.1 Tarvitaanko ympäristölupa vai tehdäänkö ilmoitus tietojärjestelmään?	16
2.3.2 Toimivaltainen viranomainen	18
2.4 Tuote-VOC-asetus	19
2.4.1 Ajoneuvojen korjausmaalaus	19
2.5 Jätelainsäädäntö	19
2.6 Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista	20
2.7 Kemikaalilainsäädäntö	21
3 Yleistä ympäristöhaitoista, niiden rajoittamisesta ja hallinnasta....	23
3.1 Ympäristöasioiden hallintajärjestelmät	23
3.2 Toiminnan suunnittelu, prosessien ja laitteiden optimointi	24
3.3 Kemikaalit ja raaka-aineet	24
3.3.1 Kemikaalien ominaisuudet, vaaralausekkeet ja valinta	24
3.3.2 Kemikaalien ja raaka-aineiden varastointi ja käsittely	25
3.4 Kemikaalien ja raaka-aineiden käytön minimointi	26
3.5 Päästöt ilmaan.....	27
3.5.1 VOC-päästöt ilmaan	27
3.5.2 Haju	28
3.5.3 Pöly	28
3.6 Melu ja sen rajoittaminen.....	28
3.7 Jätteet ja niiden käsittely	29
3.7.1 Jätteiden lajittelu ja hyödyntäminen	29
3.7.2 Käytettyjen liuottimien talteenotto.....	29
3.7.3 Kertakäyttöiset puhdistusräit	30
3.8 Jätevedet ja niiden käsittely.....	30
3.8.1 Teollisuusjätevesisopimukset	30
3.9 Poikkeukselliset päästöt ja maaperän suojelu	31
3.9.1 Laitoksen käyttöhistorian dokumentointi	31
3.10 Energian käytön tehokkuus	31
3.11 Päästöjen vähentämistoimenpiteiden ristikkäisvaikutukset	32

4	VOC-päästöjen rajoittaminen ja hallinta	33
4.1	Orgaanisten liuottimien käytön korvaaminen ja vähentäminen.....	33
4.1.1	Pintojen puhdistus.....	33
4.1.2	Kloorattujen ja muiden halogenoitujen liuottimien korvaaminen ...	35
4.2	VOC-päästöjen käsittelytekniikat.....	37
4.2.1	Puhdistustekniikan valinta	37
4.2.2	Puhdistinlaitoskoon optimointi.....	37
4.2.3	Polttotekniikat.....	41
4.2.4	Absorptio	44
4.2.5	Adsorptio.....	45
4.2.6	Biologiset menetelmät.....	46
4.2.7	Kondensointi	46
4.2.8	Yhdistelmätekniikat.....	46
5	Maalauksen ympäristöhaittojen rajoittaminen ja hallinta	48
5.1	Yleistä metalli- ja puupintojen maalauksesta.....	48
5.2	VOC-päästöjen muodostuminen	49
5.3	Metallipintojen maalaus	50
5.3.1	Maalattavan pinnan esikäsittely	50
5.3.2	Maalin levitys.....	50
5.3.3	High solids -maalit	51
5.3.4	Jauhemaalit	52
5.3.5	Vesiohenteiset maalit ja hybridijärjestelmät	52
5.4	Puupintojen maalaus.....	53
5.4.1	Puun esikäsittely ennen maalausta tai lakkausta	53
5.4.2	Säteilyttämällä kovettuvat lakat ja maalit.....	53
5.4.3	Liuotinhenteiset maalit.....	54
5.4.4	Vesiohenteiset maalit.....	54
5.4.5	Maalien ja lakkojen ominaisuuksia eri käyttökohteissa.....	55
6	Painatuksen ympäristöhaittojen rajoittaminen ja hallinta.....	58
6.1	Graafinen teollisuus toimialana	58
6.1.1	VOC-päästöjen muodostuminen	59
6.1.2	Painovärit	60
6.1.3	Korvaavat painovärit.....	63
6.2	Pesuaineet.....	65
6.2.1	Offset-painokoneiden pesu	65
6.2.2	Fleksopainokoneiden pesu	66
6.3	Isopropanolin vähentäminen ja korvaus offset-painatuksessa.....	67
6.3.1	Isopropanoli korvaustekniikka	67
6.3.2	Laiteratkaisut	67
6.3.3	Isopropanolin vähentäminen tai korvaaminen käytännössä.....	68
6.4	VOC-puhdistustekniikka heatsetpainamisessa	69
7	Toiminnan tarkkailu ja raportointi sekä VOC-päästöjen määrittäminen	70
7.1	Käyttötarkkailu	70
7.1.1	Raaka-aineiden, kemikaalien, veden ja energian käytön ja kulutuksen seuranta.....	70
7.1.2	Käyttötarkkailulla säästöjä päästöjen tarkkailuun	71
7.1.3	Ennakoiva huolto- ja kunnossapito.....	71

7.2 Päästötarkkailu.....	72
7.2.1 Päästöt ilmaan.....	72
7.2.2 VOC-päästömittaus vai ainetasetarkastelu – kumpi tarpeen?.....	72
8 Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT).....	75
8.1 BAT laitoksen toiminnassa ja päästöjen hallinnassa.....	75
8.1.1 Laitoksen käyttö ja ylläpito, prosessien hallinta, sekä riskien ja onnettomuustilanteiden ennaltaehkäisy.....	75
8.1.2 Käyttö- ja päästötarkkailu.....	76
8.1.3 Tehdasalueen käytöstä poistaminen.....	76
8.2 BAT pintojen puhdistuksessa.....	76
8.3 BAT maalauksessa.....	77
8.3.1 Metallipintojen maalaus.....	77
8.3.2 Puun pintakäsittely.....	78
8.4 BAT painatuksessa.....	79
8.4.1 BAT offsetpainoilla.....	79
8.4.2 BAT fleksopainoilla.....	80
9 Uudet tekniikat.....	81
9.1 Pienemmän otsoninmuodostuspotentiaalinen liuottimet.....	81
9.2 Maalin talteenotto ruiskutusammion vesiverhovedestä.....	81
9.3 Korvaavat liuottimet puun pintakäsittelyssä.....	81
9.4 Jauhepinnoitus puun pintakäsittelyssä.....	82
9.5 UV-värien käyttö fleksopainatuksessa.....	82
9.6 Plasmatekniikka poistoilman puhdistuksessa.....	82
9.7 Aktiivihiiliadsorptio sähkögeneroinnilla poistoilman puhdistuksessa.....	82
10 Yhteenveto.....	83
11 Executive summary.....	85
Lähteet.....	87
Avainkäsitteitä, lyhenteitä ja yksiköitä.....	90
Yksiköt, mitat ja symbolit.....	93
Liitteet.....	94
Liite 1. Esimerkki päästöjen vähentämishojelman käytöstä metallipintojen maalauksessa.....	94
Liite 2. Liuottimen hallintasuunnitelma.....	96
Liite 3. Liuottimen hallintasuunnitelma painotalossa.....	98
Liite 4. Kustannustietoa VOC-päästöjen vähentämisestä.....	103
Liite 5. Esimerkki Finnair Tekniikan käyttöpäiväkirjasta.....	104
Liite 6. VOC-päästöjen mittausmenetelmät ja menetelmän valinta.....	105
Kuvailulehdet.....	107

1 Johdanto

1.1

Työn tavoitteet

Tämä työ on suomalainen selvitys orgaanisia liuottimia käyttävän pintakäsittelyn parhaista käytettävissä olevista tekniikoista (BAT, Best Available Techniques). Orgaanisia liuottimia käyttävän pintakäsittelyn toimialalta on valmistunut BAT-vertailuasiakirja eli BREF (EIPPCB 2007a), joka koskee alan suurimpia liuotinkäyttäjiä (yli 200 t/a). Tässä julkaisussa keskitytään pienten ja keskisuurten pintakäsittelylaitosten parhaiden käytettävissä olevien tekniikoiden ja menetelmien kuvaamiseen päästöjen rajoittamiseksi ja hallitsemiseksi. Tämä selvitys on erityisesti kohdennettu maalaus- ja painatustoimintoihin, mutta selvitystä voidaan käyttää hyväksi myös muissa orgaanisia liuottimia ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä käyttävissä toiminnoissa. BAT-selvitys liuottimia käyttävälle pintakäsittelylle laadittiin tukemaan alan lupakäytännön yhtenäistämistä ja antamaan tietoa toimialalla käytössä olevista tekniikoista ja menetelmistä toiminnanharjoittajien, lupaviranomaisten, suunnittelijoiden ja muille toimialasta kiinnostuneiden käyttöön.

Tässä julkaisussa kerrotaan ensin liuottimia käyttävien toimintojen lainsäädännöllisestä taustasta, menetelmistä VOC-päästöjen vähentämiseen ja hallintaan sekä keskitytään sitten erityisesti maalauksen ja painatuksen toimintojen BAT-tekniikoiden ja menetelmien kuvaukseen.

1.2

Työn tausta

Suomessa sekä ympäristöhallinnossa että teollisuuden eri toimialoilla on koettu tarpeelliseksi koota tietoa orgaanisilla liuottimilla tapahtuvan pintakäsittelyn parhaista käyttökelpoisista tekniikoista ja niiden soveltamismahdollisuuksista erityisesti pienissä yrityksissä. Myös näihin toimintoihin liittyvästä ympäristölainsäädännöstä ja sitä kautta yrityksille tulevista päästöjen vähentämisvelvoitteista on kaivattu lisää tietoa. Ongelmalliseksi on koettu mm. haihtuvien orgaanisten yhdisteiden eli VOC-yhdisteiden (Volatile Organic Compounds) erilaiset määritelmät, toimintojen luvanvaraisuuden ja ilmoitusvelvollisuuden määräytyminen, päästöjen rajoittaminen ja tarkkailu.

Orgaanisia liuottimia käyttävän pintakäsittelyn tärkeimmät ympäristöongelmat liittyvät haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöihin ilmaan ja jätevesiin, syntyviin jätteisiin sekä maaperän ja pohjaveden suojeluun. Haitallisten ympäristövaikutusten vähentäminen vaatii usein monia yhtäaikaista toimia, joiden soveltamisessa on otettava huomioon paitsi ympäristövaikutukset kokonaisuutena, myös työpaikkojen turvallisuus sekä itse tuotannon vaatimukset. Orgaanisten liuottimien käyttöön liittyviä turvallisuusnäkökohtia ovat mahdollinen palo- ja räjähdysvaara sekä työntekijöiden altistuminen liuotinaisille.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) on todettu edesauttavan otsonin muodostumista alailmakehässä. Otsonia muodostuu ilmakehän kemiallisissa reaktioissa typen oksideista ja hiilivedyistä, joita tulee ilmaan erityisesti autojen pakokaasuista ja teollisuuden päästöistä. Otsonia muodostavat reaktiot vaativat lämpöä ja aurin-
gonvaloa, joten Suomessa kevät ja kesä ovat otollisinta aikaa otsoninmuodostukselle. Otsoni on voimakas hapetin ja korkeat pitoisuudet ovat terveydelle haitallisia. Hengitysilman otsoni voi aiheuttaa erilaisia hengitystie- ja ärsytysoireita etenkin herkkillä ihmisillä. Myös allergiaoireet voivat pahentua korkeiden otsonipitoisuuksien aikana. Otsonille altistumista voi vähentää välttämällä rasittavaa liikuntaa ulkoilmassa korkeiden pitoisuuksien aikana. Otsoni vaurioittaa myös kasvien solukkoa ja heikentää puiden ja viljelyskasvien kasvua (YK 2003).

VOC-yhdisteillä on myös haitallisia terveysvaikutuksia, joita ei kuitenkaan vielä tunneta kovin hyvin. Vaikka VOC-yhdisteiden pitoisuudet ulkoilmassa ovat pieniä, niille altistuminen voi olla pitkäaikaista, jolloin useiden yhdisteiden vaikuttaessa samanaikaisesti saattaa syntyä kerrannaisilmiöitä. Liuottimien käyttö voi lisäksi aiheuttaa paikallisesti hajuhaittaa ja heikentää viihtyisyyttä merkittävästi (YK 2003). Suunniteltaessa uusia pintakäsittelytoimintoja tai olemassa olevien toimintojen laajennuksia kaavoitus ja maankäyttökysymykset nousevat usein esiin. Suomessa kaavoituksesta ja muusta maankäytöstä päätetään kunnissa. Kaavoitusta ohjaavat monet säännökset ja määräykset, tärkeimpänä niistä vuoden 2000 alussa voimaan tullut maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999).

1.3

Orgaanisten liuottimien määritelmät ja kulutus

Haihtuva orgaaninen yhdiste (Volatile Organic Compound, VOC) on määritelty sekä VOC-asetuksessa (VNa 435/2001) että ns. tuote-VOC-asetuksessa (VNa 837/2005). VOC-yhdisteellä tarkoitetaan yhdistettä, jonka höyrypaine 293,15 K:n lämpötilassa on vähintään 0,01 kPa tai jolla on vastaava haihtuvuus tietyissä käyttöolosuhteissa sekä kreosoottien osaa, joka ylittää höyrypaineen 0,01 kPa 293,15 K:n lämpötilassa. Haihtuvalla orgaanisella yhdisteellä tarkoitetaan myös orgaanista yhdistettä, jonka kiehumispiste normaali-ilmanpaineessa 101,3 kPa mitattuna on enintään 250 °C.

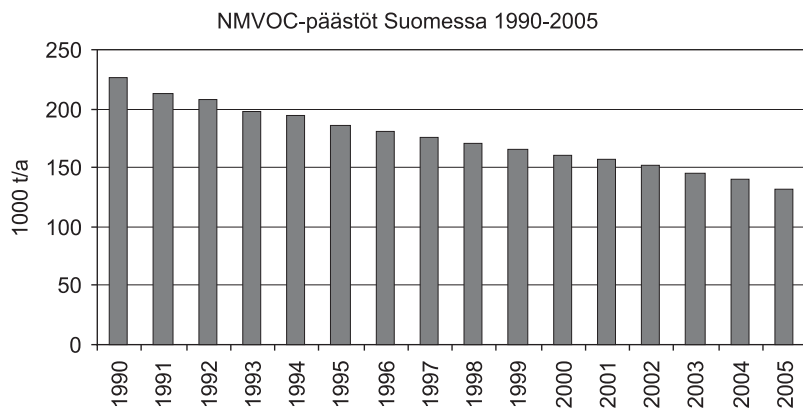
Euroopassa myydään ja käytetään noin 4,5 miljoonaa tonnia orgaanisia liuottimia vuodessa. Erilaiset maalaus- ja pinnoitusprosessit muodostavat suurimman liuotinkäyttäjärühmän. Tämän pintakäsittelyksi kutsutun ryhmän osuus koko liuotinkäytöstä on kuitenkin laskenut vuoden 1998 noin 46 %:sta 27 %:iin vuoteen 2003 mennessä, mikä johtuu pääasiassa vesiohenteisten maalien ja jauhemaalaustekniikoiden käyttöönotosta.

1.4

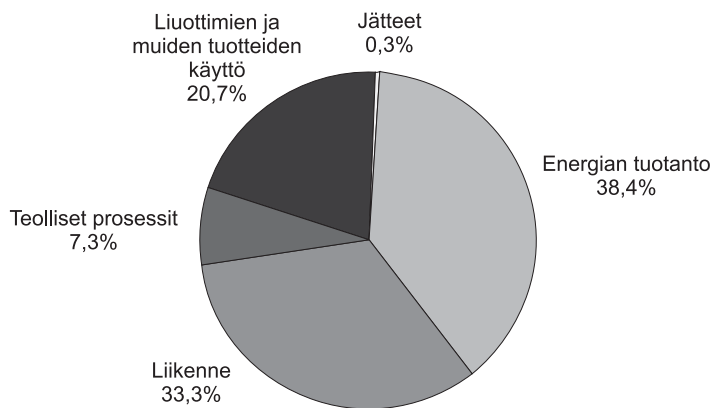
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöt

VOC-päästöjä syntyy energiantuotannossa, liikenteessä, teollisuuden prosesseissa, liuottimien, liimojen, maalien ja painovärien käytössä sekä bensiinin jakelussa (YK 2003). Euroopan yhteisö on antanut direktiivit bensiinin jakelun ja varastoinnin (94/63/EY), eräiden liuottimia käyttävien prosessien VOC-päästöjen (1999/13/EY) sekä eräiden maalituotteiden liuotinsisältöjen (2004/42/EY) rajoittamiseksi.

Suomessa VOC-päästöt tilastoidaan ns. NMVOC-päästöinä (Non-Methane Volatile Organic Compounds), jotka eivät sisällä metaania. Maamme NMVOC-päästöt ovat vähentyneet noin 42 % vuodesta 1990 vuoteen 2005 mennessä. Pääasialliset NMVOC-päästölähteet ovat energiantuotanto, liikenne ja liuottimien käyttö. Suomen NMVOC-päästöt ja niiden jakautuminen sektoreittain on esitetty kuvissa 1.1 ja 1.2.



Kuva I.1. Suomen NMVOC-päästöt vuosina 1990-2005. NMVOC-päästöt (Non-Methane Volatile Organic Compounds) eivät sisällä metaania, joka tilastoidaan erikseen (SYKE 2007 aineiston pohjalta).



Kuva I.2. NMVOC-päästöjen jakautuminen Suomessa sektoreittain vuonna 2005. Koko Suomen NMVOC-päästö oli 131 500 t (SYKE 2007 aineiston pohjalta).

2 Sovellettavasta lainsäädännöstä

Tässä selvityksessä tarkastellaan haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) käyttävien toimintojen ympäristönäkökohtia. Koska toimialalla käytetään kuitenkin paljon vaarallisia kemikaaleja, on tässä luvussa lyhyesti käsitelty myös toimialan kemikaalilainsäädäntöä, vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita sekä jätelainsäädäntöä.

2.1

Ympäristönsuojelulaki ja -asetus

Ympäristönsuojelulaki (86/2000) on pilaantumisen torjunnan yleislaki, joka sisältää säännökset maaperän, ilman ja vesien suojelusta. Ympäristönsuojelulain (86/2000) 28 §:n mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava ympäristölupa. Ympäristöluvassa annetaan määräyksiä mm. toiminnan laajuudesta, päästöistä ja niiden vähentämisestä. Ympäristölupaa edellyttävät toiminnot on lueteltu ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) 1 §:ssä, jonka 1 momentin kohdissa 6 a – c säädetään orgaanisia liuottimia ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) käyttävien toimintojen luvanvaraisuudesta (katso tarkemmin luku 2.3.1). Lisäksi kyseisessä ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:ssä on säädetty luvanvaraisiksi tiettyjä toimialoja (maalitehtaat, lääketehaat, telakka jne.), joissa tyypillisesti käytetään orgaanisia liuottimia ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä.

2.1.1

Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)

Ympäristönsuojelulain (YSL) 3 §:n mukaan parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla tarkoitetaan mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito- sekä käyttötapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä. BATin määrittelyä on tarkennettu ympäristönsuojeluasetuksen 37 §:ssä, jossa on lueteltu seuraavat parhaan käyttökelpoisen tekniikan sisältöä arvioitaessa huomioonotettavat asiat:

1. jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen;
2. käytettävien aineiden vaarallisuus sekä mahdollisuudet käyttää entistä haitattomampia aineita;
3. tuotannossa käytettyjen aineiden ja siinä syntyvien jätteiden uudelleenkäytön ja hyödyntämisen mahdollisuus;
4. muodostuvien päästöjen laatu, määrä ja vaikutus;
5. käytettyjen raaka-aineiden laatu ja kulutus;
6. energian käytön tehokkuus;
7. toimintaan liittyvien riskien ja onnettomuusvaarojen ennaltaehkäisy sekä onnettomuuksien seurausten ehkäiseminen;

8. parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöönottamiseen liittyvä aika ja toiminnan suunnitellun aloittamisajankohdan merkitys sekä päästöjen ehkäisemisen ja rajoittamisen kustannukset ja hyödyt;
9. kaikki vaikutukset ympäristöön;
10. teollisessa mittakaavassa käytössä olevat tuotantoa ja päästöjen hallintaa koskevat menetelmät;
11. tekniikan ja luonnontieteellisen tiedon kehitys;
12. Euroopan yhteisöjen komission tai kansainvälisten toimielinten julkaisemat tiedot parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta (ns. BAT-vertailuasiakirjat, BREFit).

Ympäristönsuojelulain 43 §:n mukaan päästöraja-arvot sekä päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien ympäristöluvan määräysten on perustuttava parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan. Toiminnanharjoittajan on ympäristölupahakemuksessa esitettävä oma arvionsa parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamisesta omassa toiminnassaan (YSA 9 §). Toiminnanharjoittajaa ei kuitenkaan velvoiteta tietyn teknisen ratkaisun käyttöön, vaan valinnan vapaus jää yritykselle sekä laitoksen suunnittelijoille. Lupamääräyksiä annettaessa on lisäksi otettava huomioon toiminnan luonne, sen alueen ominaisuudet, jolla toiminnan vaikutus ilmenee, toiminnan vaikutus ympäristöön kokonaisuutena, pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoitettujen toimien merkitys ympäristön kokonaisuuden kannalta sekä tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet toteuttaa nämä toimet. Lisäksi on tarpeen mukaan otettava huomioon energiankäytön tehokkuus sekä varautuminen onnettomuuksien ehkäisemiseen ja niiden seurausten rajoittamiseen. (YSL 43 §)

YSL 51 §:n mukaan yksittäinen lupamääräys voi olla ympäristönsuojelulain tai jätelain nojalla annettuun valtioneuvoston asetukseen sisältyvää yksilöityä ympäristönsuojelun vähimmäisvaatimusta ankarampi, jos se on tarpeen

- 1) luvan myöntämisen edellytysten täyttämiseksi;
- 2) asetuksella annetun ympäristön laatuvaatimuksen turvaamiseksi;
- 3) vesien suojelemiseksi; tai
- 4) parhaan käyttökelpoisen tekniikan noudattamiseksi, jos Euroopan yhteisön säädöksen täytäntöön panemiseksi annetussa valtioneuvoston asetuksessa näin säädetään.

2.1.1.1

BAT-tietolähteet

Merkittävä BAT-tietolähde on ns. IPPC-direktiivin liitteen 1 mukaisilta toimialoilta EU-tasolla valmistellut BAT-vertailuasiakirjat (BREF, BAT Reference Document). Esimerkkinä IPPC-direktiivin liitteen 1 toimialoista on orgaanisia liuottimia yli 200 tonnia vuodessa tai yli 150 kg/h käyttävät pintakäsittelylaitokset. Ko. toimialan BREF-asiakirja on valmistunut vuonna 2007 ja siinä on käsitelty seuraavia toimintoja (CIRCA 2007):

- kolmea painatusprosessia: heatset-offset, flekso- ja syväpainot sekä julkaisujen syväpainaminen
- käämilankojen, henkilöautojen, pakettiautojen, linja-autojen, junien, maatalouskoneiden, laivojen, huviveneiden, lentokoneiden, teräs- tai alumiinikelojen, metallipakkausten, huonekalujen sekä puu-, metalli- ja muovipintojen pinnoittamista ja/tai maalausta
- liimapäällystyistä hiomapapereiden ja teippien valmistuksessa
- puun kyllästämistä suoja-aineilla
- puhdistusta ja rasvanpoistoa edellä mainittujen toimenpiteiden yhteydessä.

Asiakirjassa käsitellään myös vesiliukoisten vaihtoehtojen (kuten e-coat) käyttöä liuotinpohjaisessa pintakäsittelyssä. Suomessa IPPC-direktiivin liitteen 1 mukaisia laitoksia on yhteensä noin 700 kappaletta, joista noin 3 % (21 kpl) on orgaanisia liuottimia yli 200 tonnia vuodessa käyttäviä pintakäsittelylaitoksia.

BREFien lisäksi BATin arvioimiseksi saa tietoa myös kansallisista BAT-raporteista alan käsikirjoista, ammattilehdistä, vertailututkimuksista, asiantuntijoilta, lupaviranomaisilta, jne. (esim. www.ymparisto.fi/bat, Seitsalo 2007).

2.2

VOC-asetus

VOC-asetuksella tarkoitetaan valtioneuvoston asetusta 435/2001 orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta. VOC-asetus on annettu vuonna 2001 VOC-direktiivin (1999/13/EY) täytäntöön panemiseksi kansallisessa lainsäädännössä. Asetuksesta käytetään myös nimeä teollisuus-VOC -asetus erotuksena myöhemmin annettuun tuote-VOC -asetukseen (kts. luku 2.4).

Teollisuus-VOC-asetuksessa ja tuote-VOC-asetuksessa on toisistaan hieman poikkeavat määritelmät sille, mikä on haihtuva orgaaninen yhdiste. Tarkemmin VOC-asetuksen mukaisia termejä poistokaasut ja hajapäästöt jne. on esitelty tämän selvityksen loppuosan avainkäsitteissä.

2.2.1

Päästöjen vähentämisvaatimukset

VOC-asetus määrittää vähimmäistason, johon soveltamisalaan kuuluvien toimintojen on VOC-päästöjään rajoitettava. Päästöjen rajoittamisesta määrätään luvanvaraisten toimintojen osalta ympäristöluvassa ja ilmoitusvelvollisten osalta, kun ilmoitus merkitään tietojärjestelmään ja merkinnästä tiedotetaan hakijalle.

VOC-asetusta sovelletaan orgaanisia liuottimia käyttäviin toimintoihin, joissa liuottimia kulutetaan enemmän kuin se määrä, joka kullekin toiminnolle on määritelty asetuksen liitteen 1 taulukoissa. Liuottimien kulutuksella tarkoitetaan laitoksessa käytettyjen orgaanisten liuottimien ja pesuliuottimien kokonaismäärää yhden kalenterivuoden tai muun 12 kuukauden ajanjakson aikana, lukuun ottamatta orgaanisia liuottimia, jotka otetaan talteen käytettäväksi uudelleen. Uudelleen käytöllä tarkoitetaan liuottimen käyttöä teknisiin tai kaupallisiin tarkoituksiin tai polttoaineena, ei kuitenkaan talteenotettujen liuottimien käsittelyä jätteenä. Esimerkiksi ongelmajätelaitokselle toimitettavat jäteliuottimet tulkitaan jätteeksi eikä polttoaineeksi eikä niitä siten oteta huomioon uudelleen käytettävänä liuottimina.

VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluville toiminnoille on annettu VOC-päästöjen rajoittamisvaatimukset, jotka on esitetty toimintokohtaisesti VOC-asetuksen liitteessä 1. Toiminnanharjoittaja valitsee itse tavan, jolla päästöjään vähentää. Päästöjen rajoittaminen/vähentäminen voidaan toteuttaa vaihtoehtoisesti:

- A. Noudattamalla toiminnanharjoittajan esittämää päästöjen vähentämisohjelmaa
- B. Noudattamalla samanaikaisesti asetuksessa määrättyä poistokaasujen päästöraja-arvoa ja hajapäästöjen raja-arvoa tai vaihtoehtoisesti noudattamalla asetuksessa määrättyä kokonaispäästöraja-arvoa.

VOC-asetuksen mukaiset päästöjen tavoitearvot ovat astuneet voimaan vaiheittain 31.10.2007 mennessä. Jos kuitenkin olemassa oleva laitos tulee ensimmäisen kerran

VOC-asetuksen soveltamisen piiriin olennaisen muutoksen tai toiminnan laajentumisen myötä 31.10.2007 jälkeen, voi laitos edelleen toteuttaa päästöjen vähentämisen joko päästöraja-arvojen tai VOC-päästöjen vähentämisohjelman avulla. Toiminnanharjoittaja esittää vähentämistoimenpiteiden aikataulun. Päästöjen vähentämisaikataulu harkitaan ympäristölupakäsittelyssä, ja jos kyse on ilmoitusvelvollisesta toiminnasta, vähentämisaikataulu vahvistetaan merkittäessä toiminta tietojärjestelmään.

Asetuksessa annetaan lisäksi tietyille haitallisille VOC-yhdisteille erityiset poistokaasujen päästöraja-arvot, joita on aina noudatettava käytettäessä kyseisiä terveydelle haitallisia liuottimia. Näitä päästöraja-arvoja on pitänyt noudattaa viimeistään 31.10.2007.

2.2.1.1

Päästöjen vähentämisohjelma

Päästöjen vähentämisohjelmaa noudattavissa toiminnoissa VOC-päästöjä vähennetään korvaamalla aiemmin käytetyt orgaanisia liuottimia sisältävät pinnoitteet vähemmän liuottimia sisältävillä pinnoitteilla tai liuotteettomilla pinnoitteilla, jolloin tuotannossa käytettävien pinnoitteiden keskimääräistä liuotinpitoisuutta saadaan vähennettyä. Tyypillisin esimerkki vähentämisohjelmaa noudattavista toiminnoista on puu- tai metallipintojen maalaus, jossa liuotinhenteiset pinnoitteet (maalit, lakat yms.) korvataan vesiohenteisilla pinnoitteilla tai korkeamman kiintoainepitoisuuden tuotteilla, jolloin orgaanisten liuottimien kulutus ja sitä myöten VOC-päästöt vähenevät. Metallipintojen maalauksessa liuotinhenteisten maalien korvaaminen voidaan tehdä myös jauhemaaleilla, joissa ei ole liuottimia lainkaan.

Päästöjen vähentämisohjelma sopii ja saattaa olla kustannuksiltaan kohtuullinen maalaamoille ja muille pintojen käsittelijöille silloin, kun puhdistustekniset ratkaisut tai puhdistinlaitteiden hankinta on liian kallis investointi tai jos puhdistinlaitteisiin johdettavan poistoilman VOC-pitoisuus on niin pieni, että joudutaan käyttämään paljon tukipolttoainetta. Vähentämisohjelmaa käytettäessä liuotinhenteisten tuotteiden vaihtaminen ei usein yksin riitä, vaan maalauslinjoja ja maalaustekniikkaa joudutaan uudistamaan sekä kuivausaikoja pidentämään. Päästöjen vähentämisohjelman käyttö mahdollistaa myös sen, että vain osa käytettävistä liuotinhenteisistä tuotteista vaihdetaan vähemmän liuottimia sisältäviin tai vesiohenteisiin tuotteisiin.

VOC-päästöjen vähentämisohjelmaa voidaan käyttää myös muiden kuin VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluvien toimintojen tai laitosten päästöjen vähentämiseksi, jos laitoksessa käytetään tuotteita (maaleja, lakkoja), joiden kiintoaineen määrää voidaan kasvattaa.

Päästöjen vähentämisohjelman laadinta

Vähentämisohjelmalla tulee päästä samaan päästöjen vähenemään kuin poistokaasujen päästöraja-arvoa ja hajapäästöjen raja-arvoa noudattamalla. Tämä on otettu huomioon vähentämisohjelman kertoimissa. VOC-päästöjen vähentämisohjelmalla lasketaan VOC-asetuksen liitteen 2 ohjeiden mukaan VOC-päästöille tavoitearvo. Vähentämisohjelman lähtötiedoiksi tarvitaan vuosittain käytettyjen maalien, pinnoitteiden, ohentimien ja pesuliuottimien määrät sekä niiden liuotin- ja kiintoainepitoisuudet. Näiden tietojen avulla voidaan laskea VOC-asetuksen vaatimuksia vastaava **tavoitearvo**.

Tavoitearvo lasketaan oheisen laskukaavan mukaan:

$$TE = KA \cdot a \cdot b$$

jossa,

- TE päästöjen tavoitearvo, kg/vuosi
- KA vuodessa kulutetun maalin sisältämä kiintoainemäärä, kg
- a vertailupäästökerroin VOC-asetuksen liitteen 2 taulukosta 2.1.
- b tavoitepäästökerroin; tavoitepäästö (%) / 100

Tavoitearvon laskukaavassa vertailupäästökertoimet (a) vastaavat tyypillistä, kyseisellä toimialalla käytettävän liuotinhenteisen maalin tai muun tuotteen liuotinkiintoainesuhdetta ennen kuin on otettu käyttöön korvaavia pinnoitteita. Esimerkiksi vertailupäästökerroin 4 puupintojen maalauksessa vastaa maalia tai lakkaa, jonka liuotinpitoisuus on 80 prosenttia ja kiintoainepitoisuus 20 prosenttia. Vastaavasti metallipintojen maalauksessa tyypillinen liuotinkiintoainesuhde (vertailupäästökerroin) on $60/40=1,5$. Tavoitepäästökerroin (b) on luku, joka VOC-asetuksessa on määritelty erilaisiksi eri toimialoille.

Tavoitearvon laskukaavasta nähdään, että vähentämishjelmassa on kyse liuottimien ja kiintoaineen suhteesta, jossa liuotinkiintoainesuhdetta pienentämällä päästään VOC-asetuksen tavoitteisiin. Vaadittava liuotinkiintoainesuhde (laskukaavassa kerroin $a*b$) riippuu toimialasta ja liuottimien vuosikulutuksesta (t/a). Muutamalle vähentämishjelmalla yleisimmin käytäville toimintoille on liuotinkiintoainesuhteet laskettu valmiiksi taulukkoon 2.1.

Jos toteutunut liuottimien kulutus on ollut pienempi kuin tavoitearvo, laitoksen toiminta täyttää VOC-asetuksen vaatimukset / laitos noudattaa VOC-asetusta. Vuosittain voidaan tarkastella myös liuottimien ja kiintoaineen määrien suhdetta ja verrata sitä VOC-asetuksen edellyttämään maksimiliuotinkiintoainesuhteeseen (ks. taulukko alla). Esimerkiksi puupintojen maalauksessa liuotinkiintoainesuhteen on oltava $\leq 1,0$, jos liuottimia kulutetaan yli 25 t/a. Esimerkki vähentämishjelmän laskennasta ja käytöstä metallimaalaamossa on esitetty liitteessä 1. "Jos tuotanto vaihtelee vuosittain paljon, niin liuottimien ja kiintoaineen suhde kuvaa selvästi paremmin VOC-asetuksen mukaista päästöjen vähentämistavoitetta kuin jos laitokselle annetaan vain maksimituotannon perusteella määräytyvä kokonaispäästöraja, joka voitaisiin saavuttaa vain pienentämällä tuotantoa riittävästi."

Taulukko 2.1 VOC-päästöjen vähentämishjelmän laskentakertoimet muutamissa asetuksen mukaisissa toiminnoissa, joissa tyypillisimmin vähentämishjelmalla voidaan käyttää.

Toiminto	Liuottimien kulutus (t/a)	Vertailupäästökerroin (a)	Tavoitepäästökerroin (b)	VOC-asetuksen edellyttämä max. liuotinkiintoainesuhde ($a*b$)
Liimaus	5-15	4	0,3	1,2
	> 15	4	0,25	1,0
Puupintojen maalaus	15-25	4	0,4	1,6
	> 25	4	0,25	1,0
Metallipintojen maalaus	> 5-15	1,5	0,4	0,6
	> 15	1,5	0,25	0,375

2.2.1.2

Poistokaasujen päästöraja-arvo ja hajapäästöjen raja-arvo

Poistokaasujen päästöraja-arvo annetaan ns. kokonaishiilipitoisuutena mgC/Nm^3 ja hajapäästöjen raja-arvo prosenttiosuutena käytetyistä liuottimista. Esimerkiksi pintakäsittelyn toiminnoissa poistokaasujen pitoisuusraja-arvot eri toiminnoille vaihtelevat 20 ... 100 mgC/Nm^3 ja hajapäästöjen raja-arvo 5 ... 30 % käytetyistä liuottimista. Asetus antaa mahdollisuuden poiketa VOC-asetuksen liitteessä 1 annetuista hajapäästöjen raja-arvosta, mikäli raja-arvon noudattaminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista. Tällöin toiminnanharjoittajan on kuitenkin osoitettava lupaviranomaiselle, että laitoksessa sovelletaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa.

Asetuksen liitteen 1 taulukon 5 a mukaisessa maalauksessa voidaan olla noudattamatta hajapäästöjen ja poistokaasujen päästöraja-arvoja, mikäli maalausta ei voida tehdä hallituissa oloissa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi telakoilla tapahtuvaa alusten maalausta laiturissa. Tällöin on noudatettava päästöjen vähentämishjelmalla, ja mi-

käli vähentämishojelman käyttö ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista, on osoitettava lupaviranomaiselle, että laitoksessa sovelletaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa.

2.2.1.3

Kokonaispäästöraja-arvo

Kokonaispäästöraja-arvoa voidaan noudattaa niissä asetuksen toiminnoissa, joille VOC-asetuksen liitteen 1 toimialakohtaisissa taulukoissa on kokonaispäästöraja-arvo annettu. Kokonaispäästöraja-arvo voi esimerkiksi maalitehtaille olla % käytetyistä liuottimista, kun taas jalkineiden valmistuksessa raja-arvo on muotoa g vapautunutta liuotinta jalkineparia kohden laskettuna.

Kokonaispäästöraja-arvoa (% käytetyistä liuottimista) on sovellettu myös joissain pintojen puhdistustoiminnoissa, vaikkei asetuksen liitteessä 1 kokonaispäästöraja-arvoa toiminnolle olekaan annettu. Esimerkiksi jos ksyleeniä käytetään pintojen puhdistukseen yli 10 t/a ja toiminnassa haihtuvan ksyleenin määrä jää alle 15 % puhdistuksessa käytetyn ksyleenin määrästä (15 % on hajapäästöjen raja-arvo ko. toiminnalle), on tulkittu, että toiminta täyttää VOC-asetuksen vaatimukset. Tämänkaltainen kokonaispäästöraja-arvon soveltaminen täytyy kuitenkin harkita tapauskohtaisesti eikä se sovellu pintojen puhdistustoimintoihin, joissa käytetään VOC-asetuksen 9 – 10 §:n mukaisia liuottimia.

2.2.1.4

Poistokaasujen päästöraja-arvo tietyille VOC-yhdisteille

VOC-asetuksen 9 §:ään ja 10 §:ään sisältyy vaatimus tiettyjen terveydelle haitallisten aineiden korvaamisesta ja niitä koskevista päästöraja-arvoista. R-lausekkeilla R45, R46, R49, R60 ja R61 merkittäväksi määrätyt yhdisteet on 9 §:n mukaan mahdollisimman pian korvattava vähemmän haitallisilla aineilla. Yhdisteiden päästöraja-arvo on 2 mg/Nm³, jos näiden yhdisteiden massavirta on vähintään 10 g/h eli 0,01 kg/h. Esimerkki 9 §:n mukaisesta liuottimesta on trikloorietylenei, jolla on vaaralauseke R45.

Asetuksen 10 §:n mukaan R40-merkityille halogenoiduille (tyypillisimmin kloorattu tai bromattu yhdiste) yhdisteille annetaan lisäksi päästöraja-arvo 20 mg/Nm³, jos näiden yhdisteiden massavirta on vähintään 100 g/h eli 0,1 kg/h. Esimerkki 10 §:n aineesta on tetrakloorietylenei (perkloorietylenei, ”perri”).

2.3

Ympäristönsuojeluasetuksen ja VOC-asetuksen välinen suhde

VOC-asetuksella rajoitetaan ensisijaisesti laitoksen päästöjä ilmaan, mutta ympäristöluvassa annetaan määräyksiä myös muun muassa päästöistä viemäriin, kemikaalien varastoinnista, toiminnan riskien ehkäisemisestä ja jätehuollosta.

Ympäristölupa myönnetään tietyille toiminnalle ja tuotannon tasolle, joka ympäristölupaa haettaessa yleensä arvioidaan tuotantokapasiteetin ja realististen kasvuodotusten avulla. Enimmäistuotantomäärän avulla arvioidaan myös orgaanisten liuottimien ja VOC-päästöjen enimmäismäärä, joita koskevia määräyksiä annetaan ympäristöluvassa. Uudella luvanvaraisella toiminnalla tai toiminnan olennaisella muutoksella on oltava lainvoimainen ympäristölupa ennen toiminnan aloittamista, ellei aloittamiselle ole saatu lupaa aloittaa toiminta muutoksenhausta huolimatta (ympäristönsuojelulaki 101 §).

VOC-asetus määrittää vähimmäistason, johon soveltamisalaan kuuluvien toimintojen on VOC-päästöjään rajoitettava. Ympäristöluvassa edellytetty taso VOC-

päästöjen vähentämisestä voi olla VOC-asetuksen vaatimuksia tiukempi, mikäli se tapauskohtaisen harkinnan tuloksena on tarpeen parhaan käyttökelpoisen tekniikan noudattamiseksi esim. laitoksen sijainnin ja naapurustolle aiheutuvan hajuhaitan ehkäisemiseksi (katso kohta 2.1.1.).

2.3.1

Tarvitaanko ympäristölupa vai tehdäänkö ilmoitus tietojärjestelmään?

Ympäristölupaa edellyttävät toiminnot on lueteltu ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) 1 §:ssä, jonka 1 momentin kohdissa 6 a – c säädetään orgaanisia liuottimia ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) käyttävien toimintojen luvanvaraisuudesta. Ympäristölupa on oltava kohtien 6 a – c mukaan haihtuvia orgaanisia yhdisteitä käyttävillä laitoksilla, jos

- a) haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kulutus on yli 150 kiloa tunnissa tai yli 200 tonnia vuodessa;
- b) haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kulutus on, kun siitä vähennetään tuotteisiin sitoutunut osuus, vähintään 10 tonnia vuodessa tai vastaava huippukulutus vähintään 20 kiloa tunnissa;
- c) kyseessä on valtioneuvoston asetuksen 435/2001, ns. VOC-asetuksen 3 §:ssä tarkoitettu toiminta.

VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluvat laitokset jaetaan niiden toimialan ja käytettävien orgaanisten liuottimien kulutuksen mukaan asetuksen 3 §:n mukaisesti luvanvaraisiin tai 4 §:n mukaisesti ilmoitusvelvollisiin laitoksiin. Ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n kohdan 6 b mukaan toimintaan on haettava ympäristölupaa jo yli 10 t/a orgaanisten liuottimien kulutuksella **eikä ympäristöluvanvaraisuus siten ole aina sama kuin luvanvaraisuus VOC-asetuksen mukaan**. VOC-asetuksen liitteessä 1 on lueteltu soveltamisalaan kuuluvat toiminnot, joita ovat erilaiset toimijat pienistä kemiallisista pesuloista suuriin maalitehtaisiin. VOC-asetuksen liitteen 1 toiminnot on lueteltu taulukossa 2.2. Orgaanisia liuottimia käyttävistä pintakäsittelytoiminnoista (esim. maalaus ja painatus) suuri osa kuuluu VOC-asetuksen soveltamisalaan.

VOC-asetuksen soveltamisalaan **ei kuulu** orgaanisten liuottimien käyttö toiminnoissa, joissa käytettävä liuotin reagoi kemiallisesti. Tällainen toiminta voi kuitenkin olla ympäristölupaa edellyttävää YSA 1 §:n kohdan 6 b mukaan. Esimerkkinä tällaisesta toiminnasta voidaan mainita lasikuituveneiden tai muiden vastaavien lujitemuovituotteiden valmistus styreeniä sisältävästä hartsista. Valmistusprosessissa hartsin sisältämä styreeni polymeroituu prosessissa ja vain vähäinen osa haihtuu VOC-päästöinä ilmaan. Jos kuitenkin lujitemuovituote pinnoitetaan ja pinnoitusprosessissa käytettyjen orgaanisten liuottimien kulutus ylittää VOC-asetuksen soveltamisalan kulutusrajat, voi toiminta olla ympäristöluvanvaraista myös kohdan 6 c mukaan.

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä käyttävän toiminnan ympäristöluvanvaraisuus voi määräytyä myös muiden kuin ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n kohtien 6 a – c mukaan. **Saman laitoksen toiminta voi siis olla ympäristöluvanvaraista useamman ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n 1 momentin laitosluettelon kohdan mukaan**. Esimerkiksi metallien pintakäsittely on ympäristöluvanvaraista YSA 1 §:n kohdan 2 h mukaan. Metallipintojen maalausta harjoittava yrityksen toiminta voi olla ympäristöluvanvaraista maalattavien metallipintojen esikäsittelyn takia (YSA 1 §:n kohdan 2 h pintakäsittely) sekä samalla kuulua VOC-asetuksen soveltamisalaan, jolloin ympäristöluvanvaraisuus määräytyy myös kohdan 6 c mukaan.

Toiminta voi myös olla VOC-asetuksen mukaan ilmoitusvelvollista toimintaa, mutta samalla ympäristönsuojeluasetuksen perusteella luvanvaraista toimintaa, **tällöin toimintaan on haettava ympäristölupaa**. Esimerkiksi maalaustoiminta, jossa liuotti-

mien kulutus on 12 tonnia vuodessa, on VOC-asetuksen mukaan ilmoitusvelvollista, mutta YSA 1 § 6b kohdan mukaan luvanvaraista.

Ympäristölupaa on myös haettava ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n laitosluetteloa pienempään toimintaan, jos toiminta sijoitetaan tärkeälle pohjavesialueelle ja toiminnasta voi aiheutua pohjaveden pilaantumisen vaaraa (YSA 1 §:n 2 momentti).

Taulukko 2.2. Yhteenveto VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluvista toiminnoista ja orgaanisten liuottimien kulutuksesta, joka määrittää toiminnon kuulumisen VOC-asetuksen mukaisiin lupa- tai ilmoitusvelvollisiin toimintoihin. Huom! Taulukkoon on lihavoituna ja *:-llä merkitty ne toiminnot, jotka ovat ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n kohdan 6 b mukaan velvollisia hakemaan ympäristölupaa yli 10 t/a orgaanisten liuottimien kulutuksella.

Toiminta	Orgaanisten liuottimien kulutus (t/a)	VOC-asetuksen mukainen lupa- ja ilmoitusvelvollisuus	VOC-asetuksen liitteen I taulukko, jossa toimialan päästörajarvot on annettu
Julkaisusyväpainot	> 25 *)	Lupa	Taulukko 1
Tekstiilien ja kartongin rotaatioseripainot	> 30 *)	Lupa	
Muut painolaitokset (heatsetrainaoffsetpainot, muut syväpainot, rotaatioseripainot, laminointi- ja lakkausyksiköt)	> 15 *)	Lupa	
Pintojen puhdistus liuottimilla, jotka on mainittu VOC-asetuksen 9 § - 10 §	> 1	Lupa	Taulukko 2
Muu pintojen puhdistus	2-10 > 10	Ilmoitus Lupa	
Ajoneuvojen maalaus (<15 t/a) ja ajoneuvojen maalaus tuotantolaitoksen ulkopuolella	0-15 *)	Ilmoitus	Taulukko 3
	> 15	Lupa	Taulukko 5d
Kelapinnoitus (jatkuvatoininen nauhapinnoitus)	> 25 *)	Lupa	Taulukko 4d
Metallin, muovin, tekstiilien, folion ja paperin pinnoitus ja maalaus sekä muu pinnoitus	5-15 *)	Ilmoitus	Taulukko 5a
	> 15	Lupa	
Puupintojen maalaus	> 15	Lupa	Taulukko 5b
Nahan viimeistely	10-15	Lupa	Taulukko 5c
	> 15	Lupa	
Lankalakkaus	5-15 *)	Ilmoitus	Taulukko 6
	> 15	Lupa	
Kemiallinen pesu	-	Ilmoitus/lupa	Taulukko 7
Puun kyllästäminen	> 25 *)	Lupa	Taulukko 8
Jalkineiden valmistus	5-10	Ilmoitus	Taulukko 9
	> 10	Lupa	
Puun ja muovin laminointi	5-10	Ilmoitus	Taulukko 10
	> 10	Lupa	
Liimaus	5-15	Ilmoitus	Taulukko 11
	> 15	Lupa	
Maalien, lakkojen, liimojen ja painovärien valmistus	> 100	Lupa	Taulukko 12
Kumin jalostus	> 15 *)	Lupa	Taulukko 13
Kasviöljyjen ja eläinrasvojen uutto ja kasviöljyjen jalostustoiminnot	> 10	Lupa	Taulukko 14
Lääketeollisuus	> 50 *)	Lupa	Taulukko 15

Ympäristölupaa voidaan edellyttää myös, jos toiminnasta päästetään vesiin tai vesihuoltolaitoksen viemäriin ympäristönsuojeluasetuksen liitteessä 1 mainittuja aineita (YSA 3 §). Joissain tapauksissa ympäristöluvanvaraisuus voi määräytyä myös eräistä naapurussuhteista annetun lain (26/1920) 17 §:n mukaisen kohtuuttoman rasituksen takia (YSL 28 §:n 2 momentin kohta 3).

Pintojen puhdistus

VOC-asetuksen liitteen 1 taulukon 2 mukainen pintojen puhdistus tarkoittaa käytännössä rasvanpoistoa tai muuta vastaavaa tuotteen esikäsitteilyä ennen kuin tuote esimerkiksi maalataan tai lakataan. Sen sijaan työvälineiden, tuotantolaitteistojen, maalaustelosten tai painokoneen telosten puhdistaminen orgaanisilla liuottimilla ei ole VOC-asetuksen mukaista pintojen puhdistusta. Työvälineiden ja tuotantolaitteistojen puhdistukseen käytetyt puhdistusliuottimet lasketaan mukaan VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluvan varsinaisen toiminnon (esimerkiksi maalaus) orgaanisten liuottimien kulutukseen. **Jos varsinainen toiminta ei kuulu VOC-asetuksen soveltamisalaan, eivät ko. toiminnossa käytetyt tuotantolaitteistojen ja -välineiden puhdistusliuottimetkaan tuo laitosta VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluvaksi**, esimerkkinä muovituoteteollisuudessa muottien puhdistukseen käytetyt orgaaniset liuottimet.

Kemialliset pesulat

Kemiallisen pesulan toimintaan ei ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n 1 momentin 9 kohdan c alakohdasta poiketen tarvita ympäristölupaa, jos toiminnassa käytetään sellaisia pesulatoimintaa tarkoitettuja laitteita ja järjestelmiä, joista ei pääse päästöjä ilmaan eikä veteen ja toiminnassa syntyvät jätteet luovutetaan jätelain (1072/1993) 15 §:n mukaisesti käsiteltäväksi. Poikkeus ei kuitenkaan koske kemiallista pesulaa, joka sijaitsee tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella ja jonka toiminnasta voi aiheutua pohjaveden pilaantumisen vaaraa. Käytännössä luvanvaraisuudesta vapautuminen tarkoittaa sitä, että kemiallista pesua suoritetaan vain suljetuissa koneissa, jossa liuottimena käytettävä perkloorietyleeni tai muu haihtuva orgaaninen liuotin kierrätetään suljetussa prosessissa. On huomattava, että perkloorietyleeni (eli tetrakloorieteeni, -etyleeni) kuuluu myös aineisiin, joita vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen (1022/2006) 4 §:n mukaan ei saa päästää pintaveteen eikä vesihuoltolaitoksen viemäriin. Erittäin pienet päästöt voidaan asetuksen mukaan kuitenkin sallia, mikäli toiminnanharjoittaja voi osoittaa, ettei päästämisestä voi aiheutua pintaveden pilaantumisen vaaraa eikä haittaa vesihuoltolaitoksen toiminnalle.

2.3.2

Toimivaltainen viranomainen

Orgaanisia liuottimia käyttävien toimintojen ympäristöluvat myöntää pääsääntöisesti kunnan ympäristönsuojeluviranomainen tai alueellinen ympäristökeskus. Jos lupaviranomainen ei määräydy suoraan toiminnan luonteen (esim. YSA 1 §:n kohdan 2 h pintakäsittely) takia, niin se määräytyy liuottimien kulutuksen perusteella.

Alueellinen ympäristökeskus ratkaisee haihtuvia orgaanisia yhdisteitä käyttävien toimintojen ympäristöluvat, kun haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kulutus on, kun siitä vähennetään tuotteisiin sitoutunut osuus, vähintään 50 t/a tai 100 kg/h. Muissa tapauksissa lupaviranomainen on normaalisti kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Joissain tapauksissa lupaviranomainen voi olla myös ympäristölupavirasto, jos VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluva toiminto on osa lupavirastossa luvittavaa toimintakokonaisuutta.

VOC-asetuksen 4 §:n mukainen ilmoitus ympäristönsuojelun tietojärjestelmään tehdään alueelliselle ympäristökeskukselle, mutta toimintaa valvoo kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Toiminnasta raportoidaan vuosittain kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle.

2.4

Tuote-VOC-asetus

Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja lakkoissa sekä ajoneuvojen korjausmaalauksetuotteissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta eli ns. tuote-VOC -asetus (837/2005) astui voimaan 31.10.2005. Asetuksella säädetään eräiden rakennusmaalien ja -lakkojen sekä ajoneuvojen korjausmaalauksessa käytettävien tuotteiden haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC-yhdisteet) pitoisuuksien enimmäismääristä ja niiden merkitsemisestä valmisteen päällysmarkkintoihin. Asetuksen velvoitteita on pitänyt noudattaa vuoden 2007 alusta lähtien. Rakennusmaalauksetuotteiden VOC-pitoisuusrajat tiukkenevat edelleen vuoden 2010 alusta.

VOC-asetuksen (teollisuus-VOC-asetus) soveltamisalaan kuuluvissa toiminnoissa tai laitoksissa voidaan käyttää tuotteita, jotka eivät täytä tuote-VOC -asetuksen määräyksiä. Tällaiset toiminnot voivat kuulua VOC-asetuksen taulukoihin (5a) metallipintojen maalaus tai (5 b) puupintojen maalaus.

2.4.1

Ajoneuvojen korjausmaalaus

Ajoneuvojen korjausmaalauksella tarkoitetaan autojen tai sen osien maalausta tai käsittelyä osana ajoneuvon korjausta, koristelua tai entistämistä, joka tehdään varsinaisen autojen tuotantolaitoksen ulkopuolella. Korjausmaalaukseen luetaan mukaan myös rasvanpoistotoiminnot ja niissä käytettävät liuottimet. Korjausmaalaamoiden ja korjausmaalausta harjoittavien yritysten liuotinpäästöjen rajoittamisessa on keskitytty tuotteiden liuotepitoisuuden alentamiseen. Markkinoille saatettavien tuotteiden liuotinpitoisuudesta on määrätty yhteisön direktiivillä, jonka sisältämät rajoitukset on Suomessa annettu ns. tuote-VOC-asetuksella. Tuote-VOC-asetuksessa määrätään korjausmaalauksessa käytettävien tuotteiden (esikäsittely- ja puhdistusaineet, täyte-ainekset/kitit, pohjamaalit, pintamaalit ja erikoispinnoitteet) maksimiliuotinpitoisuudesta. Nämä vaatimukset kohdentuvat valmistajiin ja maahantuojiin, joiden on varmistuttava siitä, että tuotteet täyttävät asetutut vaatimukset.

Mikäli korjausmaalaamossa tehdään ajoneuvojen tai sen osien tai perävaunujen alkuperäismaalausta ja vaikka toiminnassa käytettäisiin korjausmaalaukseen tarkoitettuja maaleja, on toimintaa tarkasteltava laitosmaisena toimintana ja toiminnasta on VOC-asetuksen mukaan tehtävä ilmoitus toiminnan merkitsemisestä tietojärjestelmään tai jos liuottimien kulutus on yli 15 t/a, haettava toiminnalle ympäristölupa.

2.5

Jätelainsäädäntö

Jätelain tavoitteena on, että kaikissa toiminnoissa syntyy jätettä mahdollisimman vähän. Jätteistä ei myöskään saa aiheutua merkityksellistä haittaa tai vaikeutta jätehuollon järjestämiselle eikä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Toiminnanharjoittajan on oltava riittävän hyvin selvillä tuotannossaan tai tuotteestaan syntyvistä jätteistä, niiden terveys- ja ympäristövaikutuksista sekä niiden määrän ja

haitallisuuden vähentämisestä ja jätehuollosta. Lisäksi toiminnanharjoittajan on oltava selvillä mahdollisuuksista kehittää tuotantoa tai tuotetta siten, että jätteen määrä ja haitallisuus vähenevät. Jätteiden käsittelyä liuottimilla tapahtuvassa pintakäsittelyssä on esitetty tarkemmin raportin luvussa 3.7.

Valtioneuvoston asetuksessa 202/2006 määritetään yksityiskohtaiset periaatteet ja menettelytavat jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin. Jäte voidaan hyväksyä kaatopaikalle vain, jos se täyttää kyseistä kaatopaikkaluokkaa varten säädetyt kelpoisuusperusteet. Kaatopaikoille saa sijoittaa ainoastaan kaatopaikan luokituksen mukaisia jätteitä. Jätteen tuottajan tai haltijan on toimitettava kaatopaikan pitäjälle tiedot muun muassa jätteen koostumuksesta, orgaanisen aineksen määrästä ja hajovuudesta sekä haitallisten aineiden määrästä ja liukoisuudesta.

Asetuksen liitteessä on yksilöity yhtenäiset menettelyt jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arviointia varten. Menettely on kolmivaiheinen ja siihen kuuluvat perusmäärittely, vuosittainen vastaavuustestaus ja jätteen tarkastus kaatopaikalla. Asetuksen liitteessä on myös lueteltu arvioinnissa käytettävät analyysit ja näytteenottomenetelmät.

Kaatopaikkakelpoisuuden arviointimenettelystä on laadittu perusteellinen opas (Wahlström *et al.* 2006), jossa on myös esitetty esimerkki tämän raportin toimialaan kuuluvan maalaamotoiminnan sakan luokituksesta ja kaatopaikkakelpoisuudesta.

2.6

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista

Pintakäsittelytoiminnoissa voi olla käytössä aineita, jotka ovat vesiympäristölle vaarallisia tai haitallisia ja joiden päästöt saattavat aiheuttaa pintavesien pilaantumista. Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen (1022/2006) tarkoituksena on suojella pintavesiä ja parantaa niiden laatua ehkäisemällä vaarallisista ja haitallisista aineista aiheutuvaa pilaantumista ja sen vaaraa. Asetuksen tavoitteena on lopettaa kerralla tai vaiheittain vesiympäristölle vaarallisten aineiden päästöt ja huuhtoumat sekä vähentää vaiheittain haitallisten aineiden päästöjä ja huuhtoutumia. Tätä varten asetetaan päästökieltoja, päästöraja-arvoja sekä ympäristönlautunormeja. Asetus on yksi merkittävä ohjauskeino vähennettäessä sisävesiin ja Itämereen joutuvien vaarallisten ja haitallisten aineiden aiheuttamaa pilaantumista ja sen vaaraa.

Asetuksen 1022/2006 liitteen 1 A kohdassa on lueteltu aineet, joita ei saa päästää pintaveteen tai vesihuoltolaitoksen viemäriin ellei kyse ole niin vähäisestä määrästä, että toiminnanharjoittaja voi osoittaa päästön täydellisen haitattomuuden. Tällaisia vesiympäristölle vaarallisia aineita (torjunta-aineet pois lukien) ovat 1,2-dikloorietaani, heksaklooribentseeni, heksaklooributadieeni, hiilitetrakloridi, pentakloorifenoli, tetrakloorieteeni, triklooribentseeni, trikloorieteeni ja trikloorimetaani. Vesipäästöjen enimmäispitoisuudet ja ominaiskuormitusraja-arvot on annettu asetuksen liitteen 1 B kohdassa elohopealle ja kadmiumille.

Asetuksen liitteen 1 A, C ja D kohdissa määritellään joukolle vaarallisia ja haitallisia aineita ns. ympäristönlautunormit. Niillä tarkoitetaan sellaisia vaarallisten tai haitallisten aineiden pitoisuuksia sisämaan pintavesissä tai merivedessä, joita ei saa ihmisen terveyden tai vesiympäristön suojelemiseksi ylittää. Ympäristönlautunormit on annettu edellä mainittujen yhteisötason vaarallisten aineiden lisäksi kahdelletoista kansallisesti määritellylle haitalliselle aineelle. Tällaisia kansallisia haitallisia aineita (pois lukien torjunta-aineet) ovat klooribentseeni, 1,2-diklooribentseeni, 1,4-diklooribentseeni, bentsyylibutyyliftalaatti, dibutyyliftalaatti ja bronopoli.

Euroopan unionissa on valmisteilla vesipuitedirektiivin (2000/60/EY) alainen ns. prioriteettiainedirektiivi (yhteinen kanta 12/2007), jossa tullaan vahvistamaan yhteisön tasoiset ympäristölaatu-normit 38 vesiympäristölle vaaralliselle tai haitalliselle aineelle. Direktiivin tullessa voimaan joudutaan valtioneuvoston asetusta 1022/2006 tarkistamaan erityisesti aineluettelon ja ympäristölaatu-normien osalta.

2.7

Kemikaalilainsäädäntö

Liuttomia käyttävälle pintakäsittelylle on ominaista vaarallisten kemikaalien käyttö. Kemikaaleihin liittyvien velvoitteiden täyttämiseksi on toiminnanharjoittajan tunnettava käyttämänsä kemikaalit ja niihin liittyvä lainsäädäntö. Toiminnanharjoittajan on syytä tehdä kemikaali-inventaario ja mahdollisimman täydellinen kemikaaliluettelo. Luettelosta on käytävä ilmi kunkin kemikaalin nimikkeet, luokitukset, tärkeimmät kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet sekä käyttö- ja varastointimäärät. Käyttöturvallisuustiedote on kemikaalin markkinoille tuojan seikkaperäinen selvitys kemikaalin ominaisuuksista ja sen on oltava työntekijöiden nähtäväksi tiedoksi ja saatavilla (VNA 715/2001).

Ympäristölupahakemuslomakkeen kemikaalitulukkoa (6010b) voidaan myös hyödyntää koottaessa tietoa toiminnassa käytettävistä kemikaaleista ja niiden käytöstä aiheutuvista päästöistä ilmaan, veteen ja jätteisiin.

Kemikaaleihin liittyvä lainsäädäntö asettaa käyttäjälle monia turvallisuuden liittyviä velvoitteita, joita ei käsitellä tässä raportissa lähemmin. Velvoitteet liittyvät työntekijöiden altistumisen ehkäisemiseen (mm. huolehtiminen kemikaalien luokituksista, merkinnöistä ja käyttöturvallisuustiedotteista), palo- ja räjähdysvaaran hallintaan (suojeluun ja paloturvallisuuden liittyvä lainsäädäntö, ATEX-lainsäädäntö, tilaluokitukset) ja kemikaalien varastointiin.

Velvoitteet määräytyvät sen mukaan, kuinka laajasta toiminnasta on kyse. Tuotantolaitosten vaarallisten kemikaalien käsittely- ja varastointitoiminta jaetaan laajuuden perusteella kahteen ryhmään: laajamittaiseen ja vähäiseen. Laajamittaista toimintaa valvoo Turvatekniikan keskus (TUKES). Vähäistä toimintaa valvoo alueellinen pelastusviranomaisena. Toiminnan laajuus määritellään kemikaalien määrän ja vaarallisuuden perusteella. Määrittelyssä käytetään erityistä suhdelukulaskentaa, jonka suorittamisesta on annettu ohjeet (59/1999 ja TUKES 2005).

Kaikissa laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia harjoittavissa tuotantolaitoksissa on oltava käytönvalvoja, joka tuntee kemikaaleja koskevat säännökset ja määräykset. Suurissa tuotantolaitoksissa voi olla useita käytönvalvoja. Käytönvalvojat huolehtivat siitä, että tuotantolaitoksessa toimitaan kemikaaleja koskevien säännösten ja määräysten sekä lupaehtojen mukaisesti. Käytönvalvojan on suoritettava TUKESin järjestämä koe (TUKES 2005).

Euroopan unionin uusi kemikaaliasetus, ns. REACH-asetus (1907/2006/EY) astui voimaan kesäkuussa 2007. Asetuksen tavoitteena on parantaa terveyden ja ympäristön suojelua sekä ylläpitää EU:n kemianteollisuuden kilpailukykyä. Asetuksella luodaan kemikaalien rekisteröintiä, arviointia ja lupamenettelyä varten REACH-järjestelmä (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) sekä perustetaan Euroopan kemikaalivirasto.

REACH-järjestelmässä kemikaaleja valmistavat ja maahantuovat yritykset veloitetaan arvioimaan aineiden käytöstä aiheutuvat riskit ja antamaan ohjeet kemikaalien turvallisesta käytöstä. Vastuu kemikaalien turvallisuuden todistamisesta siirtyy viranomaisilta teollisuudelle. Aineen käyttäjä (REACH-termin ”jatkokäyttäjää”) joutuu arvioimaan aineensa turvallisuuden itse, jollei valmistaja tai maahantuojalla ole rekisteröinyt ainetta kyseiseen käyttötarkoitukseen. Tämä tulee kyseeseen joko silloin, kun jatkokäyttäjällä ei halua käyttötarkoitustaan toimittajalle kertoa, tai silloin, jos toimittaja

ei halua tai ei voi ihmisten terveyden ja ympäristönsuojeluun liittyvistä syistä kyseistä käyttötarkoitusta rekisteröidä.

Valmisteilla on myös asetus kemikaalien yhdenmukaistetun luokitus- ja merkin-
tjärjestelmän (GHS) toimeenpanosta EY-lainsäädäntöön, joka valmistunee kesällä
2008 (STS 2008).

Käyttöturvallisuustiedote säilyy REACH-asetuksen voimaantulon jälkeenkin kes-
keisimpänä tiedonsiirron välineenä kemikaalin toimitusketjussa. Tiedotteen rakenne
säilyy pääpiirteissään nykyisen kaltaisena. Uutena piirteenä ovat tiedotteen liitteeksi
tulevat ns. altistumisskenaariot, joissa kuvataan kussakin käytössä tarvittavat riskin-
hallintakeinot. Jatkokäyttäjän on toimittava näiden mukaisesti omassa toiminnassaan.
Ohjeet altistumisskenaarioiden tekemisestä tulevat sisällyttämään Euroopan kemikaaliviraston (ECHA) piakkoin julkaisemaan ohjeeseen kemikaaliturvallisuusraportin
laatimisesta.

3 Yleistä ympäristöhaitoista, niiden rajoittamisesta ja hallinnasta

Liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä syntyy tyypillisesti päästöjä ilmaan (VOC-päästöt, hiukkaspäästöt), muodostuu jätteitä ja mahdollisesti syntyy myös jätevesipäästöjä tai melua. Lisäksi liuottimien ja kemikaalien käytöstä ja varastoinnista voi aiheutua maaperän ja pohjaveden pilaantumiseriskiiä. Tyypillistä liuottimia käyttäville toiminnoille ovat myös hajuhaitat. Tässä luvussa esitetään yleisiä keinoja päästöjen rajoittamiseen ja hallintaan. Ilmaan kohdistuvat VOC-päästöt on käsitelty luvussa 4.

Lisätietoja ja hyviä käytäntöjä päästöjen rajoittamisesta ja hallinnasta on esitetty esimerkiksi varastoinnin päästöjä koskevassa BREF-asiakirjassa, päästöjen tarkkailun BREF-asiakirjassa, kemianteollisuuden jätevesien ja kaasujen käsittelyn BREF-asiakirjassa sekä kansallisissa BAT-raporteissa.

3.1

Ympäristöasioiden hallintajärjestelmät

Ympäristöasioiden hallintajärjestelmiä, jotka on toteutettu kansainvälisesti käytössä olevien standardien mukaisina esimerkiksi EMAS ja ISO 14001, on käytössä niin suurissa kuin pienissäkin yrityksissä. Ympäristöasioiden hallintajärjestelmän olennaisia osia ovat toiminnan ympäristöpolitiikka eli ympäristöasioihin liittyvät periaatteet ja yleisen tason tavoitteet, yrityksen johdon sitoutuminen ympäristöpolitiikan noudattamiseen, menettelyt tarvittavien ohjeiden laatimiseksi, ajan tasalla pitämiseksi sekä ohjeiden käyttöönotto ja käyttö. Erityisesti painotetaan vastuita ja organisaation toimintaa, tietoisuutta toiminnan vaikutuksista, tietoa tehtävien pätevyysvaatimuksista ja koulutustarpeista, tiedonkulkua, työntekijöiden sitoutumista, asioiden dokumentointia, laitoksen prosessien tehokasta valvontaa, laitoksen huoltoa ja kunnossapitoa, valmiutta toimia hätätilanteissa ja ympäristölainsäädännön vaatimusten noudattamista. Toiminnan valvonnassa painotetaan seurantaa ja mittauksia, korjaavia ja virheitä ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä, mittaus- ja valvontatulosten tallentamista, sisäisiä tarkastuksia, joilla todetaan noudatetaanko suunniteltuja ympäristöasioiden hallintamenettelyjä sekä yrityksen johdon suorittamia katselmuksia.

Koulutus on oleellinen osa ympäristöasioiden hallintajärjestelmää. Uudet pinnoitus- tai painomateriaalit, järjestelmät ja laitteet vaativat henkilökunnan kouluttamista ja asiantuntemuksen laajentamista. Uudet pinnoitusmenetelmät rajoittavat usein tuotantolaitteiston käyttömahdollisuuksia ja tämä edellyttää käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan teknisten taitojen kehittämistä. Näin vältetään esimerkiksi liian paksun kalvon muodostus. Koulutuksessa voidaan myös painottaa ympäristö-, talous- ja terveysnäkökohtia. Liuottimien käsittelyn kirjallisen ohjeistuksen tulee sisältää yksityiskohtaiset prosessiohjekirjat, jotka käsittävät toimintaohjeet sekä riittävät terveys- ja turvallisuustiedot käytetyistä kemikaaleista, käyttöohjeet, jotka selittävät miten kyseistä laitteistoa tai laitosta käytetään nimenomaan tiettyjen liuottimien tai pinnoitteiden kanssa ja miten kyseinen liuotin on huomioitava onnettomuustilanteissa.

Laitoksen ja laitteistojen kunnossapito on osa laatujärjestelmää ja/tai ympäristöasioiden hallintajärjestelmää. Kunnossapitoon kuuluu kaikkien tarkastus- ja huolto-toimenpiteiden aikataulutus, kirjaaminen ja seuranta. Yleisesti suurimmilla laitoksilla on käytössä tietokonepohjainen, ennakoiva kunnossapito-ohjelma (katso luku 7.1, käyttötarkkailu).

3.2

Toiminnan suunnittelu, prosessien ja laitteiden optimointi

Optimointi voidaan aloittaa jo toiminnan ja prosessien suunnitteluvaiheessa. Optimointi edellyttää hyvää yhteistyötä prosessin suunnittelijan ja laitetoimittajien välillä. Lähes kaikkien prosessien toimintaa voidaan parantaa optimoinnilla eli muuttamalla prosessin toimintaparametrejä siten, että päästöt ja energiankulutus minimoidaan samalla varmistaen, että tuote ja tuotanto eivät kärsi ja että esimerkiksi tuotteen laatu ja läpimenoaika ovat hallinnassa. Joissakin tapauksissa voidaan käyttää apuna optimointiin laadittuja tietokoneohjelmia tai laatia ohjelmia itse.

Optimointia tarvitaan myös toiminnan muutostilanteissa kuten esimerkiksi poistokaasujen puhdistinlaitoksen mitoituksessa, valinnassa ja käytön suunnittelussa tai esimerkiksi optimoitaessa heatset-offsetpainokonetta alhaiselle isopropanolin (IPA) käytölle.

Automatisoinnilla on mahdollista vähentää toiminnan haitallisia ympäristövaikutuksia vähentämällä syntyvien päästöjen määrää. Esimerkkeinä voidaan mainita robottiruiskutus maalauksessa, automaattinen värinsekoitus fleksopainossa, rullauspinnointi (roller coating), kastomaalaus ja liuottimien siirto putkistoissa.

3.3

Kemikaalit ja raaka-aineet

Kemikaalilainsäädännöstä on esitetty katsaus luvussa 2.7. Tässä luvussa on keskitytty kemikaalien ja raaka-aineiden valintaan, käsittelyyn ja varastointiin niiden ympäristövaikutusten näkökulmasta.

3.3.1

Kemikaalien ominaisuudet, vaaralausekkeet ja valinta

Kemikaalien aiheuttamat riskit on otettava huomioon jo tilojen, prosessien ja toimintatapojen suunnitteluvaiheessa. Toiminnanharjoittajalla on oltava tiedossa käytössä olevan kemikaalin vaaralliset ominaisuudet ja vaaraluokitukset. Tiedot selviävät kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteesta. Käyttöön soveltuvista kemikaalivaihtoehdoista on pyrittävä valitsemaan aina vähiten ympäristöä kuormittava, vähiten vaaraa aiheuttava ja vähiten terveydelle haitallinen kemikaali.

Toiminta on suunniteltava niin, että kemikaalien käyttö minimoidaan ja käytöstä aiheutuvat päästöt ympäristöön pystytään estämään tai saadaan pidettyä mahdollisimman pieninä. Kemikaalien annostelussa hyödynnetään mahdollisimman paljon automaattiannostelua ja kemikaalien siirroissa suljettuja syöttölinjoja. Tärkeä osa riskien hallintaa on suunnitelmallinen laitteistojen huolto- ja kunnossapitotoimien toteuttaminen.

Kemikaalin terveys- ja ympäristövaikutusten arvioiminen kannattaa aloittaa tutustumalla kemikaalin valmistajan antamiin vaaralausekkeisiin. Liuottimilla tapahtuvassa pintakäsittelyssä käytettäville kemikaaleille tyypillisiä haitallisia ominaisuuksia ovat:

- haitalliset terveysvaikutukset
 - aineet, joiden R-lauseke on R45, R46, R49, R60 ja R61 - korvattava mahdollisimman pian.
 - aineet, joiden R-lauseke on R40 tai R68 - harkittava korvattaviksi, mutta ensisijaisesti vasta, jos on olemassa altistumisvaara.
- fysikaalis-kemialliset vaikutukset: räjähtävä, hapettava, erittäin helposti syttyvä, helposti syttyvä ja syttyvä
- valokemiallinen otsoninmuodostuspotentialiaali (ozone-formation potential, OFP)
- yläilmakehän otsonikadon aiheuttamispotentialiaali¹ (stratospheric ozone depletion potential, ODP)
- globaalin lämpenemisen aiheuttamispotentialiaali (global warming potential, GWB)
- ekotoksiset vaikutukset²
- hajuhaitta
- ympäristölle vaarallisuus (N-merkintä).

Korvaavien aineiden käyttöön otolla saattaa olla merkittäviä ristikkäisvaikutuksia, kuten lisääntynyt energiankulutus ja jätemäärän tai veden ja raaka-aineiden kulutuksen lisääntyminen. Eräät korvaavat aineet saattavat lisätä terveys- ja turvallisuusriskejä ja niillä saattaa olla korkeampi valokemiallinen reaktiivisuus tai ne voivat muutoin lisätä tai muuttaa ympäristöriskejä.

Liutinhöyryn riskisuhde (VHR) kuvaa, miten haihtuvaa aine on suhteessa työhygieeniseen raja-arvoonsa, Suomessa HTP-arvoon (HTP, haitalliseksi tunnettu pitoisuus, STM, 2005):

$$VHR = \frac{\text{Pitoisuus, joka vastaa aineen kylläistä höyrynpainetta lämpötilassa } 20^{\circ}\text{C, ppm}}{\text{Aineen HTP – pitoisuus, ppm}}$$

Liutinhöyryn riskisuhdesta (VHR) voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset: jos aineilla on sama HTP-arvo, kannattaa valita aine jolla on pienempi haihtuvuus. Jos aineilla on sama haihtuvuus, kannattaa valita aine, jolla on korkeampi HTP-arvo.

Myös muita ominaisuuksia, kuten toksisuutta tai ekotoksisuutta, voidaan käyttää arvioinneissa ja tällöin tavoitteena on valita aine, joka aiheuttaa vähiten haittaa tai vaaraa ympäristölle ja terveydelle. Myös muita mittareita, kuten otsoninmuodostuspotentialiaalia, voidaan käyttää vastaavalla tavalla (Rantala *et al.* 2001, Vainio *et al.* 2006 ja Riihimäki *et al.* 2005). Sosiaali- ja terveysministeriö on julkaissut luettelon HTP-arvoista ja vastaavista biologisten altistusindikaattoreiden raja-arvoista huomioon otettavaksi työpaikan ilman puhtausta, työntekijöiden altistumista ja mittaustulosten merkitystä arvioitaessa.

3.3.2

Kemikaalien ja raaka-aineiden varastointi ja käsittely

Kemikaalien varastoinnin suunnittelussa on otettava huomioon ympäristö- ja terveysnäkökohtien lisäksi turvallisuusasiat. Vaarallisten kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia koskevassa asetuksessa on säädetty mm. teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista sekä lupa- ja ilmoitusmenettelystä (ks. luku

¹ Näille on olemassa luokituskriteerit, joissa viitataan Montrealin pöytäkirjan liitteen aineisiin: Vaarallista otsonikerrokselle R59.

² Ympäristölle vaarallisilla aineilla esiintyy R-lausekkeita: R50, R50/53, R51/53, R52/53, R52, R53. Yleensä on käytössä myös ympäristövaaramerkki, esim. kuollut kala ja puu.

2.6). Turvatekniikan keskus (Tukes) on antanut asetuksen soveltamisesta omia ohjeita (TUKES 2005).

Kemikaalien varastointi on toteutettava niin, että varastotilat ja -tavat soveltuvat varastoitaville aineille. Kemikaalien sijoittelussa aineiden kemialliset ominaisuudet on otettava huomioon, jotta esimerkiksi samoihin allastiloihin ei sijoiteta aineita, jotka vuototilanteissa voivat reagoida keskenään aiheuttaen esimerkiksi uusia haitallisia päästöjä tai tulipalo- tai räjähdysvaaran.

Kemikaalit on varastoitava kullekin kemikaalityypille tarkoitettussa ja asianmukaisesti merkityssä astiassa laitoksen sisällä tai erillisessä lukittavassa varastossa. Varastotilat on suunniteltava riittävän tilaviksi niin, että isompientkin kemikaaliastioiden ja -konttien siirtely voi tapahtua turvallisesti. Varastointitilan lattia on pinnoitettava varastoitavia kemikaaleja kestäväällä pinnoitteella. Nestemäisten kemikaalien astiat on lisäksi sijoitettava suoja-altaisiin tai reunakorokkein varustettuun tilaan siten, että suoja-altaan tai reunakorokkein varustetun tilan tilavuus vastaa vähintään suurimman astian tilavuutta.

Kemikaalien käsittely on ohjeistettava hyvin ja työntekijät koulutettava myös vuoto- ja onnettomuustilanteisiin. Vuototilanteita varten on oltava saatavilla sopivaa imeytysmateriaalia ja tyhjää astiakapasiteettia.

Varastointitilassa ei saa olla viemäreihin yhteydessä olevia lattiakaivoja. Mikäli varastotila on viemäröity, viemärit on voitava sulkea.

Kemikaalien varastointiin, käsittelyyn ja vuotojen tarkkailuun käytettävien rakenteiden ja laitteiden kuntoa on tarkkailtava säännöllisesti. Tarvittaessa on ryhdyttävä viipymättä korjaustoimenpiteisiin.

Varastoinnin lisäksi myös liuottimien käyttökohteissa tapahtuvasta liuotinten säilyttämisestä ja käsittelystä syntyy päästöjä, jotka on minimoitava. Tavoitteena on potentiaalisten päästölähteiden sulkeminen ja kotelointi, esimerkiksi osittain tyhjennetyt tynnyrit ja astiat peitetään kansilla. Liuotinkontit säilytetään etäällä lämpölähteistä ja vilkkaista kulkureiteistä. Jos säiliöillä ja altailla ei ole kunnollisia kotelointeja, käytetään muoviverhoja tai antistaattisia muovipeitteitä ja tarvittaessa joustavia nauhoja peitteiden sitomiseen. Liuotinjätteet, esimerkiksi käytetyt liuotinpesurätkit ja liuottimia sisältävät painovärijätteet, säilytetään suljetuissa konteissa. Liuottimille käytetään annostelulaitteita turhan käytön vähentämiseksi, esimerkiksi liuottimilla kostutettujen räntien käyttö saattaa olla tehokasta pienten osien puhdistuksessa.

Liuottimien hallittu siirtäminen putkistoissa pumppuja käyttäen on turvallisempaa kuin manuaalinen astiasta toiseen tapahtuva kaatelu. Automaation avulla vähennetään vuotojen ja astioiden kaatumisista aiheutuvia onnettomuuksia, mahdollistetaan ainemäärien tarkka mittaus ja vähennetään liuottimien haihtumista suljetun järjestelmän avulla.

Kun putkiston kunnossapito ja tarkastukset on järjestetty asianmukaisesti, voidaan liuotinvuodot pumpuista, venttiileistä ja laipoista eliminoida.

3.4

Kemikaalien ja raaka-aineiden käytön minimointi

Soveltamalla JOT-ajattelua (juuri oikeaan tarpeeseen, engl. JIT, Just-In-Time) voidaan raaka-aineiden - esimerkiksi maalin tai painoväriin - hankinta- ja varastointimäärät sovittaa tuotannon tarpeisiin sopiviksi. Esimerkiksi tietyn väristä maalia tilataan vain se määrä, joka kohteessa tarvitaan.

Automaattisella suljetulla sekoitusjärjestelmällä on mahdollista päästä sekoitusvaiheessa syntyvistä hajapäästöistä lähes kokonaan eroon.

Jäännösmaalit ja -painovärit on otettava mahdollisimman tehokkaasti talteen koneista ja laitteista ennen laitteistojen pesua. Näin voidaan välttää mahdollisesti vielä

hyödynnettävien jäännösmaalien ja -painovärien likaantuminen ja päätyminen jäteteeksi. Jäännösmaaleja ja -painovärejä voidaan joissain tapauksissa käyttää uudelleen, jos niitä ei ole ohennettu liikaa eikä niihin ole sekoittunut muita liuottimia, kuten pesuliuottimia.

3.5

Päästöt ilmaan

Orgaanisilla liuottimilla tapahtuvan pintakäsittelyn merkittävimmät ympäristövaikutukset syntyvät ilmaan vapautuvista haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöistä, joiden rajoittaminen ja hallinta on esitetty luvussa 4. Pintakäsittelyssä käytetyt orgaaniset liuottimet kuuluvat usein palaviin nesteisiin ja niiden käyttöön liittyy palo- ja räjähdysvaara, joka asettaa omat vaatimuksensa muun muassa räjähdysuojasiakirjan (ATEX) laatimiselle.

3.5.1

VOC-päästöt ilmaan

Monilla liuottimilla on myös haitallisia terveysvaikutuksia ja joidenkin yhdisteiden epämiellyttävä haju tai niiden reaktiotuotteiden käry voivat aiheuttaa viihtyvyyshaittaa. VOC-päästöt ilmaan jaetaan VOC-asetuksessa poistokaasupäästöihin ja hajapäästöihin.

3.5.1.1

Poistokaasupäästöt

VOC-asetuksen mukaan poistokaasupäästöiksi kutsutaan kaasumaista päästöä, joka sisältää haihtuvia orgaanisia yhdisteitä tai muita epäpuhtauksia ja joka vapautuu ilmaan poistoputkesta tai puhdistinlaitteistosta; poistokaasun tilavuusvirtaus ilmaistaan yksikössä m³/h vakio-olosuhteissa (lämpötila 273,15 K, paine 101,3 kPa). Käytännössä liuottimia käyttävän pintakäsittelyn poistokaasupäästöt ovat pääasiassa painatuksen ja maalauksen kuivaustoiminnoista vapautuvia prosessi-ilmastoinnin VOC-päästöjä, jotka on kanavoitu suoraan ulos (kohdepoistot) tai puhdistinlaitteelle.

Toiminnan päästöjä arvioitaessa on otettava huomioon myös raaka-aineen käyttölämpötilan vaikutus liuottimen haihtuvuuteen (vrt. VOC-asetuksen määritelmä haihtuvalle orgaaniselle yhdisteelle). Tässä yhteydessä on syytä huomioida esimerkiksi kuivauksen tai lämpökäsittelyn vaikutus liuottimen haihtuvuuteen – esimerkiksi pehmennin tai viskositeetin säätäjä, joka huoneenlämpötilassa ei haihdu, haihtuukin ko. käyttölämpötilassa. Esimerkiksi heatset-painoissa käytetty mineraaliöljypohjainen painoväri ei ole huoneen lämpötilassa haihtuva orgaaninen yhdiste, mutta kuivausuunin korkeassa lämpötilassa mineraaliöljy haihtuu aiheuttaen VOC-päästöjä ilmaan.

3.5.1.2

Hajapäästöt

Hajapäästöjä ovat sellaiset liuottimien käytöstä ilmaan vapautuvat VOC-päästöt, joita ei koota tai käsitellä hallitusti. Hajapäästöjä vapautuu tyypillisesti mm. painovärikaukaloista, kostutusvedestä, avoimista painoväri- ja maalausastioista sekä tuotantolaitteistojen liuotinpesutoiminnoista. Esimerkiksi sanomalehti- ja arkkioffsetpainoissa muodostuvat VOC-päästöt koostuvat pääasiassa laitteistojen pesuista vapautuvista hajapäästöistä.

Koska käytännössä kaikki tuotantotilat on varustettu koneellisella ilmanvaihdolla, kulkeutuu valtaosa hajapäästöistä yleisilmanvaihdon kautta ulos ja vain pieni osa hajapäästöistä kulkeutuu ikkunoiden, ovien ja tuuletusaukkojen kautta ulkoilmaan. Hajapäästöjen kokonaismäärä, joka yleisilmanvaihdon kautta vapautuu ympäristöön, voi pienistä pitoisuuksista huolimatta olla vuositasolla merkittävä, jos käytetty yleisilmanvaihdon poistoilmamäärä on suuri ja toiminta-aika pitkä. Mikäli toiminnassa käytetään poistokaasujen puhdistustekniikkaa, on taloudellisesti kannattavaa johtaa mahdollisimman suuri osa hajapäästöistä poistokaasuihin ja puhdistinlaitteelle. Mitä suuremmat hajapäästöt, sitä pienemmät pitoisuudet poistokaasuissa ja sitä enemmän energiaa tarvitaan esimerkiksi jälkipoltossa. Tavoitteena on optimoida puhdistuslaitteet siten, ettei tukipolttoaineita tarvita.

3.5.2

Haju

Liuottimet voivat aiheuttaa hajuhaittaa tuotantolaitoksen ympäristössä. Pitoisuudet laimenevat ulkoilmassa nopeasti, mutta monien liuottimien hajukynnys on niin alhainen, että liuottimen haju saattaa olla tunnistettavissa laitosalueen ulkopuolellakin. Suomessa on tehty useita painolaitosten VOC-puhdistinlaitteinvestointeja juuri hajuhaitan vuoksi – tyypillinen esimerkki ovat heatset-painokoneille edellytetyt poistokaasujen käsittelylaitteet.

Hajuhaitan poisto voi olla ongelmallista niissä tapauksissa, joissa hajun aiheuttavaa pitoisuutta saadaan vähennettyä merkittävästi, mutta vähennys ei vähennäkään aistittua hajua samassa suhteessa. Tällainen tilanne voi tulla esiin VOC-puhdistinlaitteinvestointien yhteydessä, kun puhdistimen käyttöönoton jälkeen hajuhaitta ei olekaan vähentynyt odotetussa määrin, koska jäljelle jääneet hajapäästöt ovat niin suuret.

3.5.3

Pöly

Pintakäsittelyprosesseista, kuten ruiskumaalauksesta ja puu- tai metallipintojen hionnasta, suihkupuhdistuksesta ja muista pintakäsittelytoimintoja edeltävistä esikäsittelyvaiheista syntyy tyypillisesti hiukkaspäästöjä. VOC-päästöistä ja hiukkaspäästöistä aiheutuvien työhygieenisten ongelmien hallitsemiseksi joudutaan pintakäsittelyssä käyttämään tehokasta prosessi-ilmanvaihtoa ja yleisilmanvaihtoa. Tyypillisesti hiukkaspäästöjen leviämistä ulkoilmaan estetään tehokkailla poistoilman hiukkassuotimilla (10 mg/Nm³).

3.6

Melu ja sen rajoittaminen

Orgaanisia liuottimia käytävällä pintakäsittelylaitoksella yleisimpiä melupäästölähteitä ovat katolla ja seinillä sijaitsevat ilmanvaihdon puhaltimet. Naapurustoa häiritsevää melua voi aiheutua esimerkiksi puhaltimien asentamisesta tuotantorakennuksen katolle, tynnyrien ja metalliastioiden käsittelystä, jätepuristimien toiminnasta sekä painolaitosten reunanauhankäsittelyjärjestelmistä. Melua syntyy myös tyypillisesti pintakäsittelytoimintojen esikäsittelyvaiheessa, kuten hiekkapuhalluksesta tai muusta suihkupuhdistuksesta.

Melua voidaan vähentää vaimentamalla melupäästölähteiden äänitasoja. Melupäästölähteiden mittauksilla ja nykyaikaisia mallinnusohjelmia käyttäen on mahdollista määrittää laskennallisesti riittävällä luotettavuudella ne melulähteet, joiden vaimentaminen on edullisinta ja helpointa toteuttaa. Myös vaimennustoimenpiteiden mitoittamiseen voidaan käyttää simulointia. Itse vaimennustoimenpiteet va-

litaan melulähteen ominaisuuksien mukaan. Puhaltimet ja kompressorit varustetaan äänenvaimentimilla ja tarvittaessa ne koteloidaan ja äänieristetään. Kolisevat reunanauhakanavistot äänieristetään. Häiritsevän hetkittäisen melun vaikutuksia lähiympäristössä voidaan myös vähentää ajoittamalla melu aiheuttavat toiminnot päiväaikaan tai muuhun ajankohtaan jolloin niistä on mahdollisimman vähän haittaa naapurustolle.

3.7

Jätteet ja niiden käsittely

Liuottimia käytävissä pintakäsittelytoiminnoissa syntyy paperi-, puu-, metalli- ja muovijätteitä, jotka ovat yleensä hyödynnettävissä joko aineena tai energiana. Ongelmajätteinä muodostuu tyypillisesti painoväri-, maali-, pesuliuotinjätteitä, lietteitä tai sakkoja.

3.7.1

Jätteiden lajittelu ja hyödyntäminen

Toiminnassa käytettävien raaka-aineiden ja kemikaalien valinnassa on huomioitava myös syntyvien jätteiden määrä ja laatu. Tavoitteena on syntyvien jätteiden määrän ja niiden haitallisuuden minimointi ja syntyneiden jätteiden hyötykäyttö joko materiaalina tai energiana.

Jätehuollon perusta on jätteiden lajittelu syntypaikoillaan. Jätejakeet on toimitettava laitokselle, jonka ympäristöluvassa niiden vastaanotto ja käsittely on hyväksytty.

Ongelmajätteitä ei saa sekoittaa keskenään eikä muihin jätteisiin, ne on pakattava tiiviisti kuljetusta varten ja pakkaukseen on merkittävä tieto sisällöstä. Ongelmajätteet on varastoitava lukitussa, valuma-altaalla varustetussa tilassa tai muuten siten, että mahdolliset valumat saadaan keräytyksi talteen. Nestemäisten jätteiden joutuminen maaperään ja vesistöön on estettävä.

Tavanomaisesta yhdyskuntajätteestä poikkeavasta kaatopaikalle toimitettavasta jätteestä on teetettävä kaatopaikkakelpoisuustesti ja sen jälkeen säännöllisesti syntyvän samanlaatuisen jätteen laatu ja kaatopaikkakelpoisuus on varmistettava vähintään kerran vuodessa tehtävin vastaavuustestauksin (ks. luku 2.5).

3.7.2

Käytettyjen liuottimien talteenotto

Paino- ja maalaustoimintoihin kuuluvien pintojen puhdistuksen ja pesemisen yhteydessä syntyvä liuotinjäte on usein mahdollista tislata ja käyttää talteenotettu liuotin uudelleen. Likaiset pesuliuottimet voidaan myös suodattaa, minkä jälkeen liuottimet voidaan käyttää uudelleen. Vaihtoehtoisesti liuotinjäte on toimitettava ongelmajättekäsittelyyn.

Jotta tislauksessa omassa laitoksessa olisi taloudellisesti kannattavaa, tarvitaan yleensä suurehkoja jäteliuotinmääriä. Tämän seurauksena toiminnassa joudutaan varastoi- maan vastaavia määriä puhtaita ja käytettyjä liuottimia. Varastointitilojen on oltava riittävät tähän tarkoitukseen. Jätteiden varastoinnissa on soveltuvin osin otettava huomioon, mitä luvussa 3.3.2 kemikaalien varastoinnista ja käsittelystä on esitetty.

3.7.3

Kertakäyttöiset puhdistusrätit

Käsin suoritettavassa liuotinpesussa voidaan käyttää joko kertakäyttöisiä tai uudelleenkäytettäviä rättejä. Kertakäyttörätit heitetään pois käytön jälkeen, jolloin niistä tulee ongelmajätettä. Liuotinjätteet, esimerkiksi käytetyt liuotinpesurätit ja liuottimia sisältävät painovärijätteet, säilytetään suljetuissa konteissa. Rättien varastoinnissa on huomioitava, että jotkin maalityypit voivat olla itsesytyviä (esim. alkydit).

Kertakäyttörätit valmistetaan yleensä synteettisistä kuiduista. Yleensä kertakäyttörätit käsitellään ongelmajätelaitoksessa polttamalla ne sellaisinaan. Kertakäyttörätteillä on hyvät imuominaisuudet ja ne ovat kevyitä.

3.8

Jätevedet ja niiden käsittely

Perinteisessä liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä kuten esimerkiksi maalauksessa veden tarve on vähäistä ja siten myös syntyvien jätevesien määrä on pieni. Alkalipesureiden yleistyttyä on myös veden käyttö lisääntynyt. Myös vesiohenteisten maalien ja painovärien käyttöönotto on lisännyt veden kulutusta. Vesien käyttöön sisältyy aina riski vesien likaantumisesta esimerkiksi hartsi- tai pigmenttijäämillä.

Pintakäsittelystä voi syntyä liuottimia sisältäviä jätevesiä, kuten maalauskaappien vesiverhoista syntyvä jätevesi. Jotkut liuottimet ovat myrkyllisiä vesieliöille (ks. luku 2.6). Toiminnanharjoittajan on oltava selvillä käyttämiensä kemikaalien haittavaikutuksista ja syntyvien jätevesien laadusta. Viemäriin ei saa johtaa jätevesiä siten, että siitä aiheutuu vauriota viemäriverkolle, haittaa puhdistamon toiminnalle tai puhdistamolietteen hyötykäytölle.

Kun laitoksella käytetään orgaanisia liuottimia ja tuotantotiloista on esimerkiksi lattiakaivojen kautta yhteys viemäriin, voi viemäriin päätyä liuottimia joko suurempina määrinä poikkeuksellisen tilanteen seurauksena tai pieninä pitoisuuksina esimerkiksi huuhteluvesien mukana. Orgaaniset liuottimet ovat viemärissä ennen kaikkea työturvallisuushaitta, sillä merkittävin osa liuottimista haihtuu viimeistään kunnallisen jätevedenpuhdistamon esi-ilmastuksessa tai hiekanerotuksessa ennen biologista käsittelyä. Jätevesissä liuottimet voivat kuitenkin liuottimista ja pitoisuuksista riippuen aiheuttaa myös tulipalo- ja räjähdysvaaraa, haju- ja työterveyshaittaa jätevesipumppaamoissa ja lisäksi monet liuottimista ovat vaarallisia tai haitallisia myös vesieliöille ja biologiselle puhdistukselle.

3.8.1

Teollisuusjätevesisopimukset

Suomessa on jo vuosikymmenien ajan tehty monissa kunnissa vesihuoltolaitoksen ja teollisuuskuormittajien välisiä teollisuusjätevesisopimuksia täsmentämään ja täydentämään yleisiä liittymissopimuksia. Tällöin on saatettu asettaa teollisuusjätevesille pitoisuus- ja kuormitusraja-arvoja sekä velvoittaa liittyjää tarkkailemaan jätevesiään vesihuoltolaitoksen hyväksymällä tavalla. Vesilaitoskohtaisesti on sopimuksissa esiintynyt suuria eroja. Vesi- ja viemärilaitosyhdistys on laatinut oppaan teollisuusjätevesisopimuksen laadintaa varten (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2002).

Poikkeukselliset päästöt ja maaperän suojele

Suunniteltu, kokonaisuuden huomioonottava toimintatapa on avain ympäristöonnettomuuksien ja häiriötilanteista tai poikkeuksellisista tilanteista syntyvien päästöjen vähentämiseen. Tärkeää on tunnistaa ne laitoksen kohteet, piirteet ja käyttötavat, joilla on merkittävin vaikutus ympäristöön. Ongelmakohtien tunnistaminen tapahtuu parhaiten systemaattisen riskianalyysin avulla. Tunnistettuja riskejä hallitaan huolellisella suunnittelulla ja johtamisjärjestelmällä, jossa painotetaan onnettomuuksien ehkäisemistä, lupamääräysten noudattamista ja seurauksien minimoimista. Toiminnan suunnittelussa huomioidaan esimerkiksi sadevesien johtaminen ja sammutusvesien hallinta.

Poikkeuksellisten päästöjen estämiseksi on kustannustehokasta keskittyä erityisesti laitoksen säännölliseen kunnossapito-ohjelmaan ja pistokokein varmistaa liuotinväestösäiliöiden vaippojen ja liuotinputkistojen liitokset, raaka-aineiden toimitukset ja varastointi. Olennaisia ovat lisäksi prosessien ohjaus ja käyttötarkkailu.

Riittävä laitospäästöjen estämiseksi on kustannustehokasta keskittyä erityisesti laitoksen säännölliseen kunnossapito-ohjelmaan ja pistokokein varmistaa liuotinväestösäiliöiden vaippojen ja liuotinputkistojen liitokset, raaka-aineiden toimitukset ja varastointi. Olennaisia ovat lisäksi prosessien ohjaus ja käyttötarkkailu. Riittävä laitospäästöjen estämiseksi on kustannustehokasta keskittyä erityisesti laitoksen säännölliseen kunnossapito-ohjelmaan ja pistokokein varmistaa liuotinväestösäiliöiden vaippojen ja liuotinputkistojen liitokset, raaka-aineiden toimitukset ja varastointi. Olennaisia ovat lisäksi prosessien ohjaus ja käyttötarkkailu.

Poikkeuksellisten tilanteiden syntyä voidaan vähentää ulkopuolisten asiantuntijoiden ja oman henkilöstön suorittamalla tarkastuksilla, säännöllisellä kunnossapidolla, suojele suunnitelmalla, testausohjelmilla sekä ajan tasalla olevan ympäristöriskikartoituksen avulla. Työkalu ympäristöriskien kartoitukseen on esitetty YMPÄRI-hankkessa (Wessberg *et al.* 2006).

3.9.1

Laitoksen käyttöhistorian dokumentointi

Laitoksen koko toiminnan ajan kirjataan ylös ja tallennetaan laitoksen käyttöhistoriaa, vuoto- ja onnettomuustilanteita koskevat selvitykset sekä maaperän tilaa koskevat kartoitukset ja riskinarvioinnit. Tätä tietoa hyödynnetään laitoksen laajennus-, muutos- ja lopettamistilanteissa.

3.10

Energian käytön tehokkuus

Energian käytön hallintaan kuuluvat sekä tekniset että organisatoriset keinot, joiden tarkoituksena on minimoida energiankäyttö ja energiakustannukset: energiaa säästävän kulttuurin levittäminen organisaatioon, energiaan liittyvien tietojen keräys, energiansäästömahdollisuuksien tunnistaminen ja energiankäytön tehostamistoimenpiteiden toteuttaminen (EIPPCB 2007b).

Edellinen energiansäästö sopimuskausi jatkoaikoinen päättyi vuoden 2007 lopussa. Uusi Elinkeinoelämän energiatehokkuussopimus jatkaa tätä energiansäästösopimusta ja on voimassa kauden 2008 - 2016. Uuden sopimuksen valmistelussa on ollut aktiivisesti mukana Kauppa- ja teollisuusministeriö (v. 2008 alusta Työ- ja elinkeinoministeriö), Elinkeinoelämän keskusliitto, teollisuuden ja palvelualojen liitot ja Motiva Oy.

Uusi Elinkeinoelämän energiatehokkuussopimus koostuu ja ala- tai sektorikohtaisista (esim. puunjalostusteollisuudelle ja teknologiateollisuudelle omat ohjelmansa) toimenpideohjelmista, joilla sopimus toimeenpannaan. Uuden sopimuksen kantavana ajatuksena on energiatehokkuuden jatkuva parantaminen, jonka työkaluksi on laadittu energiatehokkuusjärjestelmä (Hyytiä 2007).

Energiatehokkuusjärjestelmä ETJ on energiatehokkuuden johtamisen työkalu, jonka energiatehokkuussopimukseen liittyvät energiavaltaisen teollisuuden ja energiantuotannon yritykset sitoutuvat ottamaan käyttöön sovitussa ajassa. Muille sopimukseen liittyville yrityksille ETJ:n käyttöönotto on suositeltavaa mutta ei pakollista.

Energiakatselmustoiminnalla on uudessakin sopimuksessa keskeinen rooli. Energiakatselmuksessa - ja analyysissä analysoidaan katselmuskohteiden kokonaisenergian käyttö ja jakauma, selvitetään energiansäästöpotentiaali ja esitetään säästötoimenpiteet kannattavuuslaskelmineen. Energiakatselmuksissa selvitetään myös mahdollisuudet uusiutuvien energiamuotojen käyttöön ja energiansäästöpotentiaalini lisäksi katselmuksissa raportoidaan ehdotettavien toimenpiteiden vaikutus CO₂-päästöihin (Hyytiä 2007).

3.11

Päästöjen vähentämistoimenpiteiden ristikkäisvaikutukset

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan käsitteessä otetaan huomioon toimenpiteiden kustannukset ja hyödyt sekä pyrkimys suojella ympäristöä kokonaisuudessaan. Ympäristövaikutuksia tulisi siten tarkastella kokonaisuutena pitäen lähtökohtana sitä, ettei jonkin ympäristöongelman estäminen tai lieventäminen aiheuta muita merkittäviä ympäristöhaittoja tai esimerkiksi terveyshaittoja taikka ongelmia tuotteen laadulle. Ristikkäisvaikutuksella tarkoitetaan jonkin ympäristöongelman estämisestä tai vähentämisestä aiheutuvaa haitallista sivuvaikutusta.

Liuoittimia käyttävässä pintakäsittelyssä esimerkki ristikkäisvaikutuksesta on tilanne, jossa ilmaan syntyvien VOC-päästöjen vähentämiseksi hankittavan VOC-jälkipolttolaitoksen käyttöön oton myötä VOC-päästöt ilmaan vähenevät, mutta hiilidioksidipäästöt ja sähkönkulutus lisääntyvät. Toisaalta jälkipolttolaitoksesta voidaan ottaa lämpöä talteen, jolloin hiilidioksidi- ja energiatase saadaan edullisemmaksi. Polttolaitos saattaa lisätä myös melua.

Toinen esimerkki pintakäsittelyyn liittyvistä ristikkäisvaikutuksista on perinteisen mineraaliöljypohjaisen offset-painovärin korvaaminen kasviöljypohjaisella värillä (EIPPCB 2007). Arkkioffset-koneisiin soveltuva kasviöljypohjainen painoväri on monessa suhteessa ympäristöystävällisempi kuin perinteinen väri: kasviöljypohjainen väri on valmistettu uusiutuvista luonnonvaroista, koneen osat voidaan pestä vesiohenteisilla pesuaineilla ja siistauksessa eli kierrätetyn paperin painovärin poistossa syntyvä sakka on biohajoavaa. Kasviöljypohjainen väri saattaa kuitenkin tarttua paperin kuituihin voimakkaasti, mikä tekee itse siistauksesta vaikeampaa.

Korvaavien aineiden käyttöönottoon voi liittyä myös terveysvaikutuksia (ks. luku 3.3.1).

Taloudellisten ja kokonaisympäristövaikutusten arvioinnista on valmistunut EU:n vertailuasiakirja (Reference Document on Economics and Cross-Media Effects) vuonna 2006 (EIPPCB 2006). Asiakirjassa kuvataan menetelmiä ja lähestymistapoja, joita voidaan soveltaa taloudellisten ja kokonaisympäristövaikutusten arvioinnissa osana parhaan käyttökelpoisen tekniikan määrittelyä.

4 VOC-päästöjen rajoittaminen ja hallinta

Liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä ympäristöhaitat ja niiden rajoittamis- ja hallintatavat ovat eri toimialoilla monilta osin periaatteiltaan samankaltaisia; orgaanisten liuottimien käyttöä ja VOC-päästöjä ilmaan voidaan vähentää korvaamalla liuottimien käyttöä, tekemällä muutoksia tuotantoprosessissa tai ottamalla käyttöön VOC-poistokaasujen puhdistustekniikkaa.

Taloudellisesti toteuttamiskelpoisimman VOC-päästöjen vähentämistavan valinta edellyttää tapauskohtaista ja kokonaisvaltaista harkintaa. Pienillä laitoksilla VOC-päästöjen vähentäminen toteutetaan pääsääntöisesti orgaanisten liuottimien käyttöä vähentämällä ja/tai muutoksilla tuotantotekniikkaan, kun taas suuremmilla laitoksilla VOC-päästöjen puhdistustekniikat voivat olla taloudellisesti toteuttamiskelpoinen vaihtoehto. Lopullinen VOC-päästöjen vähentämistoimenpiteiden toteuttaminen voi olla usean eri menetelmän ja tekniikan yhdistelmä.

4.1

Orgaanisten liuottimien käytön korvaaminen ja vähentäminen

Tässä luvussa esitetyt keinot ovat yleisesti hyödynnettävissä toiminnoissa, joissa muodostuu haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöjä ilmaan (muutkin kuin VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluvat toiminnot). Luvussa on tarkasteltu orgaanisten liuottimien käytön korvaamista erityisesti klooratuilla liuottimilla tapahtuvassa pintojen puhdistuksessa, maalauksen ja painatuksen liuottimien käytön korvaamista on käsitelty maalausta ja painatusta käsittelevissä luvuissa 5 ja 6.

4.1.1

Pintojen puhdistus

Pintojen puhdistusta tarvitaan usein pinnoitettaville tuotteille tai pinnoitukseen käytettävän koneen osille, jotka puhdistetaan kunnossapitosyistä. Pintojen puhdistukseen käytettyjä orgaanisia liuottimia voidaan korvata vesi- ja/tai alkalipohjaisilla pesumenetelmillä ja/tai ultraäänipesulla.

Vesipohjaiset pesumenetelmät perustuvat liuotinvapaiden detergenttien eli pesuaineiden käyttöön. Pesu tehdään altaassa. Näitä menetelmiä käytetään myös esimerkiksi vesipohjaisten painovärien ja pinnoitteiden likaamien osien pesuun. Vesipohjaisiksi menetelmiksi voidaan lukea myös yhdistelmätekniikat, joissa detergenttien lisäksi käytetään alkaleita tai muita kemikaaleja riippuen puhdistuksen kohteena olevasta yhdisteestä. Vesiohenteisten maalien puhdistustoiminnoissa on autoteollisuudessa voitu korvata pesuliuottimia alkoholi-vesiseoksilla tai glykoli-vesiseoksilla.

Ristikkäisvaikutusten arvioinnissa on otettava huomioon, että vaikka pesuaineiden liuotinpitoisuutta saadaan merkittävästi alennettua, voivat vesipohjaiset pesuaineet sisältää silti jopa 15 % liuottimia. Lisäksi pesun jälkeen mahdollisesti tarvittava lisäkuivaus lisää energiankulutusta. Tuotantokäyttöön yleistynyt alkalinen pesu edellyttää jäteveden ja pesuliuosten asianmukaista käsittelyä ja käytetyt kemikaalit voivat sisältää valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaisia vesiympäristölle haitallisia tai vaarallisia aineita.

Höyrypesussa pintoja puhdistetaan vesi- tai liuotinhöyryllä manuaalisesti tai automaattisesti. Höyrypesussa annetaan matalassa lämpötilassa kiehuvan liuottimen ensin höyrystyä ja sitten kondensoitua pestävien osien pinnoille, jolloin puhdistukseen voidaan käyttää aina puhdasta liuotinta. Liuotin kerätään talteen ja käytetään uudelleen. Yleensä liuotinhöyrypesuun liittyy liuottimen lämmitys. Höyrypesussa käytettävän liuottimen rasvanpoistotehoon vaikuttavat kemikaalin eri ominaisuudet. Niistä tärkeimmät on esitetty taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1. Liuottimien eri ominaisuuksien vaikutus rasvanpoistotehoon höyrypesussa.

Kemikaalin ominaisuus	Näkökohtia
Kiehumispiste, T_b	T_b tulee olla riittävän alhainen, jotta liuotin erottuu helposti korkealla kiehuvista öljyistä ja rasvoista, mutta riittävän korkea, jotta liuotin kondensoituu tehokkaasti lauhdutuskennoissa.
Kauri Butanoli-arvo, Kb	Kb kuvaa liuottimen puhdistustehoa; korkea arvo kuvaa tehokasta puhdistusominaisuutta.
HTP-arvo	HTP, haitalliseksi tunnettu pitoisuus on pienin ilman epäpuhtauksien pitoisuus, jonka sosiaali- ja terveysministeriö katsoo voivan vahingoittaa työntekijää työturvallisuuslaissa tarkoitetulla tavalla.
Höyrinpaine	Höyrinpaineen avulla määritetään, mitä liuotinta voidaan käyttää pelkkänä (ei seos) aineena höyrypesussa. Alhaisen höyrinpaineen omaavat aineet vaativat lisäksi kuivausvaiheen tai poispesun. Seosliuottimissa helposti haihtuva apuliuotin huuhtelee/haihduttaa hankalammin haihtuvan liuottimen pinnalta rasvanpoiston jälkeen.
Höyryn tiheys	Sen parempi jota korkeampi; se helpottaa talteenottoa ja höyryn määrän hallintaa sekä hävikin vähentämistä.
Höyrystymislämpö	Lämpömäärä (kJ/mol tai kJ/kg), joka tarvitaan aineen höyrystämiseen.
Pintajännitys	Mitä alempi pintajännitys, sitä helpommin se tunkeutuu pieniin rakoihin
Leimahduspiste TCC	Mitä alempi leimahduspiste on, sitä suurempi palovaara aineen käyttöön liittyy.
Hajoaminen	Liuottimen tulee olla pysyvä ja tehokas jatkuvassa ja toistuvassa käytössä.

Tietoja mahdollisista liuottimista on saatavissa julkaisuista ja kemikaalitoimittajilta. Puhdistukseen käytetyn liuottimen tulee olla yhteensopiva puhdistettavissa kohteissa käytettävien materiaalien kanssa ja sillä tulee olla mm. seuraavat ominaisuudet:

- työhygieenisesti hyväksyttävä
- liuotuskyky riittävä
- vähäinen tai kohtuullinen haihtuvuus
- ei saa jättää rasvaista pintaa kuivumisen jälkeen
- ei saa turmella pestävän kohteen materiaalia
- ei saa tuottaa ärsyttävää hajua.

Pesutoiminnoissa haihtuvaan liuotinmäärään vaikuttaa olennaisesti käytettävän liuottimen haihtumisnopeus (engl. evaporation speed, rate of evaporation) eli haihtuvuus (engl. volatility). Haihtumista voidaan vähentää ottamalla käyttöön liuottimia, joiden haihtumisnopeus on alhaisempi. Lisäksi haihtuminen lisääntyy kaikilla liuottimilla lämpötilan ja höyrinpaineen noustessa. Liuottimen haihtumisominaisuuksia

voi tiedustella aineen toimittajalta, elleivät tiedot käy ilmi liuottimen käyttöturvallisuustiedotteesta. Orgaanisten liuottimien korvaaminen muilla liuottimilla (esim. alkalipohjaiset liuottimet) ei välttämättä vähennä pintojen puhdistuksesta aiheutuvia VOC-päästöjä ilmaan ja lisäksi esimerkiksi paloriski voi jopa lisääntyä.

Leimahduspisteeltään yli 55 °C olevien pesuliuottimien ja korkealla kiehuvien (HBS, high boiling solvents) tai kasviöljypohjaisten (VCA, vegetable cleaning agents) pesuaineiden käyttö vähentää päästöjä. Vähemmän haihtuviin pesuaineisiin on siirrytty alun perin terveys- ja turvallisuussyistä. Samalla haitallisten liuotinjätteiden määrä on kasvanut. Kasviöljypohjaisten tuotteiden käyttöä pesunesteinä on syytä välttää, mikäli ne sisältävät liuottimia tai myrkyllisiä ainesosia.

Liuotinpesukoneet ovat suljettavia laitteita, joihin pestävät osat lastataan erä kerrallaan. Liuotinpesukoneita voidaan käyttää sekä rasvanpoistoon käsiteltävän tuotteen pinnalta. Pesukoneessa on liuotinta, jolla osat pestään upottamalla, ruiskuttamalla tai höyrypesuna.

Suljetun liuotinpesukoneen liuotinpäästöt ovat merkittävästi alhaisemmat kuin käsin tehtävässä pesussa tai muissa avoimissa menetelmissä. Kun liuotinpesutoiminto on valmis, on ennen kannen aukaisua poistettava koneen sisältä sinne muodostuneet liuotinhöyryt, jotta ne eivät vapaudu työtilaan. Orgaanisia liuottimia käytettäessä nämä tuuletushöyryt ovat VOC-poistokaasupäästöjä, joista on huolehdittava asianmukaisella tavalla. Liuottimen pumppaus lisää energiankulutusta.

Käsinpesu (manuaalinen pintojen puhdistus) edelleen yleistä varsinkin pienissä yrityksissä. Käsin tehtävään puhdistukseen on perinteisesti käytetty esimerkiksi tinneriä, liuotibensiiniä ja ksyleeniä. Käsinpesussa epäpuhtaudet pyyhitään liuottimeen kostutettuun paperiin tai kangasrättiin. Manuaalisesti tehtävässä, orgaanisia liuottimia käyttävässä pintojen puhdistuksessa muodostuvien VOC-päästöjen vähentämiskeinoja:

- Käytettävän liuotinmäärän rajoittaminen, esim. mittaamalla ja käyttämällä ennalta määrättyjä liuotinannoksia astioissa
- Esi-kostutettujen liuotinträttien käyttö
- Pesupaikan kotelointi. Pesu järjestetään siten, että käytetty liuotin pääsee valumaan välittömästi suljettuun säiliöön. Markkinoilla on pesulaitteita, joissa liuotin on suljetussa tynnyrissä, josta se tarvittaessa pumpataan hanan tai ruiskun kautta käyttöön tynnyrin yläpuolelle sijoitettuun puoliiksi suljettuun pesukaappiin. Käytetty liuotin valuu karkeasuodattimen kautta takaisin tynnyriin. Pumpattava liuotin otetaan nesteiden pinnalta, jolloin palautetun liuottimen mukana tullut kiintoaine pääsee asettumaan pohjalle. Kun liuotinta ei enää voida käyttää, se toimitetaan tislattavaksi.
- Hitaasti haihtuvien liuottimien (low volatile) käyttö

4.1.2

Kloorattujen ja muiden halogenoitujen liuottimien korvaaminen

VOC-asetuksen 9 - 10 §:ssä tarkoitettuja terveydelle vaarallisia VOC-yhdisteitä on käytetty erityisesti metallipintojen esikäsitelyssä mm. rasvanpoistoon. Alkalipesu on vaihtoehtoinen rasvanpoistomenetelmä, joka on yleisesti käytössä.

Hitaasti haihtuvia liuottimia, joilla on hyvät puhdistusominaisuudet, ovat esimerkiksi N-metyyli-2-pyrrolidoni (kiehumispiste 202 °C) ja 2-aminoetanoli (kiehumispiste 170 °C). Kyseiset liuottimet voivat soveltua korvaamaan halogenoituja liuottimia ja terveydelle vaarallisiksi luokiteltuja, R-lausekkeilla R45, R46, R49, R60 ja R61 merkittyjä aineita (CMR, katso sanasto). N-metyyli-2-pyrrolidonia ei ole toistaiseksi luokiteltu kuuluvaksi terveydelle vaarallisiin CMR-yhdisteisiin. Ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua mahdollinen luokitukseen tuleva muutos. Asiaa koskeva arvi-

ointi on jo käynnissä ja N-metyyli-2-pyrrolidoni saatetaan tulevaisuudessa luokitella CMR-aineeksi (Leinonen 2008).

On huomattava, että näiden liuottimien vähäinen haihtuvuus ja siitä seuraavat edulliset ympäristö- ja työterveysominaisuudet liittyvät nimenomaan huonelämpötilassa tapahtuvaan toimintaan, jolloin haihtuminen on vähäistä. Korkeammassa lämpötiloissa nämä edut häviävät haihtuvuuden lisääntyessä.

Esimerkkitarkastelu klooratun liuottimen korvaamisesta (Koivula 2007).

Prosessi

Trikloorietyleeniä käytetään yleisesti tuotteiden maalausta edeltävään rasvanpoistoon. Puhdistusprosessi perustuu höyrypesuun, jossa pesukammion pohjalla olevaa liuotinta höyrystetään kammioon, josta se kondensoituu puhdistettavien kappaleiden pinnalle. Kammion yläosassa on jäähdytyskenno, joka lauhduttaa höyryn takaisin pohjalle. Jäähdytyskennojen yläpuolella on poistoilma-aukot, joista vapautuvaa höyryä imetään ulos.

Trikloorietyleenin vaaraa osoittava R-lauseke on R45; "Aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa". Aine kuuluu VOC-asetuksen 9§ mainittuihin aineisiin, jotka on korvattava vähemmän haitallisilla aineilla tai valmisteilla mahdollisimman pian. Asetuksessa annetaan kyseisille aineille päästöraja-arvo 2 mg/Nm^3 , jos näiden yhdisteiden yhteinen massavirta on vähintään 10 g/h . Kyseessä on VOC-asetuksen 9 §:n mukainen kloorattu liuotin ja toimintaan on haettava ympäristölupaa, kun liuottimen kulutus on $> 1 \text{ t/a}$.

Tyypillinen poistoilman mukana ulospuhallettavan liuotinhöyryn määrä on vuositasolla n. 5 – 10 tonnia, joten klooratun liuottimen kulutus ylittää selvästi vuositasolla VOC-asetuksen asettaman kynnyksarvon. Mainitulla käytöllä poistoilman pitoisuudet ylittävät moninkertaisesti asetuksen määräämän enimmäispitoisuuden (2 mg/Nm^3) ja ovat tasolla n. $1\,500 \text{ mg/Nm}^3$.

Korvaavat aineet päästöjen vähentämiseksi

Ensisijainen keino trikloorietyleenin päästöjen vähentämiseksi on pyrkiä löytämään korvaava aine tai menetelmä. Tehdyissä selvityksissä on osoittautunut, että rasvanpoistoteholtaan vastaavia, trikloorietyleenin korvaavia aineita on kyllä olemassa, mutta joko niiden palo- ja räjähdysturvallisuusominaisuudet eivät ole riittävän hyvät tai sitten turvallisiksi katsotut aineet ovat hankintahinnaltaan moninkertaisia trikloorietyleeniin verrattuna. Lisäksi on todennäköistä, että eräiden muutoin teknisesti kyseeseen tulevien aineiden vaarallisuusluokitus (R-lauseke) saattaa muuttua tulevaisuudessa.

Prosessitekniset keinot päästöjen vähentämiseksi

Yleinen keino klooratun hiilivetyliuottimen korvaamiseksi on alkalipesu. Investoinnin suuruusluokka on noin $60\,000 \text{ €}$ ilman purku- ja kuljetinratamuutoksia. Vesikierto on suljettu, ja vesi vaihdetaan muutaman kerran vuodessa. Jätevesi toimitetaan ongelmajätteenkäsittelyyn.

Poistoilman puhdistustekniikka

Eräänä keinona on myös poistoilman puhdistustekniikka tai liuottimen tehokas talteenotto trikloorietyleenin päästöjen vähentämiseksi. Talteenottomenetelmäksi voisi soveltua aktiivihiiliadsorptio. Puhdistusinvestoinnin kokonaiskustannus olisi tässä laitoskokoluokassa n. $150\,000 \text{ €}$.

VOC-päästöjen käsittelytekniikat

VOC-päästöjä ilmaan voidaan käsitellä polttamalla, absorptio- ja adsorptiomenetelmillä, biologisesti, kondensoimalla tai eri menetelmien yhdistelmillä.

Puhdistustekniikan valinta

Yleisesti käytössä olevat regeneratiiviset polttotekniikat soveltuvat teknis-taloudellisesti hyvin tavanomaisten paino- ja maalaustoimintojen VOC-poistoilmavirtojen puhdistukseen. Lämmön talteenotto polttolaitoksen poistoilmasta on yleensä mahdollista. Hajapäästöjen raja-arvon saavuttamiseksi voidaan joutua suorittamaan esimerkiksi prosessien kotelointia. Painokoneissa ja maalausprosesseissa on oleellista järjestää prosessi-ilmanvaihdon painesuhteet siten, että kuivaimet ovat alipaineisia. Erilaisia liuottimia sisältävät astiat ja säiliöt on syytä sulkea mahdollisimman hyvin.

Kuvassa 4.1 esitetään kaavio yleisimmistä VOC-puhdistusmenetelmistä. Puhdistustekniikan valintaan vaikuttavat käsiteltävän poistokaasun tilavuusvirta (Nm^3/h), pitoisuustaso ja poistokaasujen lämpötila sekä niiden vaihtelut. Näistä tärkein on pitoisuus. Kuvassa 4.2 esitetään eri menetelmien tyypillisiä sovellusalueita eri poistoilman pitoisuustasoilla.

Poistoilman VOC-pitoisuustasosta $1 \text{ g}/\text{Nm}^3$ ylöspäin alkavat eri polttomenetelmät toimia autotermisesti, jolloin lisäenergiaa ei tarvita (ks. kuva 4.3.). Tällä pitoisuusalueella löytyy taloudellinen polttomenetelmä lähes kaikkiin prosesseihin. Yhteenvedo eri VOC-polttomenetelmillä saavutettavissa olevista autotermisistä pitoisuuksista esitetään taulukossa 4.2. VOC-puhdistusmenetelmillä saavutettavia puhdistusasteita ja puhtaan kaasun pitoisuuksia esitetään kuvassa 4.4.

Puhdistinlaitoskoon optimointi

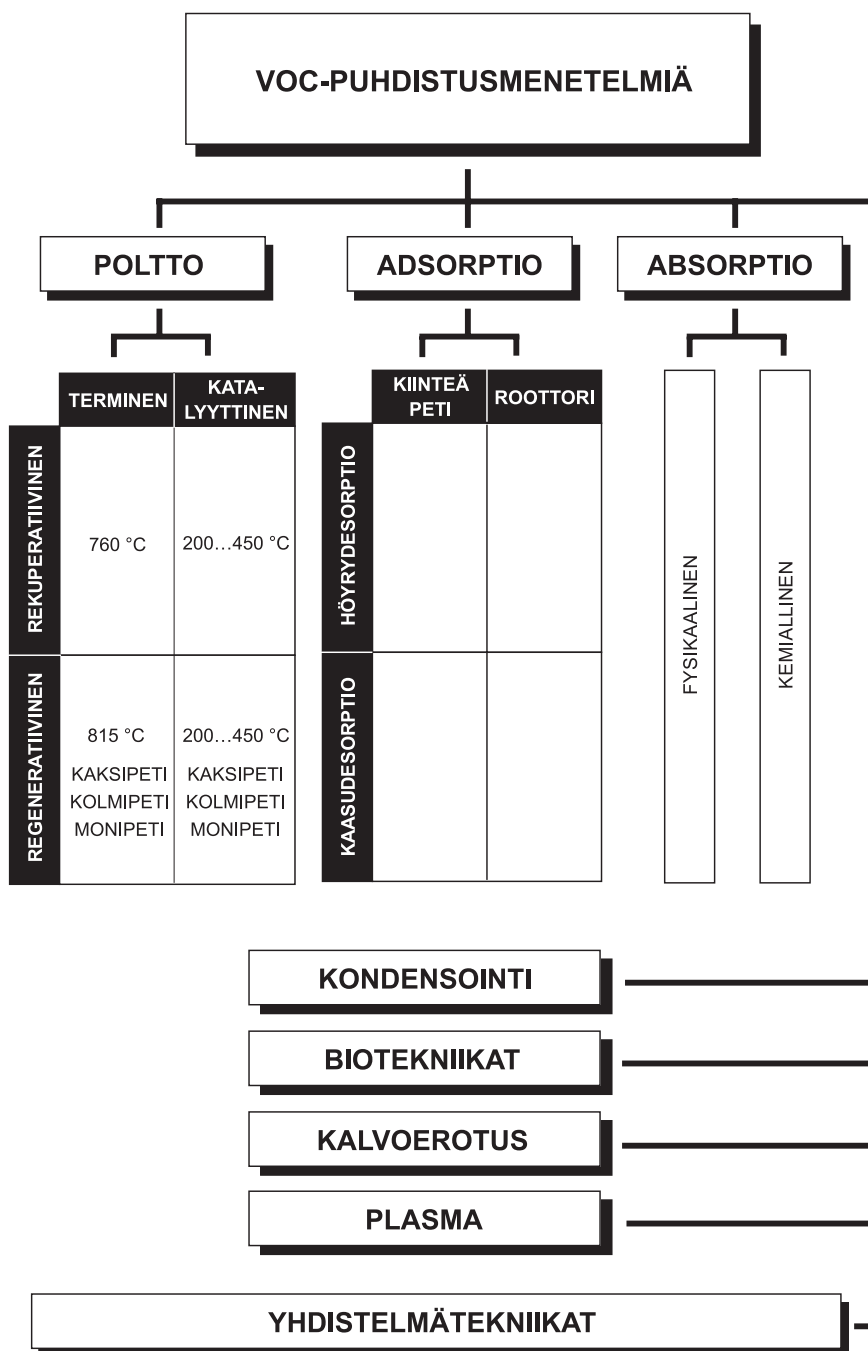
VOC-päästöjen käsittelemiseksi käytettävät puhdistustekniikat ovat niin kalliita, että puhdistinlaitoskoon optimointi on suunnittelun avainkysymys, sillä laitoskoon minimointi voi johtaa välittömästi merkittävään säästöön puhdistininvestoinnissa.

Prosessin optimoinniksi voidaan ymmärtää analyysi, jossa olemassa olevista päästölähteistä valitaan edullisimman puhdistinratkaisun tuottava kombinaatio. Varsinaisella optimoinnilla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla prosessin poistoilmavirtaa eli puhdistinlaitoskoko voidaan alentaa ja samalla nostaa poistoilman pitoisuustasoa, jolloin sekä puhdistimen hankinta että käyttö tulee taloudellisemmaksi.

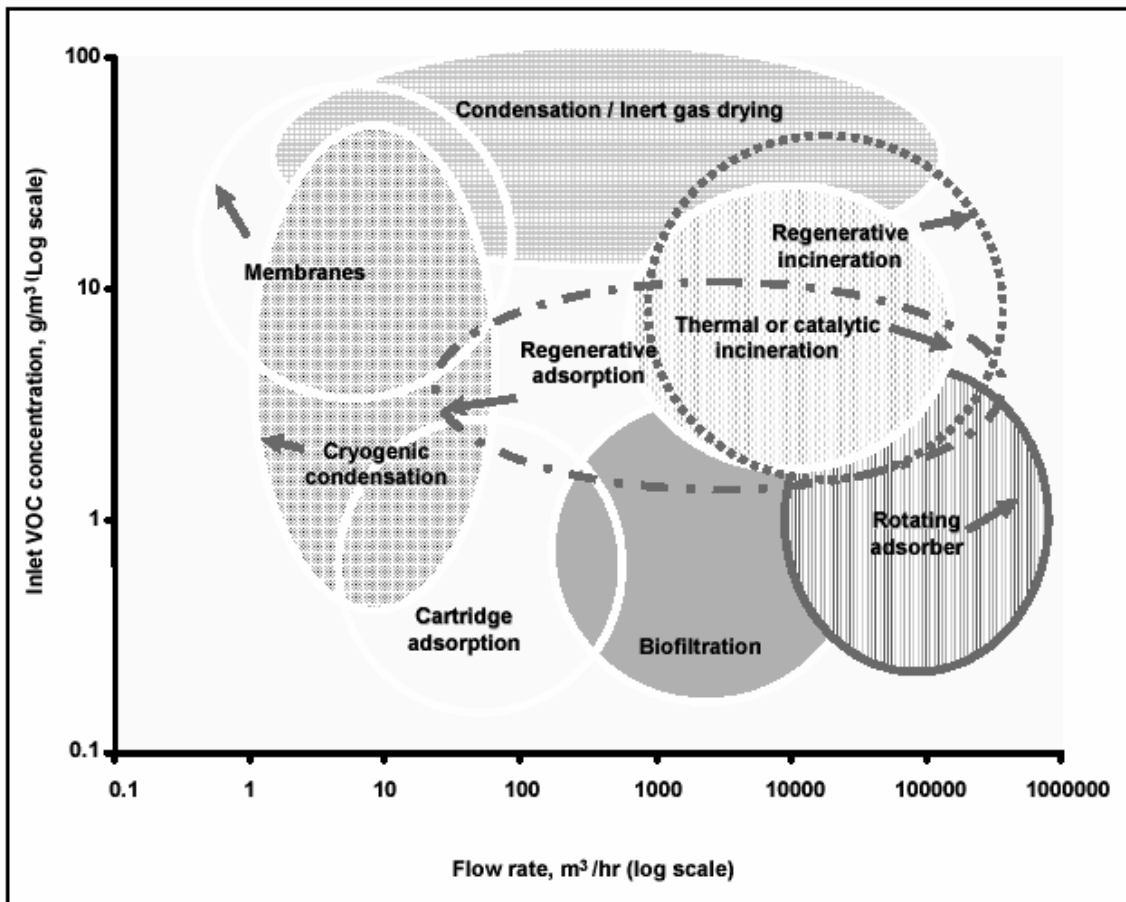
Esimerkkinä optimointitoimenpiteestä on poistoilman kierrätyskonsentroidi, jossa vain osa poistoilmasta johdetaan puhdistuslaitteistolle ja loppu palautetaan takaisin päästökohtaan, kuva 4.5.

Kierrätys on yleisesti käytössä painokoneiden kuivaimissa ja jonkin verran maalien kuivausuuneissa. Käytännössä kierrätyksen lopullinen mitoitus voidaan määrittää vain testeillä todellisissa käyttöolosuhteissa.

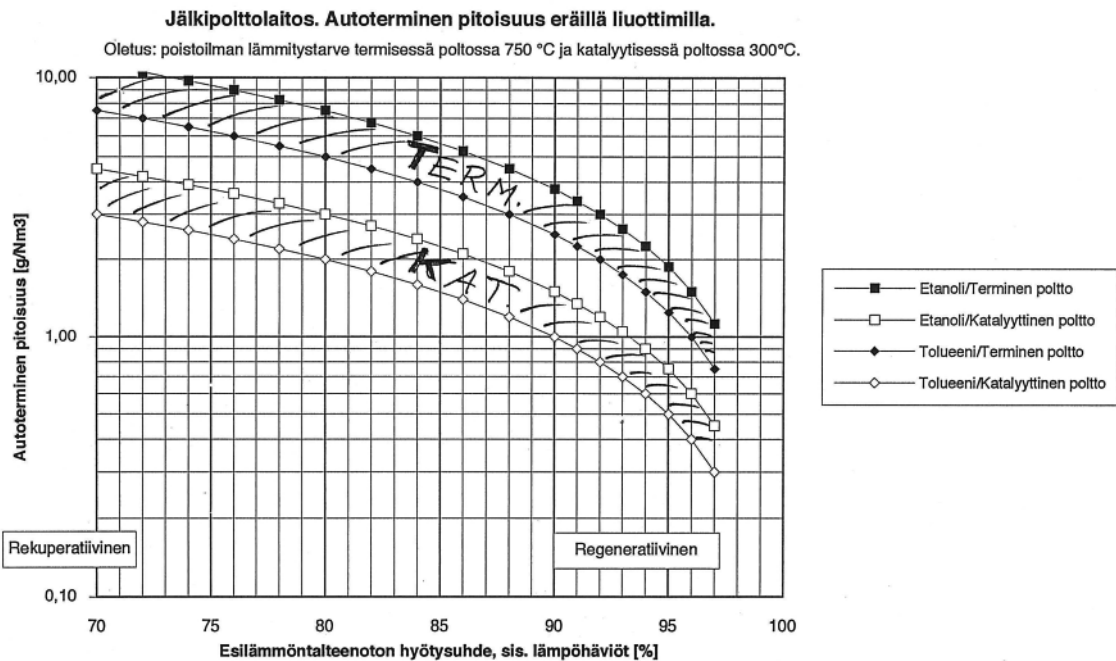
Puhdistuslaitoksen investointi- ja käyttökustannuksiin voidaan merkittävästi vaikuttaa, kun poistoilmavirtaa pienennetään nostamalla samalla sen pitoisuutta, jolloin polttolaitoksen kokoa voidaan pienentää. Näin esimerkiksi polttolaitos saadaan toimimaan autotermisellä alueella, joka vaihtelee eri polttomenetelmillä välillä $0,7\text{--}12 \text{ g}/\text{Nm}^3$.



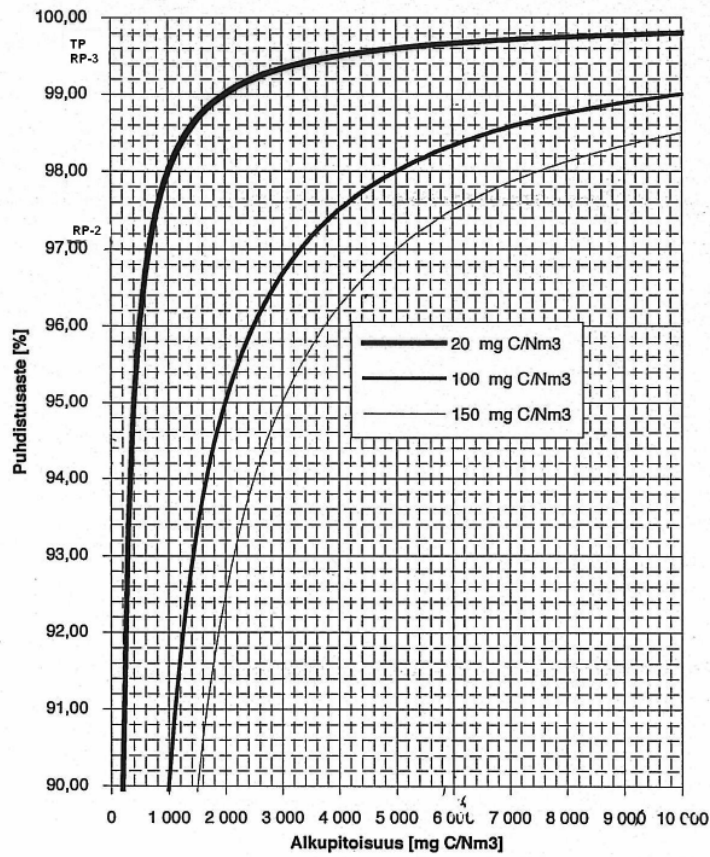
Kuva 4.1 Ilmaan aiheutuvien VOC-päästöjen puhdistusmenetelmiä (Koivula 2007).



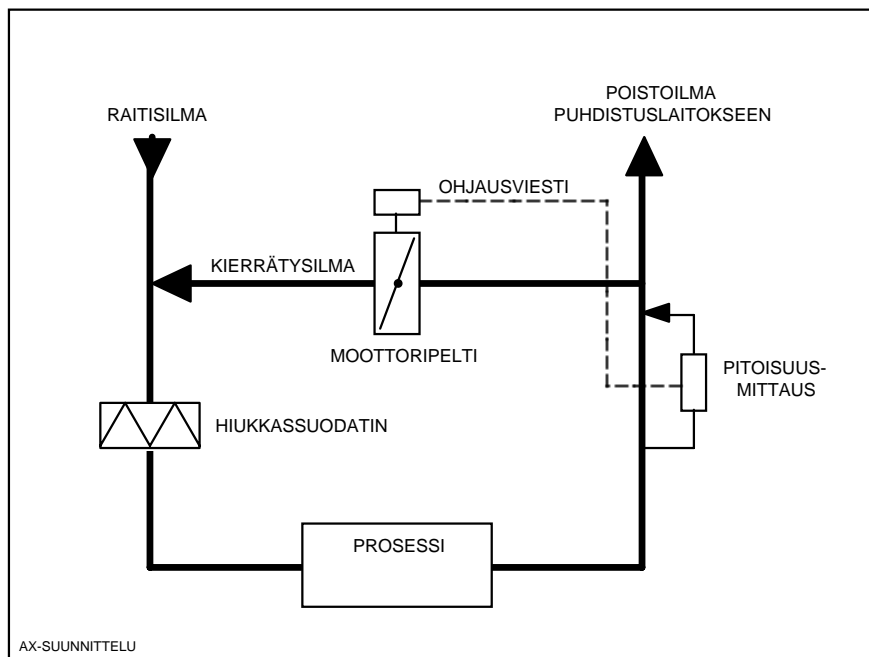
Kuva 4.2 VOC-puhdistimien sovellusalueita poistoilman tilavuusvirran suhteessa pitoisuustasoon. (EIPPCB 2007a).



Kuva 4.3 Esimerkki autoteremisistä pitoisuusalueista eri jälkipoltteknikoilla. "TERM." tarkoittaa termisiä laitoksia ja "KAT." katalyyttisiä. Oletuksena poistoilman lämmitystarpeelle termisessä poltossa on 750 °C ja katalyyttisessä 300 °C (Koivula 2007).



Kuva 4.4 Jälkipolttolaitoksen puhdistusaste käsiteltävän poistokaasun alkupitoisuuden funktiona. TP = terminen rekuperatiivinen poltto, RP-3 = regeneratiivinen 3-petipolttolaitos, RP-2 = regeneratiivinen kaksipetipolttolaitos (Koivula 2007).



Kuva 4.5 Prosessipoistoilman kierrätyskonsentointi (Koivula 2007).

Polttotekniikat

VOC-päästöjen polttokäsittelyssä poistokaasun lämpötila nostetaan niin korkeaksi, että VOCit hapettuvat hiilidioksidiksi ja vedeksi. Termisissä menetelmissä riittävään hapettumiseen tarvitaan noin 760 ... 820 °C lämpötila ja katalyyttisissä menetelmissä noin 300 ... 500 °C. Lämpötilan lisäksi myös käsiteltävän kaasun viipymääjan on oltava riittävä hapetusreaktion loppuunsaattamiseksi.

VOC-poistoilman energiataloudellinen poltto perustuu liuottimien hyvään lämpöarvoon. Optimoimalla käsiteltävä liuotinpitoisuus ja valitsemalla sopivin polttomenetelmä on mahdollista päästä ns. autotermiseen polttoon, jossa lisäpolttoainetta ei tarvita lainkaan ja polttoon tarvittava energia saadaan käsiteltävien liuottimien energiasisällöstä. Eri jälkipolttotekniikoiden tyypillisiä autotermisiä pitoisuuksia (käsittelyyn tuleva VOC-poistokaasu) on esitetty taulukossa 4.2.

Taulukko 4.2. Eri jälkipolttotekniikoilla saavutettavia tyypillisiä autotermisiä pitoisuuksia.

Menetelmä	Terminen	Katalyyttinen
Rekuperatiivinen	8 ... 11 g/Nm ³	3 ... 5 g/Nm ³
Regeneratiivinen	1,5 ... 2,5 g/Nm ³	0,5 ... 1,5 g/Nm ³

Turvallisen käytön varmistamiseksi on toisaalta huolehdittava siitä, ettei VOC-pitoisuus poistokanavistossa tai polttolaitoksessa pääse kohoamaan liian korkeaksi. Suomessa sallittu korkein palavan nesteen pitoisuus poistoilmakanavassa on perinteisesti ollut 20% LEL (Lower Explosion Limit) eli viidennes yhdisteen alemmasta räjähdysrajasta. Eurooppalaisen käytännön mukaan voidaan tietyin edellytyksin sallia jopa 50% LEL-pitoisuuksia.

Jälkipolttolaitosten puhdistusaste on muihin tekniikoihin verrattuna yleisesti erinomainen, joten poltto soveltuu hyvin myös hajuhaittaa aiheuttavien yhdisteiden poistamiseen. Teollisuuslaitosten VOC-päästöjen puhdistustekniikoista suurin osa on polttolaitoksia. Erityisen hyvin polttolaitokset sopivat paino-, maalaus- ja pinnoitusprosesseihin, joissa poistoilman pitoisuustaso on helposti hallittavissa ja prosessit ovat luonteeltaan jatkuvia.

Jälkipolttolaitokset eivät kuitenkaan sellaisenaan sovellu kloorattujen liuottimien polttamiseen hajoamistuotteina syntyvien vielä haitallisempien yhdisteiden takia.

Talteenottomenetelmistä adsorptiotekniikka voi olla kilpailukykyinen, mikäli poistokaasut sisältävät vain yhtä tai kahta liuotinta. Talteenotettu liuotin voidaan tällöin palauttaa uudelleen käyttöön.

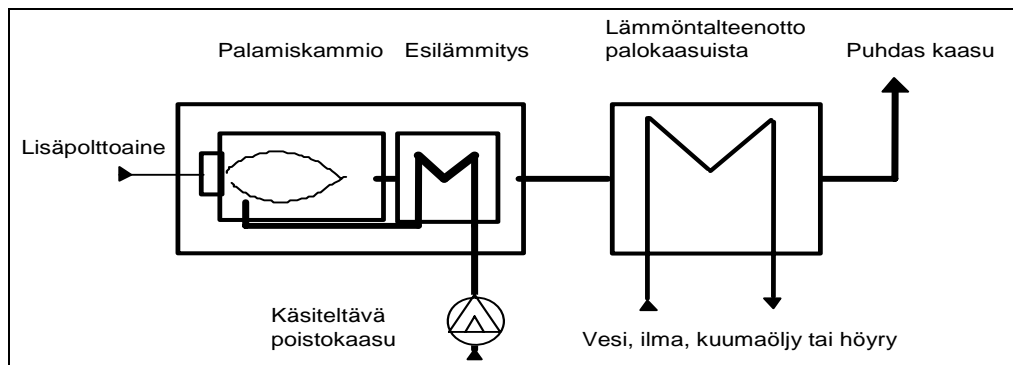
4.2.3.1

Terminen rekuperatiivinen poltto

Käsiteltävä kaasuvirta johdetaan palokammioon, jossa se kuumennetaan esimerkiksi kaasupolttimella 550 ... 800 °C:een. Palaminen on riittävän täydellisestä jo noin 0,5 ... 1,0 sekunnin viipymääjalla. Puhdistustehokkuus on lähes 100%, mikäli VOC-pitoista poistokaasua syötetään polttoon tasaisesti ja VOC-pitoisuus pysyy likimain vakiona. Mikäli palaminen kuitenkin jää epätäydelliseksi, saattaa poltossa syntyä uusia, haitallisempia yhdisteitä.

Poltettava poistokaasu esilämmitetään rekuperatiivisella eli epäsuoralla lämmöntalteenotolla syttymislämpötilan mukaisesti. Lämmönsiirrin on putki- tai levytyyppiä, joten lämpötilahyötysuhde on maksimissaan noin 70%. Lämpötilahyötysuhde vastaa noin 10 ... 12 g/Nm³ autotermistä pitoisuutta riippuen käsiteltävän poistoilman liuotinainekoostumuksesta ja lämpötilasta. Autotermistä pitoisuutta alhaisemmilla pitoisuuksilla termisen rekuperatiivisen polton käyttökustannukset nousevat kohtuuttoman korkeiksi ilman ulkoista palokaasun lämmöntalteenottoa. Korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa ongelmia materiaalien valinnassa ja rakenteiden kestossa.

Palokaasujen loppulämpöä voidaan ottaa talteen veteen, ilmaan, kuumaöljyyn tai höyryyn ja siirtää edelleen esim. kuivausilman tai ilmastoinnin tuloilman lämmitykseen.



Kuva 4.6 Terminen rekuperatiivinen poltto (Koivula 2007).

4.2.3.2

Terminen regeneratiivinen poltto

Regeneratiivisissa polttomenetelmissä esilämmön talteenotossa kaasuvirran annetaan vuorotellen lämmittää ja jäähdyttää lämmönsiirtomateriaalia, jolloin lämmön siirtymisessä saavutetaan jopa 97% hyötysuhde. Lämmönsiirtomateriaalien vaihtoehtoisiksi ovat vakiintuneet erilaiset keraamiset materiaalit ja teräs. Erillisten petien välisiä virtauksia ohjataan kaksisuuntaisilla venttiileillä. Lopullinen palaminen tapahtuu palokammioissa, joihin tarvittava lisäenergia tuodaan kaasupolttimilla tai sähkövastuksilla. Korkean lämpötilahyötysuhteen vuoksi autoterminen käyttö saavutetaan jo pitoisuusalueella 1,5...2,0 g/Nm³.

Regeneratiivisissa menetelmissä normaalin yli 99% puhdistusasteen saavuttamiseksi tarvitaan vähintään kolme petiä tai vastaavasti yhtä monta erillistä puhdistussektoria. Investointikustannuksiltaan edullisimmissa kaksipetilaitoksissa pedinvaihdon yhteydessä pääsee ulos lyhytaikainen pitoisuuspiikki, joka heikentää kokonaispuhdistusastetta pari prosenttiyksikköä. Kaksipetilaitoksen pitoisuuspiikkiä voidaan alentaa puskurilla, johon lyhytaikainen piikki johdetaan pedinvaihdon yhteydessä ja palautetaan sitten uudelleen käsittelyyn.

Kiinteäpetilaitosten lisäksi on markkinoilla myös roottoriratkaisuja, joissa regeneratiivinen lämmöntalteenotto hoidetaan pyörivällä kiekolla.

Viimeisin kehitysvaihe regeneratiivisessa polttolaitostekniikassa on kiinteä, useisiin puhdistussektoreihin jaettu peti, jonka alaosaan sijoitettu pyörivä syöttöventtiili ohjaa puhdistussektoreiden virtauksia. Menetelmä vastaa puhdistusasteeltaan lähes kolmipetistä laitteistoa, mutta investointikustannus on samaa tasoa kuin kaksipetisissä laitoksissa.

4.2.3.3

Kuivaimen integroitu jälkipoltt

Heatsetpainokoneisiin ja metallin pinnoituslinjoihin on kehitetty ns. kuivaimen integroitu jälkipoltt, jossa itse poltin, palokammio ja esilämmönsiirrin on rakennettu osaksi kuivainkonstruktioita. Kuivainilman lämmittämisen ei tarvita erillistä poltinta. Tähän asti näissä laitoksissa on ollut käytössä rekuperatiivinen versio, mutta regeneratiivinen vaihtoehto on jo tulossa markkinoille.

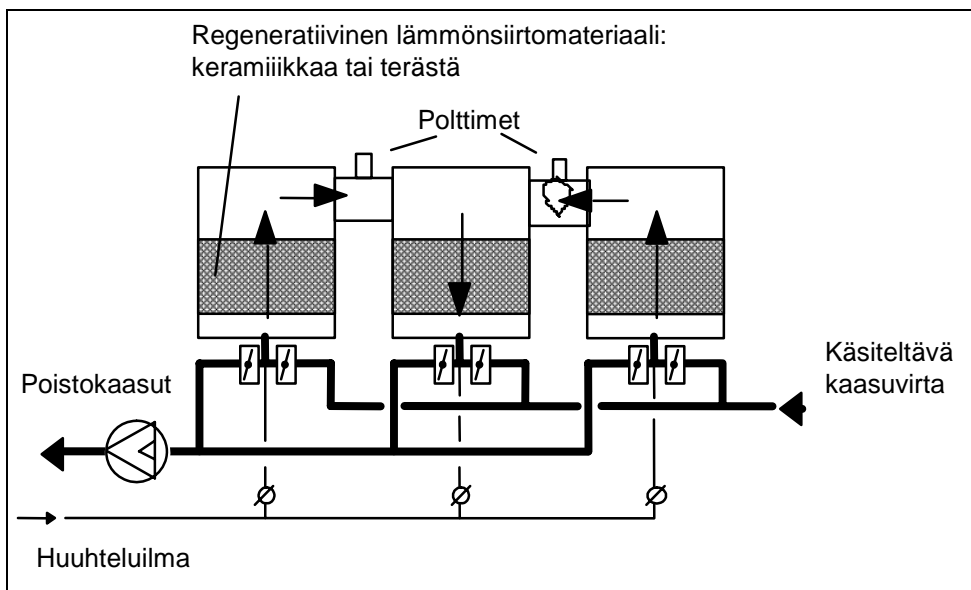
Integroidun jälkipolton ilmeinen etu on kompakti rakenne. Polttolaitokseen verrattuna voidaan kustannussäästöä saavuttaa uuden painokoneen tai pinnoituslinjan hankinnan yhteydessä. Mutta mikäli jälkipolttin ei toimi ei myöskään tuotanto ole mahdollista. Myös suunniteltua korkeamman pitoisuuden ja tästä johtuvan polttolaitoksen yllilämmön hallinta voi olla ongelmallista rekuperatiivisilla laitoksilla.

4.2.3.4

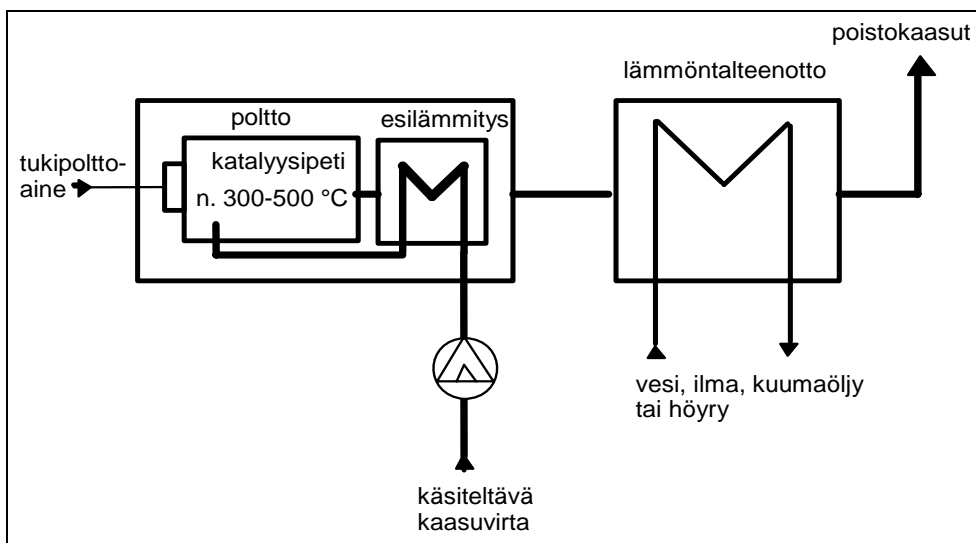
Katalyyttinen regeneratiivinen poltto

Katalyyttisessä poltossa jo 300 ... 500 °C lämpötila on riittävä. Tarvittava polttolämpötila riippuu valitusta katalyytistä ja käsiteltävästä yhdisteestä. Raskasmetallit, fosfaatit, arseeni, halogeenit, rikki, pöly, hiili, öljyt ja silikonit voivat heikentää katalyytin toimintaa. Myös liian korkea lämpötila vaikuttaa katalyytin toimintaan heikentävästi ja saattaa jopa tuhota sen. Katalyytin toiminnan heikkeneminen huonontaa puhdistusastetta ja katalyyttejä voi joutua tapauskohtaisesti puhdistamaan tai vaihtamaan. Tämän vuoksi katalyytille on hankintavaiheessa aina laskettava jonkinlainen käyttökustannus. Laittevalmistajat myöntävät katalyyteille rajallisen takuuajan.

Katalyyttisen regeneratiivisen polton autoterminen pitoisuus on luokkaa 4 g/Nm³. Puhdistusaste voidaan katalyyttisessä tekniikassa saada yhtä hyväksi kuin termisesäkin. Investointikustannuksissa ei välttämättä ole suuria eroja, sillä katalyyttisen tekniikan alhaisemmat lämpötilatasot alentavat materiaalikustannuksia.



Kuva 4.7 Terminen regeneratiivinen 3-petipolttu. Pedinvaihtojen yhteydessä syntyvä pitoisuuspiikki eliminoidaan kolmannen pedin huuhtelulla (Koivula 2007).



Kuva 4.8 Katalyyttinen regeneratiivinen poltto varustettuna ulkoisella lämmöntalteenotolla (Koivula 2007).

4.2.3.5

Katalyyttinen regeneratiivinen poltto

Energiataloudellisesti kehittynein polttotekniikka on regeneratiivinen katalyyttinen poltto, jossa katalyytin käyttö on yhdistetty regeneratiiviseen lämmöntalteenottoon. Menetelmä soveltuu laimeille kaasuvirroille; eräillä liuottimilla voidaan päästä jopa alle $1,0 \text{ g/Nm}^3$ autotermiseen pitoisuuteen. Toisaalta katalyyttitekniikka on termistä polttoa herkempi korkeille pitoisuuksille. Katalyytin toimintariskit ja käyttökustannukset ovat vastaavat kuin katalyyttisessä rekuperatiivisessa poltossa. Puhdistusaste on vastaava kuin termisessä regeneratiivisessa poltossa eli siihen vaikuttaa käytetty petiratkaisu.

4.2.3.6

Muut polttomenetelmät

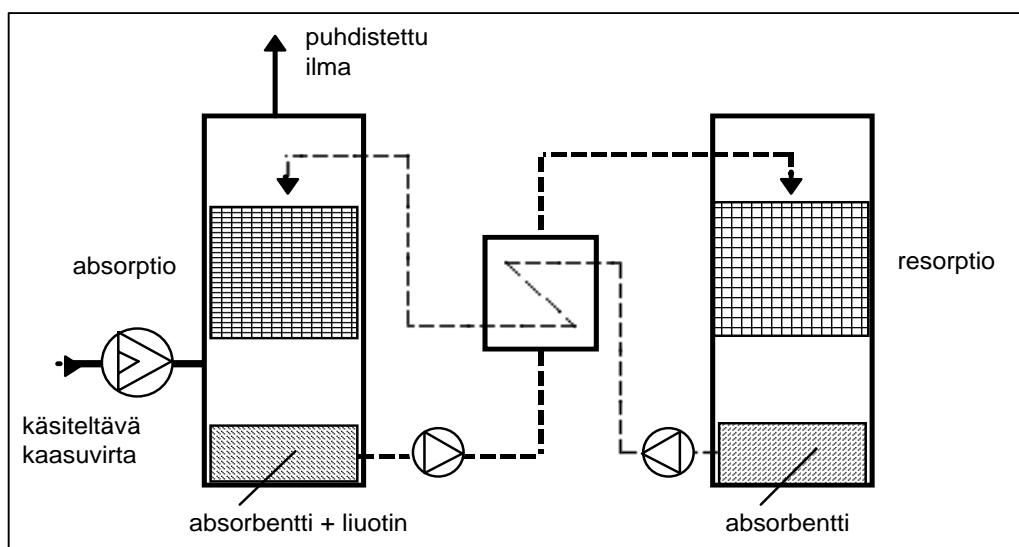
Liuottimia tai hajukaasuja sisältävä poistoilma voidaan johtaa myös energiantuotantoon tarkoitetun kattilalaitoksen palamisilmaksi tai esimerkiksi sopivan prosessikuivauslaitteiston kuivausilmaksi. Tällaisia erikoisratkaisuja on toteutettu myös Suomessa esimerkiksi lääketeollisuudessa. Turvallisuustekniikka, stand by -käyttö sekä puhdistustuloksen varmistaminen on räätälöitävä tapauskohtaisesti. Koska myös kanavointia tarvitaan yleensä normaalia enemmän, nousevat projektin kustannukset helposti yllättävän korkeiksi, vaikka itse polttolaitosinvestointi säästetäänkin.

4.2.4

Absorptio

Absorptio- eli pesuritekniikka (scrubber) voi olla joko käsittely- tai talteenottomenetelmä. Kemiallisessa absorptiossa liuotin (tai hajukaasu) reagoi absorbenttien kanssa, jolloin hiilivedyt hajoavat. Fysikaalisessa absorptiossa liuottimen kyllästävä absorbentti johdetaan resorptioon, jossa liuotin erotetaan absorbentista ja liuotin saadaan talteen.

Menetelmän toimivuus riippuu sopivasta absorbentista. Absorptio-ensimmäinen edellytys on, että talteenotettava liuotin liukenee tehokkaasti absorbenttiin. Lisäksi absorbentti ei saa aiheuttaa korroosiota, sen on oltava vaikeasti haihtuva, palamaton, myrkytön ja kemiallisesti stabiili, halpa ja helposti saatavissa. Absorptiopesureita on käytössä lähinnä kemian teollisuuden prosessikierroissa ja hajukaasujen pesussa.



Kuva 4.9 Absorptio pesurissa (Koivula 2007).

Adsorptio

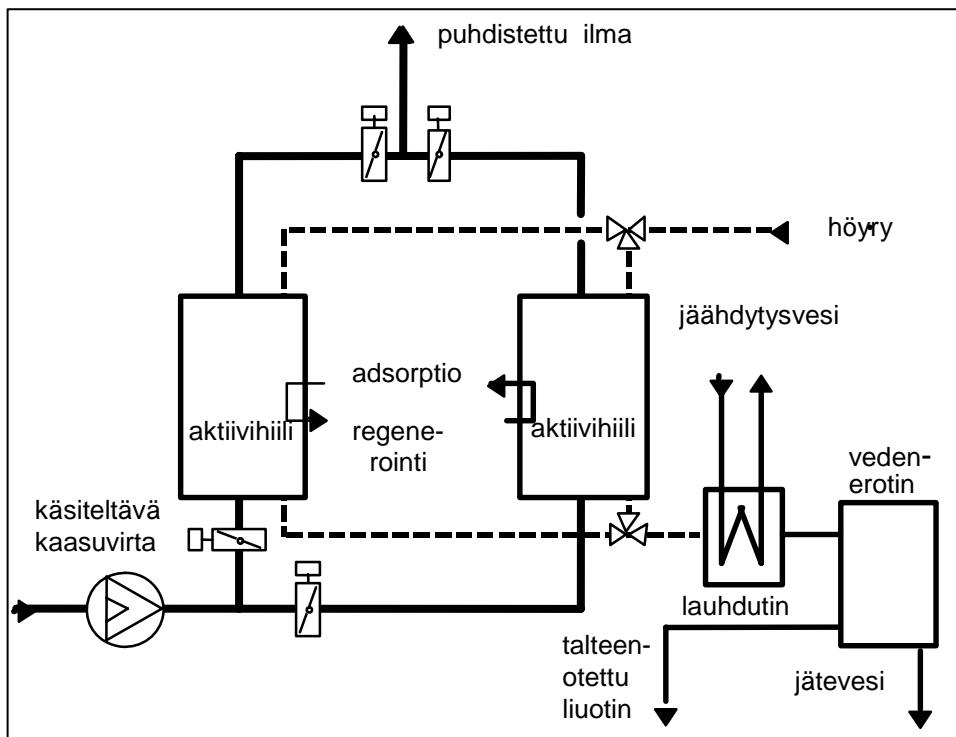
Adsorptiossa liuotinhöyryt erotetaan poistoilmasta ja liuotin kerätään talteen desorptiovaiheessa. Käsiteltävä kaasuvirta johdetaan adsorptioaineen eli adsorbenttien läpi, jolloin liuottimet adsorboituvat adsorbenttien pinnalle. Orgaanisille liuottimille käytetään adsorbenttina yleisimmin aktiivihiiltä, zeoliittia tai polymeerejä.

Adsorbenttien adsorptiokyky perustuu sen huokoiseen materiaalirakenteeseen, jossa yhdessä grammassa adsorbenttia on tyypillisesti tuhat neliometriä adsorboivaa pintalaa. Adsorbenttien adsorptioteho heikkenee aineen kyllästyessä kerättävällä liuottimella. Kun teho alkaa laskea, on aine regeneroitava. Regeneroinnissa eli desorptiossa adsorptioaineen läpi johdetaan yleensä vesihöyryä, jolloin liuottimet höyrystyvät ja kulkevat vesihöyryn mukana kondensoijaan ja edelleen erottimeen. Adsorbenttia voidaan käyttää uudelleen adsorptioon heti desorption ja kuivauksen jälkeen. Desorptioon voidaan käyttää myös inerttiä kaasua tai vakuumi-imua.

Adsorbenttien tehoon vaikuttavat talteenotettavan liuottimen ominaisuudet. Suurimolekyyliset ja korkean kiehumispisteen omaavat yhdisteet adsorboituvat paremmin kuin pienimolekyyliset ja matalammassa lämpötilassa kiehuvat yhdisteet. Vaikka poistokaasuvirrasta olisi tarvetta adsorboida vain yksittäinen liuotin, on menetelmää käytettäessä kuitenkin otettava huomioon käsiteltävän kaasuvirran kaikki liuotinkomponentit. Kevyimmät hiilivedyt eivät tahdo adsorboitua riittävän tehokkaasti aktiivihiileen. Toisaalta esimerkiksi polymeerimuodossa oleva styreeni tukkii nopeasti aktiivihiilisuodattimen.

Zeoliitin käyttö adsorbenttina on yleistynyt. Zeoliitin etuna aktiivihiileen verrattuna on lämmönkestävyys; aktiivihiilen teho alkaa heiketä yli 40 °C lämpötilassa, kun taas zeoliitit kestävät jopa 1 000 °C lämpötilaa.

Jatkuvatoimisen adsorptiolaitoksen laitevaihtoehtoina ovat pyörivä roottori ja kiinteäpetilaitos. Roottorikäytössä liuottimen adsorptio ja desorptio tapahtuvat jatkuvana prosessina pyörivän roottorin eri sektoreissa kun kiinteäpetijärjestelmässä osaa pideistä regeneroidaan toisten adsorboidessa.



Kuva 4.10 Jatkuvatoimisen aktiivihiiliasorptio höyrydesorbtoinnilla kiinteäpetilaitoksessa (Koivula 2007).

4.2.6

Biologiset menetelmät

Biologisissa puhdistusmenetelmissä orgaaniset yhdisteet hajotetaan erityisten tapauskohtaisesti kasvatettavien mikro-organismien avulla vedeksi ja hiilidioksidiksi. Menetelminä sovelletaan suodatusta tai pesuritekniikkaa.

Biosuodattimessa käsiteltävä kaasu johdetaan kiinteän kantaja-aineen läpi, jonka pinnalle kiinnittyneet mikro-organismit hajottavat orgaaniset yhdisteet. Kantaja-aineena voidaan käyttää kompostia tai turvetta. Menetelmän haittapuolia ovat olleet riittämätön puhdistusaste, melko alhaisiin pitoisuuksiin rajoittunut käsittelykapasiteetti, kyseenalainen käyttövarmuus ja suuri tilantarve. Etuja ovat suhteellisen alhaiset kustannukset ja yksinkertainen tekniikka.

Biopesurissa käsiteltävä kaasu ja vesi virtaavat vastakkain. Orgaaniset aineet liukenevat veteen, joka regeneroidaan bioreaktorissa mikro-organismien avulla. Menetelmän käyttöä rajoittaa alhainen käyttövarmuus vaihtelevassa kuormituksessa. Menetelmää on sovellettu hajukaasujen puhdistuksessa.

4.2.7

Kondensointi

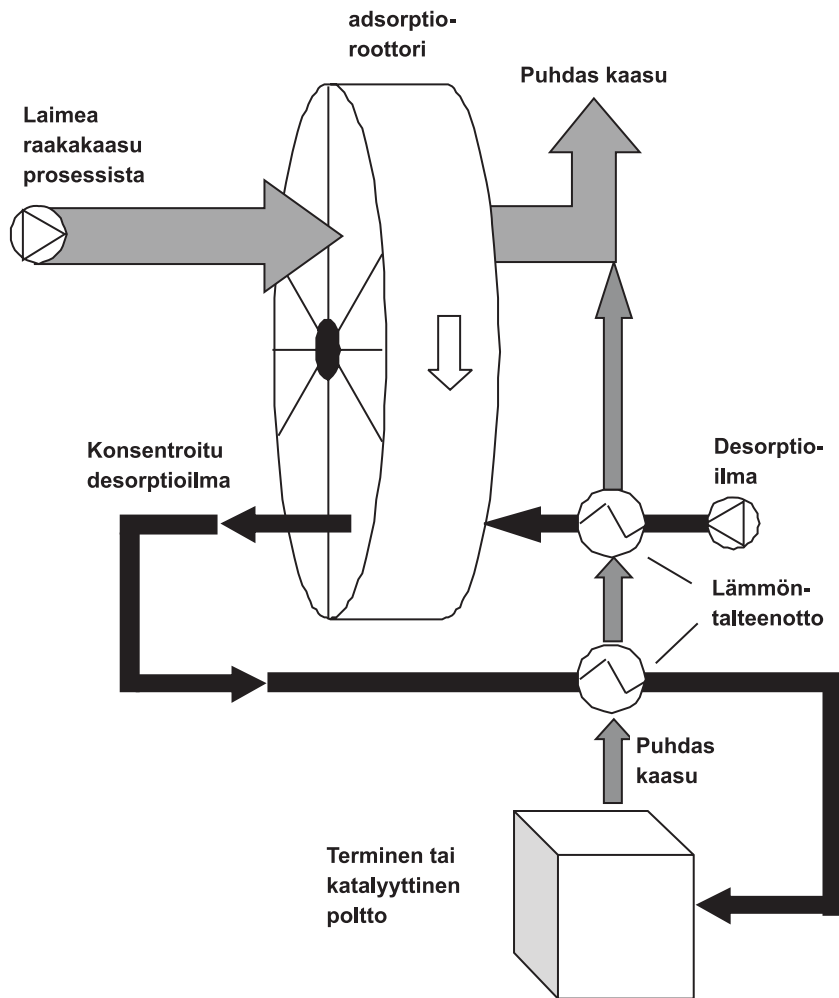
Kondensoinnissa liuotin nesteytetään kaasuvirrasta jäähdyttämällä kaasu liuottimen kastepisteeseen. Liuotin saadaan talteen puhtaana. Menetelmä toimii kuitenkin vasta niin suurilla liuottimen pitoisuuksilla – alimmillaan luokkaa 20 ... 40 g/Nm³ – että sen käyttö ilman kalliita inertisointitoimenpiteitä ei käytännössä tule kyseeseen pintakäsittelyprosesseissa jo pelkästään räjähdysvaaran takia. Sovelluksia on toteutettu mm. lääketeollisuuden prosesseissa. Kondensointia käytetään myös loppupuhdistusmenetelmänä esimerkiksi liuottimen erottamiseen adsorptiomenetelmässä desorptiohöyryvirrasta.

4.2.8

Yhdistelmätekniikat

Käsiteltäessä VOC-pitoisuudeltaan alle 0,5 g/Nm³ poistoilmavirtoja alkavat taloudellisimpienkin polttomenetelmien käyttökustannukset olla kohtuuttoman korkeat varsinkin suuremmissa laitoskokoluokissa. Taloudellisuutta voidaan parantaa poistokaasun pitoisuuden konsentroidinnalla. Konsentraattorin toiminta perustuu adsorptioon. Pyörivä konsentraattorikiekko adsorboi poistokaasusta liuottimia adsorbenttiin ja luovuttaa ne desorptioilmavirtaan. Pyörivän kiekon ansiosta prosessi on jatkuvatoiminen. Adsorbenttina käytännön sovelluksissa on joko aktiivihiili tai zeoliitti. Desorptio tapahtuu kuumennetun ilmavirran avulla. Kun kiekkoon adsorboitunut liuotin desorboidaan pieneen ilmavirtaan, joka voi olla 1/10 - 1/20 alkuperäisestä poistoilmavirrasta, saadaan pitoisuus nousemaan käänteisessä suhteessa. Tämän väkevöidyn pienen ilmavirran polttamiseen tarvitaan enää pieni polttolaitos, joka saadaan toimimaan autotermisesti.

Yhdysvalloissa on tutkittu absorptiopesurin ja jatkuvatoimisen biologisen reaktorin yhdistämistä fleksopainon poistoilman käsittelyssä. Kokemusten perusteella saavutettu kokonaispuhdistusaste on ollut noin 93 %. Bioreaktori tuottaa metaania, jota voidaan hyödyntää energiantuotannossa. Puhdistusastetta on saatu parannettua jonkin verran korvaamalla pesuri aktiivihiilipatjalla, jonka desorptiohöyrykondensaatin on annettu ensin dekantoitua. Erottunut veteen liukenematon osuus on otettu talteen sellaisenaan ja loppu on käsitelty bioreaktorissa.



Kuva 4.II Yhdistetyn adsorptiokonsentroidin - jälkipolttolaitoksen toimintaperiaate (Koivula 2007).

5 Maalauksen ympäristöhaittojen rajoittaminen ja hallinta

Tässä luvussa esitetään maalaukseen liittyvien ympäristöhaittojen rajoittamiskeinoja metalli- ja puupintojen maalauksessa. Tarkastelussa keskitytään orgaanisia liuottimia sisältävien maalien ja lakkojen korvaamiseen vähemmän liuottimia sisältävillä tuotteilla, vesiohenteisten maalien käyttöön siirtymisellä ja VOC-asetuksen mukaisen päästöjen vähentämishjelman käyttöä on tarkasteltu esimerkkien avulla. VOC-päästöjen käsittelytekniikoita on käsitelty luvussa 4.2.

5.1

Yleistä metalli- ja puupintojen maalauksesta

Maalauksen tarkoituksena on kohteen pinnoitus suojaus- ja ulkonäkösyistä. Maalien ohenteena on perinteisesti käytetty haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, koska näin maalin säilyvyys- ja levitysominaisuudet sekä kuivuminen on saatu optimaaliseksi.

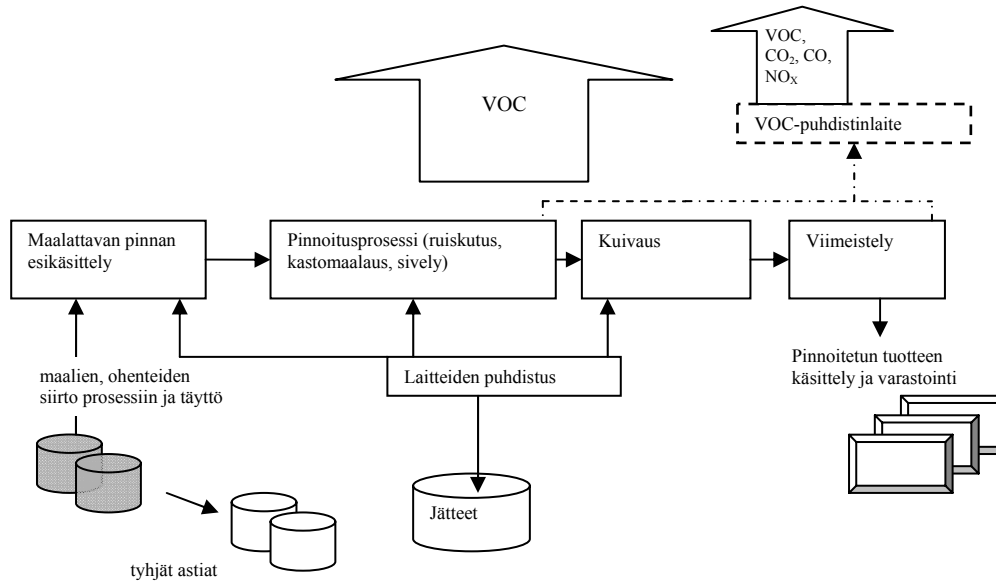
Ympäristöystävällisempiä pinnoitteita kehitetään jatkuvasti. Metallipintojen maalauksessa keskitytään edelleen vesiohenteisiin maaleihin, high solids –maaleihin sekä kokonaan liuotteettomiin maaleihin. Puupintojen käsittelyssä ollaan siirtymässä yhä enemmän vesiohenteisten maalien ja säteilyttämällä kovettuvien maalien käyttöön (taulukko 5.1).

Taulukko 5.1. Esimerkkejä perinteistä liuotintekniikkaa korvaavista tuotteista ja menetelmistä. (EIPPCB 2007 mukaillen)

Vähäliuotteiset pinnoitteet	High solids (korkea kuiva-ainepitoisuus)
	Vesiohenteinen
	Märkäpulveri (Powder slurry)
Liuotteettomat pinnoitteet	Hot melts
	Pulveripinnoitus
	Kaksikomponentti (epoksi, polyuretaani)
	UV- ja EB-kuivauspinnoitus

Kuvassa 5.1 esitetään tyyppillisen maalausprosessin mahdolliset VOC-päästölähteet.

VOC-päästöjen muodostuminen



Kuva 5.1 Tyypillinen pinnoitusprosessi. Jos käytössä ei ole VOC-puhdistinlaitetta, merkittävien osa VOC-päästöistä ilmaan muodostuu pinnoituksen ja kuivauksen aikana. Maalit voivat olla myös muita pinnoiteaineita, kuten lakkoja.

Perinteisessä liuotinohteisia maaleja käyttävässä maalauksessa suurin osa käytetyistä liuottimista haihtuu ilmaan aiheuttaen VOC-päästöjä ilmaan. Pinnoitusprosessissa merkittävin osa haihtumisesta tapahtuu itse pinnoitusprosessin ja sitä seuraavan kuivauksen aikana, mutta pieni osa haihtuu ilmaan myös prosessin muissa osissa. Pieni osa liuottimista voi myös päätyä jätteisiin ja jätevesiin. Käytännössä jätevesiin päätyvien liuottimien määrä on olematon (monien liuottimien johtaminen jätevesiin kielletty) ja jätteidenkin osuus pieni suhteessa toiminnasta aiheutuviin VOC-päästöihin ilmaan.

Pesuliuottimet ja maalauksessa käytettävät ohenteet lasketaan mukaan maalaustoiminnan orgaanisten liuottimien kulutukseen. Voi kuitenkin olla laitoksia, jossa maalaustoiminnan lisäksi liuottimia käytetään erillään maalaustoiminnosta esimerkiksi tuotteiden pintojen puhdistuksessa ja liuottimien määrä on merkittävä suhteessa maalaustoiminnassa käytettävien liuottimien määrään. Tällöin pintojen puhdistusta ja siinä käytettävien liuottimien kulutusta on tarkasteltava erikseen ja selvitettävä, onko se VOC-asetuksen liitteen 1 taulukossa 2 tarkoitettua pintojen puhdistusta (ks. luku 2.2.).

Päästöjen vähentämishjelmaa noudattavien laitosten tulee vuosittain seurata laitokselle ostettujen maalien, ohenteiden ja pesuliuottimien määrää sekä pitää kirjaa jätteiden määrästä. Maalintoimittajilta saatavien liuottimen ja kiintoaineen pitoisuustietojen (g/l) perusteella lasketaan, paljonko käytetty litramäärä maalia vastaa kiloina liuottimia ja kiintoainetta.

Metallipintojen maalaus

Päästöjen vähentämistavoitteita ei voida toteuttaa käyttämällä vanhoja maalityyppejä, joiden kiintoainepitoisuudet ovat alhaisia. Maalauksessa on useita vaihtoehtoja vähentää tai korvata orgaanisten liuottimien käyttöä. Pienissä laitoksissa ei useimmissa tapauksissa ole mahdollista vähentää päästöjä niitä käsittelemällä, esimerkiksi polttotekniikalla tai muilla puhdistintekniikoilla.

Käytettävän liuottimia sisältävän tuotteen vaihto vähemmän liuottimia sisältävään on helpompi ja kustannuksiltaan halvempi tapa. Tarvittavat investoinnit maalaustekniikan ja laitteistojen uusimiseen ovat vain murto-osa polttolaitokseen verrattuna.

Varsinaisen maalaustoiminnan lisäksi liuottimien käyttöä voi olla tarpeen vähentää maalausta edeltävässä esikäsittelyssä, kuten rasvanpoistossa.

Maalattavan pinnan esikäsittely

Teollisuudessa maalausta edeltää useimmiten rasvanpoisto, jossa on perinteisesti käytetty orgaanisia liuottimia ja myös kloorattuja liuottimia (esim. trikloorietyleni). Korvaavia prosesseja ja aineita on kehitetty. Suuri osa maalattavista metallipinnoista esikäsitellään nykyisin vesipohjaisilla puhdistusaineilla, jotka ovat alkalisia tensidiliuoksia, eikä niiden käytöstä aiheudu VOC-päästöjä. Alkalisen vesipesun käyttö edellyttää kuitenkin jäteveden ja pesuliuosten asianmukaista käsittelyä. Alkalisten pesuliuosten tehoa voidaan tehostaa ultraäänipesulla. Höyrypesu on soveltunut joihinkin tapauksiin. Pintojen puhdistuksessa käytettävien orgaanisten liuottimien korvaamista on käsitelty luvussa 4.1.1.

Maalattava metallipinta käsitellään usein puhdistuksen lisäksi kemiallisesti, jotta saadaan maalattavalle pinnalle haluttu karheus maalin tarttumiseksi. Fosfatoi (sinkki- tai rautafosfatoi) on yleinen maalattavien kappaleiden esikäsittelymenetelmä teollisuudessa. Joissain tapauksissa fosfatoi (rautafosfatoi) ja kemiallinen esikäsittely on yhdistetty, mutta tällä ei välttämättä aina saavuteta riittävän laadukasta lopputulosta, vaan parempi lopputulos saavutetaan erottamalla puhdistus ja fosfatoi toisistaan. Erottaminen voi vaatia lisää allaskapasiteettia ja olla hieman kalliimpi, mutta prosessi on helpommin säädettävä ja ympäristöystävällisempi muun muassa kemikaalien pienemmän kokonaiskulutuksen takia. Rautafosfatoi soveltuu linjamaalaukseen.

Orgaanisten liuottimien käytön korvaaminen vesipohjaisilla menetelmillä lisää vedenkulutusta ja lisäksi prosessissa muodostuvat prosessijätevedet voi olla tarpeen esikäsitellä (esim. kemiallinen saostus) ennen niiden vesihuoltolaitoksen viemäriin johtamista. Käytettävät kemikaalit voivat sisältää myös valtioneuvoston asetuksen (1022/2006) mukaisia vesiympäristölle haitallisia tai vaarallisia aineita, kuten esimerkiksi pinta-aktiivisuutta lisäävää nonyylifenolietoksyyliaattia.

Maalin levitys

Teollisuudessa maalit levitetään tavallisimmin korkeapaineruiskulla. Ohuissa kalvoissa ja pienemmissä kohteissa käytetään sivuilmaruiskua, jolloin ohennustarve on suurempi, jopa 40 %. Tuotemaalauksessa voidaan käyttää myös kastomaalauksia, tavallisimmin pohjamaalauksessa. Jos maalattava kappale on hankalan muotoinen, eli jos ruiskumaalauksessa muodostuvat kalvonpaksuudet vaihtelevat suuresti, kannattaa usein osa maalata ennakkoon käsityökaluilla, ja lopullinen maalaus ruiskulla.

Maalin elektrostaattisessa lämmityksessä (Hot electrostatic air mix) maalia lämmitetään oikean viskositeetin saavuttamiseksi, jolloin tarvitaan vähemmän ohennetta. Menetelmää käytetään tavallisimmin tuotemaalauksessa.

5.3.3

High solids -maalit

High solids -maaleja käytetään erilaisten teräsrakenteiden uudis- ja huoltomaalaukseen sekä tuotemaalaukseen. High solids -maalien kiintoainepitoisuus on liuotinhenteisiin maaleihin nähden suurempi, liuottimien osuus vaihtelee 20 – 30 %, ja niiden sideaine on hyvin juoksevaa eikä ohentamiseen tarvita juurikaan liuottimia. Liuotinmaaleissa kehitys on kulkenut kohti HS-maaleja, erityisesti kaksikomponenttisissä maaleissa.

Korkean kiintoaineen kaksikomponenttimaaleilla (epoksi ja polyuretaani) nykytaso kiintoainepitoisuudella on jopa 60 - 80 tilavuusprosenttia. Perinteisessä epoksimaalausyhdistelmässä on tyypillisesti 3 kerrosta ja saavutettu kokonaiskalvonpaksuus luokkaa 150 – 200 µm. Kiintoainepitoisuudet ovat tyypillisesti 45 – 50 tilavuusprosenttia. Nykyiset niukkaliuotteiset maalausyhdistelmät ovat usein kaksi- tai jopa yksikerroksisia. Kokonaiskalvonpaksuus riippuu käyttökohteen ympäristöraitusluokasta. High solids -maalien käyttö ei kuitenkaan sovellu kohteisiin, joissa riittää ohut kalvonpaksuus, esimerkiksi sisätiloihin tuleviin kohteisiin.

Korkean kiintoaineen maaleilla voidaan vähentää maalauskertojen määrää, nostaa yksittäisten maalikerrosten paksuutta ja vähentää VOC-päästöjä. High solids -maalit ovat myös taloudellinen vaihtoehto, koska kertamaalaus lyhentää maalaukseen kuluvaa aikaa. High solids -maalien käyttö vaatii kuitenkin usein muutoksia maalauslinjoihin, maalin levitystekniikkaan sekä maalattavien pintojen esikäsitteilyyn. Täysin liuotteettomissa kaksikomponenttimaaleissa käyttöaika on lyhimmillään alle minuutin, ja edellyttää erikoislaitteita, joissa komponenttien sekoittuminen tapahtuu juuri ennen suutinta.

Yleisesti voidaan todeta, että maalauksen tuotekehitys kulkee enemmän kohti kaksikomponenttimaaleja, koska paljon käytettyjen alkydimaalien kehittäminen HS-maaleiksi pidentää kuivumisaikaa ja läpimenoaikoja. Muista yksikomponenttimaaleista, jotka ovat fysikaalisesti kuivuvia, esimerkiksi akryylimaali, ei ole helppoa kehittää HS-maaleja, koska niillä on taipumus jäädä pehmeiksi molekyylipainon pienentyessä.

Taulukoissa 5.2 ja 5.3 on verrattu perinteistä alkydimaali yhdistelmää sitä nykyisin usein korvaavaan 1-kerrospolyuretaanimaaliin eli kertamaaliin. Alkuperäisessä yhdistelmässä tarvitaan kaksi maalauskertaa, kun taas kertamaalilla selvittää yhdellä maalauksella. Taulukoista voidaan havaita,

- että toiminta täyttää VOC-asetuksen vaatimukset jo lähtötilanteessa, koska liuotin-kiintoainesuhde on 0,6 (ks. luvun 2.2.1.1 taulukko 2.1).
- kun maalattavien neliöiden määrä on vakio, vähenee liuotinkulutus lähes puoleen korkean kiintoaineen maaleja käytettäessä. Samalla säästetään myös työkustannuksissa.
- maalattuja neliöitä on korkean kiintoaineen maaleihin siirryttäessä mahdollista kasvattaa yli kaksinkertaiseksi liuotinkulutuksen pysyessä samana.

Taulukko 5.2 Lähtötiedot käytettäessä perinteistä alkydimaaliyhdistelmää, jossa tarvitaan kaksi maalauskerrosta. Pohjamaalin kiintoainepitoisuus on 50 til-% ja pintamaalin 45 til-%. VOC/ka on $13\,500\text{kg}/22\,700\text{kg}=0,6$ ja liuotin-kiintoainesuhde on sama kuin VOC-asetus edellyttää $< 15\text{ t/a}$ liuottimia käytettävälle metallimaalaamolle.

Tuote	Kulutus (l/a)	VOC (g/l)	Ka (g/l)	VOC (kg/a)	Ka (kg/a)	Märkä maali-kerros (μm)	Kuiva maali-kerros (μm)	Riittäisyys (m^2/l)	Maalattava pinta-ala (m^2)
pohjamaali	14 800	0,45	0,95	6 660	14 060	116	58	8,6	128 000
pintamaali	12 000	0,495	0,72	5 940	8 640	93	42	10,7	128 000
ohenne	1 000	0,9	0	900	0	0	0	0	
	27 800			13 500	22 700				128 000

Taulukko 5.3 Korvattaessa alkydimaaliyhdistelmä I-kerrospolyuretaanimaalilla tarvitaan vain yksi maalauskerros. VOC-asetus edellyttää alle 15 t/a liuottimia käytettävältä toiminnalta, että $\text{VOC}/\text{ka} \leq 0,6$ ja voidaan todeta, että samalla liuotinmäärällä ($13\,500\text{ kg}$) ja yli kaksinkertaisella tuotannolla toiminta täyttää VOC-asetuksen vaatimukset (VOC/ka taulukon esimerkissä vähentämistoimenpiteiden jälkeen on $0,35$).

Tuote	Kulutus (l/a)	Kiintoainepit. (til-%)	VOC (g/l)	Ka (g/l)	VOC (kg/a)	Ka (kg/a)	Märkä maali-kerros (μm)	Kuiva maali-kerros (μm)	Riittäisyys (m^2/l)	Maalattava pinta-ala (m^2)
kertamaali	19 692	65	0,315	0,91	6 203	17 919	154	100	7	128 000
Kertamaali yli kaksinkertaisella tuotannolla	42 857	65	0,315	0,91	13 500	39 000	154	100	7	279 000

5.3.4

Jauhemaalit

Jauhemaalauksessa ei käytetä liuottimia lainkaan. Jauhemaalit perustuvat yleensä epoksi- ja polyesterisideaineisiin tai niiden seoksiin. Jauhemaalit ovat liuotteettomia eikä niistä aiheudu VOC-päästöjä.

Jauhemaalauksessa soveltuu yleensä linjamaalaukseen, jossa on esikäsitteily, jauhemaalauksyksikkö ja uuniyksikkö. Jauhemaalit ruiskutetaan maalattavalle pinnalle (esim. teräs) sähköstaattisesti. Jauhe sulaa ja verkkoutuu maalikalvoksi uunissa, jonka lämpötila on yleensä n. $160 \dots 180\text{ }^\circ\text{C}$. Jauhemaalauksessa on jo kauan käytetty lähinnä ohutlevyrakenteiden pintakäsittelyyn. Jauhemaalauksessa voidaan kierrättää maalauksprosessissa, joten jätemäärät jäävät vähäisiksi. Paloturvallisuus jauhemalauksissa on liuotinhenteisiä parempi, mutta maalaamon laitteet on suojattava pölyräjähdysten varalta (ATEX).

Ohutlevyrakenteissa on myös mahdollista siirtyä valmiiksi pinnoitetun levyn käyttöön laitoksella suoritetun maalauksen sijaan. Esimerkiksi jääkaappien peltiosissa voidaan käyttää ns. telapinnoitettua (coil coating) levyä.

5.3.5

Vesiohenteiset maalit ja hybridijärjestelmät

Eräs tapa vähentää liuotinpäästöjä on siirtyminen kokonaan tai osittain vesiohenteisiin tuotteisiin. Varsin tavallinen ratkaisu on käyttää liuotinhenteistä tai high solids -pohjamaalia ja vesiohenteistä pintamaalia. Tällaisia maaliyhdistelmiä kutsutaan hybridijärjestelmiksi ja niiden avulla voidaan VOC-päästöjä vähentää noin $30 - 40\%$. Vesiohenteisissä maaleissa voi apuliuottimien osuus olla 10% . Liuotinhenteistä pohjamaalia käytettäessä maalattavan pinnan esikäsitteily voidaan tehdä kuten perinteisiä liuotinhenteisiä maaleja käytettäessä.

Teräs- ja rautarakenteiden alihankkijat vastaavat usein valmistamansa välituotteen pohjamaalauksesta. Pohjamaalin valinnassa on otettava huomioon lopputuotteen maalaus, joten pohja- ja pintamaalien yhteensopivuus on varmistettava. Taulukossa 5.4 on esitetty eri maalityyppien yhteensopivuus pohja- ja pintamaalina.

Taulukko 5.4 Pohjamaalin ja pintamaalin yhteensopivuus.

Pohjamaali	Pintamaali
Liutinhenteinen akryylimaaali	Liutinhenteinen akryyli- ja alkydimaali
Liutinhenteinen epoksimaali	Liutinhenteinen epoksi- ja polyuretaanimaali
Vesiohenteinen akryylimaaali	Vesiohenteinen akryyli-, alkydi- ja epoksimaali Liutinhenteinen akryyli- ja alkydimaali
Vesiohenteinen alkydimaali	Vesiohenteinen akryyli- ja alkydimaali
Vesiohenteinen epoksimaali	Vesiohenteinen epoksi- ja polyuretaanimaali Liutinhenteinen epoksi- ja polyuretaanimaali

Vesiohenteiset pohjamaalit edellyttävät liutinhenteisiin maaleihin verrattuna huolellisempaa esikäsittelyä ja hallitumpia maalaus- ja kuivausolosuhteita (lämpötila ja suhteellinen kosteus). Maalin ruiskutuksen ja kuivauksen aikana tulee ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus säätää maalille sopivaksi ja lisäksi on huolehdittava haihtuvan veden poistamisesta. Ruiskutustekniikka on erilainen kuin liutinhenteisillä ja jotkin vesiohenteiset maalit kuivuvat hitaammin kuin liutinhenteiset. Vesiohenteisten maalien varastointi edellyttää lämmitettyä tilaa. Vesiohenteisten maalien käytöstä muodostuvat laitteistojen pesuvedet voidaan joissain tapauksissa johtaa vesihuoltolaitoksen viemäriin.

Vesiohenteisten maalien paloturvallisuus on liutinhenteisiä parempi, eikä hitsaus- tai muita tulitöitä välttämättä tarvitse keskeyttää maalauksen ajaksi. Niin ikään maalaamon laitteiden ei välttämättä tarvitse olla EX-suojattuja. Parempi työ- ja paloturvallisuus säästää kustannuksia ja voi alentaa vakuutusmaksuja.

5.4

Puupintojen maalaus

Puun pintakäsittelyssä pyritään vain harvoin paksuihin kalvoihin, koska erona metallimaalaukseen puu ei ruostu. Tarkoituksena on suojata puu likaantumiselta, kulumiselta, kodin kemikaaleilta (kahvi, alkoholi jne.), UV-säteilyn aiheuttamalta kellastumiselta sekä antaa haluttu ulkonäkö. Massiivipuun ohella maalataan erilaisia kuitulevy-, lastulevy-, MDF- ja muita puumateriaaliin perustuvia pintoja.

5.4.1

Puun esikäsittely ennen maalausta tai lakkausta

Tärkein esikäsittely on huolellinen pölynpoisto. On myös huolehdittava siitä, ettei maalattavassa pinnassa ole liimaa, vahaa, öljyä tms. ja että se on kuiva.

5.4.2

Säteilyttämällä kovettuvat lakat ja maalit

Säteilyttämällä kovettuvat lakat ja maalit voidaan kovettaa ainoastaan erikoislaitteissa, mikä rajoittaa niiden käyttöä jonkin verran. Kovettuminen tehdään joko ultravioletivalolla (UV) tai elektronisuihkussa (electron beam, EB). Menetelmät ovat taloudellisimmillaan, kun pinnoitetaan tasomaisia kappaleita telakoneella. Nykyään on jo

saatavilla myös kierrätystoiminnon omaavia ruiskutusautomaatteja, jotka takaavat edullisen lopputuloksen.

Puuteollisuudessa liuotinohteiset pinnoitteet voidaan korvata UV-säteilyttämällä kovettuvilla maaleilla ja lakoilla esimerkiksi keittiökalusteiden, hyllyjen, pöytien, listojen yms. huonekalujen pintakäsittelyssä. Samoin mm. lattiapäällysteistä parketin pintakäsittelyssä voidaan käyttää UV-kovettuvia tuotteita.

UV-kovettuvia maaleja käytettäessä maalijätettä syntyy vähän, koska maalien kiintoainepitoisuus on lähes 100 % ja maalia voidaan kierrättää prosessissa. UV-kovettuvia maalituotteita valmistetaan myös vesi- tai liuoteohenteisina ja niitä voidaan levittää ruiskulla tai valukoneella.

5.4.3

Liuotinohteiset maalit

Seuraavassa on esitetty eri maalien ja lakkojen ominaisuuksia ja luvussa 5.4.5 niiden käyttökohteita puupintojen maalauksessa.

5.4.3.1

Nitroselluloosamaalit ja -lakat

Nitroselluloosasideaineeseen perustuvat maali ja lakat ovat olleet jo kauan käytössä. Ne kuivuvat nopeasti, koska käytetyt liuottimet ovat nopeasti haihtuvia ja itse sideaine kuivuu fysikaalisesti haihtumisen jälkeen. VOC-pitoisuudet ovat korkeita, jopa 700 g/l. Käyttökohteita ovat listat ja paneelit, ovet ja huonekalut.

5.4.3.2

Polyuretaanimaalit ja -lakat

Kaksikomponenttisiä polyuretaanituotteita käytetään korkealaatuisen pinnan aikaansaamiseen. VOC-pitoisuudet usein 500 ... 600 g/l. Käyttökohteet ovat samoja kuin nitroselluloosat tuotteilla. Isosyanaattipohjaisilla polyuretaaneilla on herkistäviä vaikutuksia ja niiden käytössä tulee huomioida myös työturvallisuusnäkökohdat.

5.4.3.3

Katalyyttimaalit ja -lakat

Tämä tuoteryhmä perustuu alkydi- ja aminohartsien seoksiin, joka kovetetaan hapolla. Happo lisätään useimmiten erikseen, mutta on myös tuotteita, joissa kovete on maalin seassa "sisäänrakennettuna", jolloin tuote on yksikomponenttinen. VOC-pitoisuudet ovat 400 ... 600 g/l. Katalyyttimaalit ja lakat on pitkään ollut suurin tuoteryhmä, mutta se on yhä enemmän korvautunut muilla tuotteilla. Käyttökohteet: listat ja paneelit, huonekalut, ovet. Maalatut valkoiset pinnat ovat usein katalyyttimaalia.

5.4.4

Vesiohenteiset maalit

Vesiohenteiset maalit sisältävät apuliuottimia 0 ... 10 %. Liuotinohteisia tuotteita voidaan korvata vesiohenteisilla lakoilla ja maaleilla linjamaalauksessa. Vesiohenteiset tuotteet perustuvat usein akryylidispersioihin. Myös alkydejä ja kaksikomponenttituotteita (polyuretaani) on kehitetty. Tavallisimmat käyttökohteet ovat listat ja paneelit, MDF soveltuvin osin, huonekalut, oven karmit ja ikkunat.

Ongelmana näillä tuotteilla on kuitenkin kuitujen turpoaminen, välihiontatarpeen lisääntyminen ja siitä johtuva pintakäsittelykerrosten lisääntyminen.

Maalien ja lakkojen ominaisuuksia eri käyttökohteissa

Puusepänteollisuuden tuotteet

Lakatus/kuultolakatus ja maalatus listat ja paneelit:

Listojen ja paneelien pintakäsittelyssä on käytetty liuotinhenteisiä katalyytti-, nitroselluloosa- ja -polyuretaanilakkoja ja -maaleja. Liuotinhenteisiä tuotteita voidaan korvata vesiohenteisilla lakoilla ja maaleilla linjamaalauksessa. Tyypilliset levitysmäärät ovat 2 x 80 ... 130 g/m² ja lakkojen kiintoainepitoisuus on tyypillisesti 30 ... 35 til-%. Vesiohenteiset lakat ja maalit sisältävät apuliuottimia 0 ... 10%. Edellä mainittujen tuotteiden pintakäsittelyyn on kehitetty myös ruiskutettavia 100% UV-lakkoja ja -maaleja, mutta menetelmä vaatii suhteellisen suuren investoinnin listaruiskuautomaattilinjaan.

Keittiön ovet ja ulko-ovet

MDF-levystä tai HDF-levystä valmistettujen ovien pintakäsittelyssä käytetään yleisesti liuotinhenteisiä 2-komponenttisia katalyyttimaaleja. Tyypillisesti oviin on jyrstetty koristekuvioita. Koristekuvion pohja ulottuu levyn matalatiheysikseen keskiosaan. Käytettäessä vesiohenteisiä maaleja vesi turvottaa kuitulevyjen kuituja. Ongelma on erityisen vaikea jyrstettyjen urien kohdalla. Kuitujen turpoamisen vuoksi vaaditaan useita pintakäsittelykertoja huolellisine välilihiontoineen.

Korvaamia vaihtoehtoja 2-komponenttisille katalyyttimaaleille ovat vesiohenteiset maalit ja vesiohenteiset UV-kovettuvat maalit. Ongelmana näillä tuotteilla on kuitenkin kuitujen turpoaminen, välilihionatarpeen lisääntyminen ja siitä johtuva pintakäsittelykerrosten lisääntyminen. Vesiohenteisten UV-maalien säilyttäminen ei onnistu tietyillä sävyalueilla, koska tietyt väripigmentit eivät läpäise tarpeeksi UV-säteilyä. Maali ei kovetu täysin. 100 % UV-maaleja voidaan käyttää laakaovilla, mutta menetelmä vaatii erittäin suuret investoinnit maalauslinjaan.

Laakaovissa voidaan käyttää pohjusteena 100 % UV-lakkoja ja pintamaaleina liuotinhenteisiä 2-komponenttisia katalyyttimaaleja tai vesiohenteisiä maaleja. Vesiohenteisten maalien tartunta on huono UV-lakatuspinnalle, joten vesiohenteisten maalien käyttö tällaisissa maalausyhdistelmissä ei ole yleistynyt. Toistaiseksi suosituksena on käyttää MDF ja HDF levyille 2-komponenttisia katalyyttimaaleja. Näiden maalien käytössä liuotinpäästöjä voidaan alentaa esim. käyttämällä ruiskuissa maalin esilämmitystä ja optimoimalla pesuliuottimien käyttöä.

Tyypillisiä pintakäsittelyaineita massiivipuuville ovat olleet 2-komponenttiset liuotinhenteiset katalyyttilakat ja polyuretaanilakat sekä nitroselluloosalakat. Massiivipuuvissa on käytetty myös liuotinhenteisiä petsejä. Massiivipuuvissa liuotinhenteiset pintakäsittelyaineet voidaan korvata vesiohenteisillä petseillä, vesiohenteisillä lakoilla/maaleilla ja vesiohenteisillä UV-kovettuvilla lakoilla/maaleilla. UV-lakkojen/maalien käyttö edellyttää investointia UV-kovetuslaitteisiin. Vesiohenteisten pintakäsittelyaineiden käyttö em. kohteessa vaatii myös puuhionnan laadun parantamista.

Huonekalukomponentit

Massiivipuuiset ja viilutetut huonekalukomponentit:

Tyypillisiä pintakäsittelyaineita massiivipuuville ovat olleet liuotinhenteiset 2-komponenttiset katalyyttilakat ja polyuretaanilakat sekä nitroselluloosalakat. Näiden kanssa on käytetty liuotinhenteisiä petsejä. Korvaavia tuotteita ovat vesiohenteiset lakat, vesiohenteiset UV-kovettuvat lakat, 100 % UV-kovettuvat lakat ja vesiohenteiset petsit. Liuotinhenteisiä 2-komponenttisia katalyytti- ja polyuretaanilakkoja on käytetty tuotteissa, joilta vaaditaan lämmönkestävyyttä, kulutuskestävyyttä ja hyvää kemikaalien kestävyttä. Korvaava tuote on vesiohenteinen UV-kovettava lakka.

Tämä vaatii kuitenkin investoinnin ohiruiskutuksen talteenottoon ja UV-kovetuslaitteet. Liuotinhenteisiä petsejä voidaan em. käyttökohteessa korvata vesiohenteisilla petseillä. 100 % UV-lakkojen käyttö soveltuu tasomaisille huonekalukomponenteille. Näiden tuotteiden käyttö edellyttää merkittävää investointia telalakkauslinjaan. Telalinjoilla voidaan käyttää myös vesiohenteisiä petsejä. 1-komponenttisten vesiohenteisten lakkojen käyttö soveltuu kohteisiin, joilta ei vaadita hyvää kemikaalien, lämmön ja kulutuksen kestävyyttä.

Maalattuja huonekalukomponentteja ovat tyypillisesti MDF:stä valmistetut komponentit. Näiden maalaamiseen pätee sama kuin MDF ovien maalaamisen.

Tuolit ja muut kolmiulotteiset massiivipuuiset huonekalukomponentit

Tyypillisiä pintakäsittelyaineita massiivipuuville ovat olleet liuotinhenteiset 2-komponenttiset katalyyttilakat ja polyuretaanilakat sekä nitroselluloosalakat. Näiden kanssa on käytetty liuotinhenteisiä petsejä. Liuotinhenteisten pintakäsittelyainesten käyttöä voidaan em. tuotteilla optimoida elektrostaattisella ruiskutuksella ja/tai lakan esilämmityksellä ruiskutuksessa. Tuolien ja kolmiulotteisten kappaleiden pintakäsittelyyn on kehitetty vesiohenteiseen UV-lakkaan perustuvia menetelmiä. Menetelmät vaativat kohtuullisen investoinnin ohiruiskutuksen talteenottoon ja UV-kovetuslaitteisiin. Vesiohenteisiä 1-komponenttisiä lakkoja voidaan käyttää kohteissa, joilta ei vaadita hyvää kemikaalien, lämmön tai kulutuksen kestävyyttä. Liuotinhenteisiä petsejä voidaan korvata vesiohenteisilla petseillä.

Parketit

Parketien teollisessa pintakäsittelyssä käytetään nykyään vähän liuottimia sisältäviä tuotteita. Parkettien pintakäsittelyssä käytetään 100% UV-lakkoja, UV-kovettuvia öljyjä, vahoja, vesiohenteisiä petsejä ja UV-kovettuvia kittejä. Myös muita 2-komponenttisiä kittejä on käytössä. Jälkihoitotuotteissa löytyy runsaasti vesiohenteisiä vaihtoehtoja.

Oven karmit ja ikkunat

Oven karmien ja ikkunoiden tyypillisiä pintakäsittelyaineita ovat liuotinhenteiset 2-komponenttiset katalyyttimaalit ja polyuretaanimaalit sekä vesiohenteiset maalit. Kittauksessa käytössä on liuotinhenteisiä, vesiohenteisiä ja UV-kovettuvia kittejä. Tuotteilta vaaditaan kestävyyttä ulkoilman olosuhteita vastaan. Pintakäsittelymenetelmä valitaan käyttökohteen, maalattavan alustan vaatimusten ja käyttökohteen vaatimusten mukaan.

5.4.5.1

Esimerkki päästöjen vähentämishjelmasta puupintojen maalaustoiminnolle

Puupintojen maalausta harjoittavassa yrityksessä orgaanisten liuottimien kulutus on 32 000 kg/a ja vastaavasti kiintoaineen määrä 17 500 kg/a. Liuotin-kiintoainesuhde on 1,83 eikä toiminta siten vielä täytä VOC-asetuksen vaatimuksia. VOC-asetuksen ja luvun 2.2.1.1 taulukon 2.1 mukaisesti VOC/ka saa olla enintään 1,0 tämän kokoiselle puupintojen maalaukselle eli liuottimien kulutus saa olla enintään sama kuin kiintoaineen määrä (17 500 kg/a). Puupintojen maalausta harjoittavassa yrityksessä muodostuviin jätteisiin tiedetään sitoutuvan orgaanista liuotinta 2 000 kg/a. Ongelmajätteet toimitetaan asianmukaiseen käsittelyyn. Todellisuudessa VOC-päästöjä ilmaan ennen korvaavien lakkojen käyttöönottoa aiheutuu siis 30 000 kg/a. Liuottimien käytön vähentyessä myös jätteisiin sitoutuvien liuottimien määrä vähenee.

Taulukko 5.5 Lähtötiedot VOC-päästöjen vähentämishojelman laskemiseksi puupintojen maalausta harjoittavassa yrityksessä ennen kuin on toteutettu VOC-päästöjen vähentämistoimenpiteitä.

Käytetty liuotinhenteinen katalyyttilakka	Lakkojen kulutus (l/a)	Liuotin-pitoisuus VOC (g/l)	Kiintoaine-pitoisuus ka (g/l)	VOC (kg/a)	ka (kg/a)
Lakka	50 000	550	350	27 500	17 500
ohenne	5 000	900	0	4 500	0
yhteensä	55 000			32 000	17 500

Jotta VOC-asetuksen velvoitteet täyttyvät, puupintojen maalauksessa otetaan käyttöön vesiohenteinen lakka (ks. taulukko 5.6) ja toimenpiteiden jälkeen VOC/ka on 0,16 ja suhde jää reilusti alle 1,0.

Taulukko 5.6 Kulutustiedot puupintojen maalausta harjoittavassa yrityksessä, kun liuotinhenteisen lakan tilalle on otettu käyttöön vesiohenteinen lakka.

Käytetty vesiohenteinen lakka	Lakkojen kulutus (l/a)	Liuotin-pitoisuus VOC (g/l)	Kiintoaine-pitoisuus ka (g/l)	VOC (kg/a)	ka (kg/a)
Lakka	50 000	55	350	2 750	17 500
ohenne (vesi)	5 000	0	0	0	0
yhteensä	55 000			2 750	17 500

Siirryttäessä liuotinhenteisistä maaleista korvaaviin vesiohenteisiin maaleihin säilyy maalaustekniikka pitkälti samanlaisena. Vesiohenteiset maalit vaativat kuitenkin enemmän kuivausenergiaa tai pitemmän maalauslinjan kuin liuotinhenteisiä maaleja käytettäessä.

6 Painatuksen ympäristöhaittojen rajoittaminen ja hallinta

Tässä selvityksessä keskitytään flekso- ja offsetpainoihin.

6.1

Graafinen teollisuus toimialana

Graafinen teollisuus edustaa sekä perinteistä tehdasteollisuutta että nykyaikaista viestintäteollisuutta. Alan yritykset ovat vahvasti mukana paitsi painotuotteiden kustantamisessa ja valmistuksessa, myös omistajina ja sisällöntuottajina sähköisissä viestimissä. Painotuotteiden osuus joukkoviestinnästä on yli 70 %.

Varsinainen alan teollisuus edustaa tuotantoprosessissa sisällön tuotannon jälkeen tulevaa painotuotteen teknistä valmistusta. Alan päätuotteita ovat sanomalehdet, aikakauslehdet ja kirjat. Nämä kattavat lähes kolme neljäsosaa alan tuotannon arvosta. Muita tuoteryhmiä ovat mm. monimuotoiset mainospainotuotteet, luettelot, lomakkeet, pakkaukset, kalenterit ja etiketit.

Alan teollisuudessa toimii runsaat 1 000 yritystä. Suurin osa yrityksistä on pieniä ja keskisuuria, lukumääräisesti suurin ryhmä on alle viiden henkilön yrityksiä. Lähes puolet yrityksistä sijaitsee Uudellamaalla ja yli puolet alan tuotannosta tuotetaan tämän seudun yrityksissä. Alan teollisuudessa työskentelee vajaa 12 000 henkilöä. Määrä on ollut viime vuosina lievässä laskussa. Yhdessä kustannustoiminnan kanssa henkilömäärä nousee lähes 28 000 henkilöön ja tuotannon bruttoarvo lähes 4,5 mrd. euroon. Graafisen teollisuuden tuotannon bruttoarvo on yli 1,8 mrd. euroa. Viennin osuus koko toimialan liikevaihdosta on noin 7 % ja painotuotannosta lähes 20 %. Suurimmat vientimaat ovat Pohjoismaat, Venäjä ja Iso-Britannia. Suomen kauppataase painotuotteiden osalta on vahvasti positiivinen.

Perinteinen painaminen perustuu painopinnalle, tavallisimmin painolevyille tai -sylinterille, muodostuvan kuva-aihion monistamiseen. Perinteisiä painomenetelmiä ovat kohopaino ja siitä kehitetty fleksopaino, syväpaino, laakapaino ja sen yleisin versio offset sekä seri- ja silkkipaino. Digitaalisissa painomenetelmissä ei ole painopintaa, vaan painoaihe muodostetaan uudestaan jokaisessa painotapahtumassa. Kullakin painomenetelmällä on oma tyypillinen käyttökohteensa. Arkkipainatus sopii hyvin lyhyisiin painoksiin, rotaatiopainatus massapainotuotteisiin. Kuvassa 6.1 on esitetty yleisempien painomenetelmien tyypillisimmät käyttökohteet. Poikkeuksia ja erikoistapauksia on kuitenkin lukuisia.

Painomenetelmä	Sanomalehdet	Yleisaikakauslehdet	Erikoisaikakauslehdet	Kirjat	Mainospainotuotteet	Lomakkeet	Liikepainotuotteet	Postikortit	Kartat	Etiketit ja tarrat	Joustopakkaukset	Aaltopahvipakkaukset	Kartonkikotelot	Arvopaperit	Tapetit
Arkkioffset			•	•	•	•	•	•	•	•			•		
Coldset	•			•	•	•				•					
Heatset		•	•		•					•					
Flekso										•	•	•			•
Syväpaino		•			•						•		•	•	
Seripaino					•					•			•		•
Digipaino				•	•		•	•							

Kuva 6.1. Yleisimmät painomenetelmät ja käyttökohteet (Viluksela et al. 2007).

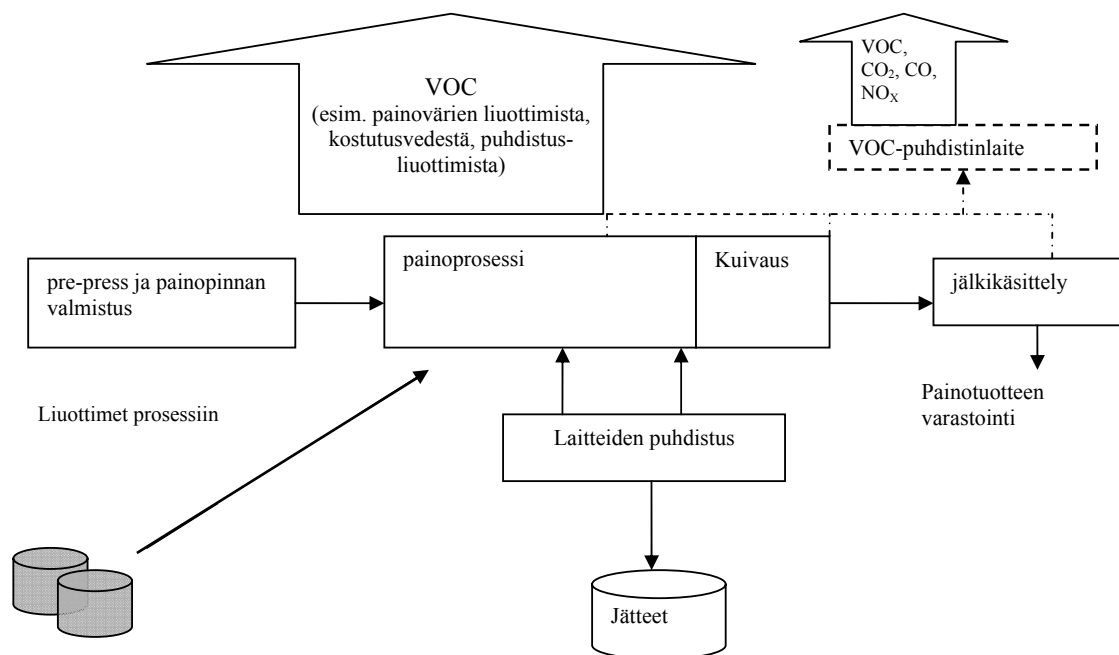
6.1.1

VOC-päästöjen muodostuminen

Painolaitoksessa painovärien, lakkojen ja liimojen sisältämistä orgaanisista liuottimista, viskositeetin säätöön käytetyistä liuottimista, laitteistojen pesu- ja puhdistusliuottimista sekä kostutusveden sisältämistä alkoholeista aiheutuu haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöjä ilmaan. VOC-päästöjä voi syntyä painoprosessin eri vaiheissa; poistokaasupäästöinä varsinaisesta painatuksesta ja sen jälkeisestä painopinnan kuivauksesta sekä vaihteleva määrä hajapäästöinä painolaitteistojen pesuliuottimien käytöstä huoltojen ja seisokkien aikana. Kuvassa 6.2 on yleisellä tasolla painolaitoksen VOC-päästöjen muodostuminen.

Painolaitokset ovat ympäristöluvanvaraisia ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n 1 momentin kohtien 6 a ja/tai 6 c kohdan mukaan tai kohdan 6 b mukaan. Yhdessä painolaitoksessa voi olla käytössä useampia painomenetelmiä, joista tietyille VOC-asetus (435/2001) määrittelee raja-arvot haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöille. Ympäristöluvassa voidaan rajoittaa kuitenkin koko painolaitoksen toiminnasta aiheutuvia päästöjä, myös muiden kuin VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluvien toimintojen osalta.

Painolaitosten toiminnasta ilmaan aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen arvioimisessa voi käyttää VOC-asetuksen liitteen 3 mukaista liuottimien hallintasuunnitelmaa. Hallintasuunnitelma on hyvä työväline erityisesti VOC-asetuksen mukaisten toimintojen päästöjen arviointiin. Hallintasuunnitelman laatimiseksi saatetaan tarvita myös VOC-päästömittauksia. Hallintasuunnitelmaa, päästömittauksia ja päästöjen vähentämishjelmaa on kuvattu yleisesti tämän raportin luvuissa 2.2 ja 7 ja liitteissä 2 ja 3 on hallintasuunnitelmasta esitetty muutama esimerkkitarjelu.



Kuva. 6.2 Heatset-offsetpainamisen tyypilliset päästökohdat.

6.1.2

Painovärit

6.1.2.1

Painovärien käyttö Suomessa

Painovärejä kulutetaan Suomessa noin 18 000 tonnia. Tämä määrä jakautuu karkeasti eri painomenetelmien volyymien suhteessa: offsetvärit 60%, syväpainovärit 20%, fleksovärit 15% sekä seripainovärit ja muut 5%. Painovärit sisältävät tavallisesti seuraavia ainesosia: pigmentti, sideaine, liuotin ja lisäaine. Pigmentin tehtävänä on tuottaa kuva ja haluttu värivaikutelma. Sideaine sitoo puolestaan pigmentin painoalustaan. Liuotin muuttaa värin juoksevaksi, mikä mahdollistaa värin siirtämisen painopinnalle.

Värin koostumus riippuu käytettävästä painomenetelmästä (ks. taulukot 6.1 ja 6.2). Kaikissa painoväreissä käytetään yleisesti samoja, etupäässä orgaanisia pigmenttejä värisävyn antajina. Pigmenteissä on luovuttu raskasmetallien käytöstä, mutta niitä saattaa vielä löytyä joistakin erikoisväreistä hyvin pieniä määriä epäpuhtauksina (alle 100 ppm). Pigmentti kiinnitetään painoalustaan sideaineella, jona käytetään hapettuvia kasvisöljyjä ja alkydeja, modifioituja luonnon tai tekohartseja, nitroselluloosaa, polymeerejä tai reaktiivisia akrylaatteja (Kataja & Virtanen 2001)

Taulukko 6.1. Painovärien koostumus eri painomenetelmillä (Sun Chemical, Juha Toljander/EVTEK, Merja Nieppola 2007).

KOOSTUMUS	ARKKI-OFFSET	HEATSET	COLDSET	FLEKSO PAK.SYVÄP.	LEHTI-SYVÄP.	UV-EBC
PIGMENTTI						
SIDEAINE	KOLOFONI-HARTSI FENOLI-HARTSI	KOLOFONI-HARTSI FENOLI-HARTSI HIILIVETY-HARTSI	FENOLI-HARTSI	L: NC, KOVA-HARTSI W: KOVA-HARTSI EMULSIO	KOVA-HARTSI Zn / Ca RESI-NAATTI	(AKRYYLI-) OLIGOMEERI PREPOLYMEERI
			HIILIVETY-HARTSI ALKYDI mah.estoine			
	ALKYDI KASVIÖLJY	ALKYDI	KASVIS-ÖLJY	L: E + OH ASETAATIT GLYKOLIT KETONIT	TOLUEENI ALIF. HIILIVETY ASETAATIT	
LIUOTIN	MINE-RAALI-ÖLJY 260-320 °C	MINE-RAALI-ÖLJY 240-310 °C	MINE-RAALI-ÖLJY 280-310 °C	W: VESI ALKOHOLIT GLYKOLIT		
APUAINE						(FOTOINI-TIATOR)
Tahmeus	150 - 200	100 - 200	80 - 150			
VISKOSIT.	10 - 40 PAS	5 - 20 PAS	1 - 8 PAS	15 - 30 / 4 CUP	15 - 5 / 2 CUP	1 - 30 PAS
VÄRIKERROS G/M2	1 - 2	1,5 - 2,5	2 - 3	3 - 6		1 - 2

Taulukko 6.2 Perinteisten painovärien tyypillisiä koostumuksia (Korhonen & Grönlund 1992)

Painoväriin koostumus	Offsetvärit			Muut värit		
	sanomalehti-%	arkki-%	heatset %	fleksopaino-%	syväpaino-%	seripaino-%
pigmentit	10 – 20	15 – 25	10 – 20	5 – 30	5 – 15	5 – 8
sideaineet	10 - 35	20 – 40	20 – 40	15 - 30	20 – 35	30 – 40
liuottimet	25 – 75	30 – 50	30 – 50	40 – 70	50 – 70	54 – 60
lisäaineet	0 - 5	0 - 5	0 – 6	0 - 8	0 - 5	1 - 2

Taulukko 6.3 Painoväriin kuivumisperiaate eri painomenetelmillä (Pohjoismainen ministeriöneuvosto 1998 -mukailleen).

Painomenetelmä	Painoväriin kuivumisperiaate
Arkkioffset	Painoväriin asettuminen paperiin imeytymällä ja kuivuminen hapettumalla ja UV-kuivaus
Coldset-offset	Painoväriin imeytyminen huokoiseen paperiin
Heatset-offset	Mineraaliöljyjen haihdutus kuivausuunissa (210-250 °C)
Fleksopaino	Liuottimen tai veden haihdutus kuivaimella ja UV-kuivaus
Syväpaino	Liuottimen haihdutus puhaltamalla kuumaa ilmaa (40-60 °C)
Seripaino	Liuottimen tai veden haihdutus, UV-kuivaus
Kohopaino	UV-kuivaus
Digitaalipaino	Lämpökiinnitys

Offsetvärit ovat korkeaviskoosisia ja tahmeita ja niiden pigmenttipitoisuus on korkea. Offsetmenetelmä perustuu öljypohjaisiin painoväreihin, joiden on myös emulgoitava sopiva määrä kostutusvettä toimiaakseen moitteettomasti. Värit eivät sisällä nopeasti haihtuvia liuottimia, jotta ne eivät kuivuisi väritelöille. Kasviöljypohjaisia kuivuvia öljyjä käytetään lähinnä arkkioffsetväreissä, jossa öljyn reagoiminen ilman kanssa saa aikaan hitaan polymeroitumisen, jonka seurauksena väri kuivuu.

Coldset-painovärit kuivuvat asettumalla, jolloin värissä oleva liuotin tunkeutuu paperin huokosiin. Painovärit sisältävät sideaineena käytettävää kasviöljyä, mutta ne ovat edelleen mineraalipainoiteisia. (Lyly *et al.* 2000)

Heatset-painovärit kuivuvat haihtumalla kuuman ilman vaikutuksesta, jolloin 85 prosenttia liuottimesta haihtuu loppuosan absorboituessa painoalustaan.

Fleksopainovärit eroavat offsetväreistä tahmeudeltaan, niiden pigmenttipitoisuus on alhaisempi ja viskositeetti hieman korkeampi. Liuotinpohjaiset flekso-painovärit sopivat suuren haihtumisnopeutensa ansiosta imemättömille pinnoille, kuten muovikalvoille ja metallifolioille. Vesipohjaisia painovärejä käytetään alhaisesta haihtuvuudesta johtuen absorboiville pinnoille, kuten paperille ja kartongille.

Painovärien sisältämien liuottimien lisäksi erityisesti pakkauspainoissa käytetään merkittäviä määriä erikseen ostettavaa puhdasta liuotinta tai liuotinseosta painoväriin viskositeetin säätämiseen. Ostettavien painovärien liuottimien ja kuiva-aineen määrän suhde saattaa vaihdella merkittävästi eri laitoksissa. Toimitettava painoväri saattaa olla lähes painovalmista (liuotinpitoisuus noin 75 %), jolloin painokoneella tarvitaan vain vähäinen liuottimen lisäys. Varsinkin suurempiin laitoksiin väri toimitetaan kuitenkin nykyään ns. pastana, jonka VOC-pitoisuus on vain noin 30 % ja väri ohennetaan painolaitoksessa (lopullinen ohennus painokoneella).

Taulukossa 6.4 esitetään pakkauspainossa käytettävien liuotinpitoisten painovärien sisältämiä tyypillisiä liuottimia ja taulukossa 6.5 vastaavasti vesiohenteisten painovärien sisältämiä liuottimia ja pesuaineita.

Taulukko 6.4 Liuotinvärejä käyttävän pakkauspainon tyypillisiä liuottimia.

Liutotin	Höyrinpaine (kPa)	Käyttökohde
Etyyliasettaatti	9,2	Ohennin, pesuaine
Etanoli	5,9	Painoväriin liuotin, pesuaine
Etanolin ja etyyliasettaatin seos		Seossuhde riippuu vaaditusta kuivausajasta
Isopropanoli	4,3	Painoväriin liuotin, pesuaine
Isopropyliasettaatti	6,1	Viskositeetin säätö
Metyyliketoni	10,5	Kauivatusaine, käytetään usein liuottimena liimoissa ja eräissä vernissoissa
n-Butanoli	1,2	Hidastin
Metoksisopropanoli	1,1	Hidastin
n-Propanol	2,5	Hidastin
Etoksisopropanoli	0,65	Hidastin
Erilaiset esterit		Pehmitin

Taulukko 6.5 Vesiohenteisia värejä käyttävän pakkauspainon tyypillisiä liuottimia.

Liutotin	Höyrinpaine (kPa)	Käyttökohde
Etanoli	5,9	Painoväriin liuotin, kuivatusaine, pesuaine
Isopropanoli	4,3	Painoväriin liuotin, pesuaine
n-propanoli	2,5	Painoväriin liuotin
Erikoisnafka	4,0 – 8,5	Pesuaine (ei elintarvikepakkausainoissa)
Liuotinbensiini (White spirit)	0,15 – 1,0	Pesuaine (ei elintarvikepakkausainoissa)

6.1.3

Korvaavat painovärit

Fleksopainovärien perinteiset liuottimet ovat etanoli ja etyyliasettaatti. Mikäli liuotinvärejä ei voi korvata, jää VOC-asetuksen piiriin kuuluvien laitosten vaihtoehdoksi käytännössä poistoilmapuuhdistimen hankinta. Monessa pakkausfleksopainossa onkin investoitu jälkipolttolaitokseen. Liuotinvärejä korvaavia tekniikoita ovat fleksopainamisessa UV-tekniikka, EB-tekniikka ja vesiohenteisten liuotinvärien käyttö.

Myös offsetpainoissa on otettu jonkin verran käyttöön UV-värejä. Niiden käyttöönotto vaatii muutoksia prosessiin sekä investointeja laitteistoihin. Kirjallisuudessa on mainintoja, että investointikustannukset olisivat 15 - 25 prosenttia korkeammat kokoonpanosta riippuen (PrintCity: Smarter PrintWorks). UV-painovärien kehittäminen on aktiivista.

6.1.3.1

UV-värit

UV-tekniikkaa käytetään jo suhteellisen paljon flekso- ja offset-painoissa kalvo-, pakkaus- ja esitepainatuksessa. UV-värit eivät sisällä lainkaan liuottimia, joten niiden käytöstä ei synny VOC-päästöjä. UV-kuivaus on kemiallinen prosessi, jossa prepolymerihartsista, monomeereista ja fotoinitiaattoreista koostuva väri tai lakka asettuu eli kuivuu ultraviolettisäteilyn aikaansaaman polymerointireaktion avulla. UV-kuivauksessa syntyy pieniä määriä otsonia, joka tulee ohjata kohdepoistoilla ulkoilmaan.

UV-tekniikka soveltuu periaatteessa kaikkiin painotuotteisiin. Sen etuna on nopeasti tapahtuva kuivuminen, joka mahdollistaa välittömän jälkikäsittelyn. Painojäljen laatu, kiilto ja hankausominaisuudet ovat hyvät. UV-väriin konsistenssi on myös hyvä, vesi tai liuotintasapainoon liittyviä ongelmia ei ole koska viskositeettia ei tarvitse säätää.

UV-värien käyttöä hidastaa se, että värit ovat korkean viskositeetin värejä, jotka leviävät helposti työympäristöön eivätkä kuivu. UV-värit sisältävät reaktiivisia akrylaatteja, monomeereja ja oligomeereja, joista jotkut ovat kuivumattomina allergisoivia.

Menetelmän haittapuolena voi olla, että joissakin tapauksissa UV-lamput ovat vieneet enemmän energiaa kuin perinteinen kuivaus. Tosin myös energiansäästöstä on raportoitu. UV-lamput sisältävät elohopeaa ja ne vaativat ongelmajätekasittelyn.

UV-painokoneen puhdistus on yleinen ongelma. Normaalit värinvaihdot vievät kohtuuttoman paljon aikaa. Hollannissa on kehitetty ja patentoitu menetelmä, jossa värien vaihdot voidaan minimoida. Vaadittujen värien aikaansaamiseksi käytetään seitsemää standardiväriä, joita ei tarvitse vaihtaa töiden vaihtumisen yhteydessä. Tämä tarkoittaa sitä, että 8-värikoneella vain yhtä väriyksikköä käytetään vaihtuvan lisävärin painamiseen tarvittaessa.

UV-värejä voidaan käyttää paperipakkausten ja meijerituotteisiin käytettävien nestekartonkipakkausten painamiseen. Elintarvikepakkausten valmistajat ovat kuitenkin olleet haluttomia käyttämään UV-tekniikkaa, koska UV-väreissä on ainesosia, joiden joutumista kosketuksiin elintarvikkeiden kanssa halutaan välttää.

Periaatteessa UV-tekniikalla voidaan painaa useimmille paperilaaduille. Rajoituksena nykyistä laajemmalle käytölle ei kuitenkaan ole paperi vaan konekanta. Vanhojen fleksopainokoneiden muuntaminen UV-fleksokoneiksi ei yleensä ole mahdollista. Tällä hetkellä UV-fleksopainotekniikkaa sovelletaan tarralappujen ja virvoitusjuomien kartonkipakkauksien painamisessa. Molemmissa sovelluksissa käytetään nimenomaan kyseiseen tarkoitukseen rakennettuja painokoneita, jotka ovat selvästi kalliimpia kuin perinteiset fleksopainokoneet.

6.1.3.2

EB-tekniikka

Elektronisädekuivuvat värit (EB, electron beam) koostuvat molekyylipainoltaan kevyistä polymeereistä, jotka reagoivat elektronivirtaan vakuuissa. Värit ovat liuotinvapaita eivätkä ne kovetu ennen kuin joutuvat valolle alttiiksi minkä vuoksi ne säilyvät pitkään painovärikaukaloissa jolloin pesuja tarvitaan vähemmän. Elektronit saavat aikaan polymeerien kovettumisreaktion ja värien asettumisen.

Menetelmän raportoidaan aiheuttaneen paperin heikentymistä ja työntekijöiden altistumista säteilylle. EB-värejä käytetään joskus korkeaa kiiltoa vaativissa pinnoituksissa ja metallien koristelussa. Menetelmällä ei ole kaupallista merkitystä Suomessa.

6.1.3.3

Vesipohjaiset fleksopainovärit

Vesiohenteisissa painoväreissä on vähennetty orgaanisten liuottimien määriä. Nykyiset vesiohenteiset fleksopainovärit perustuvat vesiliukoisiin polyesterihartseihin, joissa ei tarvita ammoniakkia tai amiineja ylläpitämään värin dispersio-ominaisuuksia, minkä vuoksi ne täyttävät fleksopainojen vaatimukset.

Painovalmis fleksopainoväri sisältää noin 80 % liuottimia, jotka ovat aina monien liuottimien seoksia. Yleisimmät liuottimet ovat etanoli ja etyyliasettaatti. Vesiohenteisten painovärien käyttöönotolla voidaan saavuttaa merkittävä vähennys laitoksen liuotinpäästöissä erityisesti hajapäästöjen osalta. Mikäli laitoksessa on jo käytössä poistoilmapuhdistin, on päästöjen vähennyspotentiali selvästi pienempi. Jos poisto kaasut käsitellään jo nyt tehokkaasti ja hajapäästöt ovat hallinnassa, ei vesiohenteisten värien käyttöönotolla enää saavuteta merkittävää hyötyä.

Vesiohenteisten painovärien pesut voidaan tehdä vedellä niin kauan kuin väri tai vernissa on vielä märkää. Vesiohenteiset värit vaativat kuivuakseen enemmän energiaa kuin liuotinvärit, mutta kun otetaan huomioon myös liuotinvärien tarvitsema poistoilmapuhdistin, kokonaisenergiankulutusero kapenee. Vesiohenteisiä värejä käytettäessä on myös mahdollista kierrättää poistoilmaa enemmän kuin liuotinvärikuivauksessa, mikä osaltaan vähentää energiankulutusta.

Vesiohenteisiksi kutsut painovärit sisältävät myös jonkin verran liuottimia, mikä on otettava huomioon päästöjen vähentämisuunnittelussa. Painovärijätettä syntyy enemmän kuin perinteisillä väreillä.

Vesiohenteisten fleksopainovärien raportoidaan soveltuvan useimmille pakkauspapierimateriaaleille ja yksinkertaisille muovipakkauksille. Keraamisten aniloxtelojen käyttö parantaa painolaatua.

Elintarviketeollisuuden tarpeisiin sopivia joustavia muovipakkauksia voidaan toistaiseksi painaa vain liuotinväreillä. Painojäljen on kestettävä elintarvikkeiden happo-, rasva- ja öljykontaktia. Joskus valkoinen väri voidaan korvata vesiohenteisellä näissäkin tuotteissa.

Värinvaihto liuotinpohjaisesta vesiohenteiseen vaatii fleksopainokoneella yleensä painoalustan erilaisen esikäsittelyn ja aina uudet painolaatat ja sylinterit.

Vesiohenteisiä painovärejä (ei vernissoita) käytetään yleisesti paperisäkkien, muovisten jätessäkkien ja muovikassien fleksopainamisessa. Perinteisten fleksopainokoneiden kuivauskapasiteetti jää yleensä alimittaiseksi ja kuivainmuutokseen on investoitava.

Mikäli vesiohenteiset painovärit voidaan ottaa käyttöön siten, että painonopeus ja joustavuus säilyvät ja silti tuloksena on niin suuri päästövähennys että sillä vältetään poistoilmapuhdistimen hankinta, voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä.

6.2

Pesuaineet

Painolaitoksissa pesuaineiden tarkoituksena on helpottaa paperi- ja painovärikertymien sekä liiman, lakan ja voiteluöljyn mekaanista poistoa painokoneen eri osista. Pesu tehdään tavallisesti seisokkien ja työn vaihdon yhteydessä.

6.2.1

Offset-painokoneiden pesu

Offsetpainokoneissa on useita puhdistettavia osia ja niissä useita materiaaleja. Pesuaineen tulee sopia yhteen näiden materiaalien kanssa.

Painokoneen pestävät osat ja niiden materiaalit:

- kumikangas ja -telat (erilaiset kumilaadut)
- puristussylinteri (teräs)
- värilaitte (teräs)
- kostutusvesilaitte (pinnoitettu teräs)
- painokoneen runko (pinnoitettu teräs)

Kostutusvesijärjestelmät voidaan puhdistaa automaattisilla painepesurilla ja paino- ja kumisylinteri automaattipesureilla, jotka kuluttavat vähemmän pesunesteitä kuin käsipesussa yleensä kuluu. Pesulaitteissa on mahdollista käyttää tehokkaampia liuottimia, jolloin työskentelyaika lyhenee. Automaatioasteen lisääntymisestä huolimatta pesu käsin on edelleen yleistä varsinkin pienissä painotaloissa.

Pesuaineet voidaan luokitella taulukon 6.6 mukaan. Hyvältä pesuaineella on seuraavia ominaisuuksia:

- työterveydellinen vaara on vähäinen
- liuotuskyky on riittävä
- haihtuvuus on kohtuullinen
- ei jätä rasvaista pintaa
- ei turmele painopeitteitä
- ei ärsytä hajulla

Taulukko 6.6 Painojen pesunesteiden luokittelu (Kataja & Virtanen 2001, Martovaara et al. 1996).

Pesunestetyyppi	Luokka	Kiehumispiste °C	Leimahduspiste °C	Höyrynpaine kPa, 20 °C
Kasvipörsäiset	VCA *)	> 250	> 150	< 0,01
Korkealla kiehuvat (seokset)	VCA/HBS	> 235	> 100	< 0,01
Korkealla kiehuvat	HBS	> 235	> 100	0,001 - 0,1
Keskiahituvat	AIII	> 180	> 55	0,05 - 0,4
Hyvin haihtuvat	AII	115 - 190	< 55	0,05 - 4
Erittäin haihtuvat	AI	< 100	< 21	3 - 80
Erittäin haihtuvat (vesiliukoiset)	B	< 100	< 21	3 - 80

*) SUBSPRINT-projektin luokittelussa optimaalisella kasvipesunesteellä tulee olla kiehumispiste > 150 °C, leimahduspiste > 150 °C, höyrynpaine < 0,01 kPa (20 °C) sekä hiilivety-VOC ja terpeenipitoisuus alle määrittämissä rajojen. Lisäaineita (esim. emulgaattori, korroosion estäjä) tulee olla mahdollisimman vähän, ne on yksilöitävä CAS-numerolla eivätkä ne saa sisältää aromaattisia amideja tai amiineja.

Kasviöljypohjaiset pesuaineet tulivat markkinoille 1990-luvulla, ja niiden ensisijainen tavoite oli parantaa painajien työturvallisuutta erityisesti käsipesuissa. Alussa useilla näistä pesuaineista oli kuitenkin ongelmana puutteellinen liuotuskyky ja eräät aineet jopa vahingoittivat painokoneen kumimateriaaleja. Lisäksi joidenkin pesuaineiden todettiin aiheuttavan korroosio-ongelmia. Tuotteiden kehitystoiminta on kuitenkin jatkunut edelleen ja markkinoille on tullut paremmin toimivia pesuaineita. Perinteisiin erittäin haihtuviin pesuaineisiin verrattuna uudentyypiset kasviöljypohjaiset pesuaineet saattavat olla noin 4 – 5 kertaa kalliimpia. Myös pesuaineiden kulutuksen vähenemisestä on raportoitu. Jätettä syntyy myös enemmän.

Pesuaineiden käytöstä aiheutuvia VOC-päästöjä voidaan vähentää seuraavilla toimenpiteillä:

- käsittelemällä pesuaineita huolellisesti
- säilyttämällä pesuaineet ja käytetyt pesurätkät suljetuissa astioissa
- ottamalla käyttöön haihtumisominaisuuksiltaan korkealla kiehuvia pesunesteitä (HBS) tai kasviöljypohjaisia pesuaineita
- käyttämällä pesuaineita, joissa ei ole käytetty korkeaa otsoninmuodostuspotentiaalia sisältäviä kemikaaleja

VOC-päästöjen rajoittamiseksi on suositeltavaa käyttää taulukossa 6.6 mainittuihin luokkiin VCA, VCA/HBS, HBS tai AIII kuuluvia pesuaineita.

6.2.2

Fleksopainokoneiden pesu

Fleksopainokoneiden pesuihin käytetään pääasiassa kyseisen painoväriin liuotinta, joka liuotinpitoisille fleksopainoväreille on yleensä etyyliasettaatti. Varsinaisia korvaavia materiaaleja liuotinvärien pesuaineille ei ole, mutta päästöjä voidaan vähentää suljetuilla automaattipesureilla.

Vesipohjaisten ja UV-painovärien puhdistukseen voidaan käyttää vähemmän haihtuvia pesuaineita.

Isopropanolin vähentäminen ja korvaus offset-painatuksessa

Offsetin painotapahtuma perustuu siihen, että vesi ja öljy eivät sekoitu keskenään, koska vedellä ja öljyllä on erilaiset pintajännitykset. Isopropanolia (IPA) käytetään arkki- ja heatset-offsetpainamisessa ajettavuuden ja painojäljen laadun parantamiseksi. Sen tehtävänä on kostutusveden pintajännityksen alentaminen. Haihtuvuutensa ansiosta se myös jäähdyyttää painopintaa. Coldset-offsetissa käytetään kostutusveden lisäaineena korvaavia pinta-aktiivisia aineita.

Kostutusvesi säilytetään aivan pieniä painokoneita lukuun ottamatta jäähdyytetyssä astiassa, josta se pumpataan koneelle. Säiliön IPA-konsentraatiota mitataan jatkuvasti ja IPAA lisätään automaattisesti konsentraation laskettua halutun pitoisuuden alle.

Haihtuvuutensa vuoksi IPA aiheuttaa hajapäästöjä työympäristöön sekä työturvallisuusriskin. Käytetty IPA haihtuu arkipainossa suurelta osin painosalin ilmaan. Heatsetpainoissa osa käytetystä IPA:sta kulkeutuu painokoneen uusiin ja sitä kautta jälkipolttimeen, koska uunin korvausilma otetaan yleisesti painosalista. Heatsetpainokoneen koteloinnilla voidaan myös vähentää hajapäästöjä.

6.3.1

Isopropanolin korvaustekniikka

IPAn käyttöä voidaan laskemalla sen pitoisuutta kostutusvedessä. Kostutusveden IPA-konsentraatiota voidaan vähentää tai jopa korvata se kokonaan muilla pinta-aktiivisilla kostutusaineiden lisäaineilla, jotka sisältävät moniarvoisia alkoholeja ja polyoleja. Tarvittavan lisäaineen valintaan vaikuttaa myös käytettävä painoväri. Lisäaineiden pitoisuudet kostutusvedessä ovat yleensä prosentin luokkaa tai vähemmän.

Jotkut korvaavat aineet saattavat aiheuttaa vakavia työterveys- ja työympäristöongelmia. Käyttöturvaviedotteet onkin syytä tarkastaa ennen kuin valitsee korvaavan aineen. Myös aineen otsoninmuodostus potentiaali on syytä tarkastaa, sillä joidenkin aineiden otsonin muodostuspotentiaali saattaa olla kymmenkertainen IPAn verrattuna.

Vähentäminen vaatii usein työskentelytapojen muuttamista ja edellyttää myös korvaavien lisäaineiden käyttöönottoa tai niiden vaihtamista sellaiseen, joka mahdollistaa ajamisen pienemmällä IPAn konsentraatiolla. Käytännössä optimaalinen IPAn konsentraatio joudutaan testaamaan aina konekohtaisesti tuotanto-olosuhteissa.

Korvaustekniikan käyttö vaatii yleensä huolellista koneiden säätöä ja tarkempaa prosessin hallintaa. Se on monitahoinen prosessi, johon vaikuttavat käytössä oleva kostutusvesiyksikkö, telat, painolevy, painoväri, paperi, raakaveden laatu ja painajan taidot.

6.3.2

Laiteratkaisut

Alkoholin korvaus saattaa vaatia myös lisäinvestointeja laitteistoratkaisuihin, mutta ainakin se edellyttää työtapojen muutoksia ja painajien koulutusta. Laatuongelmat täytyy ratkaista IPAn konsentraatiota muuttamatta.

Perinteinen alkoholiannostelija perustuu usein uimuritekniikalla määritettävään alkoholin ominaispainoon, mikä epätarkkuutensa vuoksi saattaa nostaa todellista IPAn konsentraatiota huomattavasti.

Markkinoilla on IR- tai ultraäänimittaukseen perustuvia laitteita, jotka mittaavat jatkuvasti kostutusveden tai kostutusjärjestelmän kammion IPAn konsentraatiota ja säättävät isopropanolin määrää tällä perustellaan. Näillä laitteilla on voitu pienentää IPA-konsentraatiota jopa 5 %:n tasolle. Laitteiden hinta on noin 8 000 euroa (Koivula 2007).

Kostutusveden IPAn konsentraatiota voidaan vähentää myös kostutusteloja vaihtamalla. Markkinoilla on hydrofiilisiä teloja, joilla konsentraatiota on voitu vähentää 2-3 prosenttiyksikköä. Intergrafin BAT-selvityksessä tällaisten telojen investointikustannukseksi ilmoitettiin 250 – 1 000 euroa/kappale.

Kun kostutusveden IPAn konsentraatiota vähennetään, kostutusvesi likaantuu yleensä nopeammin. Riippuen kostutusvesijärjestelmän tyypistä, voidaan kostutusveden käyttöikä pidentää ja samalla vedenkulutusta vähentää suodattamalla ja kierrättämällä kostutusvettä.

Kostutusvetenä käytettävän raakaveden tasalaatuisuus veden kovuuden ja pH-arvon osalta vaikuttaa painoprosessin hallittavuuteen. Raakaveden laatu vaihtelee Suomessakin alueellisesti, mutta myös vuodenaikojen mukaan hyvin paljon. Tasalaatuisuus voidaan varmistaa esikäsittämällä raakavesi ioninvaihtimessa tai käänteiseen osmoosiin perustuvalla laitteistolla.

6.3.3

Isopropanolin vähentäminen tai korvaaminen käytännössä

Isopropanolin vähentäminen ja/tai korvaaminen vaatii useita eri toimenpiteitä:

- työskentelytapojen muutos painokoneella
- tarkka isopropanolin annostelujärjestelmä ja IR-antureihin tai ultraääneen perustuvien mittareiden käyttöönotto konsentraation mittauksessa.
- tasalaatuinen raakavesi ja usein raakaveden esikäsittely mm. käänteisosmoosilla
- painokonetoimittajan suositusten mukaiset telojen säädöt ja kostutusjärjestelmän asetukset
- keraamiset kostutustelat (mahdollistaa 2 – 3 prosenttiyksikön IPA-konsentraation alennukset)
- säännöllinen kostutusvesijärjestelmän pesu
- kostutusveden jäähdytys 8 – 10 °C:een ja uusissa painokoneissa kostutusvesijärjestelmän temperointi

Käytännön tapoja vähentää isopropanolin kulutusta:

- säilytä IPA suljetussa astiassa
- pidempien seisokkien ajaksi palauta kostutusvesi painokoneelta IPA-säiliöön (useamman päivän seisokit)
- IPA-konsentraatiota mittaavien laitteiden tarkkuus tarkistettava säännöllisesti
- kokeile eri koneille eri IPA-konsentraatiota
- kostutusvesijärjestelmän telojen kunnossapito

Painotyöltä edellytettävä laatutaso saattaa vaikuttaa painon mahdollisuuteen vähentää IPAn käyttöä tai siirtyä korvaavien aineiden käyttöön erityisesti käytettäessä vanhempia painokoneita.

Taulukko 6.7 Isopropanolipitoisuudet offsetpainatuksessa (Intergraf 1999).

IPA-pitoisuus (paino-%)	Heatsetoffset	Arkkioffset
olemassa olevat painokoneet	8-9 %	8-10 %
uudet painokoneet	4-6 %	6-8 %
uuden sukupolven painokoneet	2-4 %	4-6 %

6.4

VOC-puhdistustekniikka heatsetpainamisessa

Heatset-menetelmässä painovärin liuotin ja painoyksikössä paperiin tarttunut kostutusvesi haihdutetaan kuivatusuunissa pois paperiradasta. Kuivatusuunien poistokaasut sisältävät runsaasti VOC-yhdisteitä ja aiheuttavat painotalon ympäristössä hajuhaittaa. Heatset-painoihin on hajuhaitan vuoksi Suomessakin asennettu jälkipolttimia jo 1980-luvulta lähtien.

Heatset-painoväreissä käytetään liuottimina mineraaliöljyjä, joiden kiehumispisteet ovat suhteellisen korkealla. Kuivatusuunin lämpötila on luokkaa 240 – 300 °C. Propaanikäyttöinen jälkipoltin kuumentaa poistokaasut 750 – 800 °C:een. Täydellisessä palamisessa poistokaasujen VOC-yhdisteet hajoavat vesihöyryksi ja hiilidioksidiksi. Mahdollisesti syntyvä hiilimonoksidi kertoo puolestaan epätäydellisestä palamisesta. Uunien ja jälkipoltinten synnyttämä lämpöenergia kannattaa ottaa talteen ja käyttää joko kiinteistön lämmittämiseen tai myydä eteenpäin.

Uudet heatset-painokoneet on varustettu kuivatusuuniin integroidulla konekoh-
taisella jälkipolttimella. Vanhojen heatset-painokoneiden poistokaasut voidaan puhdistaa ohjaamalla poistokaasut erilliseen jälkipoltinlaitteistoon. Erillinen laitteisto on mahdollista asentaa jo toiminnassa olevaan painolaitokseen myös jälkikäteen.

Kuivatusuuniin integroidut jälkipolttimet ovat energiatehokkaita ja niiden käyttövarmuus on hyvä. Erillisten jälkipolttimien ongelmana on ollut korkea energian kulutus, toiminnan epävarmuus sekä mahdollisuus ohjata polttimen häiriötilanteiden aikaiset poistokaasut puhdistamattomina ulkoilmaan. Erillisten jälkipolttimien käyttövarmuutta voidaan parantaa järjestelmällisen ennakkohuollon avulla ja huoltotoimenpiteiden ajoittamisella painokoneiden seisokkeihin.

Heatset-painokoneen jälkipolttimen puhdistusasteen tulisi olla yli 95 prosenttia, jotta päästään VOC-asetuksen edellyttämiin puhdistustasoihin.

7 Toiminnan tarkkailu ja raportointi sekä VOC-päästöjen määrittäminen

Tässä luvussa käsitellään laitoksen ja sen toiminnan tarkkailua toiminnasta aiheutuvien päästöjen kannalta. Lisäksi luvussa on yleistä tietoa VOC-päästöjen määrittämisestä ja siitä milloin päästöjä on syytä mitata ja milloin riittää ainetasetarkastelu.

Ympäristöluvassa annetaan tarpeelliset määräykset laitoksen toiminnan käyttö- ja päästötarkkailusta sekä toiminnan vaikutusten tarkkailusta. Ympäristöluvassa annetut määräykset tarkkailusta perustuvat usein toiminnanharjoittajan ympäristölupahakemuksessa esittämään käytön ja päästöjen tarkkailuun. Ympäristöviranomaiselle valvontaa varten toimitettavat tiedot on lueteltu ympäristöluvan raportointia koskevilla määräyksillä.

VOC-ilmoitusvelvollisten laitosten, joilla ei ole ympäristölupaa, on raportoitava VOC-päästöistään kunnan valvontaviranomaiselle vuosittain helmikuun loppuun mennessä.

Hyvä tarkkailu muodostuu hyvin hoidetusta käyttö- ja päästötarkkailusta sekä tarvittaessa vaikutustarkkailusta.

7.1

Käyttötarkkailu

Käyttötarkkailulla voidaan vähentää päästötarkkailua ja päästöjen mittaustarvetta. Käyttötarkkailuun kuuluvat muun muassa prosessien ja puhdistustoimintojen, kemikaalien sekä ympäristölle haitallisten aineiden seuranta ja raportointi. Käyttötarkkailussa kerätään mm. tietoa toiminnassa käytettävien raaka-aineiden ja kemikaalien kulutuksesta sekä päästöjen muodostumisesta sekä syntyvien jätteiden ja jätevesien määristä. Näin saatua tietoa voidaan hyödyntää suoraan ainetasetarkasteluissa arvioitaessa toiminnassa syntyviä päästöjä.

Toiminnanharjoittajan omaan harkintaan jää minkälaiset käytännöt ja menettelyt toiminnan tarkkailemiseksi luodaan. Laitoksen omien tarkkailu- ja seurantarpeiden, eri viranomais- ja muiden tahojen sekä esimerkiksi ympäristöasioiden hallintajärjestelmään liittyvien raportointien yhdistäminen mahdollisuuksien mukaan on järkevää päällekkäisen työn säästämiseksi. Liitteessä 5 on yksi esimerkki käyttöpäiväkirjan sisällöstä.

7.1.1

Raaka-aineiden, kemikaalien, veden ja energian käytön ja kulutuksen seuranta

Maalien, pinnoitteiden, ohenteiden, pesuliuottimien yms. orgaanisia liuottimia sisältävien aineiden kulutuksen seuranta on välttämätöntä, koska kulutustietoja tarvitaan vuosittaisten VOC-päästöjen arvioimiseksi sekä myös arvioitaessa VOC-asetuksen vaatimusten noudattamista. Ympäristöluvan määräysten ja VOC-asetuksen vaatimusten noudattamisen valvontaa varten on vuosittain valvontaviranomaiselle rapor-

toitava mm. vuoden aikana käytettyjen maalien ja ohenteiden kokonaismäärä (l/a) sekä niiden sisältämien liuottimien ja kiintoaineen määrät (kg/a). Liuottimien lisäksi kulutusseuranta on tarpeen myös muille haitallisille aineille ja kemikaaleille (esim. Vna 1022/2006 mukaiset vesiympäristölle vaaralliset ja haitalliset aineet).

Yrityksen harkittavaksi jää, minkälaista kirjanpitoa liuottimien kulutuksesta pidetään. Liuotinkulutusta voidaan seurata esimerkiksi kuukausitasolla tai tuotantoon suhteutettuna (esim. kg liuotin/tonni tuotetta). Laitoksesta ja toiminnan luonteesta riippuen orgaanisten liuottimien kulutusta voi olla tarkoituksenmukaista seurata esimerkiksi kuukausitasolla, vaikka VOC-päästöt raportoitaisiinkin vain vuositason valvontaviranomaiselle. Säännöllisellä kulutusseurannalla poikkeamien havaitsemisen ja niihin reagoiminen helpottuu ja ominaiskulutusten seuraaminen antaa tietoa myös toiminnan jatkuvasta parantamisesta.

Käyttötarkkailuun kuuluu myös laitoksella käytettävien kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteiden pitäminen ajan tasalla. Käyttöturvallisuustiedotteista ilmenee mm. paljonko käytetty pinnoite tms. sisältää orgaanisia liuottimia (esim. max 40 p-%) ja onko liuottimet merkitty VOC-asetuksen 9 §:n ja 10 §:n mukaisilla R-lausekkeilla.

7.1.2

Käyttötarkkailulla säästöjä päästöjen tarkkailuun

Toiminnasta aiheutuvien päästöjen vähentämiseksi on seurattava kaikkia tuotantoprosessien parametreja ja hyödynnettävä näin saatua tietoa päästöjen määrän ja laadun tarkkailussa. Seurattavia prosesseja ovat esimerkiksi pölynpoistoon käytettävät laitteistot, VOC-poistokaasujen käsittelylaitos tai prosessijätevesien esikäsitteilylaitos.

Jatkuvatoimisesti voidaan seurata jotain käyttöparametria - esimerkiksi VOC-jälkipolttolaitoksen palamislämpötilaa - jonka on ensin osoitettu riittävän luotettavasti korreloivan suoraan päästötason kanssa. Puhdistinlaitteiden käyttötarkkailulla toiminnanharjoittaja saa tietoa puhdistinlaitteiden tasaisesta toiminnasta ja päästötarkkailua voidaan jopa harventaa.

Tarkoituksenmukaisen käyttötarkkailun luomiseksi on välttämätöntä tuntea perusteellisesti laitoksen ja sen prosessien toiminta sekä prosessien toiminnan ja puhdistinlaitteiden vaikutus toiminnasta aiheutuviin päästöihin.

7.1.3

Ennakoiva huolto- ja kunnossapito

Käyttötarkkailulla voidaan minimoida prosessien ja puhdistinlaitteiden häiriötilanteiden määrää ja kestoja ja siten ehkäistä päästöjä. Käyttötarkkailulla voidaan ehkäistä myös poikkeuksellisten päästöjen muodostumista, kuten erilaisia vahinko- ja onnettomuustilanteita. Oleellinen osa käyttötarkkailua on myös laitoksen ja laitteistojen ennakoiva kunnossapito ja huolto. Kunnossapitoon kuuluu kaikkien tarkastus- ja huoltotoimenpiteiden aikataulutus, kirjaaminen ja seuranta, joita voivat olla esimerkiksi:

- tiivisteiden, laippojen, venttiilien, hitsattujen liitosten ja säiliöiden silmämääräinen tarkastus
- putkistojen ja säiliöiden painekokeet
- öljynerotuskaivojen hälyttimien toiminnan tarkastus
- ruuviliitosten kiristyksen tarkastus
- koneistojen ja venttiilien kulumisen tarkastus
- mittausjärjestelmien kalibroinnit
- prosessi-ilmastointi- ja puhdistinjärjestelmien määrävälein tehtävät tarkastukset

- kuivaimet eivät vuoda, painesuhteet oikein
- kanavoinnissa ei vuotoja
- ohitushaarat toimivat (ei jumiutuneita peltejä)
- pölynpoistojärjestelmien suodattimien vaihdot

Helposti tarkastettavien osien ja laitteiden määrä toiminnassa kasvaa niin suureksi, että käyttöön kannattaa ottaa sähköinen ennakkohuolto-ohjelma, joka samalla palvelee myös turvallisuus- ja työterveysnäkökohtien tavoitteiden toteutumista.

7.2

Päästötarkkailu

Päästötarkkailussa seurataan päästöjen muodostumista sekä niiden määrää ja laatua. Päästötarkkailussa tarkastellaan toiminnasta aiheutuvia päästöjä vesiin, ilmaan ja jätteisiin. Tarkkailulta vaadittava taso määräytyy laitoksen koon, päästöjen, laitoksen sijainnin ja päästöjen vähennystoimien perusteella. Päästöjen tarkkailu perustuu luvanvaraisissa toiminnoissa toiminnanharjoittajan suorittamaan viranomaisten hyväksymän tarkkailusuunnitelman mukaiseen tarkkailuun. Sekä luvanvaraisissa että erityisesti ilmoitusvelvollisissa toiminnoissa päästötarkkailua voidaan korvata hyvin suoritettulla käyttötarkkailulla. Päästötarkkailua voidaan suorittaa joko seuraamalla päästöjä synnyttävien raaka-aineiden kulutusta laskennallisesti tai suorilla päästömittauksilla.

Vuonna 2003 valmistui päästöjen tarkkailun BREF-asiakirja, jossa on esitetty päästöjen tarkkailun yleiset periaatteet ja mm. päästötiedon tuotantoketju (EIPPCB 2003).

7.2.1

Päästöt ilmaan

Liuottimia käyttävästä pintakäsittelystä voi VOC-päästöjen lisäksi aiheutua ilmaan erityisesti pölypäästöjä (hiukkasia). Esimerkiksi pölynpoistosuodattimiin pidättyneen pölyn määrän ja suodattimen erotustehokkuuden perusteella voidaan karkeasti arvioida ilmaan aiheutuvan pölypäästön (kg/a) määrää.

Jos laitoksella on toimintaansa ympäristölupa, on siinä annettu määräykset VOC-päästöjen vähentämisvaatimuksista ja päästöjen mahdollisesta mittaamisesta. Jos sen sijaan laitoksen toiminnasta on tehty alueelliselle ympäristökeskukselle vain ilmoitus ympäristönsuojelun tietojärjestelmään merkitsemistä varten eikä toiminta muutoin ole ympäristöluvanvaraista, kuuluu VOC-asetuksen noudattamisen valvonta kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle (valvontaviranomainen).

VOC-asetuksen vaatimusten noudattamista valvotaan arvioimalla VOC-päästöjen vähentämisohjelmia erityisesti liuotin-kiintoainesuhteen avulla. Vuosittain ympäristöluvan valvontaviranomaiselle raportoidaan vuoden aikana käytettyjen maalien, ohenteiden ja pesuliuottimien kokonaismäärä (l/a) sekä niiden sisältämien liuotimien ja kiintoaineen määrät (kg/a) kyseisen liuotin-kiintoainesuhteen laskemista varten.

7.2.2

VOC-päästömittaus vai ainetasetarkastelu – kumpi tarpeen?

Ympäristölupaviranomainen määrää laitoksen ympäristöluvassa, seurataanko laitoksen VOC-päästöjä jatkuvatoimisin mittauksin vai riittävätkö päästöjen tarkkailumiseksi määräajoin tai kertaluonteisesti tehtävät mittaukset sekä oma kirjanpito toiminnasta ja häiriötilanteista. Jos VOC-päästöt pystytään luotettavasti arvioimaan

ainetaseen avulla, ei mittausta tarvita. Esimerkiksi maalaustoiminta, jossa kaikki käytettävä liuotin haihtuu ilmaan tai muodostuu jätteeksi eikä käytössä ole puhdistinlaitteita, on tyyppillinen ainetaseella tarkasteltava tapaus.

Mittauksia edellytetään yleensä silloin, kun laitoksen poistokaasujen pitoisuudelle on annettu päästöraja-arvo, jonka saavuttamiseksi on asennettu puhdistinlaite. Yleensä tietyin määräajoin (esim. kerran vuodessa tai kahden vuoden välein) toistuvat mittaukset ovat riittäviä päästöraja-arvojen seuraamiseksi, pieniltä laitoksilta voidaan edellyttää päästömittausta kertaluonteisesti.

Pääsääntöisesti päästömittaukset edellytetään tehtäväksi ulkopuolisen asiantuntijan (päästömittaajan) toimesta. Kertaluonteisesti voidaan edellyttää laajempaa päästömittausta päästökohteista ja pitoisuustasoista esim. hajapäästöjen määrän arvioimiseksi ja selvittäessä esimerkiksi prosessimuutoksen vaikutuksia päästöihin.

Ympäristöluvassa voidaan edellyttää päästömittausten lisäksi myös ulkopuolista todentajaa vuosittaisen VOC-päästöjen laskennalle, joka on tehty esimerkiksi ainetasetarkasteluna liuottimien hallintasuunnitelmaa käyttäen. Liuottimien hallintasuunnitelmaa käytetään erityisesti hajapäästöjen määrän (% käytetyistä liuottimista) laskennassa. Liuottimien hallintasuunnitelmaa on tarkemmin käsitelty liitteessä 3. Ulkopuolinen todentaminen voi olla tarpeen ainakin silloin, kun päästöjen tasoa ja niiden laskentaa selvitetään ensimmäistä kertaa. Ulkopuolinen todentaminen voi olla tarpeen myös valvonnallisista syistä, kun halutaan selvittää toteutettujen kehittämistoimenpiteiden riittävyttä ja vaikutusta päästöihin esimerkiksi myönnettäessä lisäaikaa päästöjen vähentämissuunnitelman noudattamiselle.

7.2.2.1

VOC-päästöjen arviointi ainetaseella

Yksinkertaisimmillaan ilmaan aiheutuvien VOC-päästöjen arviointi tapahtuu ainetaseella, jossa vuosittaisesta orgaanisten liuottimien kulutuksesta vähennetään jätteinä toimitetut liuottimet, jolloin jäljelle jäävät VOC-päästöt ilmaan. Menetelmä sopii esimerkiksi VOC-päästöjen vähentämissuunnitelmaa noudattaviin maalaustoimintoihin, jossa ei ole käytössä puhdistinlaitetta VOC-päästöjen vähentämiseksi.

Jos laitoksella on VOC-päästöjen vähentämiseksi käytössä puhdistinlaite tai osa laitoksella käytettävistä liuottimista sitoutuu tuotteeseen, on syytä käyttää VOC-päästöjen arvioinnissa VOC-asetuksen mukaista liuottimien hallintasuunnitelmaa, joka tarkemmin on esitelty liitteessä 3. Hallintasuunnitelma on laitoksen vuotuinen liuotintase, jota voidaan käyttää varmistettaessa päästöraja-arvojen noudattamista lupaviranomaisen hyväksymällä tavalla tai hahmoteltaessa hajapäästöjen vähennystoimia.

Liuottimien hallintasuunnitelman laskentaperusteista on tarpeen sopia lupaviranomaisen kanssa. Tämän jälkeen hallintasuunnitelman avulla lasketaan VOC-päästöt vuosittain. Hallintasuunnitelmassa on huomattava, että lasketaan yhteen samoja yksiköitä, ei siis esimerkiksi poistokaasupäästöjen hiilen määrää (kg C/a) ja liuottimia (t/a).

Valvovalle viranomaiselle toimitetaan vuosittain mm. tiedot toiminnasta aiheutuvista päästöistä ilmaan. Jätteen sisältämien liuottimien määrä huomioidaan ainetasetarkastelussa eikä niitä ilmoiteta ilmaan syntyvissä VOC-päästöissä. Kyseisessä tarkastelussa on tiedettävä jätteiden sisältämä liuottimen määrä (esim. 30 p-%) ja ainetasetarkastelussa on huomioitava, että tarkastelussa olevat suureet ovat samoissa yksiköissä (esimerkiksi litroina, kiloina tai orgaanisena hiilenä).

7.2.2.2

VOC-päästöjen mittaaminen

VOC-päästömittausten ensisijainen tavoite on aina saada kohteen päästöistä ja niiden vaihteluista riittävän edustava kuva. Tämän vuoksi käytetään sekä jatkuvatoimisia instrumentteja että kertanäytteenottoa. VOC-päästömittauksista, mittausten menetelmistä ja menetelmän valitsemisesta on esitetty laajempi yhteenveto liitteessä 6. Ilmaan pääsevien VOC-päästöjen päästömittaustulokset ilmoitetaan pitoisuutena normaalkuutiometrissä (0 °C ja 1,013 bar) [mgVOC/Nm³] ja [mgC/Nm³], jossa mgC tarkoittaa ns. hiilipitoisuutta eli hiilen osuutta vastaavaa määrää poistoilman kokonais-VOC-pitoisuudesta, päästömassavirtana [kg/h] ja päästö määränä [kg/mittausjakso], joiden perusteella voidaan laskea riittävällä tarkkuudella vuosipäästö [kg/a].

Hyvin suoritettussa VOC-päästömittauksessa seurataan ja rekisteröidään myös prosessin toimintaa siten, että mittauksen aikaista tuotantotilannetta voidaan verrata pidemmän ajan, esimerkiksi kuukauden tai vuoden tunnettuun tuotantoon. Näin saadaan tärkeä tietoa mittausajankohdan edustavuudesta. Mittauksen edustavuuteen vaikuttaa oleellisesti myös mittaajan ammattitaito sekä käytetty mittausten menetelmä tai eri mittausten menetelmien yhdistelmä. Mittauksissa tulee käyttää ja soveltaa ensisijaisesti standardisoituja menetelmiä (SFS, CEN, ISO, ASTM, VDI, US EPA). Yleisimmin VOC-päästöt mitataan liekki-ionisaatiodektoilla (FID). FID-mittauksella ei kuitenkaan käytännössä ole mahdollista määrittää laskennallisesti absoluuttista VOC-pitoisuutta (mg/Nm³), vaan siihen tarvitaan aina kertanäytteenottoa, jonka antamalla absoluuttisella pitoisuustiedolla FID-vaste kalibroidaan jälkikäteen.

Kertanäytteenotto tarkoittaa mittausten menetelmää, jossa poistokaasuvirrasta imeetään näyte sopivaan väliaineeseen ja analysoidaan näyte myöhemmin laboratoriossa. Mitattavista VOC-komponenteista riippuen kertanäytteenottoon käytetään yleisimmin adsorptio- tai absorptiomenetelmiä tai näytteenottopusseja. Myös lauhdutusta käytetään joskus korkealla kiehuvien yhdisteiden näytteenottoon. Liuottimia käytävässä pintakäsittelyssä VOC-komponentit ovat tunnettuja esim. painovärin, maalin ja käytettyjen ohenteiden sisältämiä orgaanisia liuottimia.

VOC-asetus edellyttää jatkuvatoimisia mittauksia, jos päästöt lopullisessa poistokohdassa puhdistinlaitteen jälkeen ovat suuremmat kuin 10 kiloa orgaanista kokonaishiiltä tunnissa (kg C/h). Suomessa kyseisen kokoluokan laitoksia ei ole VOC-asetuksen täytäntöönpanon jälkeen.

8 Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT)

Laitosten päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (YSL 43 §). Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa määritettäessä on otettava huomioon kaikki ne seikat, joilla on merkitystä toiminnan ympäristövaikutuksiin, tekniseen käyttökelpoisuuteen ja taloudellisuuteen. Paras käytettävissä oleva tekniikka arvioidaan tapauskohtaisesti huomioiden kunkin toiminnan erityispiirteet. Ympäristövaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon toiminnan luonne, sen alueen ominaisuudet, jolla toiminnan vaikutukset ilmenevät: ilma- ja jätevesipäästöjen sekä jätteiden laatu, määrä ja vaikutus; raaka-aineiden käyttö ja varastointi; käytettävät kemikaalit ja niiden laatu; jätteiden hyötykäyttö; energian käytön tehokkuus; sekä haju- ja meluhaitat. Teknistä käyttökelpoisuuden arvioinnissa keskeisiä lähtökohtia ovat tuotantomenetelmät; prosessitekniikka, prosessin hallinta ja riskien ja onnettomuuksien ehkäisy; henkilöstön koulutus; laitoksen sijainti ja ikä.

Tässä luvussa on keskitytty pieniin ja keskisuuriin toimijoihin. IPPC-laitosten BAT-johtopäätökset ovat luettavissa orgaanisia liuottimia käyttävän pintakäsittelyn BREFistä (EIPPCB 2007a). Luvussa käsitellyt toimenpiteet ja menetelmät kohdistuvat pääasiassa orgaanisten liuottimien käytön korvaamiseen ja ilmaan aiheutuvien VOC-päästöjen vähentämiseen.

8.1

BAT laitoksen toiminnassa ja päästöjen hallinnassa

8.1.1

Laitoksen käyttö ja ylläpito, prosessien hallinta, sekä riskien ja onnettomuustilanteiden ennaltaehkäisy

- Toiminnan suunnittelu, prosessin hallinta, käyttö ja huolto
 - Kemikaalien ja raaka-aineiden valinta ja kemikaalien varastointi (kts. luku 3.3.1 ja 3.3.2) toteutetaan ympäristö-, terveys- ja turvallisuusnäkökohdat huomioiden. Käyttöön valitaan mahdollisimman haitattomat kemikaalit. Toiminnassa minimoidaan kemikaalien ja raaka-aineiden käyttö (ks. luku 3.4).
 - Vähennetään VOC-päästöjä korvaamalla orgaanisten liuottimien käyttöä vähäliuotteisilla ja liuotteettomilla raaka-aineilla tai päästöjen puhdistustekniikoilla (ks. luku 4).
 - Jätteiden syntymistä ehkäistään, syntyvät jätteet lajitellaan ja hyödynnetään joko raaka-aineena tai energiana ja vasta viimeisenä vaihtoehtona viedään kaatopaikalle. Käytetyt liuottimet pyritään keräämään talteen ja käyttämään uudestaan (ks. luku 3.7).

- Toiminta sekä prosessit ja laitteet optimoidaan jo suunnitteluvaiheessa, siten että päästöt, haju ja meluhaitat sekä veden ja energian kulutus on minimoitu, sekä varaudutaan ja ennaltaehkäistään häiriötilanteista aiheutuvia päästöjä (ks. luku 3.2, 3.6, 3.8, 3.9, 3.10 ja 4).
- Poikkeuksellisia tilanteita sekä onnettomuus- ja häiriötilanteita ennaltaehkäistään riskianalyysien avulla (ks. luku 3.9).
- Hajapäästöjen ehkäisemiseksi minimoidaan päästöt mahdollisimman lähellä päästöjen syntykohtaa esimerkiksi sulkemalla tai koteloimalla (ks. luku 3.3.2 ja 4.1.2). Puhdistinlaitteita käytettäessä pyritään minimoimaan käsiteltävä poistoilmavirta, optimoimalla ja konsentroimalla poisto-kaasun liuotinpitoisuus sekä parantamalla energian käytön tehokkuutta esim. lämmön talteenoton avulla (ks. 3.10).
- Käyttötarkkailussa (ks. luku 7.1) seurataan raaka-aineiden, kemikaalien, veden ja energian käyttöä ja kulutusta, sekä tarkkaillaan tuotantoprosessin ja puhdistinlaitteiden toimintaa (ennakoiva huolto ja kunnossapito).
- Huomioidaan eri toimenpiteiden vaikutukset päästöihin (ristikkäisvaikutukset), jotta päästöjä vähennettäessä ei muodostu uusia vakavampia päästöjä tai ongelmia (ks. luku 3.11).
- Ympäristöpolitiikka, vastuut, sitoutuminen, menettelyt, toimintatavat, henkilöstön kouluttaminen
- Vapaaehtoisten ympäristöasioiden hallintajärjestelmien hyödyntäminen (ks. luku 3.1)
- Laitteistojen säännöllinen huolto ja kunnossapito sekä toimenpiteiden dokumentointi (ks. 3.2 ja 3.9.1).

8.1.2

Käyttö- ja päästötarkkailu

- Valitaan käyttötarkkailussa seurantaparametrit huolellisesti. Pyritään löytämään käyttötarkkailuparametrit, joita seuraamalla voidaan vähentää päästötarkkailua ja päästöjen mittaustarvetta. Tämä sopii erityisesti pienille laitoksille (ks. 7.1)
- Päästötarkkailussa hyödynnetään ainetasetarkasteluja (ks. 7.2.2). Päästötarkkailun apuvälineenä voidaan käyttää liuottimen hallintasuunnitelmaa (ks. 2.2 ja liite 2).
- Päästöjen mittaamisessa käytetään standardimenelmiä (ks. liite 7).

8.1.3

Tehdasalueen käytöstä poistaminen

- Dokumentoidaan ja hyödynnetään tieto, joka koskee toiminta-alueen käyttöhistoriaa, riskikohteita, mahdollisia vuoto- ja onnettomuustilannetapauksia ja niihin liittyviä selvityksiä ja maaperän tilaa koskevat selvitykset (ks. luku 3.9.1).

8.2

BAT pintojen puhdistuksessa

- Suositetaan pintojen puhdistuksessa orgaanisten liuottimien korvaamista vesija/tai alkalipohjaisilla pesumenetelmillä tai ultraäänipesulla (ks. 4.1.1)
- Suositetaan vesipesua tai höyrypesua, jota voidaan tehostaa tensideillä, ei kuitenkaan nonyylifenoliin perustuvilla tensideillä.

- Suositaan suljettuja pesulaitteita ja ei-haihtuvia liuottimia, pyritään vähentämään liuottimien haihtumista eri työvaiheissa käyttämällä suljettuja astioita ja välttämällä avoimia nestepintoja (ks. 4.1.1 ja 7.1)
- Luovutaan klooratuista ja muista halogenoiduista liuottimista (ks. 4.1.2)
- Tarvittaessa otetaan käyttöön VOC-poistokaasujen puhdistustekniikkaa (ks. 4.2).

8.3

BAT maalauksessa

8.3.1

Metallipintojen maalaus (ks. 5.3)

8.3.1.1

Maalattavan pinnan esikäsitteleminen

- Pintakäsittelyprosesseista, kuten ruiskumaalauksesta ja metallipintojen hionnasta, suihkupuhdistuksesta ja muista pintakäsittelytoimintoja edeltävistä esikäsittelevästä syntyvien hiukkaspäästöjen leviämistä ulkoilmaan estetään tehokkailla poistoilman hiukkassuotimilla. (ks. 3.5.3) ”Suihkupuhdistus tulee suorittaa suljetussa sisätilassa ja poistoilma johtaa ulkoilmaan tehokkaasti erottimen kautta.”
- Vähennetään raaka-aineiden kulutusta ja liuotinpäästöjä kastomaalauksella, kun osia pintakäsitellään ennen kokoamista
- Luovutaan halogenoitujen liuottimien käytöstä
- Käytetään pintojen pyyhintään hitaasti haihtuvia liuottimia
- Kierrätetään pintojen puhdistukseen käytettäviä liuottimia
- Automatisoidaan puhdistuslaitteistoja
- Käytetään esi-imettyjä pyyhkeitä.

8.3.1.2

Maalin tehokas käyttö

- Maalijäämät sekoitetaan, jos ne ovat samaa tuotetta – ja seos käytetään toisarvoisessa kohteessa esimerkiksi välimaalina
- Pesuliuotinta tai -vettä voi käyttää saman maalityypin pohjamaalin ohenteena
- Optimoidaan maalattavan maalikalvon paksuus - ei maalata turhan paksuja kalvoja
- Minimoidaan ohiruiskutusten määrää
 - elektrostaattista ruiskutusta voidaan käyttää sarjatuotannossa, jos maalattavat kappaleet ovat osittain tai kokonaan ohutta rakennetta, esim. putkea, jonka taustapuolta on muuten hankala maalata. Elektrostaattinen maalaus vaatii tosin ohuemman viskositeetin, jotta pisarakoko olisi riittävän pieni, muuten sähkökenttä ei jaksaa viedä maalipisaraa kohteeseen.
 - kastomaalauksessa huolehditaan oikeasta viskositeetista, lämpötilasta ja riittävästä maalinkulutuksesta, jolloin maali vaihtuu tarpeeksi eikä maali pääse vanhenemaan. Alkydimaali hapettuu jatkuvassa sekoituksessa ja nopeammin lämmössä. Liika lämpö kastoaltaassa lisää liuottimen haihtumista. Kannattaa tutkia mahdollisuudet siirtyä vesiohenteiseen kastomaaliin.
- Maali ruiskutetaan pienimmällä mahdollisella paineella. Maalisuutin vaihdetaan tarpeeksi usein, kulunut suutin vaatii enemmän painetta, ja kalvoista tulee tarpeettoman paksuja

- Investoinneissa hankitaan riittävän tehokkaat ja laadukkaat laitteet, jotta ohennustarve vähenee
- Maalin lämmitys laskee viskositeettia ja vähentää ohennustarvetta.
- Kaksikomponenttimaaleja sekoitetaan vain tarvittava määrä lyhyen käyttöajan takia
- Huolehditaan tyhjen purkkien ja tynnyrien asianmukaisesta käsittelystä ja kierrättämisestä
- Hankitaan raaka-aineet sopivan kokoisissa pakkauksissa
- Koulutetaan maalaajat oikeiden ja huolellisten työskentelytapojen käyttämiseen

8.3.1.3

Korvaavien materiaalien käyttö

- Korvataan liuotinmaaleja vähemmän liuottimia sisältävällä ja/tai korkeamman kiintoainepitoisuuden omaavalla tuotteella:
 - High Solids -maalit (ks. 5.3.3)
 - Jauhemaalit (ks. 5.3.4)
 - Vesiohenteiset maalit ja hybridijärjestelmät (ks. 5.3.5)

Tarvittaessa otetaan käyttöön VOC-poistokaasujen puhdistustekniikkaa

8.3.2

Puun pintakäsittely (ks. 5.4)

8.3.2.1

Puun pintakäsittely ennen maalausta tai lakkausta

- Pintakäsittelyprosesseista, kuten ruiskumaalauksesta ja puupintojen hionnasta, syntyvän pölyn ja hiukkasten leviämistä ulkoilmaan estetään tehokkailla poistoilman hiukkassuotimilla. (ks. 3.5.3)

8.3.2.2

Maalin tehokas käyttö

- Maalijäämät sekoitetaan, jos ne ovat samaa tuotetta – ja seos käytetään toisarvoisessa kohteessa esimerkiksi välimalalina
- Pesuliuotinta tai -vettä käytetään saman maalityypin pohjamaalin ohenteena
- Optimoidaan maalattavan maalikalvon paksuus - ei maalata turhan paksuja kalvoja
- Minimoidaan ohiruiskutusten määrä
- Maali ruiskutetaan pienimmällä mahdollisella paineella. Maalisuutin vaihdetaan tarpeeksi usein, kulunut suutin vaatii enemmän painetta, ja kalvoista tulee tarpeettoman paksuja
- Investoinneissa hankitaan riittävän tehokkaat ja laadukkaat laitteet, jotta ohennustarve vähenee
- Huolehditaan tyhjen purkkien ja tynnyrien käsittelystä ja kierrättämisestä
- Hankitaan raaka-aineet sopivan kokoisissa pakkauksissa
- Koulutetaan maalaajat oikeiden ja huolellisten työskentelytapojen käyttämiseen

8.3.2.3

Korvaavien materiaalien käyttö

- Korvataan liuotinmaaleja vähemmän liuottimia sisältävällä ja/tai korkeamman kiintoainepitoisuuden omaavalla tuotteella:
 - Säteilyttämällä kovettuvat lakat ja maalit (ks. 5.4.2)
 - Vesiohenteiset maalit (ks. 5.4.3)

BAT painatuksessa

BAT offsetpainoilla

Painokoneen pesut (ks. 6.2.1)

- Vähennetään painokoneiden pesemisessä syntyviä hajapäästöjä:
 - Käyttämällä arkipainoissa kasviöljypohjaisia tai korkealla kiehuvia pesuaineita tai pesuaineita, joiden leimahduspiste ylittää 55 °C
 - Käyttämällä rotaatiopainoissa korkealla kiehuvia pesuaineita tai pesuaineita, joiden leimahduspiste ylittää 55 °C
 - Varastoimalla liuotinta sisältävät pesuaineet, pesurätit ja jätteet suljetuissa astioissa ja ohjaamalla pesuista kertyvät jätevedet asianmukaiseen käsittelyyn
- Pesuaineita valittaessa huomioidaan niiden ominaisuudet sekä työterveyden että ympäristön kannalta sekä mm. niiden liuotuskyky, haihtuvuus, teho ja vaikutus puhdistettaviin materiaaleihin

Isopropanolin käytön vähentäminen (ks. 6.3)

- Vähennetään isopropanolin käyttöä kostutusvedessä seuraavilla tekniikoilla:
 - Kostutusvesi säilytetään jäädytetyssä altaassa
 - Kostutusvettä suodatetaan ja kierrätetään
 - Raakavesi käsitellään tarvittaessa käänteisosmoosilla
 - Selvitetään IPA:n korvaamismahdollisuudet sekä mahdollisesti tarvittavat laiteratkaisut.
 - Vältetään korkean otsonimuodostuspotentiaalin omaavia korvikkeita
 - Optimoidaan IPA-konsentraatio konekohtaisesti
 - Uusilla rotaatiopainokoneilla isopropanolin konsentraatiota kostutusvedessä mitataan ja säädetään automaattisesti
 - Huolehditaan työntekijöiden kouluttamisesta IPA:n käytön minimoinnin edellyttämiin työskentelytapoihin

Poistokaasujen puhdistaminen heatset-painoissa (ks. 6.4)

- Vähennetään VOC-päästöjä:
 - Poistokaasut käsitellään jälkipolttimella, siten että poistokaasuissa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuus orgaanisena hiilenä ilmaistuna on alle 20 mgC/Nm³
 - Huomioidaan energian käytön tehokkuus
 - Erillisten jälkipoltinten toimintaa tarkkaillaan

BAT fleksopainoilla

- Painovärien käytöstä aiheutuvia VOC-päästöjä vähennetään siirtymällä käyttämään korvaavia tekniikoita:
 - UV-tekniikka (ks. 6.1.3.1)
 - Huomioidaan energian käytön tehokkuus
 - Minimoidaan värien vaihdot puhdistustarpeen vähentämiseksi
 - Vesipohjaiset painovärit (ks 6.1.3.3).
- Käytetään suljettuja automaattipesureita isommilla painokoneilla (ks 6.2.2)
- Otetaan tarvittaessa käyttöön VOC-poistokaasujen puhdistustekniikkaa (ks. 4.2)

9 Uudet tekniikat

Tässä osassa esitetään sellaisia tulevaisuudessa mahdollisia BAT-tekniikoita, joita eri teollisuudenaloilla on kehitteillä tai jotka ovat kokeilukäytössä. Tässä luvussa on käytetty lähteenä liuottimia käyttävän pintakäsittelyn BAT-vertailuasiakirja (EIPPCB 2007a), ellei toisin ole mainittu.

9.1

Pienemmän otsoninmuodostuspotentiaalinen liuottimet

Eri liuottimet reagoivat eri tavalla alailmakehän otsoninmuodostusreaktiossa. Tätä liuottimen ominaisuutta kutsutaan otsoninmuodostuspotentiaaliksi. Otsoninmuodostusreaktio on erittäin monimutkainen, koska siihen vaikuttavat tarkasteltavan liuottimen määrän ja ominaisuuksien lisäksi myös lämpötila, auringonvalon määrä sekä muiden VOC-yhdisteiden ja erityisesti typen oksidien pitoisuudet.

Otsonin muodostuminen riippuu hyvin epälineaarisesti siihen vaikuttavien kaasujen pitoisuuksista. Suurten päästölähteiden läheisyydessä, kuten suurkaupungeissa, otsonin muodostusnopeus on verrannollinen haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöihin. Kohtalaisesti saastuneissa tai melko puhtaissa ympäristöissä, kuten Suomessa otsonin muodostusnopeus on verrannollisempi typen oksidien pitoisuuksiin ilmassa (Seppälä 2004).

Liuottimia käyttävän pintakäsittelyn BREF-asiakirjassa esitetään erilaisia menetelmiä, joilla liuottimien otsoninmuodostuspotentiaalia voidaan tarkastella.

9.2

Maalin talteenotto ruiskutusammion vesiverhovedestä

Ruiskutusammioissa käytetään kiertävää vesiverhoa, johon kappaleesta ohiruiskutettu maali jää. Vesiverhoveden varastointialtaan pinnalle lisätään zeoliittia (SiO_2) ja annetaan niiden adsorboida maalihiukkaset, jonka jälkeen maali saadaan talteen ja voidaan käyttää uudelleen.

9.3

Korvaavat liuottimet puun pintakäsittelyssä

Puun pintakäsittelyssä on tutkittu runsaasti liuottimien korvaamismahdollisuuksia. Kokeita on tehty erilaisilla luonnontuotteilla tai liuotteettomilla aineilla, kuten öljyllä, vahoilla ja rasvoilla. Tällaisia öljyjä ovat esim. pellava-, unikko- ja pähkinäöljy. Käytettyjä kivennäis-, kasvi-, eläinvahoja ovat maaöljyparafiinit, candelillavaha,

mehiläisvaha ja lanoliini. Myös rasvahappoja hiilihydraatteja (arabikumi, tärkkelys, nitroselluloosa), proteiineja ja hartseja (tärpättiöljy, laventeliöljy, kolofoni sekä balsamit, meripihka, japaninlakka ja sellakka) sekä tervaa ja bitumia on kokeiltu varsinkin ulkomailla. Toistaiseksi tässä lueteltujen korvaavien tuotteiden käyttö on ollut pienimuotoista (Tapola 2002).

9.4

Jauhepinnoitus puun pintakäsittelyssä

Jauhemaalauksen ja -lakkauksen soveltamista puun pintakäsittelyyn tutkitaan. Kehitteillä on uusia pinnoitemateriaaleja, joiden sulatus ja kovetus ("poltto") soveltuisi paremmin puumateriaaleille. Myös jauhemaalauksen ja UV-kuivauksen yhdistämistä tutkitaan.

9.5

UV-värien käyttö fleksopainatuksessa

UV-värejä on toistaiseksi käytetty fleksopainoissa vain nestepakkauskartongille painettaessa. Kehitystyötä tehdään kuitenkin myös muille materiaaleille ja arvioidaan olevan todennäköistä, että UV-värien käyttö yleistyy muussakin fleksopainamisessa.

9.6

Plasmatekniikka poistoilman puhdistuksessa

Markkinoilla on useita laitevalmistajia, jotka ovat tutkineet sähkökentällä synnytetävää plasmatekniikkaa VOC-poistokaasun puhdistuksessa. Poistoilma johdetaan reaktorikammioon, jossa 20 - 30 kV sähkökentän synnyttämät vapaat ionit reagoivat orgaanisten höyryjen kanssa ja hajottavat ne jo alle 100 °C lämpötilassa hiilidioksidiksi ja vedeksi.

Puhdistusaste perustuu yhdistekohtaiseen ionisoinnin säätelyyn, ja toistaiseksi ongelmana on ollut hallita useita erilaisia liuotinainekomponentteja sisältävän poistoilman ionisointi. Painolaitoksen liuotinpitoisen poistoilman puhdistuksessa on kuitenkin saavutettu vasta luokkaa 40...80% puhdistusasteita eli monikomponenttisen poistoilman loppupuhdistusmenetelmänä tekniikka on vielä pilot-asteella. Menetelmän investointi- ja energiakustannuksien luvataan olevan selvästi alhaisemmat kuin vastaavassa perinteisessä jälkipoltossa (Koivula 2007).

Tekniikkaa on kokeiltu myös puun kuivauksessa syntyvien VOC-päästöjen vähentämisessä.

9.7

Aktiivihiiilisorptio sähköregeneroinnilla poistoilman puhdistuksessa

Aktiivihiiilisorptioputkia voidaan asentaa yksittäisiin VOC-poistokanaviin. Aktiivihiiiliputket ovat sähköä johtavia ja ne regeneroidaan sähkövirralla, jolloin VOC saadaan talteen. Menetelmällä on tehty pienen mittakaavan kokeita Iso-Britanniassa.

10 Yhteenveto

Tämä työ on suomalainen selvitys orgaanisia liuottimia käyttävän pintakäsittelyn parhaista käytettävissä olevista tekniikoista (BAT, Best Available Techniques). Orgaanisia liuottimia yli 200 t/a käyttävän pintakäsittelyn toimialalle on valmistunut EU-tasolla BAT-vertailuasiakirja eli BREF vuonna 2007. Suomessa sekä ympäristöhallinnossa että teollisuuden eri toimialoilla on koettu tarpeelliseksi koota tietoa orgaanisilla liuotimilla tapahtuvan pintakäsittelyn parhaista käyttökelpoisista tekniikoista ja niiden soveltamismahdollisuuksista erityisesti pienissä yrityksissä. Myös toimintoihin liittyvästä ympäristölainsäädännöstä, kuten VOC-asetuksesta (valtioneuvoston asetus 435/2001) ja yrityksille tulevista päästöjen vähentämisvelvoitteista on kaivattu lisää tietoa. Ongelmalliseksi on koettu mm. haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittelymät, toimintojen ympäristöluvanvaraisuuden ja ilmoitusvelvollisuuden määrättyminen sekä päästöjen rajoittaminen ja tarkkailu. Tässä selvityksessä on tarkasteltu pieniä ja keskisuuria pintakäsittelylaitoksia ja niistä erityisesti maalaus- ja painatus-toimintoja. Selvitystä voidaan kuitenkin käyttää hyväksi myös muissa orgaanisia liuottimia ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC, volatile organic compounds) käyttävissä toiminnoissa.

Suomen ympäristönsuojelulaki edellyttää parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) soveltamista ympäristölupaprosessissa. Selvitys on tarkoitettu toiminnanharjoittajille, ympäristölupa- ja valvontaviranomaisille sekä muille toimialasta kiinnostuneille parhaan käytettävissä olevan tekniikan vertailuinformaatioksi.

Orgaanisia liuottimia käyttävän pintakäsittelyn ympäristönluvanvaraisuudesta säädetään ympäristönsuojeluasetuksessa (1 § 6 a-c). VOC-asetuksella (435/2001) puolestaan säädellään orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä toiminnoissa sekä laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta. VOC-asetuksen soveltamisalaan kuuluville toiminnoille on asetettu rajoittamisvaatimukset asetuksen liitteessä 1. VOC-päästöjen rajoittamiseksi toiminnanharjoittaja voi valita vaihtoehtoisesti päästöjen vähentämisohjelman, noudattaa asetuksessa määrättyä poisto-kaasujen päästöraja-arvoa ja hajapäästöjen raja-arvoa tai noudattaa asetuksessa määrättyä kokonais-päästöraja-arvoa. Lisäksi tietyille haitallisille VOC-yhdisteille on asetuksessa säädetty erityiset poistokaasujen päästöraja-arvot, joita on aina noudatettava. Poistokaasujen päästöraja-arvo annetaan ns. kokonaishii-
lipitoisuutena [mgC/Nm^3] ja hajapäästöjen raja-arvo prosenttiosuutena käytetyistä liuottimista.

Ympäristölainsäädännöllisen taustan lisäksi selvityksessä on käsitelty orgaanisia liuottimia käyttävän pintakäsittelyn ympäristönäkökohtia sekä VOC-päästöjen vähentämisen ja hallinnan keinoja yleisesti. Maalaus- ja painatus-toimintojen tekniikoita ja menetelmiä on lisäksi käsitelty tarkemmin omissa luvuissa viisi ja kuusi. Selvityksen kahdeksannessa luvussa BAT esitetään kuvauksena hyvistä käytännöistä ja toimintatavoista; numeerisia johtopäätöksiä ei ole voitu esittää puutteellisten päästö- ja kulutustietojen vuoksi.

Orgaanisia liuottimia käyttävän pintakäsittelyn tärkeimmät ympäristöongelmat liittyvät haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöihin ilmaan ja jätevesiin, syntyviin jätteisiin sekä maaperän ja pohjaveden suojeluun sekä meluun. Haitallisten ympäristövaikutusten vähentämisessä tulee huomioida toiminnan kaikki vaikutukset ympäristöön, tuotantoa ja päästöjen hallintaa koskevat menetelmät, työntekijöiden työturvallisuus, käytettävien kemikaalien vaarallisuus ja korvattavuus, toimintaan liittyvien riskien ja onnettomuusvaarojen ennaltaehkäisy sekä ristikkäisvaikutukset. Orgaanisten liuottimien käytön turvallisuusnäkökohtia ovat muun muassa mahdollinen palo- ja räjähdysvaara sekä työntekijöiden altistuminen liuotinaisille.

Orgaanisten liuottimien käytöstä aiheutuvat VOC-päästöt muodostuvat poistokaasupäästöistä ja hajapäästöistä. Käytännössä maalauksen ja painatuksen poistokaasupäästöt ovat kuivaustoiminnoista vapautuvia prosessi-ilmastoinnin VOC-päästöjä, jotka on kanavoitu suoraan ulos (kohdepoistot) tai puhdistinlaitteelle. Hajapäästöjä ovat sellaiset liuottimien käytöstä ilmaan vapautuvat VOC-päästöt, joita ei koota tai käsitellä hallitusti. Hajapäästöjä vapautuu tyypillisesti mm. painovärikaukaloista, kostutusvedestä, avoimista painoväri- ja maalausastioista sekä tuotantolaitteistojen liuotinpesutoiminnoista. Valtaosa hajapäästöistä kulkeutuu yleisilmanvaihdon kautta ulos ympäristöön.

Orgaanisia liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä orgaanisten liuottimien käytön korvaamisella voidaan vähentää VOC-päästöjä. Pintojen puhdistusta tarvitaan usein pinnoitettaville tuotteille tai pinnoitukseen käytettävän koneen osille, jotka puhdistaan kunnossapitosyistä. Puhdistukseen käytettyjä orgaanisia liuottimia voidaan korvata vesi – tai alkalipohjaisilla pesumenetelmillä tai ultra-äänipesulla. Metallipintojen maalauksessa orgaanisia liuottimia sisältävät maalit ja pinnoitteet voidaan monissa tapauksissa korvata vesiohenteisilla pinnoitteilla, high solids -maaleilla tai jauhemaaleilla. Puupintojen maalauksessa orgaanisten liuottimien käyttöä voidaan korvata vesiohenteisilla maaleilla tai erikoismenetelmin (UV-valo tai elektronisuihku) kovettuvilla maaleilla. Painatuksessa VOC-päästöjä voidaan vähentää käyttämällä painokoneen pesuissa kasviöljypohjaisia, korkealla kiehuvia tai yli 55 °C leimahduspisteen omaavia pesuaineita. Fleksopainossa liuotinpohjaisia painovärejä voidaan korvata vesipohjaisilla tai UV-väreillä ja offsetpainoissa isopropanolin käyttöä voidaan korvata tai vähentää eri laiteratkaisuilla.

Mikäli ilmaan aiheutuvien VOC-päästöjen vähentäminen ei onnistu päästöjen vähentämisohjelman avulla orgaanisten liuottimien käyttöä korvaamalla tai vähentämällä, on VOC-päästöjen käsittelemiseksi saatavilla puhdistustekniikkaa. Yleisimmin käytetty puhdistustekniikka on poltto. Poistokaasujen puhdistinlaitteet ovat usein kalliita. Puhdistinlaitteinvestointi- ja käyttökustannuksia voidaan pienentää valitsemalla kohteeseen sopivin puhdistustekniikka ja minimoimalla puhdistettavan poistokaasun määrää samalla lisäten poistokaasun pitoisuutta. Esimerkiksi poltossa selvästi autotermistä pistettä alhaisempi poltettavan poistokaasun VOC-pitoisuus lisää tukipolttoaineen kulutusta.

Toiminnan käyttötarkkailuun kuuluvat mm. tuotantoprosessien ja puhdistustoimintojen, kemikaalien, veden ja energian käytön ja kulutuksen sekä ympäristölle haitallisten aineiden seuranta ja raportointi. Käyttötarkkailulla voidaan minimoida prosessien ja puhdistinlaitteiden häiriötilanteiden määrää ja kestoja ja siten ehkäistä päästöjä. Päästötarkkailua voidaan suorittaa joko seuraamalla päästöjä synnyttävien raaka-aineiden kulutusta laskennallisesti tai päästömittauksilla. Hyvin suoritettulla käyttötarkkailulla voidaan usein vähentää päästötarkkailua ja päästöjen mittaustarvetta.

11 Executive summary

This report is a Finnish study on best available techniques (BAT) for surface treatment activities using organic solvents. At the EU-level a BAT-reference document (BREF) for activities using organic solvents over 200 tons per year has been published in 2007. In Finland both the environmental administration and the different industrial sectors have recognized the need to gather up information on best available techniques for surface treatment activities using organic solvents and the application of BAT in particular for small installations. More information has been asked especially on the environmental legislation related to these activities, like information on the VOC-decree, and on the requirements to reduce discharges and emissions from industrial activities. For example the definitions of volatile organic compounds, whether to apply for an environmental permit or to make a notification to the environmental database as well as the regulation and monitoring of discharges has been recognized as problematic in the past. This report focuses on the small and medium-size surface treatment installations especially in the coating and printing industry. However the report can also be applied in other activities using organic solvents and volatile organic compounds.

The Finnish Environmental Protection Act provides that best available techniques (BAT) has to be applied in environmental permit procedure. The target of this report is to act as reference information on the best available techniques for the operators, environmental permit and supervisory authorities in Finland and for the public interested in surface treatment processes using solvents.

The requirement to apply for an environmental permit for surface treatment activities using organic solvents is enacted in the Environmental Protection Decree (Section 1, 6 a-c). The Finnish VOC-decree (435/2001) imposes regulations on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations. The VOC-decree applies to any activity using organic solvents where the amount of solvent consumed exceeds the amount specified for the respective activity in Annex 1 of the decree. To reduce VOC emissions the operator can choose either the emission reduction scheme or emission limit values in waste gases and fugitive emission limit value or total emission limit values. In addition the decree enacts that emissions of certain harmful VOC compounds shall not exceed a specified emission limit value. The limit values laid down are expressed as organic carbon content in waste gas [$\text{mg C}/\text{Nm}^3$] in the case of emissions in waste gases to air and as a percentage of the solvent input [%] in the case of fugitive emissions.

In addition to the environmental legislation the report studies the environmental effects of surface treatment activities using organic solvents and the measures to reduce and control VOC emissions and discharges in general. The techniques and processes for painting and coating industry and printing industry have been described in chapters 5 and 6. In the chapter 8 the BAT is presented as description of good practices and workings – there were not enough emission and consumption data available to draw numeric BAT-conclusions at this stage.

The main environmental effects of surface treatment processes using solvents are related to VOC emissions and discharges to air and waste waters, to wastes, to protection of soil and groundwater and noise prevention. To decrease environmental effects all the impacts of the operation on the environment has to be taken into account as well as the production management measures and control of discharges, occupational safety, the substitution of substances and preparations categorized as carcinogens, mutagens or toxic with less harmful substances, prevention of operational risks and the risks of accident and cross-media effects. The safety aspects on the use of organic solvents are for example the possible fire and explosion hazards and occupational exposure to solvents.

The VOC emissions from the operation are mainly released as waste gases and fugitive emissions. In practice the emissions of painting and printing activities are VOC emissions of process ventilation formed from drying activities that are either channelled out (local exhaust ventilation) or channelled to waste gas cleaning equipment. Fugitive emissions are VOC emissions released to the air that are not collected or processed in a controlled manner. Fugitive emissions are typically released for example from the printing ink tray, dampening fluid, open bins of printing ink or paint and from the washing processes with solvents. Most of the fugitive emission are channelled out through process ventilation to the environment.

The substitution of organic solvents can reduce VOC emissions in surface treatment activities using organic solvent. Surface cleaning is often required as pre-treatment for products to be coated or parts of coating machines for maintenance reasons. The organic solvents used for surface cleaning can be replaced with water or alkali based washing methods or with ultrasound washing. For the painting or coating of metal surfaces the organic solvents can often be replaced with water-soluble coatings, high solid paints or powder paints. For the painting of wooden surfaces the organic solvents can often be replaced with water-soluble paints or with special methods for hardened paints (UV-light or electron shower). For printing activities VOC-emissions can be decreased by using vegetable oil based detergents that have a high boiling point and a flash point over 55 °C. For flexography printing machines the solvent based printing inks can be replaced with water based inks or with UV-colours. For offset printing machines the use of isopropanol can be replaced or decreased with different technical approaches.

Commercially available waste gas cleaning equipment can be used to reduce VOC emissions if the use of emission reduction scheme by decreasing or replacing organic solvents is not possible for the reduction of VOC emissions. The most commonly used waste gas cleaning technique is combustion. The waste gas treatment techniques are often expensive. The investment and operational costs of waste gas cleaning equipment can be cut down/decreased by choosing the proper cleaning equipment for the process and by minimizing the amount of purified waste gases and at the same time increasing the waste gas concentration. If, for example, the VOC concentration is lower than the autothermic point in the combustion process, the consumption of supporting fuel is increased.

Monitoring of the operation includes inter alia the control of and reporting on production processes, waste gas cleaning techniques, the use and consumption of chemicals, water and energy, and harmful substances in the environment. Operational risks of processes and the risks for malfunction and breakdown of waste gas cleaning equipment and thus prevention of discharges can be minimized by well performing operational monitoring. The operational monitoring can be performed either by following the consumption of raw materials based on mass balance calculations or with emission measurements. The well performed operational monitoring can often decrease the need for measurements and monitoring of emissions and discharges.

LÄHTEET

- Air Pollutant Emissions in Finland 1990-2005 - Informative Inventory Report to the Secretariat of the UNECE. 2007. Suomen ympäristökeskus. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12397&lan=fi>> [viitattu 18.01.2008]
- Arnold, M. 2002. VOC-päästöjen vähentäminen maalauskesä –esimerkkejä metalliteollisuudesta. MET-julkaisuja 4/2002. Tekninen tiedotus. Helsinki.
- CIRCA 2007. IPPC BREFs translation <http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ippc_brefs/library> [viitattu 1.5.2007].
- EIPPCB 2007a. Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents. <http://eippcb.jrc.es/pages/FAactivities.htm>. January 2007.
- EIPPCB 2007b. Reference Document on Best Available Techniques on Energy Efficiency. Draft 2. <http://eippcb.jrc.es/pages/FAactivities.htm>. July 2007.
- EIPPCB 2006. Reference Document on Economics and Cross-Media Effects. <http://eippcb.jrc.es/pages/FAactivities.htm>. July 2006.
- EIPPCB 2003. Reference Document on General Principles of Monitoring. <http://eippcb.jrc.es/pages/FAactivities.htm>. July 2003.
- Heinänen, S. 2006. VOC-päästöjen mittaaminen, mittausten menetelmät ja mittaustulosten tulkinta. AX-Suunnittelu. AEL Insko-seminaari 22.-23.3.2006 AEL. Helsinki.
- HTP-arvot 2005. Sosiaali ja työministeriö, Työsuojeluosasto. Tampere.
- Hyytiä, H. 2007. Suullinen tiedoksianto. Motiva Oy.
- Intergraf. 1999. Printing and the environment – Guidance on best available techniques in printing industry.
- Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. 2006. Suomen ympäristökeskus SYKE <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=82002&lan=fi>> [viitattu 18.12.2006]
- Kansalliset BAT-julkaisut. 2007. Suomen ympäristökeskus SYKE <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=4920&lan=fi>> [viitattu 1.5.2007]
- Karppinen, T. 2007. Finnair Tekniikan käyttöpäiväkirja ja lyhyt toiminnan kuvaus.
- Karvonen, A. 2006. Perustelumistio valtioneuvoston asetuksesta vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista, Ympäristöministeriö 17.11.2006. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=60227&lan=sv>> [viitattu 1.8.2007]
- Kataja, K. & Virtanen, J. 2001. Graafisen teollisuuden puhtaat prosessitekniikat. TEKES; VTT; Graafisen tekniikan tutkimussäätiö. Espoo.
- Koivula, K. 2007. AX-Suunnittelun omat ja laitetoimittajilta saamat tiedot ja aineistot.
- Korhonen, M. & Grönlund, A. 1992. Painoväriin ekologinen kiertokulku. TKK, Graafisen tekniikan laboratorio. Tutkimusraportti n:o 17. Espoo.
- Leinonen, R. 2008. Suullinen tiedoksianto. Suomen ympäristökeskus.
- Laatunormit vesiympäristölle vaarallisille ja haitallisille aineille. 2006. Ympäristöministeriö 23.11.2006 <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=210623&lan=FI>> [viitattu 1.8.2007]
- Lyly, O., Riki, V. & Syrjälä, V. 2000. Haihtuvien hiilivetyjen (VOC) vuosipäästöt Helsingissä 1998-1999. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja. (pdf)
- Martovaara, J., Lindqvist, U. & Virtanen, J. 1996. SUBSPRINT - Orgaanisten liuottimien korvaaminen graafisessa teollisuudessa. Työsuojelurahasto TSR, VTT:n Kemiantekniikan ja VTT Tietotekniikan raportti. Espoo.
- Miten ympäristölupa haetaan - ohjeet ja lomakkeet. 2007. Ympäristöhallinto <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1369&lan=fi>> [viitattu 1.8.2007]
- Otoni. 2007. Ilmatieteen laitos <<http://www.fmi.fi>> [viitattu 1.5.2007]
- Pohjoismainen ministerineuvosto. 1998. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) graafisessa teollisuudessa, - lyhennelmä, Pohjoismainen ministerineuvosto, TemaNord 592.
- Rantala, K., Degerth, R., Antson, H., Häkkinen, P. & Silvo, K. 2001. Graafisen alan kemikaalivaarat hallintaan, Uudenmaan aluetyöterveyslaitos. Helsinki.
- REACH – opas yritykselle. Valmistautumisen ABC. 2007. Kemianteollisuus ry 12.1.2007.
- Riihimäki, V., Isotalo, L., Jauhuainen, M., Kemiläinen, B., Laamanen, I., Luotamo, M., Riala, R. & Zitting, A. 2005. Kemikaaliturvallisuuden tiedonlähteet. Uudenmaan aluetyöterveyslaitos. Helsinki.
- Seitsalo, P. 2007. Luento. Kemianteollisuuden BAT-ajankohtaispäivä 15.3.2007.
- Seppälä, J. (toim.). 2004. Ympäristövaikutusten arviointi elinkaariarvioinnissa – alailmakehän otsonin muodostuminen, happamoituminen, pienhiukkaset ja ekotoksisuus. Suomen ympäristö 673. Suomen ympäristökeskus SYKE, Helsinki.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2007. HTP-arvot 2007. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 4. Helsinki.
- Sun Chemical, Toljander, J./EVTEK & Nieppola, M. 2007. Painoväriin koostumus eri painomenetelmillä.
- STS 2008. Sosiaali- ja terveysministeriö. REACH ja GHS. <<http://www.kemikaalineuvottelukunta.fi/Resource.phx/orgns/neuvt/kenk/reach.htm>> [viitattu 4.3.2008]
- Tapola, M. 2002. Hiilivetyliuottimien korvaaminen teollisuudessa. AEL Insko-seminaari VOC- ja hajukaasujen vähentäminen ja puhdistus. 24. – 25.4.2002, Cumulus Airport Hotel, Vantaa.
- TUKES 2005. Vaaralliset kemikaalit teollisuudessa. Opas. Turvatekniikan keskus.

- TUKES 2002. Terveydelle ja ympäristölle vaarallisten kemikaalien varastointi. Ohje K5. Turvatekniikan keskus.
- VAHTI-tietojärjestelmä. 2007. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Vainio, H., Liesivuori, J., Lehtola, M., Louekari, K., Engström, K., Kauppinen, T., Kurppa, K., Riipinen, H., Savolainen, K. & Tossavainen, A. 2006. Kemikaalit ja työ. Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Uudenmaan aluetyöterveyslaitos. Helsinki.
- Vesanto, P. 2006. Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä. Suomen ympäristö. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2002. Viemäriin johdettavat teollisuusjätevedet. Teollisuusjätevesisopimus, raja-arvot, valvonta, taksat. Helsinki.
- Viluksela, P., Ristimäki, S. & Spännäri, T. 2007. Painoviestinnän tekniikka, OPH 2007.
- Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J., Vestola, E., Vaajasaari, K. & Joutti, A. 2006. Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2. Helsinki.
- Wessberg, N., Seppälä, J., Molarius, R., Koskela, S., Pennanen, J., Silvo, K. & Kekoni, P. 2006. Häiriöpäästöjen ympäristöriskianalyysi. YMPÄRI-hankkeen suositukset. Suomen ympäristö 2. Suomen ympäristökeskus. Vammala.
- Yhdennetty päästöjen ja vaikutusten hallinta teollisessa toiminnassa – IPPC. 2007. Suomen ympäristökeskus SYKE < <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=48077&lan=fi> > [viitattu 1.5.2007]
- YK 2003. Guidelines for Estimating and Reporting Emission Data Under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Air Pollution Studies No.15. <http://www.unece.org/env/eb/Air_Pollutionwithcover_15_ENG.pdf>

Säädökset

Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä (59 / 1999)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/63/EY, annettu 20 päivänä joulukuuta 1994, bensiinin varastoinnista ja sen jakelusta varastoalueilta huoltoasemille aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöjen torjunnasta

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/63/EY, annettu 20 päivänä joulukuuta 1994, bensiinin varastoinnista ja sen jakelusta varastoalueilta huoltoasemille aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöjen torjunnasta

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/42/EY, annettu 21 päivänä huhtikuuta 2004, orgaanisten liuottimien käytöstä tietyissä maaleissa ja lakoissa sekä ajoneuvojen korjausmaalaustuotteissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta ja direktiivin 1999/13/EY muuttamisesta.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006

Jätelaki (1072/1993)

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden turvallisesta käsittelystä (390/2005)

Maakaasuasetus (1058/1993)

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999).

Maankäyttö- ja rakennusasetus (895/1999)

Nestekaasuasetus (711/1993)

Neuvoston direktiivi 1999/13/EY, annettu 11 päivänä maaliskuuta 1999, orgaanisten liuottimien käytöstä tietyissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta.

Neuvoston direktiivi 96/61/EY ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi (IPPC-direktiivi) 24.9.1996

Pelastuslaki (468/2003)

Räjähdeasetus (473/1993)

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 202/2006

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001).

Valtioneuvoston päätös bensiinin varastoinnista ja jakelusta aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta (468/1996) ja sen muutos (1264/2002).

Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja lakoissa sekä ajoneuvojen korjausmaalaustuotteissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta (837/2005).

Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä tietyissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta (435/2001).

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006).

Valtioneuvoston päätös kemikaaleista aiheutuvan suuronnettomuusvaaran torjunnasta (922/1999)

Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (576/2003)

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001)

Ympäristönsuojeluasetus (169/2000).

Ympäristönsuojelulaki (86/2000).

Öljylämmityslaitteistoasetus (1211/1995)

Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä tietyissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta (435/2001).

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006).

Valtioneuvoston päätös kemikaaleista aiheutuvan suuronnettomuusvaaran torjunnasta (922/1999)

Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (576/2003)

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001)

Ympäristönsuojeluasetus (169/2000).

Ympäristönsuojelulaki (86/2000).

Öljylämmityslaitteistoasetus (1211/1995)

Avainkäsitteitä, lyhenteitä ja yksiköitä

Yleiset termit ja lyhenteet

Absorptio	Atomien, molekyylien ja ionien imeytyminen nesteeseen, kaasuun tai kiinteään aineeseen. Tässä raportissa poistoilman puhdistusmenetelmä, jossa VOC-yhdisteitä imeytetään nesteeseen.
Adsorptio	Fysikaalinen prosessi, jossa kaasumainen aine (tai neste) muodostaa ohuen kalvon kiinteään aineen pintaan eli kiinnittyy siihen.
Autoterminen pitoisuus	Alin VOC-pitoisuus, jossa VOC-polttolaitoksen palamislämpötila pysyy yllä pelkäästään polttolaitokseen tulevan poistoilman VOC-yhdisteiden palamislämmöllä.
BAT	Best Available Technique, paras käytettävissä oleva tekniikka tai paras käyttökelpoinen tekniikka.
BEP	Best Environmental Practice, ympäristön kannalta parhaan käytännön periaate
BOD	Biokemiallinen hapenkulutus, biologinen hapenkulutus (BHK), biologinen hapentarve (BHT), happimäärä, joka kulutetaan tiettyinä aikoina vakio-oloissa (yleensä 5 tai 7 vrk +25°C) vesinäytteessä olevien eloperäisten aineiden hajotukseen.
BREF	Parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirja. BREF on eräänlainen tekniikan hyvää tasoa osoittava mittakeppi, jota käytetään eri puolilla Eurooppaa arvioitaessa kunkin toimialan parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa.
CIRCA	Communication & Information Resource Centre Administrator, Euroopan komission IDA-ohjelmassa kehitetty extranet-työkalu, jonka tiettyihin osioihin on vapaa pääsy.
CMR	Carcinogens, mutagens or toxic to reproduction. Syöpävaarallinen, perimävaurioita aiheuttava tai hedelmällisyyttä heikentävä. Vaarallisten kemikaalien luokittelussa käytetty lyhenne R-lausekkeisiin R45, R46, R49, R60 ja R61 kuuluvista terveydelle vaarallisista ominaisuuksista.
COD	Kemiallinen hapenkulutus (KHK), kemiallinen hapentarve (KHT). Mittaa vedessä olevien happea kemiallisesti liuottavien aineiden määrää. Se määritetään kaliumpermanganaatin (KMnO ₄) kulutuksena happamassa liuoksessa.
Desorptio	Pintaan kiinnittyneiden molekyylien irtoaminen.
FID	Liekki-ionisaatiotektori (Flame Ionization Detector).
FTIR	Infrapunaspektrometria (Fourier Transform Infrared).
Hajapäästö	Sellaiset liuottimien käytöstä aiheutuvat VOC-päästöt ilmaan, joita ei koota tai käsitellä hallitusti. Tällaisia ovat ikkunoiden, ovien, tuuletusaukkojen ja muiden vastaavien aukkojen kautta ulkoilmaan pääsevät haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Yleisilmanvaihdon päästöt ovat myös hajapäästöjä, jos niitä ei johdeta puhdistuslaitteeseen. Hajapäästöihin ei lueta kerätyn jätteen sisältämiä orgaanisia liuottimia eikä jätevesien käsittelyssä talteen otettuja taikka hävitettyjä orgaanisia liuottimia tai yhdisteitä. Kaupallista arvoa omaavien valmisteiden tai tuotteiden sisältämiä liuottimia ei myöskään lasketa hajapäästöihin. Hajapäästöille määrätään VOC-asetuksen liitteessä 1 raja-arvo, joka ilmaistaan prosentteina (%) käytetyistä liuottimista. Hajapäästöt määritetään taselaskelmalla, jota kutsutaan liuottimien hallintasuunnitelmaksi tai päästömittauksien avulla.
HTP	Haitalliseksi tunnettu pitoisuus
HS-maalit	High solids -maalit, korkean kuiva-ainepitoisuuden maalit.
IPA	Isopropanoli, mm. heatset-painokoneen kostutusvedessä käytetty alkoholi.
IPPC-direktiivi	Vuonna 1996 hyväksytty EU:n direktiivi no 96/61 EY, ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi. Direktiiviä kutsutaan Suomesakin useimmiten sen englanninkielisestä nimestä johdetulla lyhennellä IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control).
IPPC-laitos	IPPC-direktiivin liitteessä I lueteltuihin, ympäristövaikutuksiltaan merkittävimpiin toimintoihin kuuluva laitos. Esimerkiksi orgaanisia liuottimia > 200 t/a käyttävä pintakäsittely.

Kokonaispäästö	Kokonaispäästöön lasketaan mukaan kaikki toiminnan eri vaiheista aiheutuvat päästöt ilmaan eli se on poistokaasupäästöjen ja hajapäästöjen määrä yhteensä.
Leimahduspiste	Engl. flash point. Aineen fysikaalinen ominaisuus: alin lämpötila, jossa nesteen pinnasta normaali-ilmanpaineessa erottuu niin paljon höyryä, että se muodostaa pinnan lähellä olevan ilman kanssa syttyvän höyry-ilma-seoksen määritettynä niin sanotulla suljetun upokkaan menetelmällä. Leimahduspiste kuvaa myös aineen haihtumisnopeutta; mitä alempi leimahduspiste, sitä suurempi haihtumisnopeus.
LEL (Lower Explosion Limit)	Alempi räjähdysraja.
Liuottimien hallintasuunnitelma	Taselaskelma, jota voidaan käyttää VOC-asetuksen päästörajoitusvaatimusten todentamiseksi. Taselaskelmaa varten määritetään laitoksen vuotuiset liuotinvirrat sisään ja ulos. Liuottimien hallintasuunnitelman laatimisohejeet on esitetty VOC-asetuksessa.
Liuottimien kulutus	Laitoksessa käytettyjen orgaanisten liuottimien kokonaismäärä yhden kalenterivuoden tai muun 12 kuukauden ajanjakson aikana lukuun ottamatta liuottimia, jotka otetaan talteen uudelleenkäyttöä varten. Kulutukseen lasketaan mukaan kussakin toiminnossa laitteistojen puhdistukseen käytetyt liuottimet (pesuliuottimet). Liuottimien kulutukseen sisältyvät myös jätteisiin päätyvät liuottimet eikä niitä voi vähentää kulutuksesta, kun esimerkiksi tarkastellaan onko toiminta luvanvaraista vai ei.
Liuottimien käyttö	Kussakin toiminnossa käytettyjen orgaanisten liuottimien ja käytettyjen valmistaiden sisältämien orgaanisten liuottimien määrä mukaan lukien laitoksen sisältä tai ulkopuolelta tulevat ja joka kerta käytettäessä laskettavat kierrätettävät liuottimet.
Liuottimien uudelleenkäyttö	Laitoksesta talteen otettujen orgaanisten liuottimien käyttö teknisiin tai kaupallisiin tarkoituksiin, myös polttoaineeksi, mutta ei näiden liuottimien käsittely jätteenä. Esimerkiksi liuotinjätteen polttaminen jätteenkäsittelylaitoksessa ei ole uudelleenkäyttöä.
NM VOC	Non-Methane Volatile Organic Compound: kuten VOC, mutta yhdisteiden kokonaismäärään ei sisällytetä metaania.
Orgaaninen liuotin	Liuotin, jota käytetään sellaisenaan tai yhdessä muiden aineiden kanssa raaka-aineiden, tuotteiden tai jäteaineiden liuottamiseen, puhdistusaineena epäpuhtauksien liuottamiseen taikka liuotteena, dispergointiväliaineena, viskositeetin säätäjänä, pintajännityksen poistajana, pehmittimenä tai säilöntäaineena.
Poistokaasu	Kaasumainen päästö, joka sisältää haihtuvia orgaanisia yhdisteitä tai muita epäpuhtauksia ja joka vapautuu ilmaan poistoputkesta tai puhdistinlaitteistosta; poistokaasun tilavuusvirtaus ilmaistaan yksikössä m ³ /h vakio-olosuhteissa eli Nm ³ /h (lämpötila 273,15 K, paine 101,3 kPa);
Päästöraja-arvo	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vakio-olosuhteissa laskettu päästömäärä, jota ei yhtenä tai useampana ajanjaksona saa ylittää ja joka ilmaistaan pitoisuutena, prosenttisuutena tai päästömääränä.
Päästöjen vähentämishjelma	VOC-asetuksessa kuvattu laskentatapa vähennettäessä VOC-päästöjä korvaamalla orgaanisten liuottimia sisältäviä maali- ym. tuotteita vähemmän liuottimia sisältävillä tuotteilla.
REACH-asetus	Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, jolla luodaan kemikaalien rekisteröintiä, arviointia ja lupamenettelyä varten REACH-järjestelmä (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals).
R-lauseke	Kemikaalia koskeva vaaraa (Risk) osoittava standardilauseke. R-lausekkeet on esitetty Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa vaarallisten aineiden luettelosta 509/2005, liite 3. Esimerkkejä: R40: Epäilläään aiheuttavan syöpäsairauden vaaraa. R45: Aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa R46: Saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita. R49: Aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa hengitettynä. R60: Voi heikentää hedelmällisyyttä. R61: Vaarallista sikiöille. R68: Pysyvien vaurioiden vaara.
Ristikkäisvaikutukset	Engl. Cross-Media Effects. Tyypillinen esimerkki ristikkäisvaikutuksesta on tilanne, jossa päästöjen vähentämisen seurauksena syntyy enemmän kiinteää jätettä ja kuluu enemmän energiaa. Ristikkäisvaikutusten selvittäminen on vaativa tehtävä, eikä yksiselitteistä tulosta useinkaan ole saatavissa.

RTO	Regeneratiivinen terminen polttolaitos (Regenerative Thermal Oxidation).
Teollisuus-VOC -asetus	Katso VOC-asetus.
TOC	Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (Total Organic Carbon)
Tuote-VOC -asetus	Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja lakoisissa sekä ajoneuvojen korjausmaalaustuotteissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta 837/2005.
VCA	Vegetable cleaning agents, kasviöljypohjaiset pesuaineet.
VHR (Vapour Hazard Ratio)	Liuotinhöyryn riskisuhde
VOC	Volatile Organic Compound, haihtuva orgaaninen yhdiste. VOC-asetuksen (VNa 435/2001) mukaan haihtuvalla orgaanisella yhdisteellä tarkoitetaan yhdistettä, jonka höyrypaine 293,15 K:n lämpötilassa on vähintään 0,01 kPa tai jolla on vastaava haihtuvuus tietyissä käyttöolosuhteissa sekä kreosoottien osaa, joka ylittää höyrypaineelle edellä asetetun arvon 293,15 K:n lämpötilassa. Tuote-VOC-asetuksen (VNa 837/2005) mukaan haihtuvalla orgaanisella yhdisteellä tarkoitetaan orgaanista yhdistettä, jonka kiehumispiste normaali-ilmanpaineessa 101,3 kPa mitattuna on enintään 250 °C
VOC-asetus	Valtioneuvoston asetus 435/2001 orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta. Käytetään myös nimitystä Teollisuus-VOC -asetus.
Ympäristönlaatu­normi	Ympäristönlaatu­normi on sellainen vesi­ympäristölle haitallisen ja vaarallisen aineen pitoisuus vedessä, jota ei saa ihmisten terveyden tai ympäristön suojelemiseksi ylittää. Ympäristönlaatu­normia käytetään raja-arvona luokiteltaessa pintavesiä ja määritettäessä vesien hyvä kemiallinen tila. Tavoitteena on, että päästöjä ja huuhtoutumia vähentämällä luonnonaineiden pitoisuudet olisivat pitkällä aikavälillä lähellä tausta-arvoja. Synteettisiä eli keinotekoisia aineita pyritään vähentämään niin, että niiden pitoisuudet laskisivat lähelle nollaa. Tässä vaiheessa ympäristönlaatu­normeja ei voitu asettaa sedimenteissä ja eliöissä oleville haitallisille ja vaarallisille aineille.
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi.

Yksiköt, mitat ja symbolit

a	Vuosi
bar	baari, 100 kPa
g	gramma
g/s	aineen massavirta grammaa sekunnissa
GJ	gigajoule
GWh	gigawattitunti
h	tunti
h/a	tuntia vuodessa
J	joule
K	Lämpötilan SI-järjestelmän mukainen yksikkö, Kelvin. Vastaavuus celsiusasteisiin: 0 °C on 273,15 K.
kg/a	aineen päästömäärä kilogrammaa vuodessa
kg/h	aineen massavirta kilogrammaa tunnissa
kPa	kilopascal
kWh	kilowattitunti
L	litra
m	metri
m/min	metriä minuutissa, yleinen ratanopeuden yksikkö
m ²	neliometri
m ³	kuutiometri
mg	milligramma
mg/Nm ³	aineen massapitoisuus ilmassa milligrammaa normikuutiota kohti
mgC/Nm ³	Aineen massapitoisuus ilmassa kokonaishiilenä ilmoitettuna, milligrammaa hiiltä normikuutiota kohti. Käytetään eri hiilivetyjen pitoisuuksien yhteismitallistamiseen. Emissioraja-arvopitoisuudet annetaan yleensä kokonaishiilenä. Esimerkki: etanolin C ₂ H ₅ OH molekyyli­massa on 46 g/mol, josta hiiltä on 24 g/mol. Hiilen osuus 24/46=0,522. Etanolin pitoisuus hiileksi laskettuna on 52,2% etanolin todellisesta pitoisuudesta.
MJ	megajoule
mm	millimetri
MWh	megawattitunti
Nm ³	normikuutiometri, lämpötilassa 0 °C ja paineessa 101,325 kPa
Nm ³ /h	ilman tilavuusvirta normikuutiometriä tunnissa
Nm ³ /s	ilman tilavuusvirta normikuutiometriä sekunnissa
p-%	painoprosentti
ppm	aineen tilavuuspitoisuus, parts per million, miljoonasosa
s	sekunti
t	tonni
t/a	aineen päästömäärä tonnia vuodessa
til-%	tilavuusprosentti
W	watti

Liite I. Esimerkki päästöjen vähentämishjelman käytöstä metallipintojen maalauksessa

Tarkasteltava metallimaalaamo on VOC-asetuksen liitteen 1 taulukon 5 a mukaista toimintaa. Metallinmaalausta harjoittavalla yrityksellä on runsaasti vaihtelua vuosittaisessa tuotantomäärässä. Lähtötilanteessa on laskettu yhden vuoden maalien kulutus ennen kuin laitoksella on toteutettu vähennystoimenpiteitä.

Tuotetyyppi	VOC kg/l	määrä l	VOC kg	tiheys kg/l	kg-määrä	kap p-%	lp p-%	KA k määrä
alkydi	0.47	30000	14100	1.1	33000	57	43	18810
epoksi	0.30	90000	27000	1.3	117000	77	23	90090
ohenne	0.90	11000	9900	0.9	9900	0	100	0
polyuretaani	0.42	5000	2100	1.2	6000	65	35	3900
sinkkipöly	0.45	9000	4050	2.6	23400	83	17	19422
Yhteensä		145000	57150		189300			132222

Yllä olevasta taulukosta nähdään, että liuotin-kiintoainesuhde ($57150/132222$) on 0,43 eli se on jo parempi kuin toimialalla tyypillisesti (tyypillisesti VOC/ka 1,5 toimialalla), mutta ei vielä riittävä VOC-asetuksen velvoitteiden täyttämiseksi. VOC-asetuksen mukaan VOC/ka on oltava $\leq 0,375$. Jotta VOC-asetuksen velvoitteet täyttyisivät, pitäisi liuotinmäärä olla enintään $0,375 * 132\ 222$ kg (kiintoaineen määrä) = 49 583 kg ja siten vähennystarve on $57\ 150$ kg - $49\ 583$ kg = 7 567 kg.

Esimerkin metallimaalaamossa tuotanto on seuraavana vuonna pienentynyt verrattuna lähtötilanteeseen, mutta käytetyt maalit ja siten myös niiden liuotinpitoisuus ovat pysyneet samoina.

Tuotetyyppi	VOC kg/l	määrä l	VOC kg	tiheys kg/l	kg-määrä	kap p-%	lp p-%	KA k määrä
alkydi	0.47	24000	11280	1.3	31200	57	43	17784
epoksi	0.30	68000	20400	1.3	88400	77	23	68068
ohenne	0.90	8500	7650	0.9	7650	0	100	0
polyuretaani	0.42	4000	1680	1.3	5200	65	35	3380
sinkkipöly	0.45	5500	2475	2.6	14300	83	17	11869
Yhteensä		110000	43485		146750			101101

Verrattaessa tilannetta lähtötilanteessa laskettuun tavoitearvoon huomataan, että liuottimien kulutus alittaa tavoitearvon: $43\ 485$ kg - $49\ 583$ kg = - 6 098 kg. Liuotin-kiintoainesuhde on kuitenkin edelleen sama (0,43) eli vähäisempi liuottimien käyttö johtuu ainoastaan pienemmästä tuotannosta. Jotta VOC-asetuksen velvoitteet täyttyisivät, saisi liuotinmäärä olla enintään $0,375 * 101101$ kg = 37 912 kg.

Esimerkkimaalaamossa vaihdetaan maaleja korkeamman kiintoainepitoisuuden maaleihin ja lisäksi vähennetään maalien ohentamista. Esimerkkimaalaamossa liuottimia ei poistunut jätteenä prosessista siinä määrin, että niillä olisi ollut vaikutusta laskentaan.

Tuotetyyppi	VOC kg/l	määrä l	VOC kg	tiheys kg/l	kg-määrä	kap p-%	lp p-%	KA k määrä
alkydi	0.44	22000	9680	1.3	28600	66	340	18876
epoksi	0.27	70000	18900	1.3	91000	79	210	71890
ohenne	0.90	7500	6750	0.9	6750	0	100	0
polyuretaani	0.32	4500	1440	1.3	5850	75	25	4388
sinkkipöly	0.45	6000	2700	2.6	15600	83	17	12948
Yhteensä		110000	39470		14800			108102

Vähennystoimenpiteiden jälkeen liuotin-kiintoainesuhde on $39\,470/108\,102 = 0,365$ eli pienempi kuin 0,375 ja näin ollen voidaan todeta, että liuottimien käyttöä on onnistuttu vähentämään riittävästi ja metallimaalaamon toiminta täyttää VOC-asetuksen vaatimukset.

Huom!

Ympäristölupa myönnetään tietylle toiminnalle ja tuotannon tasolle, joka ympäristölupaa haettaessa yleensä arvioidaan realististen kasvuodotusten ja tuotantokapasiteetin avulla. Enimmäistuotantomäärän avulla saadaan arvioitua myös orgaanisten liuottimien ja VOC-päästöjen enimmäismäärä. Tuotannon olennainen muutos, esimerkiksi uusi maalauslinja ja tuotantomäärien merkittävä lisäys edellyttävät uuden ympäristöluvan hakemista.

VOC-asetuksen vaatimusten noudattamisen valvomiseksi tulee VOC-päästöjen vähentämishoelmia arvioida ennen kaikkea liuotin-kiintoainesuhteen avulla ja sen lisäksi toiminnanharjoittajalla on oltava käsitys oman toimintansa tuotannon enimmäismäärästä ja liuottimien maksimikulutuksesta. Vuosittain ympäristöluvan valvontaviranomaiselle raportoidaan vuoden aikana käytettyjen maalien ja ohenteiden kokonaismäärä (l/a) sekä niiden sisältämien liuottimien ja kiintoaineen määrät (kg/a) liuotin-kiintoainesuhteen laskemiseksi.

Liite 2. Liuottimien hallintasuunnitelma

Jos laitoksella on VOC-päästöjen vähentämiseksi käytössä puhdistinlaite ja/tai osa laitoksella käytettävistä liuottimista sitoutuu tuotteeseen, on syytä käyttää VOC-päästöjen arvioinnissa VOC-asetuksen liitteen 3 mukaista liuottimien hallintasuunnitelmaa. Hallintasuunnitelmassa on huomattava, että lasketaan yhteen samoja yksiköitä, ei siis esimerkiksi poistokaasupäästöjen hiilen määrää (kg C/a) ja liuottimia (t/a). Oheinen hallintasuunnitelma on laadittu heatset-painolle. Heatset-painossa on päädytty tarkastelemaan ainetasetta hiilen määränä, jolloin painoväritoimittajilta saadaan tieto, paljonko painoväriin sisältämä liuotin keskimäärin sisältää hiiltä (esim. 88 % liuottimen määrästä).

Prosessiin menevä orgaanisten liuottimien määrä (liuottimien käyttö) (I):

$$I = I1 + I2$$

jossa

- I1. Orgaanisten liuottimien tai käytettävien valmisteiden sisältämien orgaanisten liuottimien määrä ajanjaksolla (tyypillisesti vuosi), jolta ainetase lasketaan.
- I2. Talteen otettujen orgaanisten liuottimien tai talteen otettujen valmisteiden sisältämien orgaanisten liuottimien määrä, joka käytetään uudelleen liuottimena toiminnassa. Kierrätetty liuotin lasketaan joka kerta, kun sitä käytetään toiminnassa. Jos liuottimia ei regeneroida laitoksella, ei tällä ole käytännön merkitystä. Muualle regeneroitavaksi lähetettävät liuottimet voidaan sisällyttää I1:een.

Prosessista tai toiminnasta poistuva orgaanisten liuottimien määrä (O):

- O1. Poistokaasupäästöt (jälkipolttimen poistokaasupäästöt, mukaan lukien jälkipolttimen häiriö- ja ohitustilanteet. Heatset-painoissa, joissa on integroidut jälkipolttimet, häiriö- ja ohitustilanteita ei synny.)
- O2. Veteen liunneet orgaaniset liuottimet (harvoin käytännössä merkitystä)
- O3. Prosessista valmistuviin tuotteisiin epäpuhtauksina tai jääminä sitoutuneen orgaanisen liuottimen määrä (heatset-prosessissa liuotinmäärää lopputuotteessa ei pidetä hajapäästöjen osana).
- O4. Orgaanisten liuottimien päästöt ilmaan, joita ei ole otettu talteen. Tähän kuuluu yleisilmanvaihdon, kuten ovien, ikkunoiden, tuuletusaukkojen ja muiden vastaavien aukkojen kautta vapautuvat orgaanisten liuottimien päästöt ilmaan (esim. heatset-prosessissa hajapäästöt painokoneen meluseinien sisäpuolelta).
- O5. Kemiallisista tai fysikaalisista reaktioista kuten poistokaasujen käsittelystä esimerkiksi polttamalla tai muilla tavoin hävitetyt taikka adsorboimalla talteen otetut orgaaniset liuottimet taikka orgaaniset yhdisteet tai jäteveden käsittelyssä hävitetyt tai talteen otetut orgaaniset liuottimet taikka orgaaniset yhdisteet edellyttäen, ettei niitä lasketa kohdissa O6, O7 tai O8.
- O6. Kerätyn jätteen sisältämät orgaaniset liuottimet.
- O7. Orgaaniset liuottimet tai valmisteiden sisältämät orgaaniset liuottimet, jotka myydään kaupallista arvoa omaavana tuotteena.
- O8. Muut kuin kohdassa O7 tarkoitettujen valmisteiden sisältämät orgaaniset liuottimet, jotka otetaan talteen uudelleen käyttöä varten muualle kuin prosessiin.
- O9. Muulla tavoin vapautuvat orgaaniset liuottimet.

Hallintasuunnitelman käyttö hajapäästöjen (F) määrittämisessä

Hajapäästöjen (F) laskennassa voidaan käyttää seuraavia yhtälöitä:

$$F=I1 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$$

tai

$$F= O2 + O3 + O4 + O9$$

Hajapäästön raja-arvo lasketaan prosentteina (%) käytetyistä liuottimista (I). Heatset-prosessissa on jälkimmäinen yhtälö todettu käyttökelpoisemmaksi ja siten O5, O6, O7 ja O8 ovat merkityksettömiä hallintasuunnitelmassa.

Kokonaispäästöjen (E) laskenta

Hallintasuunnitelma on tehtävä vuosittain, jotta laitoksen tai toiminnallisen yksikön kokonaispäästöt (E) voidaan määrittää. Käytännössä esim. heatset-prosessissa O4:n määrää ei tarvitse mitata vuosittain, vaan kertaluonteisella mittauksella saadaan riittävän tarkka laskentakerroin vuosittaisten päästöjen laskentaan, kun otetaan huomioon vuosittain muuttuvina suureina liuottimien käyttö ja painokoneen käyntiajat. Kokonaispäästöt voidaan määrittää seuraavasti:

$$E= F (\text{hajapäästöt}) + O1 (\text{poistokaasupäästöt})$$

Liite 3. Liuottimien hallintasuunnitelma painotalossa

Taulukossa 1 esitetään apulaskelma painolaitoksen liuottimien hallintasuunnitelmaa varten ja kuvassa 1 esitetään liuottimen hallintasuunnitelman tulostusasu, taulukossa 2 esimerkki virtuaalifleksopainon massataseesta ja taulukossa 3 virtuaaliheatsetpainon massa- ja energiataseesta. (EIPPCB 2007a)

Taulukko 1. Apulaskelma painolaitoksen liuottimien hallintasuunnitelmaa (LHS, luku 4.3) varten.

Erä	Arvo	Yksikkö	Laskentaperuste / selite	Liuottimien hallintasuunnitelman kohta
Liuottimet	35 088	kg/a	Ostot kalenterivuonna	
Liuotin väreistä, toimittaja 1	17 243	kg/a	Väritoimittajan laskelma tai oma laskelma	
Liuotin väreistä, toimittaja 2	4 669	kg/a	Väritoimittajan laskelma tai oma laskelma	
Liuottimet yhteensä	56 999	kg/a		II
Painovärijäte	3 563	kg/a	Toimitettu ongelmajätteenkäsittelyyn	
Painovärijätteen liuotinpitoisuus	50 %		Analyysi tai arvio	
Liuotinta painovärijätteessä	1 781	kg/a		O6
Tislattu liuotin	35 000	L/a	Oma seuranta	
Liuottimen ominaispaino	0,85	kg/L		
Tislattu liuotin	29 750	kg/a	Käytetään uudelleen laitoksessa	I2
Poistokaasupäästöt	69 968	kg/a	Päästömittaukset ja tuotantolaskelmat	O1
Hajapäästöt	15 000	kg/a	Päästömittaukset ja taselaskelmat	O4

Liuottimien hallintasuunnitelma (Valtioneuvoston asetus 435/2001)

Kohde Painolaitos
Laatija Krister Koivula, AX-Suunnittelu
Pvm 19.5.2007

Liuotintase 2006

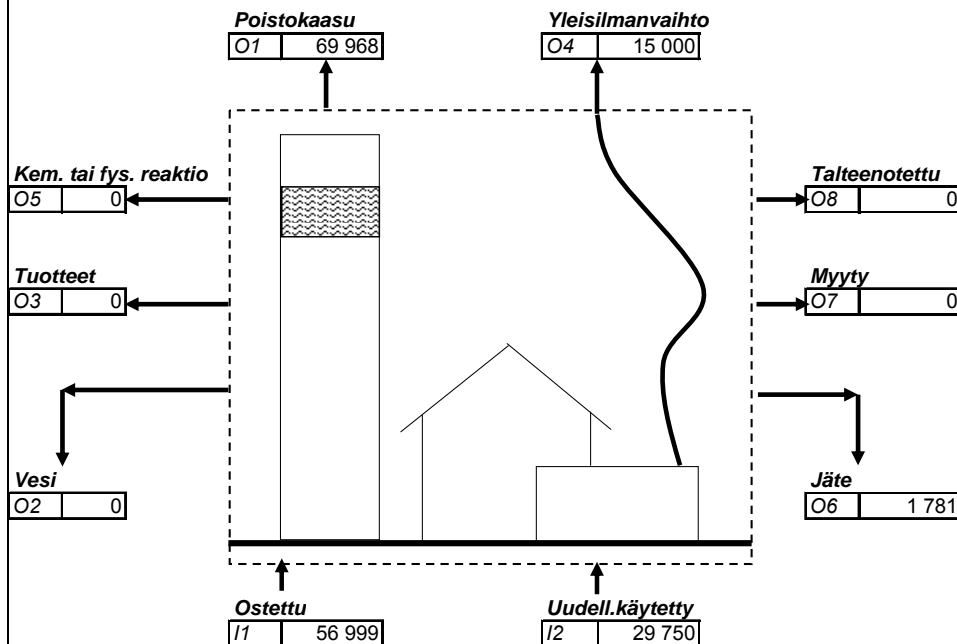
Sisään	kg/a	
I1	56 999	Ostetut
I2	29 750	Talt.otetut, uudell.käyt.
Σ SISÄÄN	86 749	

Ulos	kg/a	
O1	69 968	Poistokaasupäästöt
O2	0	Veteen liuenneet org. liuottimet
O3	0	Orgaaniset liuotinjäämät tuotteissa
O4	15 000	Kanavoinnin ohi ilmaan joutuneet liuottimet (yleisilmanvaihto, ikkunat, ovet, tuuletus, ym)
O5	0	Kem. tai fys. reaktioissa kuluneet org. yhdisteet (poistokaasun puhd.)
O6	1 781	Jätteen sisältämät org. liuottimet
O7	0	Org. liuottimet jotka myydään kaupallisena tuotteena
O8	0	Muut kuin kohdan O7 valmisteiden sis. VOC, uudelleenkäyttö, mutta ei prosessissa
O9	0	Muulla tavoin vapautuvat orgaaniset liuottimet
Σ ULOS	86 749	

Hajapäästö F

Laskukaavat:
 I1+I2-O1-O5-O6-O7-O8 tai O2+O3+O4+O9

F kg/a	15 000
F % inputista	17,3 %



Kuva I. Painolaitoksen liuottimien hallintasuunnitelman tulostusasu.

Taulukko 2. Virtuaalifleksopainon massatase (EIPPCB 2007a).

SISÄÄN	Määrä	Yksikkö	Huom.	ULOS	Määrä	Yksikkö	Huom.
				Tuotteet			
				Painotuotteet	9700	t/a	Paperia ja painoväriä
Raaka-aine				Jäte			
Painopaperi	10433	t/a		Paperijäte	740	t/a	
Painovärit; VOC-pitoisuus	576 189	t/a t/a	Joista noin ¼ vesipohjaisia	Painovärijäte	41	t/a	Josta VOC- osuus noin 10,8 t
Ohenneliuottimet viskositeetin säättöä varten	316	t/a					
Vesi puhdistusta ja ohentamista varten	666	m ³ /a		Puhdistusaineiden ja veden seos	15	t/a	Josta VOC- osuus noin 9,8 t
Vesi jäähdytystä ja ilmastointia varten	51866	m ³ /a		Prosessijätevesi	545	m ³ /a	
Puhdistusrätit	144100	kpl/ a		Puhdistusrätit	144100	kpl/ a	Josta VOC- osuus noin 2,5 t
VOC yhteensä	505	t/a		VOC jätteissä	23	t/a	
Energia				Poistokaasut			
Energiankulutus yhteensä	3670	MWh /a		Tilavuusvirta	72,45 x 10 ⁶	m ³ /a	
Kaasuenergia	350	MWh /a		VOC puhdistetuissa poistokaasuissa	1,38	t/a	VOC- vähennys 384 t/a
Sähköenergia	3320	MWh /a		NO _x puhdistetuissa poistokaasuissa	4,7	t/a	
				CO puhdistetuissa poistokaasuissa	2,72	t/a	
				Hajapäästöt			
				VOC-hajapäästöt	96	t/a	noin 19 % inputista
<p>Huom.</p> <ul style="list-style-type: none"> • kolmivuorotyö kuutena päivänä viikossa on epätavallista fleksopainossa: painokoneet eivät ole riittävän kalliita. Työskentelytapa on yleisempi pakkaussyväpainoissa. • rataleveys 130 cm on hieman normaalia suurempi • katalyyttinen poltto: nykyisin aina regeneratiivinen • jäteveden käsittely ultrasuodatuksella on epätavallista: normaalisti jäteveden määrä on merkityksettömän pieni 							

Vuonna 1999 Saksassa tehtiin selvitys, jossa vertailtiin useiden pakkauspainojen tuotantoa ja ympäristöpäästöjä. Vertailutietojen perusteella laadittiin laskennallinen malli hyvin hoidetusta painolaitoksesta, jonka ympäristöpäästöt ovat määräysten mukaiset. Seuraavassa esitetään virtuaalipainon massa- ja ympäristötase (EIPPCB 2007a).

Virtuaalilaitoksen käyttötiedot:

- Laitos toimii kuusi päivää viikossa kolmessa vuorossa. Siinä on kolme yksikköä, joista jokaisessa on kolme keskussylinterimallista fleksopainokonetta, rataleveys 1,30 metriä.
- Lopputuote on painettu lomake, joka rullataan painamisen jälkeen ja toimitetaan välituotteena loppukäyttäjille, virtuaalipainossa ei tehdä tuotteen viimeistelyä.
- Kahdessa yksikössä käytetään pääasiassa liuotinpohjaisia painovärejä ja pesuaineita. Kolmannessa yksikössä 85 % käytetyistä tuotteista on vesiohenteisia.
- Viskositeetin säätöliuottimet johdetaan liuotinputkia pitkin painoyksiköille.
- Poistoilma johdetaan katalyyttiseen jälkipolttolaitokseen, jossa on ulkoinen lämmön talteenotto. Painokoneiden kuivainilmanvaihtoyksiköt on varustettu poistoilman palautuksella, jossa palautusilman määrää ohjataan jatkuvatoimisesti mitatun liuotinpitoisuuden perusteella.
- Väriyksikkö pestään suljetulla pesukoneella, jossa on integroitu liuottimien talteenotto
- Vesiohenteisten liuotinvärien pesuissa syntynyt jätevesi käsitellään ultrasuodatuksella

Virtuaali fleksopainolaitoksen massatase esitetään taulukossa 3. Taulukon arvoihin liittyvät seuraavat huomautukset:

- Esitetty data kuvaa hyvää käyttötapaa yhdelle laitokselle koskien tiettyjä töitä, mutta ei ole välttämättä tyypillistä koko teollisuudelle
- Painovärijäte = 41 t/a, josta liuottimia on 10,8 t eli 26 %: tämä ei ole samaa painoväriä jota käytetään painamiseen (liuotinpitoisuus 80%) vaan pesuliuottimen tislauksessa syntynyttä jätettä
- 385,38 t/a käsittelemättömässä poistokaasussa johtaa VOC-pitoisuuteen 5,8 g/Nm³. Arvo on korkeampi kuin tyypillisessä fleksopainossa, näin korkea pitoisuus saavutetaan vain kun laminointia ja vernissalevitystä on paljon (mikä ei ole tilanne taulukossa 5.2.1) ja kuivainpoistoilman palautusaste on korkea. Arvo viittaa myös siihen, että painamisessa käytetään merkittävä määrä valkoista väriä ja painoalusta on siten joku muu kuin paperi.
- Jälkipolttolaitoksen puhdistetun poistokaasun (yli 99,5 % puhdistusaste) VOC-pitoisuus on keskimäärin 19 mg/Nm³, joka on kokonaishiilipitoisuutena noin 50 % pienempi eli noin 10 mgC/Nm³. Teollisuus pitää puhdistusastetta epärealistisena. Saksassa on kuitenkin raportoitu normaaleiksi hyvän käytännön arvoiksi 1 - 8 g/Nm³ raakakaasussa ja 20 mgC/Nm³ polttolaitoksen jälkeen.

Taulukko 3. Virtuaaliheatsetpainon massa- ja energiatase (EIPPCB 2007a)

SISÄÄN	Määrä	Yksikkö	Huom.	ULOS	Määrä	Yksikkö	Huom.
				Tuotteet			
				Painotuotteet	18000	t/a	Paperia ja painoväriä
				Jäte			
Raaka-aine							
Painopaperi	20000	t/a		Paperijäte	2800	t/a	
Painovärit	500	t/a	Mineraaliöljy-pitoisuus painoväriässä 35%, josta 85 -90 % haihtuu kuivaimessa	Painovärijäte	6	t/a	Painovärijäte ja puhdistusräätit, ei VOC-yhdisteitä
Kostutusvesi	950	t/a	Ilman VOC-yhdisteitä				
IPA	50	t/a	100% VOC	Kostutusvesijäte	2	t/a	4 % VOC
Kostutusveden lisäaineet	25	t/a	5% VOC				
Pesuaineet	15	t/a		Pesuaineiden ja veden seos	23	t/a	50% korkealla kiehuvia liuottimia
Puhdistusräätit	100000	kpl/a	Yleensä uudelleen käytettäviä, paino n. 40 g/kpl	Puhdistusräätit	10000	kpl/a	Sisältää 1 t painoväriä ja 3 t VOC-pesuaineita, joista 50% haihtuu hajapäästöinä
VOC yhteensä	203	t/a		VOC jätteissä	2	t/a	Puhdistusräteissä, pesuaineissa ja kostutusvesijätteessä
Energia				Poistokaasut			
Energiankulutus yhteensä	27100	MWh/a		Tilavuusvirta	67,7 x 10 ⁶	m ³ /a	19 mgVOC/m ³
Kaasuenergia	13700	MWh/a		VOC puhdistetuissa poistokaasuissa	1,3	t/a	19 mgNO _x /m ³
Sähköenergia	13400	MWh/a		NO _x puhdistetuissa poistokaasuissa	2,7	t/a	50 mgCO/m ³
<i>Josta: Painokoneet</i>	<i>8900</i>	<i>MWh/a</i>		CO puhdistetuissa poistokaasuissa	3,4	t/a	
<i>Jäähdytys</i>	<i>1700</i>	<i>MWh/a</i>		Hajapäästöt			
<i>Poistokaasun puhdistus</i>	<i>700</i>	<i>MWh/a</i>		VOC-hajapäästöt	47	t/a	23 %

Liite 4. Kustannustietoa VOC-päästöjen vähentämisestä

Eräitä yksittäisten aineiden, laitteiden ja järjestelmien suuntaa-antavia hintatietoja (Koivula 2007).

#	Laite tai toimenpide	Kustannus	Yksikkö	Kommentteja	Lähde
1	Heatsetpainokoneen kostutusveden IPA-pitoisuuden tarkka IR-mittaus	8000	€/kone	Sama laite käy sekä heatsetettä arkkikoneeseen. Tarvitaan yksi laite konetta kohden. Löytyy myös vaihtoehtoisia laitteita, jotka perustuvat ultraäänimittaukseen ja ilman IPA-pitoisuusmittaukseen.	Man-Roland
2	Trikloorietyleeni	2-4	€/kg	Hinta riippuu käyttömäärästä.	AX
3	Trikloorietyleeniä korvaavat liuottimet	9-20	€/kg	Hinta riippuu voimakkaasti käyttömäärästä	AX
4	Polttolaitosinvestointi, laituskoko alle 20 000 Nm ³ /h	15-30	€/Nm ³ /h	Pelkkä laitostoimitus. Lisäksi hankittava mm. kanavisto, perustukset ja liitännät, joiden kustannus vaihtelee tapauskohtaisesti. Karkea kokonaiskustannus voidaan laskea kertomalla polttolaitostoimituksen arvo kertoimella 1,5 ... 2,0.	AX
	Polttolaitosinvestointi, laituskoko alle 20 000 – 40 000 Nm ³ /h	10-15	€/Nm ³ /h		
	Polttolaitosinvestointi, laituskoko alle 40 000 – 60 000 Nm ³ /h	8-10	€/Nm ³ /h		

Liite 5. Esimerkki Finnair Tekniikan käyttöpäiväkirjasta

Oheen on liitetty esimerkki siitä, miten laitos voi järjestää toimintansa tarkkailun. Esimerkki on Finnair Tekniikan intranetissä ylläpidettävästä sähköisestä käyttöpäiväkirjasta, joka on rakennettu palvelemaan muun muassa Finnair Tekniikan voimassa olevassa ympäristöluvassa edellytettyä vuosittaista raportointia. Sähköistä käyttöpäiväkirjaa on helppo ylläpitää ja kehittää, se on kaikkien saatavilla ja ympäristöasioista löytyy oleellinen tieto yhteen paikkaan keskitettynä.

”Finnair Tekniikassa tehdään VOC-asetuksen mukaisina toimintoina pintojen puhdistusta ja maalausta. Pintojen puhdistuksessa käytetty höyryrasvanpoisto ja siinä käytetty trikloorietyleeni on korvattu alhaisen haihtumisasteen omaavia hiilivetyjä sisältävillä liuottimilla ja tensidejä sisältävillä alkalisilla pesuaineilla. Trikloorietyleenin korvaamisen myötä on pystytty vastaamaan VOC-asetuksen 9 §:ään ja 10 §:ään. Näin ilmakehään kohdistuvat haittavaikutukset pienenevät huomattavasti ja työterveyteen liittyvää riskiä on pienennetty. Maaperään ei trikloorieteenin käytössä ole kohdistunut rasituksia eikä uusi prosessi tuo tähän muutoksia. Mahdollisen häiriöpäästön riskin seuraus tulee kuitenkin pienemmään. Toisaalta pesuprosessin energiankulutus kasvaa, koska osa alkalisista pesukylvyistä on lämmitettäviä. Lisäksi tilantarve, vedenkäyttö ja käytössä syntyvien ongelmajätteiden määrä kasvavat. (Karppinen 2007)”.

WEB - käyttöpäiväkirja
YLEISTÄ

Kemikaalit -käyttö ja varastointi

Kemikaalit -VOC

Toiminnassa muodostuvat jätteet

Toiminnassa muodostuvat jätevedet

Tekniikan jätevedenkäsitteilylaitosten käyttöpäiväkirjat

Polttoaineet - käyttö ja tarkastukset

Laitteiden kuntotarkastukset

Öljyn- ja hiekanerotuskaivojen tyhjennykset

Häiriö- ja poikkeustilanteet sekä kemikaalionnettomuudet

Tekniikan toimintaa koskevat ympäristö- ja kemikaali luvat sekä toiminnan muutokset



Yleistä asiaa käyttöpäiväkirjasta

Esipuhe
Kemikaalit -VOC
Toiminnassa muodostuvat jätteet
Laitteiden kuntotarkastukset
Häiriö- ja poikkeustilanteet

Kemikaalit - käyttö ja varastointi
Polttoaineet - käyttö ja tarkastukset
Toiminnassa muodostuvat jätevedet
Öljyn- ja hiekan-erotuskaivojen tyhjennykset



Esipuhe

Tähän käyttöpäiväkirjaan on merkitty Finnair Tekniikan ympäristönsuojelun kannalta tärkeät tapahtumat. Näitä tapahtumia seurataan säännöllisesti ja niitä hyödyntämällä Tekniikan toimintaa pyritään ohjaamaan ympäristönsuojelun kannalta parempaan suuntaan.

Yleistä -osiossa on kerrottu jokaisen osa-alueen taustatietoa ja vastuuhenkilöt. Osa-alueiden omiin kappaleisiin on kerätty vuoden numerotiedot taulukoituna sekä toimintoihin kunakin vuonna vaikuttaneet tapahtumat.

Laitoksen päästö- ja vaikutustarkkailutuloksista on toimitettava vuosittain maaliskuun loppuun mennessä Uudenmaan ympäristökeskukselle ja Vantaan ympäristökeskukselle laitoksen edellistä vuotta koskeva raportti, josta käyvät ilmi muun muassa seuraavat tiedot:

- yhteenveto laitoksen toiminnasta, käytetyistä liuottimista, yhteenveto kemikaalien käytöstä ja niiden käytössä tapahtuneista muutoksista, veden kulutuksesta ja energian käytöstä
- laitoksen käyttämä vesimäärä, yhteenveto jäteveden käsittelystä, viemärin johdetun jäteveden laadusta ja määrästä sekä vertaaminen raja-arvoihin
- yhteenveto EU:n vesipuitteidirektiivin prioriteettiaineiden käytöstä ja ympäristöön joutumisesta
- yhteenveto haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöistä ilmaan ja vertaaminen raja-arvoihin
- toiminnasta syntyneet ja muualle käsiteltäväksi/hyödynnettäväksi toimitetut jätteet
- erillinen yhteenvetoraportti mahdollisista häiriö- ja vuototilanteista.

Takaisin alkuun

Liite 6.VOC-päästöjen mittausmenetelmät ja menetelmän valinta

Mittausten tavoite ja tulosten ilmoittaminen

VOC-päästömittausten ensisijainen tavoite on saada kohteen päästöistä ja niiden vaihteluista riittävän edustava kuva. Tämän vuoksi käytetään sekä jatkuvatoimisia instrumentteja että kertaanäytteenottoa. Ilmaan aiheutuvien VOC-päästöjen mittaus-tulokset voidaan ilmoittaa pitoisuutena normaalikuutiometrissä (0 °C ja 1,013 bar) [mgVOC/Nm³] tai [mg C/Nm³], jossa mg C tarkoittaa ns. orgaanista kokonaishiiltä, päästömassavirtana [kg/h] ja päästö määränä [kg/mittausjakso]. Tietojen perusteella voidaan laskea riittävällä tarkkuudella vuosipäästö [kg/a] (Heinänen 2006).

Hyvin suoritettussa VOC-päästöjen mittauksessa seurataan ja rekisteröidään myös prosessin toimintaa siten, että mittauksen aikaista tuotantotilannetta voidaan verrata pidemmän ajan, esimerkiksi kuukauden tai vuoden tunnettuun tuotantoon. Näin saadaan tärkeä tieto mittausajankohdan edustavuudesta (Heinänen 2006).

Mittausmenetelmän valinta ja mittalaitteet

Ilmaan aiheutuvien VOC-päästöjen mittaamisessa on aina syytä muistaa, että itse mittalaite on vain osa mittausjärjestelmää. Mittaajan on tiedettävä mm. mitattavat yhdisteet ja poistokaasujen lämpötila, jotta hän pystyy valitsemaan kulloiseenkin tilanteeseen sopivat mittauslinjat ja muut menetelmään kuuluvat laitteet. Mittaajan ammattitaito ja kokemus voivat olla jopa mittalaitetta tärkeämpi osa itse mittausta ja sen onnistumista (Heinänen 2006).

Mittauksissa tulee käyttää ja soveltaa ensisijaisesti standardisoituja menetelmiä (SFS, CEN, ISO, ASTM, VDI, US EPA). Menetelmästä riippumatta oleellista on mit-taustuloksen oikeellisuuden arviointi prosessi- ja taselaskentatietojen tai tarvittaessa vaihtoehtoisen mittauksen avulla. Seuraavassa lyhyesti VOC-päästöjen mittauksissa käytettävistä laitteista ja menetelmistä (Heinänen 2006).

Liekki-ionisaatiodekteri (FID)

Kyseessä on yleisimmin ilmaan aiheutuvien VOC-päästöjen mittaamiseen käytetty mittalaite. FID-mittaus perustuu näytekäasussa olevien hiiliatomien palamiseen polttokaasussa, jolloin ionisoituneet hiiliatomit aiheuttavat mitattavan sähkövirran. Mittaus soveltuu hyvin lähes kaikille hiilivedyille ja laitteilla on yleensä laaja mittaus-alue jo ilman laimentimen käyttöäkin. Mittaus voidaan suorittaa suoraan kuumista kaasuista ja laitteella on nopea vaste. Laitteen ongelmana on erilainen vaste erilai-sille hiilivedyille eli laitteen herkkyys eri yhdisteille vaihtelee. Lisäksi laitteilla on yksilöllisiä eroja. Näistä syistä johtuen FID-mittauksen vasteesta ei ole käytännössä mahdollista määrittää laskennallisesti absoluuttista VOC-pitoisuutta, vaan siihen tarvitaan aina kertaanäytteenottoa, jonka antamalla absoluuttisella pitoisuustiedolla FID-vaste voidaan kalibroida jälkikäteen (Heinänen 2006).

Infrapuna-analysaattori (IR)

IR-analysaattorin mittausperiaate perustuu eri yhdisteiden infrapunasäteilyn ab-sorptioon, joka on kullekin yhdisteelle tunnusomainen. Laite on käyttökelpoinen yksittäisen yhdisteen mittaamisessa, mutta seoskaasut aiheuttavat ongelmia. Lisäksi hiilidioksidi ja vesihöyry häiritsevät useiden yhdisteiden mittaamista (Heinänen 2006).

FTIR-analysaattori

Mittaus perustuu infrapunaspektrin interferogrammin Fourier-muunnokseen ja laitteella voidaan mitata monia erilaisia yhdisteitä yhtä aikaa ja jatkuvatoimisesti. Mittaustuloksesta voidaan laskea tunnettujen yhdisteiden pitoisuuksia myös jälkikäteen. Laitte soveltuu myös kuumien kaasujen mittaukseen (Heinänen 2006).

Kaasukromatografi

Käytännössä laitetta käytetään VOC-mittauksissa vain laboratorioissa kertonäytteen analysointiin (Heinänen 2006).

Kennomittarit

Kennomittarit perustuvat katalyyttiseen polttoon tai kemialliseen reaktioon, eivätkä ne yleensä sovi varsinaisiin VOC-päästömittauksiin epätarkkuutensa vuoksi. Kennoja käytetään kuitenkin paljon pitoisuusvalvontaan, jossa niiden tarkkuus voi olla riittävä (Heinänen 2006).

Kertonäytteenotto ja analysointi

Kertonäytteenotto tarkoittaa mittausmenetelmää, jossa poistokaasuvirrasta imetään näyte sopivaan väliaineeseen ja analysoidaan näyte myöhemmin laboratorioissa. Mittattavista VOC-komponenteista riippuen kertonäytteenottoon käytetään yleisimmin adsorptiomenetelmiä, absorptiomenetelmiä tai näytteenottopusseja. Myös lauhduttusta käytetään joskus korkealla kiehuvien yhdisteiden näytteenottoon (Heinänen 2006).

Adsorptio aktiivihilleen tai Tenax GC -polymeeriin soveltuu useimmille tavallisille liuottimille. Sorbentti desorboidaan joko termisesti tai uuttamalla, ja haihtuvat yhdisteet analysoidaan kaasukromatografilla. Yksittäisiä liuotainekomponentteja on myös mahdollista tunnistaa kaasukromatografiin liitettyllä massaspektrometrilla (GC/MS). Yleensä liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä VOC-komponentit ovat tunnettuja esim. painovärien, maalin ja käytettyjen ohenteiden koostumuksen perusteella (Heinänen 2006).

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus SYKE			Julkaisu-aika Kesäkuu 2008
Tekijä(t)	Antson Heli, Hakala Irina, Karjalainen Anneli, Koivula Krister, Gyllenberg Pirjo, Hirvikallio Hilikka, Lahti Jarmo, Soljamo Kari, Silvo Kimmo, Silander Sirpa, Tikkanen Seppo ja Villikka Jaana			
Julkaisun nimi	Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 23/2008			
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös Internetistä http://www.ymparisto.fi/julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Tähän BAT-raporttiin on koottu tietoa parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) mukaisista liuottimia käyttävän pintakäsittelyn prosesseista ja keinoista päästöjen rajoittamiseen ja hallintaan. Liuottimia käyttävän pintakäsittelyn tärkeimmät ympäristövaikutukset liittyvät VOC-yhdisteiden päästöihin ilmaan ja jätevesiin, syntyviin jätteisiin, maaperän ja pohjaveden suojeleluun sekä meluun.</p> <p>Tässä selvityksessä on keskitytty pieniin ja keskisuuriin laitoksiin. Julkaisussa kerrotaan muun muassa liuottimia käyttävän pintakäsittelyn toimintojen lainsäädännöllisestä taustasta, menetelmistä VOC-päästöjen rajoittamiseen ja hallintaan. Raportissa on kuvattu erityisesti maalauksen ja painatuksen toimintojen BAT-tekniikoita ja menetelmiä, mutta sitä voidaan käyttää soveltuvin osin hyväksi myös muiden orgaanisia liuottimia ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä käyttävien toimintojen VOC-päästöjen rajoittamisessa.</p> <p>Selvitys on tarkoitettu toiminnanharjoittajille, ympäristölupa- ja valvontaviranomaisille sekä muille toimialasta kiinnostuneille parhaan käytettävissä olevan tekniikan vertailuinformaatioksi.</p>			
Asiasanat	paras käytettävissä oleva tekniikka, BAT, VOC, VOC-asetus, liuotinkäyttö, pintakäsittely, ympäristölupa			
Rahoittaja/ toimeksiantaja				
	ISBN 978-952-11-3137-0 (nid.)	ISBN 978-952-11-3138-7 (PDF)	ISSN 1238-7312 (pain.)	ISSN 1796-1637 (verkkoj.)
	Sivuja 110	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis. alv 8 %) 12,50 €
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, PL 800, 00043 Edita, vaihe 020 450 00 Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, telefax 020 450 2380 Sähköposti: asiakaspalvelu@edita.fi, www.edita.fi/netmarket			
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus SYKE, PL 140, 00251 Helsinki Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.ymparisto.fi/syke			
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2008			

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral SYKE			Datum Juni 2008
Författare	Antson Heli, Hakala Irina, Karjalainen Anneli, Koivula Krister, Gyllenberg Pirjo, Hirvikallio Hilikka, Lahti Jarmo, Soljamo Kari, Silvo Kimmo, Silander Sirpa, Tikkanen Seppo och Villikka Jaana			
Publikationens titel	Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) liuottimia käytävässä pintakäsittelyssä (Bästa tillgängliga teknik i ytbehandlingsprocesser där lösningsmedel används)			
Publikationsserie och nummer	Miljö i Finland 23/2008			
Publikationens tema	Miljövård			
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig också på internet http://www.ymparisto.fi/julkaisut			
Sammandrag	<p>I denna BAT-rapport sammanfattas information om processer och medel förenliga med bästa tillgängliga teknik (BAT) för att begränsa och kontrollera utsläpp från ytbehandling med lösningsmedel. De ur miljövårdssynpunkt viktigaste miljöeffekterna av ytbehandling med lösningsmedel är utsläpp i luft och avlopp (av VOC-föreningar) samt det avfall som uppkommer. Andra viktiga miljöskyddsaspekter är skydd om mark och grundvatten samt buller.</p> <p>I denna rapport behandlas små och medelstora anläggningar. Rapporten beskriver bland annat den lagstiftning som reglerar ytbehandlingsprocesser, metoder för att begränsa och hantera VOC-utsläpp med särskild fokus på att beskriva BAT-tekniker och metoder för måleri och den grafiska industrin. Informationen kan även tillämpas för att begränsa VOC-utsläpp från annan verksamhet där organiska lösningsmedel och flyktiga organiska föreningar används.</p> <p>Rapporten är avsedd som jämförelsematerial för finska verksamhetsutövare, tillsyns- och tillståndsmyndigheter samt andra intresserade av BAT för ytbehandlingsprocesser med lösningsmedel.</p>			
Nyckelord	bästa tillgängliga teknik, BAT, VOC, VOC-förordning, användning av lösningsmedel, ytbehandling, miljö tillstånd			
Finansiär/ uppdragsgivare				
	ISBN 978-952-11-3137-0 (hft.)	ISBN 978-952-11-3138-7 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 110	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) 12,50 €
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Ab, PB 800, 00043 EDITA Tel: växel 020 450 00, kundtjänst 020 450 05, telefax 020 450 2380 Epost: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, www.edita.fi/netmarket			
Förläggare	Finlands miljöcentral SYKE, PB 140, 00251 Helsingfors Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.miljo.fi/syke			
Tryckeri/tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2008			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute SYKE			<i>Date</i> June 2008
<i>Author(s)</i>	Antson Heli, Hakala Irina, Karjalainen Anneli, Koivula Krister, Gyllenberg Pirjo, Hirvikallio Hilikka, Lahti Jarmo, Soljamo Kari, Silvo Kimmo, Silander Sirpa, Tikkanen Seppo and Villikka Jaana			
<i>Title of publication</i>	Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä (Best available techniques (BAT) in surface treatment processes using solvents)			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 23/2008			
<i>Theme of publication</i>	Environmental protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	This publication is also available on the Internet http://www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>This BAT-report describes the best available techniques (BAT) and methods for surface treatment processes using solvents and the means to reduce and control the emissions and discharges of the operation. The main environmental effects of surface treatment processes using solvents are VOC-emissions to air and waste water discharges. Wastes, the protection of soil and groundwater and noise prevention are other significant environmental aspects.</p> <p>This report focuses mainly on small and medium sized industry. The report describes inter alia the legal background and means to reduce and control VOC-emissions. In particular, it describes the BAT-related techniques and methods used in painting processes and printing industry. However, the report can also be applied to reduction of VOC-emissions from other activities that use organic solvents and volatile organic compounds.</p> <p>The report is intended to be used as reference information for best available techniques by Finnish operators, environmental permit and supervisory authorities and the public interested in surface treatment processes using solvents.</p>			
<i>Keywords</i>	best available techniques, BAT, VOC, VOC-regulation, solvent use, surface treatment, environmental permit			
<i>Financier/ commissioner</i>				
	ISBN 978-952-11-3137-0 (pbk.)	ISBN 978-952-11-3138-7 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 110	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> 12,50 €
<i>For sale at/ distributor</i>	Edita Publishing Ltd, PB 800, 00043 EDITA Phone: Operator +358 20 450 00, Customer service +358 20 450 05, Fax +358 20 450 2380 Email: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi , www.edita.fi/netmarket			
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute SYKE, P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.environment.fi/syke			
<i>Printing place and year</i>	Edita Prima Ltd, Helsinki 2008			

Tähän BAT-raporttiin on koottu tietoa parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) mukaisista liuottimia käyttävän pintakäsittelyn prosesseista ja keinoista päästöjen rajoittamiseen ja hallintaan. Liuottimia käyttävän pintakäsittelyn tärkeimmät ympäristövaikutukset liittyvät VOC-yhdisteiden päästöihin ilmaan ja jätevesiin, jätteisiin, maaperän ja pohjaveden suojeluun sekä meluun.

Selvitys on tarkoitettu toiminnanharjoittajille, ympäristölupa- ja valvontaviranomaisille sekä muille toimialasta kiinnostuneille parhaan käytettävissä olevan tekniikan vertailuinformaatioksi.



SYKE

Myynti: Edita Publishing Oy
PL 800, 00043 EDITA
Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380
Edita-kirjakauppa Helsingissä:
Antinkatu 1, puh. 020 450 2566

ISBN 978-952-11-3137-0 (nid.)

ISBN 978-952-11-3138-7 (PDF)

ISSN 1238-7312 (pain.)

ISSN 1796-1637 (verkkoj.)