



# Kemikaalit ja työ

Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä



Työterveyslaitos

# Kemikaalit ja työ

## Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä

### Valmisteluryhmä

Harri Vainio

Jyrki Liesivuori

Marika Lehtola

Kimmo Louekari

Kerstin Engström

Timo Kauppinen

Kari Kurppa

Hannu Riipinen

Kai Savolainen

Antti Tossavainen

Työterveyslaitos  
TTL-Kirjakauppa  
Topeliuksenkatu 41 a A  
00250 Helsinki  
puhelin 030 474 2543  
faksi (09) 477 5071  
[www.ttl.fi/kirjakauppa](http://www.ttl.fi/kirjakauppa)

© 2005 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Toimitus: Rauni Pietiläinen  
Taitto: Jonna Junttila  
Kannen kuva: Juha Laitinen

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/1961, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

ISBN 951-802-636-X (painettu)  
ISBN 951-802-645-9 (PDF)

Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala

# ESIPUHE

Vuonna 2003 hyväksytyyn hallitusohjelman mukaisesti Suomeen laaditaan kansallinen kemikaaliohjelma. Työterveyslaitos (TTL) on valmistellut sosiaali- ja terveysministeriön toimeksiannosta tämän selvityksen työympäristössä esiintyvistä kemiallisista altisteista ja riskeistä. Selvitykseen sisältyvät sellaiset kemikaalit ja kemikaaliryhmät, jotka haitallisten ominaisuuksiensa, ammattitautirekisterin tai korkeiden altistumistasojen perusteella aiheuttavat tai voivat aiheuttaa työperäisiä sairauksia ja selvää työhyvinvoinnin heikkenemistä. Selvitys sisältää suosituksia toimenpiteistä, joita Työterveyslaitoksen mielestä tulisi harkita päättäessä kansallisen kemikaaliohjelman sisällöstä.

Työterveyslaitoksen johtoryhmä nimesi selvitystä koordinoimaan valmisteluryhmän, johon kuuluivat Harri Vainio puheenjohtajana, Jyrki Liesivuori, Kerstin Engström, Timo Kauppinen, Kari Kurppa, Hannu Riipinen, Kai Savolainen ja Antti Tossavainen sekä Marika Lehtola ja Kimmo Louekari sihteerinä. Valmisteluryhmä vastaa ohjelman yhteenvedosta ja suosituksista. Selvitys on tehty osana Työympäristö 2005 -toimintaohjelmaa.

Selvitys sisältää kemikaaliryhmittäin yhteenvedot käytöstä, altistumisesta ja terveyshaitoista sekä toimenpide-ehdotuksia. Kunkin luvun valmistelusta ovat vastanneet valmisteluryhmän nimeämät asiantuntijat. Yhteenvedojen pohjana ovat olleet mm. ammattitautirekisteri, altistumistietoja sisältävä FINJEM-altistumistietokanta, STTV:n tilastot kemikaalien käyttömääristä sekä TTL:n asiantuntijoiden perusteelliset tiedot omalta erikoisalaltaan. Selvitystä varten tehtiin kyselyt työsuojelun valvonnasta ja työterveyshuollosta vastaaville, ja kyselytulosten yhteenvedot esitetään tässä julkaisussa.

Selvitystä laadittaessa on vahvistunut käsitys, että kemikaalien aiheuttamat työperäiset haitat ovat edelleen merkittävät. On joukko kemikaaleja, joille altistuminen on vähentynyt ja välittömien terveysvaikutusten, esimerkiksi akuuttien myrkytysten, vaara on pienentynyt. Kuitenkin kemikaalit aiheuttavat edelleen enemmän ammattitauteja kuin muut työympäristön häirttekijät. Huomiota kiinnittää myös se, että kemikaalien käyttömäärä ja altistuneiden määrä on kasvanut. Lisäksi maahan tuodaan runsaasti kemikaaleja, joiden koostumuksesta ja terveysvaikutuksista ei ole riittävää tietoa. Ihon ja hengitysteiden herkistymistä aiheuttavat aineet ovat esimerkiksi sellaisista aineryhmistä, joista sekä yrityksillä että viranomaisille tulee olla nykyistä paremmat tiedot onnistuneen riskien hallinnan pohjaksi. Niin ikään työperäinen kemikaalialtistuminen on osasy lisääntymisriskien heikkenemisessä ja syöpäsairastavuudessa, mutta tarvitaan tutkimustietoa, jotta syy-yhteydet ja tehokkaimmat ennaltaehkäisykeinot voidaan tunnistaa.

Kiitämme asiantuntijoita varsinaisten tekstiosuuksien kirjoittamisesta. Tähän työhön on käytetty lähes 200 henkilötyöviikkoa. Marika Lehtola on koordinoanut selvityksen kokoamistyötä ja osallistunut Rauni Pietiläisen kanssa julkaisun toimittamiseen, mistä lausumme heille kiitokset. Työn tuloksena on syntynyt ajantasainen ja kattava esitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Toivomme, että sekä työsuojelun ammattihenkilöt, viranomaiset että yritykset havaitsevat selvityksen hyväksi tiedonlähteeksi. Tämä julkaisu on saatavissa myös Työterveyslaitoksen internet-sivustolta <http://www.ttl.fi/kemikaaliohjelma>.

Työterveyslaitos luovuttaa kunnioittavasti selvityksen sosiaali- ja terveysministeriön käyttöön kansallisen kemikaaliohjelman valmistelussa käytettäväksi.

Helsingissä, syyskuussa 2005

Selvityksen valmisteluryhmä



# Sisältö

<b>Yhteenvedo Työterveyslaitoksen selvityksestä kansallista kemikaaliohjelmata varten.....</b>	<b>13</b>
Kemikaalien valmistus ja käyttö.....	13
Altistuminen työssä.....	13
Terveyshaitat .....	14
Riskien hallinta.....	14
<b>Työterveyslaitoksen suositukset kansallista kemikaaliohjelmata varten.....</b>	<b>16</b>
Yleiset suositukset kemikaaliohjelmata .....	16
1. Kemikaaliriskien hallinta työpaikoilla .....	16
2. Kemikaalien terveysvaikutusten ennaltaehkäisy .....	16
3. Työperäisen kemikaaleille altistumisen kartoitus- ja seurantajärjestelmä .....	16
4. Eettiset näkökohdat työssä tapahtuvassa kemikaaleille altistumisessa .....	16
Suositukset keskeisille toimijoille.....	17
Viranomaiset .....	17
Yritykset ja työterveyshuolto.....	17
Asiantuntijalaitokset .....	18
<b>Kemikalier och arbete .....</b>	<b>19</b>
– Institutet för arbetshygiens rapport till nationella kemikalieprogram .....	19
Rekommendationer .....	19
<b>Chemicals at work .....</b>	<b>21</b>
– Report of the Finnish Institute of Occupational Health for the National Programme on Chemical Safety .....	21
Recommendations .....	21
<b>Lausunnon kirjoittamiseen osallistuneet .....</b>	<b>23</b>
<b>1 Johdanto.....</b>	<b>26</b>
Lähteitä .....	29
<b>2 Työperäinen sairastuvuus Suomessa.....</b>	<b>30</b>
2.1 Johdanto .....	30
2.2 Työhön liittyyvä sairastuvuus ja kuolleisuus .....	30
2.3 Kemiallisen työssä altistumisen aiheuttamat ammattitaudit .....	31
2.4 Kemialliseen työssä altistumiseen liittyvät koetut terveyshaitat.....	33
Lähteitä .....	34
<b>3 Kehityssuunnat.....</b>	<b>35</b>
3.1 Kemiallisen työssä altistumisen kehityssuunnat.....	35
3.2 Kemiallisten ammattitautien ja työhön liittyvien sairauksien kehityssuunnat .....	38
3.3 Koettujen kemiallisten terveyshaittojen kehityssuunnat .....	40
3.4 Kemialliseen työaltistumiseen ja sen haittoihin liittyvän indikaattorijärjestelmän kehittäminen .....	41
Lähteitä .....	42

<b>4 Käytössä olevia kemikaaleja .....</b>	<b>43</b>
4.1 Kvartipöly .....	43
Käyttö ja esiintyminen.....	43
Altistuminen työssä.....	43
Terveyshaitat .....	44
Riskien hallinta.....	45
Lähteitä .....	45
4.2 Teolliset mineraalikulidut .....	46
Käyttö ja esiintyminen.....	46
Altistuminen työssä.....	46
Terveyshaitat .....	46
Riskien hallinta.....	48
Suositukset .....	48
Lähteitä .....	48
4.3 Orgaaniset pölyt .....	49
Käyttöalat ja -tavat .....	49
Altistuminen työssä.....	49
Vaaraominaisuudet ja terveyshaitat .....	52
Riskien hallinta .....	52
Lähteitä .....	53
4.4 Puupöly .....	54
Puun käyttö ja käyttömäärät .....	54
Altistuminen työssä.....	55
Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat .....	57
Riskien hallinta.....	58
Lähteet .....	60
4.5 Metallit .....	62
4.5.1 Alumiini .....	62
Käyttö ja esiintyminen.....	62
Altistuminen työssä.....	62
Terveyshaitat .....	63
Riskien hallinta .....	63
Lähteitä .....	63
4.5.2 Arseeni.....	64
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	64
Altistuminen työssä.....	64
Terveyshaitat .....	67
Riskien hallinta .....	68
Lähteitä .....	68
4.5.3 Elohopea.....	69
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	69
Altistuminen työssä.....	70
Terveyshaitat .....	71
Riskien hallinta .....	72
Lähteitä .....	72
4.5.4 Kadmium .....	73
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	73
Altistuminen työssä.....	74
Terveyshaitat .....	74
Riskien hallinta.....	74
Lähteitä .....	75
4.5.5 Koboltti .....	76
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	76
Altistuminen työssä.....	77
Terveyshaitat .....	77
Riskien hallinta.....	78
Lähteitä .....	78
4.5.6 Kromi .....	79
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	79
Altistuminen työssä.....	80
Terveyshaitat .....	81
Riskien hallinta.....	82
Lähteitä .....	83

4.5.7 Lyijy .....	84
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	84
Altistuminen työssä.....	84
Terveyshaitat .....	86
Riskien hallinta .....	86
Lähteitä .....	86
4.5.8 Mangaani .....	87
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	87
Altistuminen työssä.....	88
Terveyshaitat .....	88
Riskien hallinta.....	89
Lähteitä .....	89
4.5.9. Nikkeli .....	90
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	90
Altistuminen työssä.....	91
Terveyshaitat .....	91
Riskien hallinta.....	92
Lähteitä .....	92
4.5.10 Sinkki .....	93
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	93
Altistuminen työssä.....	94
Terveyshaitat .....	94
Riskien hallinta .....	94
Lähteitä .....	95
4.5.11 Suositukset metalleille altistumisen vähentämiseen .....	95
<b>4.6 Organiset liuottimet ja moottoripolttoaineet .....</b>	<b>97</b>
Yleistä .....	97
Valmistus ja käyttö.....	97
Altistuminen työssä.....	99
Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat .....	106
Riskien hallinta.....	107
Suositukset .....	109
Lähteitä .....	110
<b>4.7 Styreeni.....</b>	<b>112</b>
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	112
Altistuminen työssä.....	112
Terveyshaitat .....	113
Riskien hallinta.....	114
Lähteitä .....	114
<b>4.8 Muovit ja lämpöhajoaminen .....</b>	<b>116</b>
Yleistä lämpöhajoamisesta ja lämpöhajoamistuotteista .....	116
Altistuminen työssä.....	116
Muovituotteiden työstö.....	116
Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat .....	119
Riskien hallinta.....	119
Suositukset .....	119
Lähteitä .....	120
<b>4.9 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt .....</b>	<b>121</b>
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	121
Altistuminen .....	121
Terveyshaitat .....	123
Riskien hallinta .....	124
Suositukset .....	125
Lähteitä .....	125
<b>4.10 Kaasumaisia yhdisteitä.....</b>	<b>127</b>
4.10.1 Haihtuvat rikkiyhdisteet .....	127
Esiintyminen ja käyttöalat .....	127
Altistuminen työssä.....	128
Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat .....	129
Riskien hallinta.....	131
Lähteitä .....	131



4.10.2 Kloori ja klooridioksidi.....	132
Tärkeimmät käyttöalat ja -tavat.....	132
Altistuminen työssä.....	132
Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat .....	134
Riskien hallinta.....	134
Lähteitä .....	135
4.10.3 Otsoni.....	136
Esiintyminen ja käyttöalat .....	136
Altistuminen työssä.....	137
Terveysvaikutukset.....	138
Riskien hallinta.....	139
Suosituksset .....	139
Lähteitä .....	139
4.10.4 Hiilimonoksidi.....	140
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	140
Altistuminen työssä ja riskien hallinta .....	141
Terveyshaitat .....	143
Riskien hallinta.....	143
Lähteitä .....	143
4.10.5 Typen oksidit.....	144
Esiintyminen ja käyttöalat .....	144
Altistuminen työssä.....	144
Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat .....	145
Riskien hallinta.....	145
Lähteitä .....	146
4.11 Hengitystieherkistäjät .....	147
4.11.1 Formaldehydi.....	147
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	147
Altistuminen työssä.....	147
Terveyshaitat .....	149
Riskien hallinta .....	149
Suosituksset .....	149
Lähteitä .....	149
4.11.2 Hapooanhydritit.....	150
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	150
Hartsit ja maalit .....	151
Altistuminen työssä.....	151
Terveyshaitat .....	153
Riskien hallinta.....	154
Suosituksset.....	154
Lähteitä .....	155
4.11.3 Isosyanaatit.....	156
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	156
Altistuminen työssä.....	156
Terveyshaitat .....	158
Riskien hallinta.....	159
Suosituksset .....	159
Lähteitä .....	160
4.12 Ihoa herkistävät aineet .....	161
4.12.1 Allergisen ihottuman syntymekanismit ja työperäiset aiheuttajat.....	161
Allerginen kosketusihottuma .....	161
Allerginen kosketusurtikaria .....	161
4.12.2 Akrylaatit ja metakrylaatit .....	163
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	163
Altistuminen työssä.....	164
Terveyshaitat .....	164
Riskien hallinta.....	165
Suosituksset .....	166
Lähteitä .....	166
4.12.3 Epoksihartsit, reaktiiviset ohenteet ja kovettimet .....	167
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	167
Altistuminen työssä.....	168
Terveyshaitat .....	168
Riskien hallinta.....	169
Suosituksset .....	169
Lähteitä .....	169

4.12.4. Kumi ja kumikemikaalit.....	170
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	170
Altistuminen työssä.....	171
Terveysvaikutukset.....	171
Riskien hallinta.....	173
Suositukset.....	173
Lähteitä.....	174
<b>4.13 Eräitä syöpää aiheuttavia ja lisääntymiselle vaarallisia kemikaaleja .....</b>	<b>175</b>
Johdanto .....	175
4.13.1 Ympäristön tupakansavu.....	177
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	177
Altistuminen työssä.....	177
Syöpävaarallisuus ja vaikutukset lisääntymisterveyteen .....	177
Riskien hallinta.....	178
Lähteitä .....	178
4.13.2 Bentseeni.....	179
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	179
Altistuminen työssä.....	179
Bentseenin syöpävaarallisuus .....	180
Riskien hallinta.....	180
Lähteitä .....	181
4.13.3 Akryyliamidi .....	182
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	182
Altistuminen työssä.....	182
Akryyliamidin syöpä- ja lisääntymisvaarallisuus .....	182
Riskien hallinta.....	182
Lähteitä .....	183
4.13.4 1,3-Butadieeni .....	183
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	183
Altistuminen työssä.....	184
1,3-Butadieenin syöpävaarallisuus .....	184
Riskien hallinta.....	184
Lähteitä .....	184
4.13.5 Hydratsiini .....	185
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	185
Altistuminen työssä.....	185
Hydratsiinin syöpävaarallisuus.....	185
Riskien hallinta.....	185
Lähteitä .....	186
4.13.6 Akryylinitriili.....	186
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	186
Altistuminen työssä.....	186
Akryylinitriilin syöpävaarallisuus .....	186
Riskien hallinta.....	187
Lähteitä .....	187
4.13.7 Solunsalpaajat .....	187
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	187
Altistuminen työssä.....	188
Solunsalpaajien syöpävaarallisuus .....	188
Riskien hallinta.....	189
Lähteitä .....	189
4.13.8 Karsinogeeniset epoksidit.....	189
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	189
Altistuminen työssä.....	190
Epoksidien syöpä- ja lisääntymisvaarallisuus .....	190
Riskien hallinta.....	190
Lähteitä .....	191
4.13.9 Vinyylikloridi .....	191
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	191
Altistuminen työssä.....	191
Vinyylikloridin syöpävaarallisuus .....	192
Riskien hallinta.....	192
Lähteitä .....	192

4.13.10 Karsinogeenisiksi epäillyt klooratut hiilivetyliuottimet .....	193
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	193
Altistuminen työssä.....	194
Kloorattujen hiilivetyliuottimien syöpävaarallisuus.....	195
Riskien hallinta.....	195
Lähteitä .....	196
4.13.11 Lisääntymiselle vaaralliset ftalaatit (dietyyliheksyyliftalaatti ja dibutyyliftalaatti) .....	196
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	196
Altistuminen työssä.....	197
DBP:n ja DEHP:n lisääntymisvaarallisuus .....	197
Riskien hallinta.....	197
Lähteitä .....	198
4.13.12 Lisääntymisterveydelle haitalliset glykolieetterit ja niiden asetaatit .....	198
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	198
Altistuminen työssä.....	199
Glykolieettereiden lisääntymisvaarallisuus .....	200
Riskien hallinta.....	200
Lähteitä .....	200
4.13.13 Anestesiakaasut .....	201
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	201
Altistuminen työssä.....	201
Anestesiakaasujen vaikutukset lisääntymisterveyteen .....	201
Riskien hallinta.....	201
Lähteitä .....	202
4.13.14 Rikkihiili.....	202
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	202
Altistuminen työssä.....	202
Rikkihiilen vaikutukset lisääntymisterveyteen .....	203
Riskien hallinta.....	203
Lähteitä .....	204
4.13.15 Boorihappo ja boraatit.....	204
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	204
Altistuminen työssä.....	204
Boorihapon ja boraattien lisääntymisvaarallisuus .....	204
Riskien hallinta.....	205
Lähteitä .....	205
4.13.16 Formamidi, n-dimetyyliformamidi ja n-metyyli-2-pyrrolidoni .....	205
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	205
Altistuminen työssä.....	205
Formamidin, n,n-dimetyyliformamidin ja n-metyyli-2-pyrrolidonin lisääntymisvaarallisuus .....	206
Riskien hallinta .....	206
Lähteitä .....	206
4.13.17 Yleiset suositukset: syöpää aiheuttavat ja lisääntymiselle vaaralliset kemikaalit.....	207
Yhteenvedo käytössä olevista kemikaaleista (taulukko I A ja I B).....	209

## **5 Tuotteita.....232**

5.1 Biosidit.....	232
Käyttö ja esiintyminen työssä.....	232
Altistuminen työssä.....	234
Terveyshaitat .....	234
Riskien hallinta.....	235
Lähteitä .....	235
5.2 Leikkuunesteet .....	237
Käyttö ja esiintyminen.....	237
Altistuminen työssä.....	237
Terveyshaitat .....	238
Riskien hallinta.....	238
Lähteitä .....	239

5.3	Torjunta-aineet .....	240
	Tuotanto ja käyttö .....	240
	Altistuminen työssä.....	241
	Terveyshaitat .....	242
	Ammattitaudit ja työtapaturmat .....	243
	Riskien hallinta.....	243
	Kehitysnäkymät.....	244
	Lähteitä .....	244
5.4	Pesuaineet.....	245
	Käyttö.....	245
	Altistuminen työssä.....	245
	Terveyshaitat .....	248
	Riskien hallinta.....	249
	Lähteitä .....	249
5.5	Tekstiili- ja nahkatuotteet .....	251
	Tekstiilit .....	251
	Tekstiilivärit .....	251
	Viimeistysaineet .....	252
	Nahkatuotteet.....	253
	Ammattitaudit ja työhygieeniset selvitykset .....	253
	Suosituksset .....	253
	Lähteitä .....	254
5.6	Kolikot, työkalut, muut esineet (nikkeli).....	255
	Käyttö ja esiintyminen työssä.....	255
	Altistuminen työssä.....	255
	Terveyshaitat .....	257
	Riskien hallinta.....	258
	Suosituksset .....	259
	Lähteitä .....	259
	Yhteenveto tuotteista (taulukko II A ja II B) .....	261
<b>6</b>	<b>Käytöstä poistetut kemikaalit ja niistä vapautuvat yhdisteet .....</b>	<b>266</b>
6.1	Asbesti.....	266
	Käyttö ja esiintyminen.....	266
	Altistuminen työssä.....	266
	Terveyshaitat .....	268
	Riskien hallinta.....	269
	Suosituksset .....	269
	Lähteitä .....	269
6.2	Kloorifenolit.....	271
	Käyttö ja esiintyminen työssä.....	271
	Altistuminen työssä.....	271
	Terveyshaitat .....	272
	Riskien hallinta.....	272
	Lähteitä .....	272
6.3	Polyklooratut bifenyylit, PCB.....	274
	Käyttö ja esiintyminen työssä.....	274
	Altistuminen työssä.....	274
	Terveyshaitat .....	276
	Riskien hallinta .....	277
	Suosituksset .....	277
	Lähteitä .....	277
6.4	Polyklooratut dibentso- <i>p</i> -dioksiinit ja polyklooratut dibentsofuraanit, PCDD/F .....	279
	Käyttö ja esiintyminen työssä.....	279
	Altistuminen työssä.....	279
	Terveyshaitat .....	280
	Riskien hallinta .....	281
	Suosituksset .....	281
	Lähteitä .....	282
	Yhteenveto käytöstä poistetuista kemikaaleista (taulukko III A ja III B) .....	283

<b>7 Kemikaalijätteiden käsittely .....</b>	<b>286</b>
Kemikaaleilla saastuneiden maamassojen käsittely .....	286
Haitta-aineet ja altistuminen .....	286
Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely .....	287
Raskasmetalleja sisältävien akkujen, paristojen ja lamppujen käsittely .....	288
PCB-pitoiset kondensaattorit ja PCB-pitoinen saumaussmassajäte .....	288
Kyllästetyn puutavaran kierrätys .....	288
Liuottimien uudelleenkäyttö ja jäteöljyt .....	288
Suositukset .....	289
Lähteitä .....	289
<b>8 Korvausperiaatteen toteutuminen .....</b>	<b>290</b>
Korvaamisen periaatteet .....	290
Korvaaminen käytännössä .....	290
Korvausperiaatteen toteutuminen työpaikoilla .....	291
Lähteitä .....	293
<b>9 Riskien hallinta eri tasoilla .....</b>	<b>294</b>
9.1 Riskien hallinta työpaikoilla .....	294
Työsuojelupiirin näkemys työpaikkojen riskien hallinnasta .....	294
Tiedon saanti työpaikalla .....	296
Lainsäädännön vaikutus altistumiseen .....	296
Kemikaalien hallinta pienyrityksissä .....	297
Riskinarviointi työpaikoilla .....	298
Lähteitä .....	300
9.2 Työterveyshuollon toiminta ja kemialliset tekijät .....	301
Johdanto .....	301
Kemikaaliohjelman kyselyn tavoitteet .....	301
Kyselyn aineisto, menetelmät ja luotettavuus .....	301
Kyselyn tuloksia .....	302
Vertailu muihin tutkimuksiin .....	306
Johtopäätökset ja suositukset .....	309
Lähteitä .....	309
9.3 Työsuojelupiirien toiminta kemikaaliasioissa .....	310
Yleistä työsuojelupiirien toiminnasta .....	310
Kemiallisiin tekijöihin kohdistuva tarkastustoiminta .....	310
Työsuojelupiirien yhteistyökumppanit kemikaaliasioissa .....	311
Työsuojelupiirien kehittämissuhteita kemikaaliasioissa .....	312
<b>10 Riskinarvioinnin ja -hallinnan tiedonlähteet .....</b>	<b>313</b>
Johdanto .....	313
Työpaikkakohtainen kemikaaliriskien arviointi ja hallinta .....	313
Tuoterekistereiden käyttö .....	314
Verkostoituminen .....	315
Tulevaisuuden näkymiä .....	315
Loppupäätelmät .....	316
Internet-linkkejä .....	317

# Yhteenvedo Työterveyslaitoksen selvityksestä kansallista kemikaaliohjelmaa varten

Kemikaalit ovat edelleen merkittävä terveysuhka ja suurin ammattitauteja aiheuttava tekijä työpaikoilla. Yli puolet työssä käyvistä eli yli miljoona ihmistä altistuu erilaisille pölyille, kaasuille tai muille kemiallisille aineille. Altistuneista noin puolet kokee altistumisen ainakin jossain määrin haitalliseksi, ja yli 10 % eli yli 250 000 työssä käyvää kokee melko paljon tai hyvin paljon haittaa kemiallisesta altistumisesta. Pölyt ja muut ilman epäpuhtaudet sekä iholle haitalliset kemikaalit aiheuttavat sairauksia ja oireita sekä vähentävät työviihtyvyyttä. Tulevaisuudessa työympäristön laadulla on kasvava merkitys lisääntyvässä kilpailussa työvoimasta.

## Kemikaalien valmistus ja käyttö

Kemikaaleja käytetään monilla työpaikoilla ja käyttömäärät ovat vuosien kuluessa lisääntyneet. Käytössä olevat kemikaalit ovat entistä reaktiivisempia ja tuotteet sisältävät useampia yksittäisiä yhdisteitä. Kemikaalien käyttö on merkittävää rakentamisessa ja metalliteollisuudessa sekä lisääntyy jatkuvasti polymeeriteknologian sovelluksissa. Yrityksissä otetaan käyttöön uusia kemikaaleja, joiden mahdollisista vaikutuksista terveyteen ei ole tarvittavaa tietoa.

Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskuksen (STTV) tekemän selvityksen mukaan työssä käytetään noin 30 000 kemiallista tuotetta, joissa on yhteensä 6 700 erilaista kemiallista yhdistettä. Suomessa markkinoille luovutetuissa kemikaaleissa yleisin aine lukumäärän mukaan on liuotinaine ksyleeni, jota oli noin 2 200 valmisteessa. Seuraavaksi yleisimpiä aineita ovat butyyliasettaatti 1 300 valmisteessa ja isopropanoli 1 200 valmisteessa.

## Altistuminen työssä

Altistuneiden määristä ja altistumistasoista eri toimialoilla ei ole kattavaa tietoa. Osaltaan tämä johtuu siitä, että viranomainen on asettanut vain osalle kemikaaleista ns. HTP-arvon (haitalliseksi tunnettu pitoisuus) ja ohjearvon puuttuessa mittauksia ei yleensä tehdä. Työterveyslaitoksen tietämyksen perusteella voidaan kuitenkin arvioida, että noin 40 000 työntekijää altistuu merkittävästi kemikaaleille. Heidän altistumistasonsa on yli 50 % sosiaali- ja terveysministeriön asettamasta HTP-arvosta. Altistumistasot ovat vuosien kuluessa laskeneet ainakin asbestille, raskasmetalleille ja perinteisille liuotinaineille altistuvilla.

Altistumismittausmenetelmiä on tarjolla vain osalle työssä esiintyvistä altisteista ja siten myös altistumistieto näiltä osin on puutteellista. Työhygieenisia mittauksia tehtiin vuonna 2004 noin 1 000 työpaikalla ja biomonitorointinäytteitä analysoitiin 9 000. Työterveyslaitoksen aluelaitosten tekemien työhygieenisten mittausten määrä on kuitenkin vähentynyt: yritysten tilaamia mittauksia oli vuonna 1998 yhteensä 5 800 ja vuonna 2003 enää 2 000.

Suomessa käytössä oleva järjestelmä altistumistiedon järjestelmälliseksi keräämiseksi ja työolojen kuvaamiseksi, FINJEM-altistumistietokanta, kattaa tärkeimpinä pidetyt altisteet. Tiedot saadaan erillisistä tutkimuksista tai ns. suunnatuista mittauksista yrityksissä. Yritysten tilaamat työhygieeniset mittaukset eivät kohdistu tavallisimpiin Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskuksen tuoterekisterin yhdistisiin, jolloin tiedot näille altisteille altistumisesta puuttuvat.

Altistuminen työssä on useimmiten suuruusluokaltaan moninkertaista verrattuna elinympäristössä tapahtuvaan tai ruuan mukana saatavaan altistumiseen. Lisäksi epäpuhtaudet työpaikan ilmasta imeytyvät hengitysteitse suoraan verenkiertoon. Monissa tapauksissa ihon kautta altistuminen on merkittävää.

Työterveyslaitoksen Työhygieenisten mittausten rekisterin mukaan merkittäviä yksittäisiä altisteita ovat edelleen ainakin alumiini, arseeni, lyijy, fluorivety, hähkä, otsoni ja hitsausuurut sekä koboltti ja kvartsi.

## Terveyshaitat

Työympäristön kemialliset altisteet aiheuttavat yhä harvemmin äkillisiä vakavia myrkytyksiä. Sen sijaan pitkäaikainen altistuminen kemiallisten aineiden pienillekin pitoisuuksille voi aiheuttaa kroonisia sairauksia, joiden työperäisyys on vaikea tunnistaa.

Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitetaan vuosittain noin 2 000 kemiallisten tekijöiden aiheuttamaa ammattitautitapausta eli 0,8 tapausta 1 000 työssä käyvää kohden. Suurin tautiryhmä (800–900 tapausta vuodessa) on ihotaudit, joihin kuuluvat mm. allergiset ihottumat ja ärsytysihottumat. Tärkeimpiä ihotautilien aiheuttajia ovat muovikemikaalit, maalit, lakat ja liimat, kumi ja kumikemikaalit sekä pesuaineet ja metallit (50–100 tapausta/vuosi). Eniten ammatti-ihotauteja kuitenkin aiheuttavat kasvi- tai eläinperäiset orgaaniset pölyt ja materiaalit (150 tapausta/vuosi). Yksittäisistä kemikaali-aiheuttajista yleisimmät eli nikkeli, epoksihartsit, akrylaatit ja formaldehydi aiheuttavat vuosittain kukin 10–30 allergista ihottumaa. Suurin sairastumisriski on hammashoidossa ja muussa terveydenhuoltotyössä, keittiö- ja elintarviketyössä sekä maataloustyössä. Ammatti-ihotauteihin sairastuneista noin 60 % on naisia. Monien ihottumien syytekijä jää tuntemattomaksi mm. puutteellisten tuotemerkintöjen vuoksi.

Asbesti on ylivoimaisesti eniten ammattitauteja aiheuttanut yksittäinen kemiallinen tekijä. Vuosittain asbestisairauksia ilmoitetaan noin 600 tapausta. Yli puolet näistä, 300–400 tapausta, on keuhkopussin kiinnikkeitä tai paksuuntumia (pleuraplakkeja), noin 100 asbestipölykeuhkoja ja runsas 100 syöpiä (pääasiassa keuhkosityöpiä ja keuhkopussisyöpiä). Valtaosa asbestisairauksista liittyy altistumiseen vuosikymmeniä sitten. Asbestisairauksien riskialoja ovat rakentaminen, kulkuneuvoteollisuus ja prosessiteollisuus, joilla asbestia aiemmin käytettiin yleisesti. Asbestisairaudet ovat tyypillisiä miesten ammattitauteja (98 % miehiä).

Kemikaalit aiheuttavat vuosittain 400 hengitystieallergiaa, joihin kuuluvat mm. astma, allerginen nuha ja allerginen alveoliitti (homepölykeuhko). Tärkeimmät aiheuttajat ovat jauhopölyt ja eläinperäiset altisteet. Allergisten nuhien ja astmojen osalta riskialoja ovat elintarviketyö (jauhöpölyt) ja maataloustyö (eläinpeiteelit ym.). Isosyanaatit, happoanhydritit ja akrylaatit aiheuttavat nykyisin vuosittain hengityselinallergioita alle 10 tapausta/vuosi. Puupölyt aiheuttavat vuosittain 10–20 tapausta.

Työn osuus, mukaan lukien työperäinen kemiallinen altistuminen, on arvioitu merkittäväksi työikäisen väestön kokonaissairastuvuudesta ja kuolleisuudesta. Suomen kokonaiskuolleisuudesta työn osuudeksi on arvioitu 3,7 % (6 % miehillä ja 1 % naisilla). Arvion mukaan vuonna 1996 Suomessa ilmeni 1 800 työhön liittyvää kuolemaa, joista miesten osuus oli 86 %. Kemialliset altisteet aiheuttivat arvion mukaan työkuolemista yli 1 000 ja olivat siten altisteryhmänä merkittävämpi kuin esimerkiksi työtapa- turmat. Keskeisiä työilman epäpuhtauksien aiheuttamia vakavia sairauksia olivat keuhkosityöpä ja eräät muut syövät, verenkiertoelinsairaudet sekä hengityselinsairaudet. Suomessa koko työikäisen väestön seurantalutkimuksen mukaan työn syyosuus aikuisastmassa on miehillä 29 % ja naisilla 17 %. Työssä käytettävät aineet lisäävät astmaan sairastuvuutta ja pahentavat astman oireita.

Työn on arvioitu aiheuttaneen Suomessa vuosittain noin 500 syöpätapausta, mikä on noin 2–3 % kaikista syöpätapauksista. Miehillä työperäisiä syöpiä esiintyy selvästi yleisemmin kuin naisilla: miehillä arvioitu osuus on 4 % miesten syöivistä ja naisilla alle 0,1 % naisten syöivistä. Yleisimpiä työperäisiä syöpätyyppejä ovat keuhkosityöpä ja keuhkopussin syöpä. Lisäksi työssä altistumisen tiedetään aiheuttavan myös mm. virtsarakon syöpää, leukemiaa, nenäsyöpää ja ihosyöpää.

Näkemyks työn ja terveyden välisistä suhteista on muuttumassa. Korvattavat ammattitaudit ovat vain pieni osa työperäisen sairastavuuden kokonaisuudesta. Valtaosa työn vaikutuksesta sairastuvuuteen ilmenee ”tavallisten” sairauksien lisääntymisenä ja on siten kansanterveyden kokonaisuuden kannalta merkittävää.

## Riskien hallinta

Uudet, EU-lainsäädännön mukaiset määräykset työpaikoilla tehtävistä altistumisen ja riskinarvioinneista edellyttävät yrityksen toimenpiteitä joko omin voimin tai yhteistyössä työterveyshuollon kanssa. Työsuojelupiirien arvion mukaan tällaisia arviointeja on tehty kolmasosalla työpaikoista ja puolella niistä hyvin. Työterveyshuolloille tehdyn kyselyn mukaan niiden mahdollisuuksia osallistua kemikaalien aiheuttamien terveysriskien arviointiin rajoittavat sekä voimavarat että osaaminen.

Vain alle 20 %:lla yritysten työsuojeluhenkilöstöstä on työsuojelun peruskurssia vastaava koulutus. Tämä on ollut yksi rajoittava tekijä työterveys- ja työsuojelutoiminnan paremmalle toteuttamiselle yrityksissä. Riskien hallintaa ei ole riittävästi mielletty yrityskuvaan myönteisesti vaikuttavana, keskeisenä osana yrityksen strategista johtamista.

Työsuojelupiirien arvion mukaan kemialliset tekijät ovat parhaiten hallinnassa kemikaalien, kemiallisten tuotteiden ja tekokuitujen valmistuksessa sekä massan, paperin ja paperituotteiden valmistuksessa. Puutteita riskien hallinnassa on kampaamoissa ja kauneushoitoloissa sekä metallituotteiden valmistuksessa.

Työterveyshuollolle tehtyjen kyselyjen mukaan hoitajat ja lääkärit pitävät kemiallisten, biologisten ja henkisten kuormitustekijöiden arviointia huomattavasti vaikeampana kuin tapaturmavaarojen sekä fyysikaalisten ja fyysisten kuormitustekijöiden arviointia. Työterveyshuollon vastaajat arvioivat, että yrityksissä tunnetaan kemikaaleihin liittyvät lainsäädännön velvoitteet melko hyvin.

Viranomaiset tarkastavat kemikaali-ilmoitusten (joista tulee käyttöturvallisuustiedote) merkinnät ja siitä seuraavat tekstit, mutta eivät toksikologista sisältöä ja sen asianmukaisuutta. Käyttöturvallisuustiedotteiden sisällön laatua selvittäneet tutkimukset ovat osoittaneet monia puutteita käyttöturvallisuustiedotteiden sisällöissä. Myös niiden saatavuudessa on ollut vaikeuksia. Muissa maissa tehdyissä tutkimuksissa on päädytty samankaltaisiin tuloksiin.

Käyttöturvallisuustiedotteet ovat edistäneet riskien hallintaa, mm. teknisten torjuntatoimien käyttöönottoa työpaikoilla. Riskien hallinnan eräs kulmakivi ovat HTP-arvot, joiden perusteella ilmanvaihdon riittävyttä tai muita torjuntatoimia on arvioitu. Myös automatisoinnin vähentävä vaikutus altistumiseen on ollut ilmeinen. Se on rajannut voimakkaasti altistavien työvaiheiden osuutta työajasta ja muuttanut työskentelytapaa niin, että altistumista on voitu hallita ja pienentää altistuvien lukumäärää. Vaarallisista aineista on korvattu asbestia ja myös muita ammatissa syöpäsairauden vaaraa aiheuttavia, ns. ASA-aineita. Liuotinhenteisiä tuotteita on muutettu vesiohenteisiksi. Vaikka korvaamisessa on ollut tuotteiden laatuun liittyviä ongelmia, onnistuneiden ratkaisujen määrä kasvanee huomattavasti, kun tuotekehityksessä ymmärretään nykyistä laajemmin työympäristön ja ympäristönsuojelun merkitys.

Kemikaalien aiheuttamista vaaroista tunnetaan parhaiten palo- ja räjähdysvaara sekä niiden aiheuttamat huumaavat ja ärsytysvaikutukset. Siten työpaikoilla tunnetaan kohtuullisen hyvin niihin liittyvät tekniset torjuntatoimet, kuten ilmanvaihto, muut palo- ja räjähdysvaaraan vaikuttavat tekijät sekä laitteille asetettavat vaatimukset. EU:n ATEX (atmospheres explosives) -säädösten soveltaminen on alkamassa. Asbestin yhteydessä toteutetut lainsäädännölliset toimet (asbestikielto, saneeraustyön luvanvaraisuus sekä ohjeet ja seuranta) ovat osoittautuneet tehokkaiksi.

Valtioneuvoston periaatepäätöksessä yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisesta (27.11.2003) on yksi lähivuosien kehittämisen painopistealue parantaa valmiutta äkillisten vakavien epidemioiden ja muiden kansanterveyttä vaarantavien uhkien varalta. Strategian mukaisesti sekä biologisia että kemiallisia uhkia vastaan tulee kehittää valtakunnallisia päivystysjärjestelmiä ja osaamiskeskuksia. Työterveyslaitos on nimetty vastaamaan kemiallisiin uhkiin varautumisen suunnittelusta ja niihin liittyvistä asiantuntijatehtävistä Suomessa. Työterveyslaitoksen johdolla kehitetään parhaillaan Suomeen virtuaalista ns. Vakavien kemiallisten uhkien osaamiskeskusta.

Asiantuntijoilla, mm. Työterveyslaitoksessa, on runsaasti tietoa menetelmistä ja käytännöistä, joilla työperäisiä riskejä voidaan vähentää. Eri toimijoiden yhteistyönä tämän tiedon siirtäminen työpaikoille, työterveyshuoltoon ja viranomaisille sekä tiedon soveltaminen voidaan toteuttaa nykyistä paremmin.



# Työterveyslaitoksen suositukset kansallista kemikaaliohjelmalle varten

Riskien tunnistaminen ja hallinta työpaikoilla on työolosuhteisiin liittyvän kemikaaliturvallisuuden avain. Työperäisen altistumisen arviointia ja riskinhallintaa tulee tehostaa, jotta säädökset toteutuvat ja työntekijöiden terveys ei vaarannu. Toimenpiteiden suuntaamisessa tulee ottaa huomioon myös pienet työpaikat, joiden edellytykset riskien hallintaan ovat usein vaatimattomat. Toiminnan vaikuttavuus työperäisten kemikaalihaittojen ehkäisemiseksi edellyttää, että kemikaaleista aiheutuvat riskit tunnistetaan, arvioidaan ja hallitaan työpaikoilla. Tähän tarvitaan moninaista yhteistyötä eli viranomaisten sekä yritysten ja työterveyshuollon että asiantuntijalaitosten panos.

## Yleiset suositukset kemikaaliohjelmalle

Työterveyslaitos esittää keskeisenä viestinään seuraavia asioita otettavaksi huomioon suunniteltaessa kansallisen kemikaaliohjelman toteuttamista Suomessa:

### 1. Kemikaaliriskien hallinta työpaikoilla

Useista lainsäädännön asettamista velvoitteista huolimatta kemikaaleille altistumisten ja niiden aiheuttamien terveysriskien arvioinnissa on puutteita suurimmalla osalla työpaikoista. Tämän korjaamiseksi on suunnattava voimavaroja yrityksille ja työterveyshuolloille annettavaan koulutukseen sekä tuettava erityisesti pienten yritysten riskinhallintatyötä ja tehostettava lainsäädännön valvontaa.

Terveyshaittojen torjuntatoimet tulee kohdistaa toimialoihin, joilla on muita suurempi terveysriski, kuten elintarviketeollisuus, rakennusala, siivousala ja kampaamot. Tutkimus- ja muun asiantuntijatiedon perusteella ennustetaan työperäisten sairauksien lisääntyvän esimerkiksi bio- ja nanomateriaalien käytössä, elektroniikkateollisuudessa sekä jätteiden käsittelyssä.

### 2. Kemikaalien terveysvaikutusten ennaltaehkäisy

Kemikaalit aiheuttavat suuren osan korvattavista ammattitaupeista. Ennalta ehkäisevään toimintaan on syytä panostaa torjuttaessa kaikkien kemikaalien aiheuttamia haittoja. Erityisesti tämä koskee pysyviä vaikutuksia aiheuttavia aineita, kuten herkistäviä ja syöpää aiheuttavia kemikaaleja. Ennalta ehkäiseviä toimia ovat kemikaalien merkintöjen ja käyttöturvallisuustiedotteiden luotettavuuden varmistaminen, asianmukaisten työpaikkaselvitysten tekeminen sekä työpaikoilla toteutettavat torjuntatoimet ja työterveyshuollon antama ohjaus ja neuvonta.

Lainsäädännön mukaisesti työntekijän turvallisuuden tulee olla kemiallisten tuotteiden ja prosessien sekä työtilojen suunnittelun lähtökohta. Tekniset toimenpiteet ovat ensisijaisia pyrittäessä vähentämään kemikaalialtistuminen siedettävälle tasolle.

### 3. Työperäisen kemikaaleille altistumisen kartoitus- ja seurantajärjestelmä

Työntekijöiden kemikaalialtistumisen kartoittamiseksi tulee tehdä altistumisselvityksiä työpaikoilla, joilla tyypillisesti altistutaan kemikaaleille. Altistumismittauksia tulee tehdä tarpeen mukaan altistumisen perustasojen selvittämiseksi erityyppisissä työtehtävissä. Altistumista sellaisille aineille, joita suomalaisilla työpaikoilla käytetään eniten Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskuksen tuoterekisterin mukaan, tulee selvittää erityisen huolellisesti. Työntekijöiden kemikaaleille altistumisen seuraamiseksi tulee luoda järjestelmä, joka tuottaa vertailukelpoista ja luotettavaa tietoa kemikaalien käytöstä työpaikoilla, kemikaaleille altistuvien työntekijöiden määristä sekä muutoksista työpaikoilla tapahtuvista kemikaaleille altistumisen tasoissa. Tätä tietoa tarvitaan sekä päätöksentekoon että torjuntatoimien suuntaamiseen.

### 4. Eettiset näkökohdat työssä tapahtuvassa kemikaaleille altistumisessa

Kemikaaleille altistumisen aiheuttaman hyväksyttävän riskin tulee olla samansuuruinen kaikissa altistumisissa. Tarvittavaa huomiota tulisi kiinnittää altistumiseen erityisryhmissä, kuten nuoret ja raskaana olevat.

## Suosituksat keskeisille toimijoille

Edellä mainitun lisäksi Työterveyslaitos ehdottaa keskeisille toimijoille seuraavia toimenpiteitä, joiden perusteena on osaksi käytetty kemikaalikohtaisissa kappaleissa esitettyjä suosituksia:

### Viranomaiset

- Viranomaiset suuntaavat valvontatoimiaan kemikaaleihin samalla, kun tarkastajien tietämystä kemikaaliriskeistä lisätään. Kemikaalit eivät ole pitkään aikaan olleet viranomaisten painopistealueena, eikä niihin siten ole kiinnitetty riittävästi huomiota havaittujen ongelmien ratkaisemiseksi.
- Suuri osa käyttöturvallisuustiedotteista ei ole ajan tasalla. Valvontaviranomaisille taataan voimavarat tiedotteiden sisällön ja laadun tarkastamiseksi. Voimakkaan tuotekehityksen tuloksena käyttöön tulee entistä enemmän uusia kemikaaleja, joiden luokitusta ei ole EU:ssa määritelty ja joiden vaarallisia ominaisuuksia ei välttämättä tunneta.
- Asbesti aiheuttaa edelleen merkittävän osan korvatuista ammattitaudeista. Siksi toteutetaan tehokas ja kattava asbestille altistuneiden terveysseuranta ja rekisteröinti. Valvonnan avulla on varmistettava tehokas asbestikartoitus ennen rakennusten purkutöiden tai remontoinnin aloittamista. Asbestipurkutöitä saavat tehdä vain luvan saaneet urakoijat.
- Sosiaali- ja terveysministeriö ohjaa työterveyshuollon toimintaa siten, että työterveyshuolto pystyy huolehtimaan kemikaaliriskien tunnistamisesta ja arvioinnista työpaikoilla sekä diagnosoimaan mahdolliset kemikaalien aiheuttamat sairaudet.
- Työnantajan, työsuojeluvaltuutetun, työterveyshuollon ja työsuojelupiirin yhteistoimintaa edistetään. Sosiaali- ja terveysministeriö tukee toimivaa tehtäväjakoja ohjein ja kannustamalla tietojen vaihtoon sekä tarvittaessa yhteisten tietokantojen muodostamiseen.

### Yritykset ja työterveyshuolto

- Uusista prosesseista ja kemikaaleista ei tiedetä työpaikoilla tarpeeksi niitä käyttöön otettaessa. Maahantuojat ja markkinoijat sekä laitesuunnittelijat tuottavat työ- ja kemikaalikohtaisia turvallisuusohjeita sekä tehostavat loppukäyttäjien koulutusta.
- Työnantajat arvioivat nykyistä kattavammin kemikaaliriskejä työpaikkakohtaisesti, kuten säädökset edellyttävät. Kemikaaliriskeiden vähentämisen keinot hallitaan työpaikoilla sekä välitetään ohjeet ja tiedot työntekijöille oikeassa ja ymmärrettävässä muodossa. Yritykset lisäävät yhteistyössä työterveyshuollon kanssa kemikaalitietoisuutta työpaikoilla.
- Työterveyshuollon asiantuntemusta kemikaalien terveyshaitoista parannetaan, jotta se voi kiinnittää enemmän huomiota kemikaalien terveysvaaroihin, aktivoida työnantajia altistumisen vähentämiseen, ennalta ehkäiseviin ja korjaaviin toimenpiteisiin sekä seurata toimenpide-ehdotusten toteutumista.
- Työhygieenisten mittausten ja biomonitoroinnin määrää lisätään, jotta toimenpiteet työpaikoilla ja työterveyshuollossa voidaan perustaa luotettavaan altistumistietoon. Asiantuntijoiden arvioinneilla ja mallinnuksella on oma merkityksensä, mutta ne eivät voi kokonaan korvata mittaamalla saatua tietoa altistumisesta.
- Työterveyshuolto huolehtii työntekijöiden kemikaalialtistumisten monitoroinnista siten, että työntekijöiden oikeus erityisäitiyspäivärahaan voidaan luotettavasti selvittää.
- Ihon ja hengitysteiden herkistymiset sekä tulehdukset ovat suurin ammattitautiryhmä. Jotta työntekijän altistuminen voidaan estää, kiinnitetään huomiota allergeenien pientenkin määrien esiintymiseen tuotteissa. Näiden tuotteiden merkintöjä sekä käyttö- ja suojautumisohjeita selkeytetään edelleen.
- Pientyöpaikkojen (esim. kampaamot, autokorjaamot ja metalliverstaat) kemikaaliriskeiden vähentämiseksi etsitään uusia keinoja ja lähestymistapoja, joilla voidaan vähentää kemikaalien aiheuttamia terveydellisiä haittoja. Käyttöturvallisuustiedote saadaan pakolliseksi myös ammattikäytössä oleville kosmeettisille valmisteille ja muille kulutustuotteille silloin, kun ne sisältävät terveydelle vaarallisia aineita.

- Kemikaalien käyttöä ja altistumisia tutkitaan erityisesti sellaisilla aloilla, joiden altisteet ovat myös yleisessä käytössä, kuten pesuaineet, kosmetiikka ja hiusvärit.

### Asiantuntijalaitokset

- Asiantuntijalaitokset kehittävät käyttökelpoisia ja tehokkaita välineitä ja menetelmiä työpaikkakoh- taiseen riskinarviointiin ja -hallintaan, tarjoavat työhygieenisii ja muita asiantuntijapalveluja sekä välittävät tietoa eri toimijoille nykyaikaisin menetelmin.
- Suomesta puuttuu kattava kemikaalivaarojen seurantajärjestelmä. Työterveyslaitos ehdottaa, että ympäristöministeriö, Kansanterveyslaitos, Työterveyslaitos ja muut alan toimijat luovat yhteisesti kemi- kaaleille järjestelmän, jossa valtakunnallista tilannetta voidaan seurata ns. kestäväen kehityksen indi- kaattorien avulla.
- Työperäisen altistumisen merkitystä yleisten sairauksien (kuten syöpä sekä lisääntymisrveyden häi- riöt ja immuunijärjestelmän sairaudet) syntyy selvitetään. Suomessa on tähän poikkeuksellisen hyvät mahdollisuudet kattavien rekisterien vuoksi. Tutkimuslaitokset selvittävät myös kemikaalialtistumi- sesta johtuvien sairauspoissaolojen syitä ja määrää. Yleisten kemiallisten altisteiden vaikutus erityises- ti hengitystieinfektioiden aiheuttamiin sairauspoissaoloihin tutkitaan.
- Työterveyslaitoksessa on FINJEM-altistumistietojärjestelmä, jonka avulla seurataan kemiallisen altis- tumisen laajuutta ja voimakkuutta Suomessa. Tieto kerätään järjestelmään Työterveyslaitoksen työ- hygieenisistä mittauksista, mutta toistaiseksi seuranta kattaa vain noin 40 kemiallista altistetta. Yksit- täisselvityksissä ja tutkimuksissa on huomattavasti useammasta kemikaalista olemassa altistumistieto- ja, jotka saadaan FINJEM-altistumistietojärjestelmän piiriin.
- Työterveyslaitoksen johdolla kehitetään parhaillaan Suomeen virtuaalista ns. Vakavien kemiallisten uhkien osaamiskeskusta, jonka tavoite on terveydensuojelun saralla kehittää ja ylläpitää valtakunnal- lista valmiutta vastata erilaisiin C-uhkatilanteisiin. Ensivastevalmiuden luominen Työterveyslaitok- seen sekä riittävän C-analytiikkavalmiuden ylläpito on oleellinen osa tätä toimintaa. Jotta toiminta pystytään turvaamaan ja sitä kyetään kehittämään, siihen saadaan lisää voimavaroja, jotka on kirjattu sosiaali- ja terveydenhuollon toimintojen turvaamisen kehittämissohjelmaan vuosille 2006–2009.
- HTP-arvoja käytetään vähän alkuperäiseen tarkoitukseensa vertailuarvoina, koska altistumismittauk- sia tehdään vähän. Niitä käytetään usein suunnittelun lähtökohtana. HTP-arvot eivät sellaisenaan palvele riittävän hyvin uusien työtilojen ja teknisten torjuntatoimien suunnittelua ja toteutusta. HTP- arvojen rinnalle kehitetään ainekohtainen tavoitetasojärjestelmä. Asiantuntijoiden suosittelemien ta- voitetasojen lähtökohta on estää altistumisesta seuraavat terveys- ja viihtyvyyshaitat.
- Työhygienian ja toksikologian asiantuntemuksen riittävydestä ja laadusta huolehditaan tarkoituk- senmukaisella koulutuksella. REACH-asetuksen aiheuttamat velvoitteet lisäävät jatkossa yritysten ja työntekijöiden sekä muiden kansalaisten kemikaalitietoisuuden tarvetta.
- Asiantuntijalaitosten on tärkeää lisätä monialtistumisen merkityksen tutkimusta tavoitteena yhden- mukaistaa eri asiantuntija- ja viranomaistahojen välittämää tietoa erityisesti sisäilmaongelmien riskin- arvioinnissa.

# Kemikalier och arbete

## – Institutet för arbetshygiens rapport till nationella kemikalieprogram

Cirka 30 000 kemiska produkter, innehållande sammanlagt 6 700 olika kemiska föreningar används på arbetsplatser enligt en utredning utförd av Social- och hälsovårdens produkttillsynscentral. Cirka 40 000 arbetstagare exponeras för en betydlig mängd kemikalier, vars exponeringsnivå överstiger med 50 % social- och hälsovårdsministeriets tillsatta halter för kända hälsoeffekter. Damm och andra luftföroreningar samt för huden skadliga kemikalier orsakar sjukdomssymptom och nedsatt arbetstrivsel.

År 2004 utfördes yrkeshygieniska mätningar på 1 000 arbetsplatser och 9 000 biologiska prov analyserades. Antalet av Institutet för arbetshygien utförda mätningar har under senare år sjunkit. Metoder för att mäta exponeringen för enskilda exponerande ämnen som förekommer på arbetsplatser finns emellertid bara delvis att tillgå. Exponeringsnivåerna har under årens lopp sjunkit i synnerhet för asbest, tungmetaller och traditionella lösningsmedel.

Kemikalierrelaterade yrkessjukdomar är vanligare förekommande än sjukdomar orsakade av fysikaliska, biologiska eller andra orsaker. Till registret för yrkesrelaterade sjukdomar uppges årligen cirka 2 000 av kemiska faktorer orsakade yrkessjukdomsfall. Den största sjukdomsgruppen (800–900 fall/år) utgörs av hudsjukdomar, inkluderande allergiska och icke-allergiska eksem. De viktigaste kemiska faktorerna som orsakar hudsjukdomar har visat sig vara plastkemikalier, målfärger, lacker och lim, gummi och gummikemikalier samt tvättmedel och metaller (50–100 fall/år). Störst är sjukdomsriskerna inom tandvården och annat hälsovårdsarbete, köks- och livsmedelsarbete samt inom lantbruket. Av de enskilda kemiska ämnen som orsakar hudsjukdomar är de vanligaste förekommande nickel, epoxiharts, akrylater och formaldehyd med årligen 10–30 allergiska eksem per ämne. Av de insjuknade är 60 % kvinnor. Orsaken till många eksemfall går inte att påvisa, bl.a. på grund av bristfällig produktinformation.

Kemikalier orsakar årligen 400 luftvägsallergifall. Hit hör bl.a. astma, allergisk snuva och allergisk alveolit (mögeldammlunga). De viktigaste orsakerna är mjöldamm och djurrelaterade exponeringsfaktorer. Isocyanater, syreanhydrider och akrylater orsakar i detta nu årligen under 10 luftvägsallergifall. Trädamm orsakar årligen 10–20 fall. Enligt en studie uppföljd på Finlands hela arbetsföra befolkning förekom 29 % arbetsrelaterad astma hos män och 17 % hos kvinnor. Bruk av kemiska ämnen i arbetet ökar astmans sjukdomsfrekvens och förvärrar astmasymptomen.

Asbest är den mest överlägsna enskilda kemiska faktorn som orsakar yrkesrelaterad sjukdom. Anmälda asbestsjukdomsfall per år är cirka 600. Största delen asbestsjukdomar härrör från exponering flere decennier tillbaka. Branscher förknippade med hög asbestsjukdomrisk är byggnads-, transport och processindustrin, där asbest används allmänt.

Arbetets andel har i Finland uppskattats orsaka årligen cirka 500 cancerfall, vars andel är 2–3 % av totala antalet cancerfall. Bland män förekommer klart mer arbetsrelaterade cancerfall än hos kvinnor: männens uppskattade andel är 4 %, medan kvinnornas andel understiger 0,1 %.

### Rekommendationer

På basen av rapporten presenterar Institutet för arbetshygien följande viktiga rekommendationer:

1. Arbetshälsovårdens kapacitet för utförande av riskbedömning och riskhantering bör förbättras genom skolning och utvecklande av för ändamålet lämpliga metoder och verktyg. Dessutom, bör uppföljning av relevant lagstiftning säkerställas via effektiviserad inspektion och kontroll. Åtgärderna borde speciellt koncentreras till livsmedels- och byggnadsindustrin, tvätterier och frisersalonger. Också branscher med förväntad riskökning borde tas i beaktande, såsom användningen av bio- och nanomaterial, elektronikindustrin så väl som avfallshantering och återanvändning.
2. Förebyggande av yrkessjukdomar kan effektivieras om skyddsinformationsbladens och märkningen av kemikaliernas kvalitet och riktighet uppföljs, arbetsutredningar samt tekniska och andra åtgärder utförs på arbetsplatser och arbetshälsovården aktivt distribuerar råd och skyddsinformation till arbetsplatserna.

3. Kemikalieexponering bör mätas på arbetsplatser med förväntad/känd hög exponeringspotential. För uppföljning av kemikalieexponering bör utvecklas system, som tillhandahåller tillförlitlig och jämförbar information om antal exponerade arbetstagare och trender i exponeringsnivån. Informationen är avgörande för beslutsfattning och fokusering av preventiva åtgärder.
4. Den acceptabla risken för olika exponeringsscenarier, såsom arbets- och omgivningsrelaterade, borde ur etisk synvinkel inte variera. Särskild vikt borde fästas vid utsatta grupper som unga personer och gravida kvinnor.

# Chemicals at work

## – Report of the Finnish Institute of Occupational Health for the National Programme on Chemical Safety

About 30 000 chemical products are used in Finnish workplaces; these include a total of 6700 chemical substances. These data are derived from a registry, which contains the safety data sheets provided by manufacturers and importers of chemicals. Approximately 40 000 workers are exposed heavily to chemicals at work, their exposure level being above 50% or the respective “Concentrations Known to be Harmful” set by the Ministry of Social Affairs and Health. This concentration has been set for only about 500 chemicals. Chemicals cause occupational diseases, mild and transient health impairment or symptoms and they can degrade the well-being at work.

In the year 2004, the concentration of chemical(s) in the air was measured at 1000 workplaces, and 9000 biomonitoring samples of workers were analysed. The number of these analyses has been decreasing for some years and is regarded as insufficient when compared to the number of exposed workers. It is noteworthy that there is an established analytical method for only some of the chemicals that are used at workplaces. The level of exposure to certain chemicals, such as asbestos, heavy metals and dangerous/traditional solvents has decreased considerably during the last few decades.

Chemicals cause more occupational diseases than do physical or biological exposures. About 2000 cases of occupational diseases induced by chemicals are annually reported to the Register of Occupational Diseases. Skin diseases constitute the largest group of chemically induced occupational diseases (800–900 cases per year) including allergic eczema and irritation eczema. The most important causes are detergents, wet or dirty work, rubber and rubber chemicals, and animal proteins. In dental care and other health care work, in the food industry and kitchen work, as well as in agriculture, the risk of skin diseases is higher than in other branches. Chromates, nickel, acrylates, formaldehyde and epoxy resins give rise to some skin diseases annually (10–30 cases per year). Sixty percent of those encountering these occupational diseases are women. The causative chemical remains unidentified in too many cases, due to the incompleteness of the information on the labels and in the safety data sheets.

Occupational exposure also gives rise to some 400 respiratory sensitizations annually, including asthma, allergic rhinitis and allergic alveolitis (farmer’s lung). The most important allergens are flour dusts and animal epithelia. (Animal and plant proteins are regarded as chemical, not biological agents in this context.) Some chemicals, such as isocyanates, acid anhydrides, and acrylates induce less than 10 cases of airway allergies per year. Exposure to wood dust involves 10–20 cases of respiratory sensitization annually. The survey covering the entire working-aged Finnish population showed that 29% of adult asthma in men and 17% of that in women is caused by occupational exposure. Moreover, the chemicals used at work may provoke or impair the asthma symptoms.

Asbestos is clearly the most important single factor, which brings about occupational diseases. Annually 600 cases of asbestos-induced diseases (mesotheliomas and lung cancer) are reported. Most of these are the result of exposure, which has discontinued some decades earlier. The sectors associated with a high risk of asbestos diseases are construction, manufacture and maintenance of vehicles, and the process industry, where asbestos was commonly used in the past.

It has been estimated that occupational exposure gives rise to some 500 cases of cancer annually (2–3% of all cases). Occupational cancers are clearly more frequent among men (approximately 4%) than among women (below 0.1%).

### Recommendations

The most important recommendations of the Finnish Institute of Occupational Health, based on the data presented in this report are:

1. Risk assessment and risk management capacity of the companies and of occupational health care units should be improved through education and by using validated practical methods and tools. Furthermore, the implementation of the relevant legislation has to be ascertained by more efficient inspection

and control. These measures should be especially targeted at the food industry, construction, cleaning branch and the hair dressing branch. Attention should be paid also to sectors where the risks seem to be increasing; these are the use of bio- and nano-materials, the electronics industry, as well as the handling and treatment of waste and recycling.

2. Prevention of occupational diseases can be made more efficient, when the quality and correctness of safety data sheets and the labels of chemicals are assured, workplace surveys are made, and when technical and other control measures are made at the workplaces. Furthermore, it is essential that the occupational health personnel actively provide guidance and safety instructions to the workplaces.
3. Exposure to the chemicals should be measured at workplaces with suspected or known high exposure potential. An exposure surveillance system should be created to provide reliable and comparable information on the number of exposed workers and on the trends of exposure levels. This information is crucial in decision making and in the focusing of the control measures.
4. According to ethical considerations, the tolerable risk caused by chemical exposures should not differ between various exposure scenarios, be it occupational or environmental. Special precaution has to be paid to the vulnerable groups, such as young persons and women during pregnancy.

# Lausunnon kirjoittamiseen osallistuneet

Aaltonen, Markku  
TkT, erikoistutkija  
Työprosessit ja logistiikka  
Työturvallisuusosasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Ahonen, Ilpo  
FL, laboratoriopäällikkö  
Työympäristöjaos / kemian laboratorio  
Työterveyslaitos, Tampere

Alanko, Kristiina  
LKT, dos., apulaisylilääkäri  
Ihotautijaos  
Työlääkätieteen osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Backlund, Peter  
FT, dos., erikoistutkija  
Työympäristöjaos  
Työterveyslaitos, Turku

Degerth, Ritva  
FM, työhygieenikko  
Työterveyslaitos, Uusimaa

Engström, Bernt  
FM, työhygieenikko  
Työympäristöjaos  
Työterveyslaitos, Turku

Engström, Kerstin  
FT, laboratoriopäällikkö  
Työympäristöjaos  
Työterveyslaitos, Turku

Hakala, Erkki  
FM, kemisti  
Työterveyslaitos, Oulu

Hanhela, Rauno  
FT, projektipäällikkö  
Työsuojelun tuki -ohjelma  
Työterveyslaitos, Tampere

Heikkilä, Pirjo  
FT, dos., erikoistutkija  
Työolojen ja terveyden seurantaosasto  
Epidemiologian ja biostatistiikan osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Henriks-Eckerman, Maj-Len  
TkL, kemisti  
Työympäristöjaos  
Työterveyslaitos, Turku

Hesso, Antti  
FK, erikoistutkija  
Kemian laboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Husgafvel-Pursiainen, Kirsti  
FT, dos., tutkimusprofessori  
Puupöly – altistuminen ja terveyshaitat -ohjelma  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Hämeilä, Mervi  
FK, kemisti  
Kemian laboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Impiö, Miia  
FM, tutkija  
Työympäristö 2005 -ohjelma  
Työterveyslaitos, Kuopio

Isotalo, Leena  
FM, informaattikko  
Tietopalvelukeskus  
Työterveyslaitos, Helsinki

Jolanki, Riitta  
TkT, dos., vanhempi tutkija  
Ihotautijaos  
Työlääkätieteen osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Kangas, Juhani  
FT, professori  
Työterveyslaitos, Kuopio

Kauppinen, Timo  
FT, dos., toimistopäällikkö  
Työolojen ja terveyden seurantaosasto  
Epidemiologian ja biostatistiikan osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Kiilunen, Mirja  
FT, dos., erikoistutkija  
Biomonitorointilaboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Kivistö, Helena  
FL, kemisti  
Biomonitorointilaboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki



Koskinen, Marja-Terttu  
Ins., laboratorioinsinööri  
Työympäristöjaos / kemian laboratorio  
Työterveyslaitos, Tampere

Kurppa, Kari  
LKT, dos., apulaisosastonjohtaja  
Epidemiologian ja sosiaalitutkimuksen jaos  
Epidemiologian ja biostatistiikan osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Laamanen, Irja  
FK, informaattikko, tietopalvelukeskuksen johtaja  
Tietopalvelukeskus  
Työterveyslaitos, Helsinki

Laitinen, Juha  
FT, erikoistutkija  
Työhygienian ja toksikologian jaos  
Työterveyslaitos, Kuopio

Lapinlampi, Tuomo  
FK, työhygieenikko  
Työterveyslaitos, Oulu

Lehtinen, Suvi  
TTK, toimistopäällikkö  
Viestintä ja kv-toiminta kotipesä  
Sisäiset palvelut  
Työterveyslaitos, Helsinki

Lehtola, Marika  
FM, tutkija  
Työympäristö 2005 -ohjelma  
Työterveyslaitos, Kuopio

Liesivuori, Jyrki  
FT, professori, vanhempi tutkija  
Työympäristö 2005 -ohjelma  
Työterveyslaitos, Kuopio

Lindbohm, Marja-Liisa  
THT, dos., erikoistutkija  
Epidemiologian ja sosiaalitutkimuksen jaos  
Epidemiologian ja biostatistiikan osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Lindroos, Lasse  
FM, apulaisosastonjohtaja  
Työympäristölinja  
Työterveyslaitos, Lappeenranta

Linnainmaa, Markku  
FT, dos., laboratoriopäällikkö  
Työhygienian ja toksikologian jaos  
Työterveyslaitos, Kuopio

Liukkonen, Tuula  
FK, työhygieenikko  
Työympäristölinja  
Työterveyslaitos, Lappeenranta

Louekari, Kimmo  
FT, erikoistutkija  
Riskinarviointiyksikkö  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Louhelainen, Kyösti  
FT, projektipäällikkö  
Ergonomiayksikkö  
Työterveyslaitos, Kuopio

Luotamo, Marita  
FT, dos., erikoistutkija  
Riskinarviointiyksikkö  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Mäkelä, Mauri  
FL, tutkija  
Työterveyslaitos, Oulu

Mäkinen, Milja  
FT, erikoistutkija  
Työhygienian ja toksikologian jaos  
Työterveyslaitos, Kuopio

Norppa, Hannu  
FT, dos., laboratoriopäällikkö  
Molekyyli- ja solutoksikologian laboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Pekari, Kaija  
FT, dos., erikoistutkija  
Biomonitorointilaboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Pennanen, Sirpa  
FT, dos., erikoistutkija  
Ympäristömikrobiologian laboratorio  
Työterveyslaitos, Kuopio

Piipari, Ritva  
LL, erikoislääkäri  
Potilasosasto  
Työlääketieteen osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Priha, Eero  
FT, dos., erikoistutkija  
Työympäristöjaos / kemian laboratorio  
Työterveyslaitos, Tampere

Rantala, Kaarina  
DI, työhygieenikko  
Työterveyslaitos, Uusimaa

Rantio, Tiina  
FT, kemisti  
Työympäristöjaos / kemian laboratorio  
Työterveyslaitos, Tampere

Riala, Riitta  
DI, työhygieenikko  
Työterveyslaitos, Uusimaa

Riihimäki, Vesa  
LKT, dos.  
Riskinarviointiyksikkö  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Riipinen, Hannu  
FM, apulaisosastonjohtaja  
Työympäristöjaos / työhygienian  
Työterveyslaitos, Tampere

Rosenberg, Christina  
FT, dos., laboratoriopäällikkö  
Kemian laboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Saalo, Anja  
FM, systeeminsuunnittelija  
Työolojen ja terveyden seurantajaos  
Epidemiologian ja biostatistiikan osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Santonen, Tiina  
LT, MSc in Applied Toxicology, erikoistutkija  
Riskinarviointiyksikkö  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Savela, Kirsti  
FT, dos., vanhempi tutkija  
Kemian laboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Savolainen, Kai  
LKT, professori, osastonjohtaja  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Schimberg, Rainer  
FT, erikoistutkija  
Työympäristöjaos / työhygienian  
Työterveyslaitos, Tampere

Suuronen, Katri  
FM, kemisti  
Ihotautijaos  
Työlääkätieteen osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Tossavainen, Antti  
TkT, dos., apulaisosastonjohtaja  
Aerosolilaboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Tuomi, Timo  
FT, dos., vanhempi tutkija  
Kliininen jaos  
Työlääkätieteen osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Vainio, Harri  
LKT, professori, pääjohtaja  
Työterveyslaitos, Helsinki

Vainiotalo, Sinikka  
FK, työhygieenikko  
Kemian laboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Valkonen, Sinikka  
Ins., laboratorioinsinööri  
Biomonitorointilaboratorio  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

Zitting, Antti  
TkT, dos., erikoistutkija  
Riskinarviointiyksikkö  
Työhygienian ja toksikologian osasto  
Työterveyslaitos, Helsinki

# 1 Johdanto

Jyrki Liesivuori

Kemiassa ja sitä soveltavissa tieteissä tehdyt keksinnöt ovat tuottaneet kiihtyvällä vauhdilla kemikaaleja, joiden valikoima on erittäin laaja ja käyttösovellukset moninaisia. American Chemical Society on rekisteröinyt yli 20 miljoonaa erilaista yhdistettä, joista kuitenkin laajemmassa käytössä on arvioitu olevan teollisuusmaissa 60–70 000 yhdistettä ja kehitysmaissa 30–40 000 yhdistettä. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskuksen tekemän selvityksen mukaan työssä käytetään noin 30 000 kemiallista tuotetta, joissa on yhteensä 6 700 erilaista kemiallista yhdistettä.

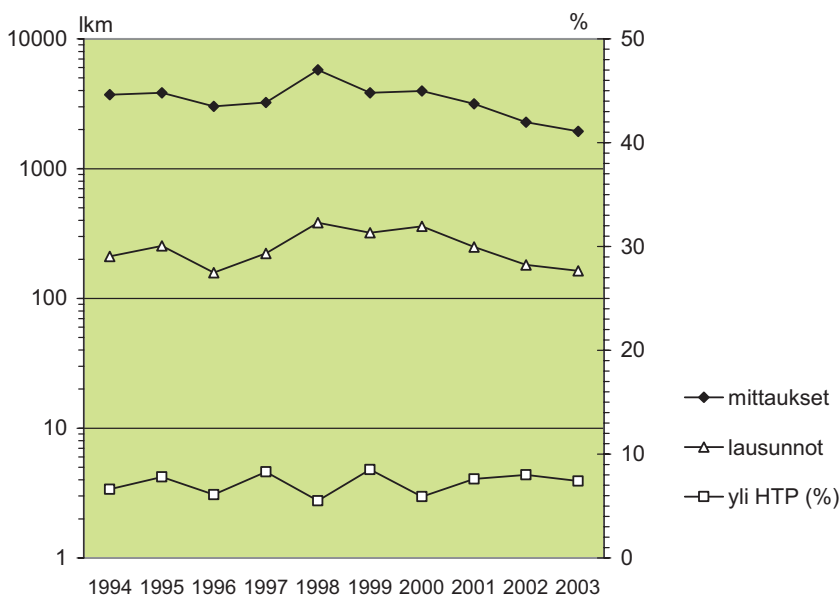
Kemian teollisuuden ja toksisuustutkimuksen kilpajuoksu alkoi todella vasta, kun 1970-luvun lopulla lainsäädäntö alkoi edellyttää käyttöön tulevien kemikaalien testaamista niiden mahdollisten terveydelle haitallisten ominaisuuksien tunnistamiseksi. Vakiintuneesta toksikologian tutkimuksesta huolimatta käytössä on edelleen yhdisteitä, joiden terveyshaittoja ei ole riittävän huolella selvitetty. Käytettävissä oleva tutkimuskapasiteetti ei nykyisellään riitä kaikkien markkinoille tulevien kemikaalien testaamiseen. Vaatimukset koeläinkäytön vähentämisestä toksisuustutkimuksissa vaikeuttavat tilannetta, koska riittävän luotettavia korvaavia menetelmiä ei ole pystytty kehittämään eikä validoimaan. Sen vuoksi OECD ei ole voinut liittää niitä testivalikoimaansa. Joissakin tapauksissa vasta pitkäaikainen käyttö tuo esiin todelliset vaikutukset ihmisten terveyteen. Työtoksikologiassa ja -lääketieteessä tämä usein tarkoittaa sitä, että ensin on olemassa potilas sairauksineen ja vasta sitten osataan epäillä ja tutkia sairauden ja altistumisen välistä yhteyttä.

Kemianteollisuus on pyrkinyt kehittämään entistä turvallisempia kemikaaleja siinä kuitenkin aina onnistumatta. Glykolyhdisteiden käyttöönotto ja kehittäminen antaa hyvän esimerkin siitä, miten vaikeaa on molekyyliarakennetta muuttamalla päästä eroon sen terveydellisistä haitoista. Nykyisin käytössä olevista yhdisteistä osa on entistä reaktiivisempia ja tehokkaampia mutta samalla käyttäjilleen haitallisempia, mikä edellyttäisi työpaikoille parempia tietoja kemikaalien turvallisen käytön varmistamiseksi.

Kemikaaleille altistuminen työssä poikkeaa altistumisesta muussa ympäristössä sekä altistumisreitiltään että usein määrältään. Tavallisin altistumistie työssä on hengitystiet ja joidenkin kemikaalien, kuten liuotin- ja torjunta-aineiden, osalta myös ihon läpi imeytyminen saattaa olla merkittävää. Lisäksi hengitysteihin päässeet kemikaalit kulkeutuvat keuhkokudoksesta verenkiertoon huomattavasti helpommin kuin maha-suolikanavasta. Työympäristöstä mitatut kemikaalipitoisuudet ovat monta kertaluokkaa suuremmat verrattuna pitoisuuksiin muussa ympäristössä. Tätä ei ole otettu huomioon asettaessa haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia yksittäisille kemikaaleille. Muussa ympäristössä tapahtuvaa altistumista rajoittavat ohjearvot ovat useimmiten merkittävästi pienempiä, vaikka altistumisaika otetaankin huomioon laskuissa. Työpaikoilla altistutaan tavallisesti useille kemikaaleille yhtä aikaa, mikä vaikeuttaa sekä altistumisen että sen aiheuttaman terveystieteen arviointia.

Työterveyslaitoksen viimeisten kymmenen vuoden aikana tekemät selvitykset yritysten toiminnasta kemikaalien turvallisen käytön järjestämiseksi työpaikalla sekä altistumismittausten ja riskinarviointien tekemiseksi osoittavat, että tilanne yritystasolla ei ole parantunut (ks. 9.1). Työsuojelupiirien arvion mukaan tilanne vaihtelee koko maassa, mutta keskimäärin vain 20 % yrityksistä olisi tehnyt lain edellyttämän riskinarvion (ks. 9.3). Toisin sanoen valtaosassa yrityksiä se on tekemättä. Tähän on syynä koulutetun henkilöstön puutteen lisäksi myös se, että yrityksissä työterveyteen liittyviä tehtäviä ei ole nähty tuotannon kannalta välttämättömäksi eikä riskinarviointia toisaalta ole vaadittu riittävän tehokkaasti myöskään valvontaviranomaisten toteuttamissa työsuojelutarkastuksissa. Riskinarviointiin työpaikoilla Työterveyslaitos muiden organisaatioiden ohella on tuottanut suuren määrän erilaisia työkaluja ja menetelmiä, jotka on koottu Työterveyslaitoksen internet-sivuille kaikkien ulottuville (<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Menetelmapakki/>). Tarjolla on opaskirjasista ja lomakkeista viimeisintä tekniikkaa hyödyntäviin kämmenmikrosovelluksiin. Tiedon saattaminen tutkimuksesta käytäntöön on kuitenkin vain osa ongelman ratkaisua.

Työterveyslaitos on kerännyt altistumismittausten tuloksia järjestelmällisesti sekä Työhygieenisten altistumismittausten rekisteriin että erityiseen FINJEM-altistumistietokantaan, jossa on lisäksi arvioitu altistuneiden määriä. Vaikka käytössä ei olekaan esimerkiksi VTT:n, yliopistojen ja muutaman yrityksen



Kuva 1. Työterveyslaitoksen aluelaitosten työpaikkojen ilman epäpuhtausmittausten määrä, niistä tehtyjen lausuntojen määrä sekä haitalliseksi tunnetun pitoisuuden (HTP) ylittäneiden mittausten osuus vuosina 1994–2003

tuloksia, voidaan Työterveyslaitoksen rekistereistä nähdä selvä väheneminen yritysten teettämien työhygieenisten mittausten määrissä (kuva 1).

Ainekohtaisten mittausten lukumäärä on vähentynyt vuodesta 1998 (5 800 mittausta) kolmasosaan vuonna 2003 (2 000 mittausta). HTP-arvon on ylittänyt vuosittain 6–9 % mittauksista. Yksittäisten altisteiden osalta tilanne vaihtelee kuitenkin suuresti. Kun alumiinin hitsausuurujen mittauksista ylitti ohjearvon 10 % vuosina 1994–1998, ylityksiä oli 24 % vuosina 1999–2003. Samoin ajanjaksoina arseenimittauksista aluksi 4 % ylitti HTP-arvon ja jälkipuoliskolla jo 21 %.

Työterveyslaitoksessa on vuosien kuluessa kehitetty noin sata biomonitorointimenetelmää, joilla voidaan työntekijältä otetusta veri- tai virtsanäytteestä seurata altistumista joko yhdelle kemikaalille tai kemikaaliryhmälle. Kun kemikaali imeytyy helposti ihon läpi joko fyysikaalisten ominaisuuksiensa tai työmenetelmän vuoksi, voidaan esimerkiksi liuotainaineille altistumista arvioida vain biomonitoroinnin avulla. Vuosittain palvelutoiminnassa on analysoitu 8 000–9 000 biomonitorointinäytettä ja määrässä näkyy selvää vähenemistä (taulukko 1).

Taulukko 1. Biomonitorointianalyysit Työterveyslaitoksen palvelutoiminnassa vuosina 1996–2004 (Hirvonen ja Valkonen 2005)

vuosi	palvelu, kpl	tutkimus, kpl	yhteensä, kpl
1996	5 779	985	6 764
1997	4 865	3 360	8 225
1998	5 573	3 103	8 676
1999	5 809	1 122	6 931
2000	5 978	1 414	7 392
2001*	18 839	2 386	21 225
2002	17 404	3 435	20 839
2003	16 172	2 372	18 544
2004	14 866	6 154	21 020

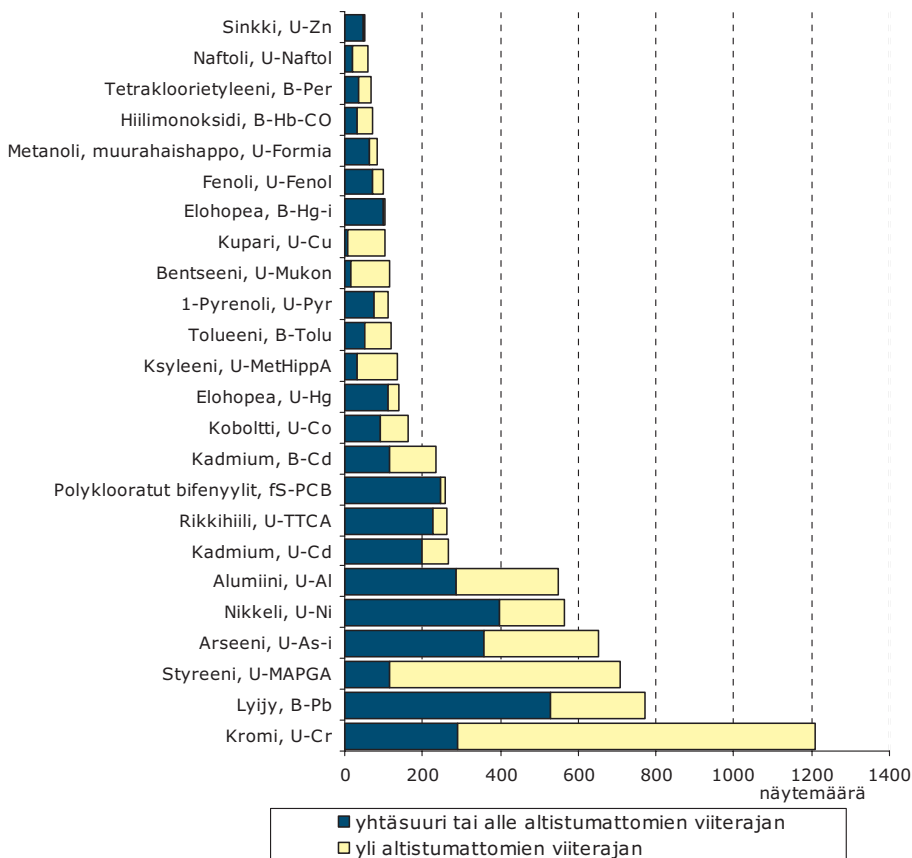
\*vuodesta 2001 alkaen analyysilukumäärissä ovat mukana kaikki Työterveyslaitoksen biomonitorointia suorittavat laboratoriot

Ohjearvojen ylitykset toistuvat vuosittain lähes samoissa altisteissa ja samansuuruisina (arseeni, styreeni, hähä, lyijy) (kuva 2).

Työhygieenisistä mittauksista ja biomonitoroinnista saadut tulokset täydentävät altistumisen arviointia ja seuranta yksittäisillä työpaikoilla. Samalla ne ovat välttämättömiä tietoja kansallisen altistumisen seurannassa, uusien ohjearvojen asettamisessa ja valvontaviranomaisten työn suuntaamisessa.

Käyttöturvallisuustiedotteet tulivat Suomessa pakollisiksi jo vuonna 1978 ja ne uusittiin EU-lainsäädännön yhteydessä 1990-luvulla. Ne ovat tärkein ensimmäinen tiedonlähde sekä yrityksen turvallisuus-toimien suunnittelussa että työterveyshuollon toiminnassa. Useat sekä kotimaiset että ulkomaiset tutkimukset osoittavat, että käyttöturvallisuustiedotteiden teossa ei ole käytetty riittävää asiantuntemusta ja joskus niistä puuttuu terveydelle tai ympäristölle tärkeitä tietoja. Uusimmat tutkimukset lisääntymisterveyden ilmoittamisesta käyttöturvallisuustiedotteissa osoittavat, että yli kolmasosasta tiedotteita puuttuvat lainsäädännön edellyttämät merkinnät lisääntymisterveyden vaaroista. Useimmissa tapauksissa myös tietojen uudelleen arviointi on jätetty tekemättä, mikä vaikeuttaa loppukäyttäjän mahdollisuuksia tehokkaihin torjuntatoimiin.

Työterveyshuollon eräs tehtävä on tukea yrityksiä kemikaalien terveysriskien torjunnassa. Työterveyshuollolle osoitetut kyselyt ovat osoittaneet, että ammattihenkilöt eivät pidä saamaansa koulutusta riittävänä kemikaalien terveyshaittojen arvioimiseen, altistumismittausten suunnitteluun ja henkilönsuojainten valintaan yritysten tukena (ks. 9.2).



Kuva 2. Yleisimpien biomonitorointianalyysien lukumäärät ja viitearvojen ylitykset vuonna 2004 (Hirvonen ja Valkonen 2005)

Euroopan unionin käynnistämänä jäsenmaat uusivat kemikaalilainsäädäntönsä perusteellisesti 1990-luvun alkupuolella. Kemikaalikohtaisten merkintöjen lisäksi muutettiin työntekijöiden altistumisen ja terveysriskinarvioinnin edellyttämiä määräyksiä. Nyt EU:ssa valmistellaan uutta kemikaalasetusta, ns. REACH-asetusta (Registration, Evaluation and Authorisation of CHemicals), joka muuttaa laajasti nykyisiä kemikaalien lupamenettelyjä ja haitta-arviointeja. EU-alueelle tuotavat ja EU:ssa valmistettavat kemikaalit on rekisteroitävä, ja sen yhteydessä on toimitettava olennaiset tiedot kemikaalista ja sen turvallisuudesta ns. turvallisuusraportissa. Siinä tulee arvioida kemikaalin haitallisuus työntekijöille, kuluttajille ja ympäristölle valmistuksen, jatkokäytön ja kemikaalin koko elinkaaren aikana. Mahdolliset altistumiset tulisi arvioida kaikissa altistumis- ja käyttötilanteissa. Lisäksi käyttäjälle tulee osoittaa turvalliset riskinhallintatoimet, joilla altistuminen saadaan ehkäistyksi tai mahdollisimman alhaiselle tasolle. REACH:in toteuttaminen edellyttää aineiden valmistajilta ja maahantuojilta laajoja selvityksiä ja arvioita aineiden ominaisuuksista, terveys- ja ympäristövaikutuksista, työntekijöiden ja kuluttajien altistumisesta, aineiden leviämisestä ympäristöön sekä ihmisten altistumismahdollisuuksista ympäristön kautta. Lisäksi edellytetään arvioita riskeistä, joita altistumistilanteet voivat aiheuttaa. Altistumisskenaarioiden laatiminen on yksi REACH:in osa-alue, joka on uusi velvoite sekä valmistajille että maahantuojille ja jossa tarvitaan kehittämistyötä.

Työperäisestä kemikaaleille altistumisesta on eri maissa tehty vain muutama selvitys. Altistumisen arvioinnista työhygieenisillä mittauksilla tai biomonitoroinnilla on tullut rutiinitoimintaa Suomen lisäksi vain muissa Pohjoismaissa sekä Saksassa, Japanissa ja Yhdysvalloissa. Eräs laajimmista työntekijöiden terveysriskien arvioinneista eri työaloilla on tehty Yhdysvalloissa NIOSH:in toimesta. Siinä ei kuitenkaan ole tietoa sairauksia aiheuttavien altistumisten tasoista, vaan ne on julkaistu yksittäisinä tutkimuksina (Worker Health Chartbook 2004). Altistumisen arviointiin tarkoitettuja menetelmiä on kehitetty koko maailmassa runsaalle sadalle yhdisteelle. Tämä ei ole oikeassa suhteessa esimerkiksi Suomen kemikaalirekisterissä olevan yhdistemäärän kanssa, sillä meillä on 6 700 erilaista yhdistettä yhteensä 30 000 tuotteessa. Työperäistä kemikaaleille altistumista sääteleviä ohjearvoja (haitalliseksi tunnetut pitoisuudet) Suomessa on vain noin 300 yhdisteelle, mikä osaltaan rajoittaa työhygieenisten mittausten tulosten arviointia ja käyttöä.

## Lähteitä

Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset v. 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2004. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 15. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön ohjeita 2005:10. Helsinki 2005.

Suomessa markkinoilla ja käytössä olevat kemikaalit tuoterekisterin mukaan. STTV, 2005. (julkaisematon)

Worker Health Chartbook 2004. Department of health and human services, CDC & NIOSH. NIOSH, 2004.

## 2 Työperäinen sairastuvuus Suomessa

Timo Kauppinen, Kari Kurppa

### 2.1 Johdanto

Työperäinen sairastuvuus on laaja käsite. Työssä altistuminen voi aiheuttaa vakavia sairauksia, kuten ammattisyöpä tai pölykeuhkosairauksia, jotka voivat johtaa jopa kuolemaan. Terveyshaittojen asteikon toisessa päässä ovat oireet, jotka saattavat johtaa tai ei johtaa varsinaiseen sairastumiseen.

Työperäisestä sairastuvuudesta saadaan tietoja epidemiologisista tutkimuksista, jotka koskevat työaltistumiseen liittyvää kuolleisuutta tai sairastuvuutta. Työterveyslaitoksen Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR) kerää tietoja lääkärin ilmoittamista ammattitautitapauksista. Työssä koettuja terveyshaittoja ja ilmenneitä oireita kartoitetaan säännöllisesti toistuvissa haastattelututkimuksissa, joita Suomessa tekevät mm. Työterveyslaitos ja Tilastokeskus.

Tässä käsitellään kemiallisiin työaltisteisiin liittyviä sairauksia ja terveyshaittoja. Aluksi kuvataan kaikkein vakavimpia haittoja kuolleisuus- ja sairastuvuustutkimusten perusteella, sitten ammattitauteja rekisteritietoihin perustuen ja lopuksi lievempiä terveyshaittoja haastatteluaineistojen pohjalta.

### 2.2 Työhön liittyvä sairastuvuus ja kuolleisuus

Yksittäisten kemiallisten työaltisteiden osuutta (syyosuus) merkittävien tautiryhmien sairastuvuudesta ja kuolleisuudesta ei juurikaan ole määritetty syöpätauteja lukuun ottamatta. Käytettävissä on tautipäälukittain laskennallisia arvioita (taulukko 2), joiden perusteella työn osuus (mukaan lukien kemiallinen altistuminen) työikäisen väestön kokonaissairastuvuudesta ja kuolleisuudesta on aiemmin ajateltua paljon huomattavampaa.

Suomen kokonaiskuolleisuudesta työn osuudeksi on arvioitu 3,7 % (6 % miehillä, 1 % naisilla). Vuonna 1996 Suomessa ilmeni arvion mukaan 1 800 työhön liittyvää kuolemaa (Nurminen ja Karjalainen 2001). Syyosuusarvio on samaa luokkaa kuin Yhdysvalloissa mitattu (Steenland ym. 2003).

Tanskan rekisteritutkimuksissa työn syyosuudeksi sairaalahoidoista on mitattu miehillä 14,9 % ja naisilla 10,6 % (sosiaaliluokka huomioon ottaen 7,7 % ja 7,4 %), sepelvaltimotaudissa miehillä 24 % ja naisilla 31 % (Tüchsen ym. 2004). Ammattiryhmien väliset erot olivat suuria.

Taulukko 2. Työn ikästandardoitu syyosuus tautiryhmittäin: sairaaloiden hoitajaksot (Tanska) ja kuolleisuus (USA ja Suomi)

diagnoosi	sukupuoli	syyosuus hoitojaksoista, %	kuolleisuus – työn syyosuus, %	
			Tanska	USA Suomi
infektiot ja loistaudit	naiset	10		32,5
	miehet	8		4,8
kasvaimet	naiset	3	0,8–1,0	2,2
	miehet	8	3,3–7,3	13,8
verenkiertoelimistö	naiset	18	6,3–18,0	6,7
	miehet	16	(naiset, miehet)	14,4
– sepelvaltimotauti	naiset	31		9,1
	miehet	24		18,9
hengityselimet	naiset	12		1,1
	miehet	16		6,8
ruuansulatuselimet	naiset	15	6,2–24,2	1,5
	miehet	12	(naiset, miehet)	2,3
tuki- ja liikuntaelimistö ja sidekudostaudit	naiset	19		
	miehet	21		
tapaturmat myrkytykset ym.	naiset	6		0,4
	miehet	17		3,7
kaikki, painotettu keskiarvo	naiset	10,6	5,1–14,5	1
	miehet	14,9	(naiset, miehet)	6

Suomen koko työikäisen väestön seurantalutkimus (12 vuotta) mittasi työn syyosuudeksi miesten aikuisastmassa 29 % ja 17 % naisten (Karjalainen ym. 2001). Astmaa aiheuttavat altisteet työssä ovat kemiallisia aineita, mutta yksittäisten kemikaalien tai kemikaaliryhmien syyosuutta ei tutkimuksessa voitu arvioida.

Työperäisten syöpien todellista määrää Suomessa ei tunneta, mutta asiasta voidaan esittää epidemiologiin tutkimuksiin perustuvia arvioita. Työn on arvioitu aiheuttaneen Suomessa vuosittain noin 500 syöpätapausta 1990-luvun alkupuolella (Aitio ja Kauppinen 1992). Tämä merkitsisi, että 2–3 % syöivistä johtuisi työaltistumisesta. Uudemman arvion mukaan työperäisiä syöpiä olisi ollut Suomessa noin 2 % kaikista syöivistä vuonna 2000 (Dreyer ym. 1997). Miehillä työperäisiä syöpiä esiintyy selvästi yleisemmin (arvioitu osuus 4 % miesten syöivistä) kuin naisilla (alle 0,1 % naisten syöivistä). Yleisimpiä työperäisiä syöpätyyppejä ovat keuhkosyöpä ja keuhkopussin syöpä. Lisäksi työssä altistumisen tiedetään aiheuttavan varmuudella myös virtsarakon syöpää, leukemiaa, nenäsyöpää, ihosyöpää ja eräitä muita syöpiä.

Tunnetuin työssä syöpävaaraa aiheuttava aine on asbesti, jonka on arvioitu aiheuttavan vuosittain Suomessa 100–200 syöpää. Asbestisyöväät ovat useimmiten keuhkosyöpiä, keuhkopussin mesoteliomia tai vatsakalvon mesoteliomia. Suurin osa näistä syöivistä rekisteröidään jo ammattitautena Työperäisten sairauksien rekisteriin (TPSR). Altistumista asbestille on rajoitettu voimakkaasti 1980- ja 1990-luvulla ja tulevaisuudessa asbestisyöpien määrän odotetaan pienenevän huomattavasti.

Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) on luettellonut kymmenittäin työssä esiintyviä altisteita, jotka varmasti tai todennäköisesti aiheuttavat syöpää (ks. <http://www.iarc.fr>). Jos lähtökohdaksi otetaan IARC:n luettelot, Suomessa altistuu karsinogeneille työssä peräti noin puoli miljoonaa työntekijää. Tässä arvioissa altistuneiksi on laskettu mm. auringon ultraviolettisäteilylle säännöllisesti altistuvat ulkotyöntekijät (ihosyöpävaara), työssä tupakansavulle altistuvat ravintolatyöntekijät (keuhkosyöpävaara) ja suurille radonpitoisuuksille altistuvat sisätyöntekijät (keuhkosyöpävaara). Yleisesti esiintyviä karsinogeneja työpaikoilla ovat myös kvartsipöly, puupöly, dieselpakokaasut, kromaattit ja nikkeliyhdisteet. Näistä altisteista aiheutuvien ammattisyöpien määrän arvioidaan myös hitaasti vähenevän tulevaisuudessa, koska altistuneiden määrät ja osin altistumistasot ovat monien karsinogeenien osalta laskeneet viime vuosikymmeninä (ks. kappale 3 Kehityssuunnat).

Tutkimukseen perustuva näkemys työn ja terveyden välisistä mittasuhteista on oleellisesti muuttumassa. Korvattavat ammattitaudit muodostavat kokonaisuudesta vain pienen osan. Valtaosa työn vaikutuksesta sairastuvuuteen ilmenee ”tavallisten” sairauksien lisääntymisenä ja on siten kansanterveyden kokonaisuuden kannalta merkittävää. Tästä näkökulmasta työterveysepidemiologinen tutkimus on vielä ollut varsin niukkaa eikä yksittäisten kemikaalien syyosuuksia ole arvioitu muutoin kuin syöpäepidemiologiassa.

## 2.3 Kemiallisen työssä altistumisen aiheuttamat ammattitaudit

”Ammattitauti” on ammattitautilaissa määritelty juridinen käsite. Ammattitaudin edellytys on, että työssä esiintyvä fyysikaalinen, kemiallinen tai biologinen tekijä on aiheuttanut sairauden. Työssä altistumisen tulee olla sairauden pääasiallinen aiheuttaja ja syy-yhteyden todennäköinen. Ammattitautilakiin liittyy ammattitautiasetus, jossa on esimerkkiluettelo mm. kemiallisista tekijöistä ja tyypillisistä ammattitaudeista. Ammattitauti on käsitteenä suppeampi kuin ”työhön liittyvä sairaus”.

Työterveyslaitoksen Työperäisten sairauksien rekisteriin on kerätty tietoja lääkärrien vakuutuslaitoksille ja työsuojelupiireille ilmoittamista tapauksista jo vuodesta 1964 alkaen. Tuorein julkaisu on Ammattitaudit 2002 (Riihimäki ym. 2003). Taulukossa 3 on tietoja kemiallisten aineiden aiheuttamien ammattitautien määristä altisteittain ja tautiryhmittäin.

Kemiallisten tekijöiden aiheuttamia ammattitauteja ilmoitetaan vuosittain Työperäisten sairauksien rekisteriin noin 2 000 tapausta eli 0,8 tapausta 1 000 työssä käyvää kohden. Suurin tautiryhmä on ihotaudit, joihin kuuluvat mm. allergiset ihottumat ja ärsytysihottumat. Kemiallisten tekijöiden aiheuttamia ammatti-ihotauteja on 800–900 tapausta vuodessa. Tärkeimmät ihotautien aiheuttajat ovat pesuaineet, märkä ja likainen työ, luonnonkumi ja muut kumikemikaalit sekä eläinperäiset altisteet. Suurin sairastumisriski on elintarviketyössä ja maataloustyössä. Sementin kromaattit, nikkeli, akrylaattit, formaldehydi ja



Taulukko 3. Kemiallisiin altisteisiin liittyvät ammattitaudit vuosina 1996–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)

altiste	hengityselin- allergiat	ihotaudit	muut	yhteensä
asbesti			4 250	4 250
lehmä	889	441	22	1 352
pesuaineet	2	582	22	606
muut kemialliset tekijät (etm.)	87	243	169	499
märkä työ		370		370
vehnäjauho	257	55	11	323
likainen työ		300		300
luonnonkumi (Latex)	28	236	5	269
kumikemikaalit (etm.)		265		265
muut orgaaniset materiaalit (etm.)	107	30	121	258
koristekasvit	111	119	10	240
jauhot (etm.)	150	62	25	237
ohrajauho	175	26	4	205
nikkeli ja sen yhdisteet	4	184	6	194
formaldehydi (metanaali)	28	139	9	176
ruisjauho	141	20	3	164
bisfenoli A:n diglysidyylietteri (oligomeeri MP 340)		131		131
elintarvikkeiden käsittely		124	1	125
orgaaniset liuotinseokset (etm.)	6	65	51	122
leikkuuöljyt	3	111	2	116
kolofonihartsit	7	99	7	113
tiuraamisulfidit (etm.)		101		101
epoksihartsit ja -muovit	7	84	3	94
kaurajauho	83	10		93
metakrylaatit (etm.)	16	68	2	86
sementti, betoni	3	74	8	85
maalin liuotin	2	15	56	73
kromi(VI)-yhdisteet	1	68		69
öljyt ja voiteluaineet (etm.)		66	2	68
kromi ja sen yhdisteet (etm.)	11	45	8	64
kampaajan altisteet (etm.)	13	33	15	61
koboltti ja sen yhdisteet	9	49		58
kvartsi			57	57
voiteluöljyt, vaseliinit		51		51
hitsausuurut	26	2	21	49
sumut, huurut, pölyt tai käryt (etm.)	11	7	30	48
leikkuunesteet	1	45		46
sika	35	5	4	44
puulajit (etm.)	20	6	16	42
isotiatsolinonin johdannaiset (mm. Kathon CG, Kathon 886 MW)	1	40	1	42
hartsit, muovit ja niiden johdannaiset (etm.)	10	21	10	41
rotta	28	9	2	39
abatsi	34	3		37
viljat ja viljapölyt (etm.)	20	12	2	34
hitsausuurut, ruostumaton teräs	29		4	33
liimat (etm.)	3	26	4	33
epoksimaalit	9	22	2	33
isosyanaatit (etm.)	20	6	7	33
kasvit ja kasvinosat, muut tunnetut	10	20	2	32
persulfaatit, vaalennusaineet (hiukset)	26	4	2	32
mänty	26	4	1	31

kotimaiset puulajit (etm.)	12	5	13	30
kuusi	23	5	2	30
hiusväriaineet	6	23	1	30
fenoliformaldehydiartsit ja -muovit (PF)		28	2	30
muut kemialliset altisteet (noin 500 eri altistetta)				
summa (7 vuotta)	2 946	6 022	5 478	14 446
keskimäärin vuodessa	421	860	782	2 064

etm. = ei tarkemmin mainittu: viittaa ammattitauti-ilmoituksessa epätarkasti määriteltyyn altisteeseen, joka ei ehkä kata nimikettä kokonaisuudessaan; esim. "kotimaiset puulajit (etm.)" ei kata niitä tapauksia, joissa altisteeksi on ilmoitettu tarkempi puulaji, kuten "kuusi" tai "mänty"

epoksiartsit aiheuttavat edelleen vuosittain jonkin verran ihotauteja (10–30 tapausta/vuosi). Ammatti-ihotauteihin sairastuneista noin 60 % on naisia.

Asbesti on ylivoimaisesti eniten ammattitautia aiheuttanut yksittäinen kemiallinen tekijä. Vuosittain asbestisairauksia ilmoitetaan noin 600 tapausta. Yli puolet näistä (300–400 tapausta) on keuhkopussin kiinnikkeitä tai paksuuntumia (pleuraplakkeja), jotka eivät aiheuta oireita tai merkittävää hengitystoiminnan vajausta. Vakavia asbestisairauksia ilmoitetaan vuosittain 200–300 tapausta, joista noin 100 on asbestipölykeuhkoja ja runsas 100 syöpiä (pääasiassa keuhkosityöpiä ja keuhkopussisyöpiä). Valtaosa asbestisairauksista liittyy vuosikymmeniä sitten tapahtuneeseen altistumiseen. Nykyinen asbestialtistuminen aiheuttaa tulevaisuudessa olennaisesti vähemmän ammattitautia. Asbestisairauksien riskialoja ovat rakentaminen, kulkuneuvoteollisuus ja prosessiteollisuus, joilla asbestia aiemmin käytettiin yleisesti. Asbestisairaudet ovat tyypillisiä miesten ammattitautia. Sairastuneista 98 % on miehiä, joista monet ovat iäkkäitä asbestisairauksien pitkän "itämisajan" takia.

Altistuminen kemiallisille aineille työssä aiheuttaa vuosittain myös noin 400 hengitystieallergiaa, joihin kuuluvat mm. astma, allerginen nuha ja allerginen alveoliitti (homepölykeuhko). Tärkeimmät aiheuttajat ovat jauhopölyt ja eläinperäiset altisteet. Allergista alveoliittia (yleensä 50–100 tapausta/vuosi) aiheuttavat homeitiöt luokitetaan biologisiksi (ei-kemiallisiksi) altisteiksi. Allergisten nuhien ja astmojen osalta riskialoja ovat elintarviketyö (jauhöpölyt) ja maataloustyö (eläinpeiteelit ym.). Isosyanaatit ja akrylaatit aiheuttavat nykyisin vuosittain aiempaa vähemmän hengityselinallergioita (alle 10 tapausta/vuosi). Puupölyt aiheuttavat vuosittain 10–20 tapausta. Erityisen voimakas astman aiheuttaja on abatsipuun pöly. Allergisia hengityselintautia esiintyy naisilla jonkin verran enemmän kuin miehillä.

Monia klassisia ammattitautia ilmaantuu enää vähän. Esimerkiksi vuonna 2002 ilmoitettiin kaksi lyijymyrkytystä ja kuusi kivipölykeuhkoa. Ammattitautia kuvataan tarkemmin tämän lausunnon kemikaalikohtaisissa osissa.

## 2.4 Kemialliseen työssä altistumiseen liittyvät koetut terveyshaitat

Työterveyslaitoksen Työ ja terveys 2003 -haastattelun mukaan kemiallisille aineille altistutaan edelleen varsin yleisesti (taulukko 4).

Yli puolet eli yli miljoona työssä käyvää saattaa ainakin tilapäisesti altistua erilaisille pölyille, kaasuille tai muille kemiallisille aineille. Altistuneista noin puolet kokee altistumisen ainakin jossain määrin hai-

Taulukko 4. Kemiallisten altisteiden esiintyminen ja koettu haitta Suomessa vuonna 2003, % työssä käyvistä (Piirainen ym. 2003)

altiste	esiintyy työssä	jonkin verran haittaa	hyvin tai melko paljon haittaa
luotinaaineet, esimerkiksi tinneri, polttoaine, maalien liuotin	20	8	2
voimakkaat pesu- tai desinfointiaineet tai muut ihoa ärsyttävät kemikaalit	29	13	2
kaasut, esimerkiksi pakokaasut	15	8	2
pölyt	52	25	10
muiden tupakoinnista johtuvaa tupakansavua	22	5	2

talliseksi, ja yli 10 % (yli 250 000 työssä käyvää) kokee melko paljon tai hyvin paljon haittaa kemiallisesta altistumisesta. Nämä luvut ovat huomattavan paljon suurempia kuin esimerkiksi kemiallisista tekijöistä aiheutuneiden ammattitautien määrä (noin 2 000 tapausta/vuosi). Siten pölyt ja muut ilman epäpuhtaudet sekä iholle haitalliset kemikaalit aiheuttavat sairauksien lisäksi myös lieviä oireita ja vähentävät työihtiävyyttä. Tulevaisuudessa työilman puhtauden ja muiden työpaikan kemikaali-altistumisten merkitys voi kasvaa niukkenevasta työvoimasta kilpailtaessa.

## Lähteitä

Aitio A, Kauppinen T: Syöpä ammattitautina. Kirjassa: Ammattitaudit 1991. Toim. V Vaaranen ym. Katsauksia 121. Työterveyslaitos, Helsinki 1992.

Dreyer L, Andersen A, Pukkala E: Occupation. *APMIS* 1997;105(Suppl. 76):68–79.

Karjalainen A, Kurppa K, Martikainen R et al.: Work is related to a substantial portion of adult-onset asthma incidence in the Finnish population. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164(4):565–568.

Nurminen M, Karjalainen A: Epidemiologic estimate of the proportion of fatalities related to occupational factors in Finland. *Scand J Work Environ Health* 2001;27(3):161–213.

Piirainen H, Hirvonen M, Elo A-L ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus 2003. Taulukkoraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

Riihimäki H, Kurppa K, Karjalainen A ym.: Ammattitaudit 2002. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

Steenland K, Burnett C, Lulich N et al.: Dying for work: The magnitude of US mortality from selected causes of death associated with occupation. *Am J Ind Med* 2003;43:461–482.

Tüchsen F, Lyngby Mikkelsen K et al.: Work environment and somatic hospital admissions in Denmark 1994–1999. *Sci Total Environ* 2004;328(1–3):287–294.

## 3 Kehityssuunnat

*Timo Kauppinen, Pirjo Heikkilä, Kari Kurppa, Antti Tossavainen, Antti Zitting*

Työssä tapahtuvan kemiallisen altistumisen kehityssuuntia kuvataan altisteittain luvussa 4, jossa on myös tietoja eri altisteiden aiheuttamien ammattitautien kehityssuunnista. Tässä käsitellään työssä altistumisen, kemikaaliammattitautien ja kemikaalien koetun haittaavuuden ajallisia kehityssuuntia yleisemmällä tasolla. Tarkastelun aikajänne on 1960-luvulta nykypäivään niiltä osin kun tietoja on saatavissa.

### 3.1 Kemiallisen työssä altistumisen kehityssuunnat

Työterveyslaitoksen FINJEM-altistumistietojärjestelmä sisältää tietoja yleisimmistä kemiallisista työaltisteista usealta ajanjaksolta. Taulukossa 5 kuvataan altistuneiden määrien muutoksia vertailemalla tietoja ajanjaksoilta 1960–1984, 1985–1994 ja 2001–2003.

FINJEM-altistumistietojärjestelmän kemikaalialtisteet kattavat suuren osan Suomen työpaikoilla esiintyvistä keskeisistä kemiallisista tekijöistä. Taulukon 5 mukaan näille aineille altistuneiden määrä on vähentynyt 50–60 % sitten ajanjakson 1960–1984. Viimeisen kymmenen vuoden aikana altistumisten määrä on laskenut 35–40 %, josta työssä käyvien toimialajakauman muutos selittää noin puolet. Niissä ammateissa toimivat, jotka altistuivat näille samoille FINJEM-aineille, vähenivät vastaavina aikoina 33 % ja 18 %. Työllisten määrä on vähentynyt mm. maataloudessa ja monilla teollisuuden aloilla, joilla voidaan altistua. Esimerkiksi maatalouspölyille (eläinpöly, kasvipöly) altistuneiden määrien laskut selittyvät lähes kokonaisuudessaan maataloustyötä tekevien määrän supistumisella.

Lainsäädännön muutos näkyy selkeästi asbestille altistuneiden määrässä. Se on romahtanut murtoosaan siitä tasosta, joka vallitsi ennen asbestin käyttökieltoa 1990-luvun alussa. Asbestitöiden tiukat rajoitukset näkyvät selvästi myös altistumistason laskuna noin kymmenesosaan aiemmasta. Toinen esimerkki lainsäädännön vaikutuksesta on ympäristön tupakansavu (passiivitupakointi työssä). Useat sadat tuhannet työssä käyvät altistuivat ympäristön tupakansavulle ennen vuotta 1995, jolloin tupakointia työssä rajoitettiin voimakkaasti. Vuonna 2000 rajoitettiin myös ravintoloissa tupakointia, mikä vähensi ravintolatyöntekijöiden altistumista. Valtakunnalliseen ASA-rekisteriin ilmoitettiin vuonna 2002 enää vain 12 000 ympäristön tupakansavulle altistunutta työntekijää. Kiristyneet ympäristönsuojelusäänökset ovat vaikuttaneet epäsuorasti lyijyaltistumisen vähenemiseen. Siirtyminen lyijyttömään bensiiniin toteutui Suomessa bensiinin hinnoittelua hyväksi käyttäen 1990-luvun alkupuolella.

Myös altistumistasot ovat laskeneet, mikä näkyy FINJEMin altistumistason arvioissa ja niiden työntekijöiden määrässä, jotka altistuvat voimakkaasti (taulukko 5). FINJEM-aineille voimakkaasti työssä altistuneiden määrä on vähentynyt 80–85 % sitten ajanjakson 1960–1984. Viimeisen kymmenen vuoden aikana voimakkaasti altistuneiden määrä on vähentynyt 45–50 %. Voimakkaiden altistumisten keskimääräistä suurempi väheneminen viittaa siihen, että työsuojelutoimet ja muut altistumista vähentävät muutokset ovat kohdentuneet terveyshaittoja ehkäisevästi. Altistumistasojen lasku ja laskun syyt vaihtelevat altisteittain. Syynä saattavat olla esimerkiksi liimojen koostumusmuutokset (formaldehydi) tai parantuneet pölynpoistojärjestelmät (puupöly). Altistumistasot laskevat myös silloin, kun tuotantoa automatisoidaan tai työntekijät siirtyvät koneiden viereltä ilmastoituihin valvomoihin.

Altistuminen kemiallisille aineille työssä on Suomessa selkeästi vähentynyt sitten 1960-luvun (taulukko 5). Väheneminen koskee sekä altistuneiden määriä että altistumisen tasoa. Näiden tietojen perusteella työssä käyvän väestön kokonaisaltistuminen kemiallisille aineille on supistunut noin puoleen tai jopa sen alle. Kymmenet tuhannet työntekijät altistuvat kuitenkin edelleen terveydelle haitalliseksi tunnetuille kemikaalipitoisuuksille, minkä takia vuosittain noin 2 000 työntekijää sairastuu ammattitautiin. Lisäksi yli miljoona työssä käyvää altistuu ainakin tilapäisesti erilaisille pölyille, kaasuille tai muille kemiallisille aineille. Noin puolet altistuneista kokee altistumisen ainakin jossain määrin haitalliseksi.

Taulukko 5. Kemiallisille aineille työssä altistuneiden määrät ja niiden muutokset Suomessa vuosina 1960–2003

altiste (HTP-arvo)	altistuneita 1960–1984	altistuneita 1985–1994	altistuneita 2001–2003	altist. muutos vs 1960–1984, %
alifaattiset ja alisykliset hiilivetyliuottimet (150 ppm)	28 000	9 900	6 900	-75
aromaattiset hiilivetyliuottimet (50 ppm)	21 000	12 000	10 000	-49
arseeni (10 µg/m <sup>3</sup> )	5 500	1 300	1 300	-76
asbesti (0,3 kuitua/cm <sup>3</sup> )	142 000	69 000	3 400	-98
bensiini (1 ppm bentseenia)	14 000	14 000	5 500	-62
bensiinipakokaasut (30 mg/m <sup>3</sup> häkää)	60 000	54 000	49 000	-19
bentso(a)pyreeeni (10 µg/m <sup>3</sup> )	71 000	53 000	8 700	-88
bitumihuurut (5 mg/m <sup>3</sup> )	2 500	2 400	1 300	-47
dieselpakokaasut (5,7 mg/m <sup>3</sup> typen oksideja)	48 000	41 000	35 000	-27
eläinpöly (5 mg/m <sup>3</sup> )	249 000	132 000	63 000	-75
formaldehydi (0,3 ppm)	52 000	20 000	14 000	-73
haihtuvat rikkiyhdisteet (-)	214 000	100 000	52 000	-76
hiilimonoksidi (häkä) (30 ppm)	222 000	196 000	107 000	-52
jauhöpöly (5 mg/m <sup>3</sup> )	13 000	10 000	8 900	-32
kadmium (20 µg/m <sup>3</sup> )	9 900	8 900	1 200	-88
kasvipöly (5 mg/m <sup>3</sup> )	306 000	159 000	73 000	-76
kasvitautien torjunta-aineet (-)	66 000	48 000	25 000	-62
kloorihiilivetyliuottimet (-)	8 200	6 900	2 900	-64
kromi (0,5 mg/m <sup>3</sup> )	51 000	49 000	27 000	-48
kvartsipöly (0,2 mg/m <sup>3</sup> )	108 000	78 000	64 000	-41
lyijy (2,4 µmol/l veressä)	57 000	53 000	4 600	-92
mineraalikuidut (1 kuitu/cm <sup>3</sup> )	62 000	43 000	14 000	-77
muut mineraalipölyt (10 mg/m <sup>3</sup> )	94 000	64 000	54 000	-43
nahkapöly (5 mg/m <sup>3</sup> )	1 800	800	700	-62
nikkeli (1 mg/m <sup>3</sup> )	44 000	44 000	29 000	-33
pesuaineet (-)	44 9000	478 000	436 000	-3
polysykliset aromaattiset hiilivedyt (-)	71 000	53 000	8 000	-89
puupöly (5 mg/m <sup>3</sup> )	82 000	64 000	57 000	-30
rauta (10 mg/m <sup>3</sup> )	132 000	116 000	88 000	-33
rikkakasvien torjunta-aineet (-)	112 000	85 000	38 000	-66
selluloosa- tai paperipöly (5 mg/m <sup>3</sup> )	12 000	11 000	7 600	-37
synteettinen polymeeripöly (5 mg/m <sup>3</sup> )	13 000	7 000	4 000	-69
tekstiilipöly (5 mg/m <sup>3</sup> )	49 000	22 000	12 000	-77
tuhohyönteisten torjunta-aineet (-)	13 000	9 200	6 100	-53
öljysumu (5 mg/m <sup>3</sup> )	34 000	26 000	24 000	-28
<b>yhteensä</b>	<b>2 900 000</b>	<b>2 100 000</b>	<b>1 300 000</b>	<b>-54</b>

Lähde: Työterveyslaitoksen FINJEM-altistumistietojärjestelmä (tammikuu 2005)

Voimakkaalla altistumisella tarkoitetaan altistumista keskipitoisuudelle joka on vähintään 50 % kyseisen altisteen haitalliseksi tunnetusta pitoisuudesta (HTP-arvosta). Eräille aineryhmille HTP-arvoa ei ole määritetty, jolloin voimakkaasti altistuneiden työntekijöiden määrää ei voida arvioida. Eri altisteille käytetyt HTP-arvot on ilmoitettu ainenimikkeen perässä suluisissa.

altist. muutos vs 1985-1994, %	voimakkaasti altistuneita 1960-1984	voimakkaasti altistuneita 1985-1994	voimakkaasti altistuneita 2001-2003	voimakk. altist. muutos vs 1960-1984, %	voimakk. altist. muutos vs 1985-1994, %
-30	530	260	50	-91	-81
-15	3 800	2 000	1 300	-66	-37
0	500	280	230	-54	-16
-95	79 000	6 300	400	-99	-94
-62	760	580	150	-81	-74
-9	11 000	5 600	1 500	-86	-73
-84	10	< 10	< 10	-91	-80
-44	110	130	< 10	4	-96
-14	2 100	1 400	1 000	-54	-29
-52	90	40	30	-68	-31
-30	12 000	5 200	2 500	-79	-51
-48					
-45	10 000	6 000	3 600	-64	-40
-15	5 600	4 300	3 100	-45	-29
-86	60	30	10	-75	-48
-54	7 100	1 300	730	-90	-45
-48					
-58					
-45	30	10	40	18	210
-18	27 000	16 000	12 000	-58	-27
-91	11 000	8 400	500	-96	-95
-67	3 800	1 900	600	-83	-67
-16	12 000	6 200	5 400	-53	-12
-8	50	20	10	-80	-55
-33	0	0	0	0	0
-9					
-85					
-10	4 500	2 500	1 200	-72	-50
-23	1 100	200	200	-81	-12
-56					
-30	270	140	110	-57	-21
-47	1 400	1 100	700	-51	-34
-48	1 200	500	250	-79	-51
-34					
-8	5 400	4 000	4 000	-28	-1
-37	200 000	70 000	40 000	-81	-47

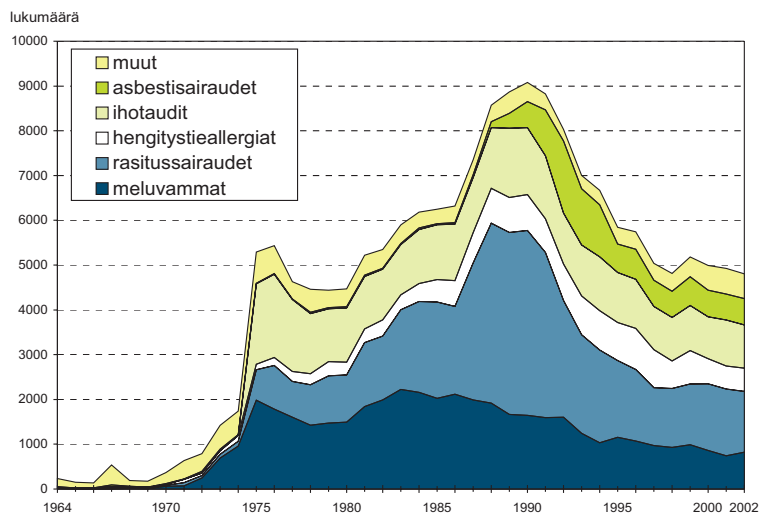
## 3.2 Kemiallisten ammattitautien ja työhön liittyvien sairauksien kehityssuunnat

Työterveyslaitoksen Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR) on kerännyt tietoja lääkärien ilmoittamista ammattitaukeista vuodesta 1964. Ammattitautien määrään vaikuttavat monet muutkin tekijät kuin työolot. Vielä 1960-luvulla rekisteriin ilmoitettiin hyvin vähän ja yleensä vain vakavia ammattitautitapauksia (kuva 3). Näiden joukossa oli klassisia kemikaali-ammattitaukeja, kuten asbesti- ja kivipölykeuhkosairauksia, lyijymyrkytyksiä sekä häikämyrkytyksiä. Kemiallisista aineista johtuvia ihotauteja alettiin ilmoittaa Työperäisten sairauksien rekisteriin Työterveyslaitoksen aloitteesta 1970-luvulla, mikä nosti ilmoitusmäärää huomattavasti. Ammattitautilain ammattitautikäsitettä laajennettiin 1980-luvulla, jolloin myös koulutettiin suuri määrä työterveyslääkäreitä tunnistamaan ammattitaukeja. Asbesti-ilmoitusten määrä kasvoi 1990-luvun alussa, kun Työterveyslaitos toteutti ns. asbestiseulahankkeen, jonka aikana todettiin noin 3 000 uutta pleuraplakkitapausta. Talouslama ja työssä käyvien määrän pieneneminen vähensivät ammattitautien määrää 1990-luvun alkupuolella. Ammattitautien määrät vähenivät lievästi tämän jälkeenkin huolimatta työllisyyden paranemisesta. Tähän syynä on ollut mm. työolojen paraneminen. Kemiallisten ammattitautien huippu saavutettiin 1990-luvun alussa, jolloin niitä oli noin 3 000 vuodessa. Tästä tasosta määrä on melko tasaisesti vähentynyt siten, että nyt Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitetaan vuosittain noin 2 000 kemiallista ammattitautia (Riihimäki ym. 2003)

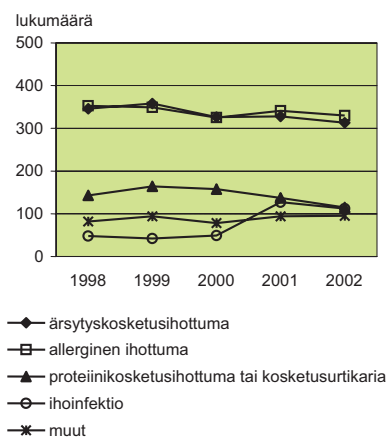
Kemialliset ammattitaudit ovat pääasiassa ihotauteja, hengitystieallergioita ja asbestisairauksia (mukaan lukien syövät). Tietoja näiden ammattitautien määrien viimevuosien kehityksestä on kuvissa 4–6.

Ammatti-ihotautilien ilmoitetut määrät ovat pysyneet viime vuosina lähes ennallaan sekä allergisten että ärsytysihottumien osalta (kuva 4). Kokonaismäärä on ollut noin 900–1 000 tapausta vuodessa, kun se suurimmillaan 1990-luvun vaihteessa oli noin 1 400. Pienehkön osan ammatti-ihotaudeista aiheuttavat ei-kemialliset altisteet, kuten syyhy punkit, silsasienet, mekaaninen hankaus tai ultraviolettisäteily.

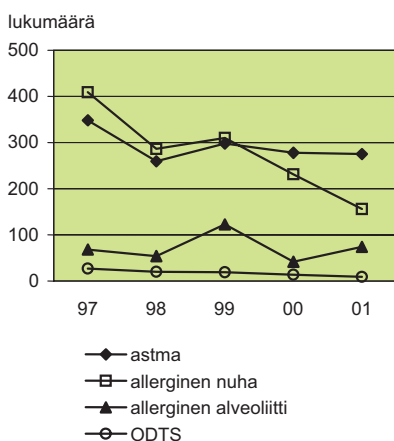
Vuosimuutokset hengitystieallergioiden määrissä ovat myös olleet vähäisiä (kuva 5). Allergisten nuhataipauksen vähenevä määrä on osittain näennäinen. Vuosina 2000–2002 saaduissa ilmoituksissa on normaalia enemmän tapauksia, jotka on vakuutuslaitoksissa kooditettu niin epätarkasti, että allergisten nuhien tunnistaminen on epätäydellistä. Hengitystieallergioita ilmoitetaan vuosittain ammattitaukeina noin 500–600, kun määrä oli 1990-luvulla suurimmillaan hieman yli 900. Työaltisteiden aikaansaamia astmoja on todellisuudessa todennäköisesti huomattavasti enemmän kuin ammattitauti-ilmoituksia (ks. kappale 2.3).



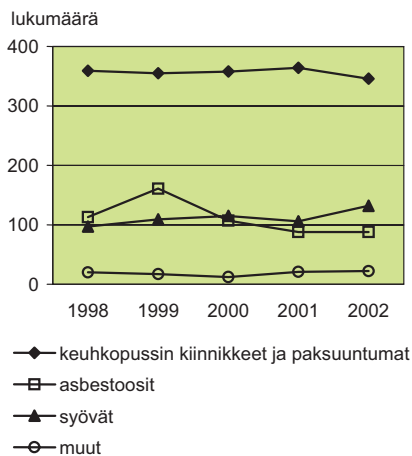
Kuva 3. Ammattitaudit vuosina 1964–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)



Kuva 4. Ammatti-ihotautien määrät vuosina 1998–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)



Kuva 5. Hengitystieallergioiden määrät vuosina 1997–2001 (Työperäisten sairauksien rekisteri)



Kuva 6. Asbestisairauksien määrät vuosina 1998–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)



Asbestisairauksien määrä on vaihdellut viime vuosina melko vähän (kuva 6). Tähän on osittain syynä se, että asbestisairaudet ovat hitaasti kehittyviä ja nyt havaittavat tapaukset ovat peräisin altistumisista vuosikymmeniä sitten. Asbestisairauksien ”epidemian” on arvioitu jatkuvan vielä joitakin vuosia, minkä jälkeen sairauksien määrän uskotaan vähenevän vuoteen 2030 mennessä huomattavasti nykyisestä.

Ammattisyöpänä ilmoitetaan Suomessa lähes pelkästään asbestiin liittyviä mesoteliomia ja keuhkosyöpiä, joiden toteamiselle on sovittu kriteerit. Vuosittain ilmoitetaan 100–150 tapausta. Nykyisin altistutaan asbestille kuitenkin paljon vähemmän kuin 1960–1980-luvulla.

Työhön liittyvien sairauksien määrien arviointi on melko epätarkkaa ja tiedot kehityssuunnista koskevat vain muutamaa kemikaalia. Työperäisiä syöpiä on arvioitu Suomessa vuosittain olevan 400–500 uutta tapausta, joista asbestin osuus on 150–200 (ks. kappale 2.4). Asbestisyöpien tiedetään pitkähkön viiveen jälkeen voimakkaasti vähenevän, mikä pienentää myös työperäisten syöpien kokonaismäärää. Muiden työperäisten sairauksien osalta kehityssuuntia ei ole arvioitu. Voidaan kuitenkin päätellä, että työperäisen kemikaaleille altistumisen yleinen väheneminen Suomessa on vähentänyt myös siihen liittyvää sairastuvuutta. Tämä päätelmä on epäsuora ja mekaaninen, eikä se esimerkiksi ota huomioon tulevaisuudessa ilmeneviä uusia kemikaalihaittoja tai työssä käyvien allergiaherkkyyden mahdollista lisääntymistä.

### 3.3 Koettujen kemiallisten terveyshaittojen kehityssuunnat

Tilastokeskuksen työolotutkimuksissa on tietoja eräiden kemiallisten altisteiden esiintymisestä ja vaarana kokemisesta palkansaajien keskuudessa vuosilta 1977–2003. Taulukon 6 esiintyvyydet ovat jossain määrin ristiriidassa Työterveyslaitoksen tarkempien arvioiden kanssa (ks. kappale 3.2). Taulukon 6 mukaan pölyjen koettu esiintyvyys olisi palkansaajilla hieman lisääntynyt vuosina 1977–2003, samoin kuin savujen, kaasujen ja höyryjen koettu esiintyvyys. Kaikkien työssä käyvien altistuminen kemikaaleille on FINJEM-altistumistietokannan mukaan selkeästi vähentynyt (ks. kappale 3.2). Osittain ero selittyy sillä, että Tilastokeskuksen haastattelut kattavat vain palkansaajat, eikä niissä näy toimialarakenteen muutos (esim. maatalousyrittäjien määrän ja altistumisen väheneminen). Suurempi syy eroon on todennäköisesti kuitenkin palkansaajien aiempaa suurempi tietoisuus työympäristön terveyshaitoista ja asennemuutos sen suhteen, mikä koetaan terveyshaitaksi. Nämä seikat alentavat kynnystä raportoida haittoja ja altistumisen esiintymistä.

Työssä käyvien mielipiteet kemiallisten haittojen kokemisesta eivät ole viime vuosina merkittävästi muuttuneet Työterveyslaitoksen Työ ja terveys -haastattelun perusteella (taulukko 7).

Taulukko 6. Kemiallisten tekijöiden työympäristössä esiintyminen ja vaaraksi kokeminen palkansaajilla vuosina 1977–2003, % vastanneista (Lehto ja Sutela 2004)

esiintyminen tai haitta	v. 1977	v. 1984	v. 1990	v. 1997	v. 2003
esiintyy pölyjä	29	35	40	40	33
esiintyy savuja, kaasuja tai höyryjä	13	15	15	13	19
esiintyy ärsyttäviä aineita	15	18	19	18	15
kokee ihotautiin sairastumisen vaarana		23	33	27	26
kokee kemialliset aineet vaarana		23	25	24	25

Taulukko 7. Kemiallisten altisteiden koettu haitta (jonkin verran, melko paljon tai hyvin paljon) työssä käyvillä vuosina 1997–2003, % vastanneista (Piirainen ym. 1997, 2000, 2003)

altiste	v. 1997	v. 2000	v. 2003
luotainaineet, esimerkiksi tinneri, polttoaine, maalien liuotin	10	12	10
voimakkaat pesu- tai desinfiointiaineet tai muut ihoa ärsyttävät kemikaalit	15	12	15
kaasut, esimerkiksi pakokaasut	11	9	10
pölyt	33	35	35
muiden tupakoinnista johtuva tupakansavu (passiivitupakointi työssä)	7	6	7

### 3.4 Kemialliseen työaltistumiseen ja sen haittoihin liittyvän indikaattorijärjestelmän kehittäminen

Kemiallisen työssä altistumisen ja sen aiheuttamien haittojen seuranta hyötyisi systemaattisesta indikaattorijärjestelmästä. Useita indikaattorijärjestelmän elementtejä on Suomessa jo olemassa (esim. FINJEM, ASA, TPSR).

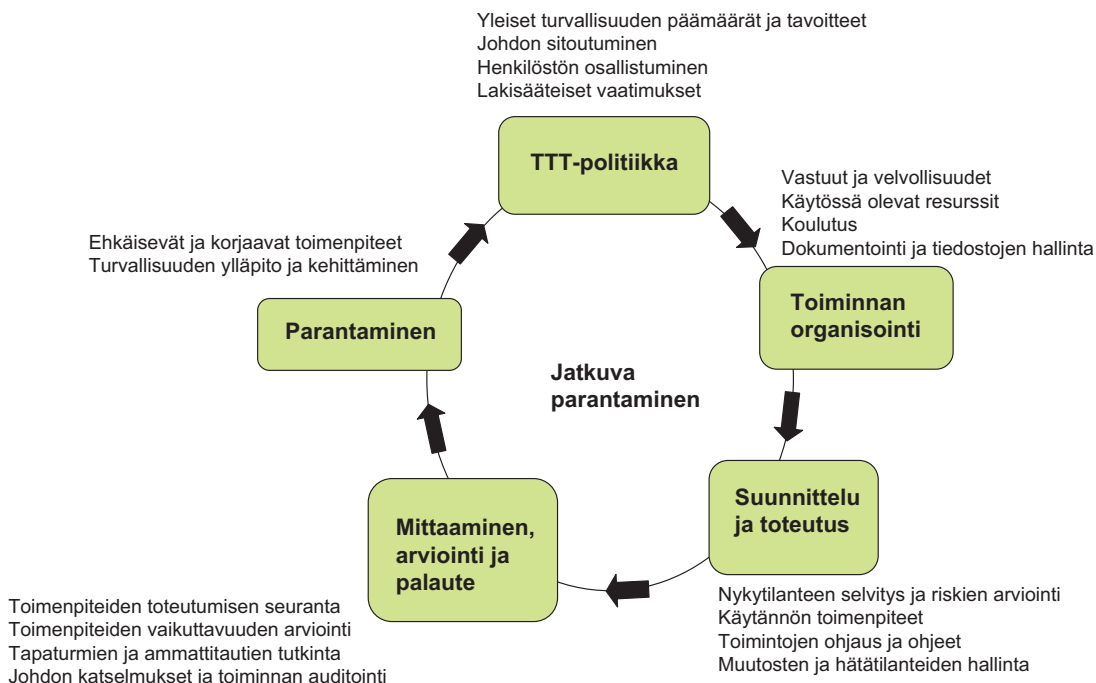
Indikaattorijärjestelmän tehtävä on monitoroida työaltistumista ja siitä aiheutuvien terveyshaittojen määriä ja kehityssuuntia. Monitorointi auttaa tunnistamaan ja priorisoimaan ehkäisevien toimenpiteiden tarpeita ja arvioimaan niiden toimivuutta. Indikaattoreiden tulee heijastaa niitä tavoitteita ja päämääriä, jotka on ilmaistu sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonalan strategioissa ja suunnitelmissa.

Työaltistumisiin ja niiden aiheuttamiin haittoihin liittyvä indikaattorijärjestelmä voi koostua määrällisistä aikasarjoista ja laadullisista prosessi-indikaattoreista.

Aikasarjat voivat kuvata kemikaaleille altistuneiden työntekijöiden määriä ja altistumisen voimakkuutta kemikaaliluokittain tai ainekohtaisesti (FINJEM ja ASA), työntekijöiden kokeman kemiallisen haitan yleisyyttä (Työ ja terveys -haastattelut) sekä ammattitautien ilmaantuvuutta tautiluokittain ja altisteittain (TPSR).

Kuvassa 7 on yksi malli, joka perustuu ILO:n antamaan ohjeistukseen työterveys- ja turvallisuusjärjestelmän (TTT) prosesseista. Sopivaksi katsotun mallin avulla voidaan kehittää laadullisia prosessi-indikaattoreita, jotka auttavat monitoroimaan järjestelmän toimivuutta.

Prosessi-indikaattoreiden avulla voidaan monitoroida kemikaalirikien hallintaa johtamisjärjestelmien sekä työterveys- ja turvallisuusjärjestelmien näkökulmista. Näihin kuuluvat turvallisuusjohtamisen osa-alueet, kuten strategiat, toiminnan organisointi, suunnittelu ja toteutus, arviointi ja parannustoimien toteutus sekä näiden osa-alueiden komponentit.



Kuva 7. Yksi malli indikaattorijärjestelmälle (Turvallisuusjohtaminen, muokattu kuva)

Yllä mainituista aihealueista voidaan operationalisoida laadullisia prosessi-indikaattoreita. Ne voivat olla kevyitä ”suunnannäyttäjiä” tai vaativampia, kohtuullisessa määrin standardoituja mittareita. Nämä indikaattorit ovat luonteeltaan ennakoivia (”leading indicators”) ja mittaavat siis ehkäisevän järjestelmän toimivuutta. Tapahtumia kirjaavat indikaattorit (”lagging indicators”, esim. ammattitautien määrä) taas monitoroivat todettuja haittoja.

Indikaattorijärjestelmiä voidaan kehittää sekä valtakunnallisella, alueellisella (työsuojelupiirit) että yritystasolla. PK-yritykset ja suuret yritykset täytyy arvioinneissa käsitellä erikseen, koska riskien luonne sekä työterveys- ja turvallisuusjärjestelmien voimavarat riippuvat yritysten koosta.

Valtakunnallisten ja alueellisten prosessi-indikaattoreiden tasoarviointi voidaan toteuttaa asiantuntija-paneelimenetelmällä tai kevyillä selvityksillä.

## Lähteitä

ASA. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri. Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

FINJEM-altistumistietojärjestelmä. Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Lehto A-M, Sutela H: Uhkia ja mahdollisuuksia. Työolotutkimusten tuloksia 1977–2003. Tilastokeskus, Helsinki 2004.

Piirainen H, Elo A-L, Hirvonen M ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus v. 2000. Taulukkoraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2000.

Piirainen H, Elo A-L, Kankaanpää E ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus v. 1997. Taulukkoraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 1997.

Piirainen H, Hirvonen M, Elo A-L ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus 2003. Taulukkoraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

Riihimäki H, Kurppa K, Karjalainen A ym.: Ammattitaudit 2002. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

Turvallisuusjohtaminen. ([http://fi.osha.eu.int/good\\_practice/turvallisuus/johtaminen.stm](http://fi.osha.eu.int/good_practice/turvallisuus/johtaminen.stm))

Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

# 4 Käytössä olevia kemikaaleja

## 4.1 Kvartsipöly

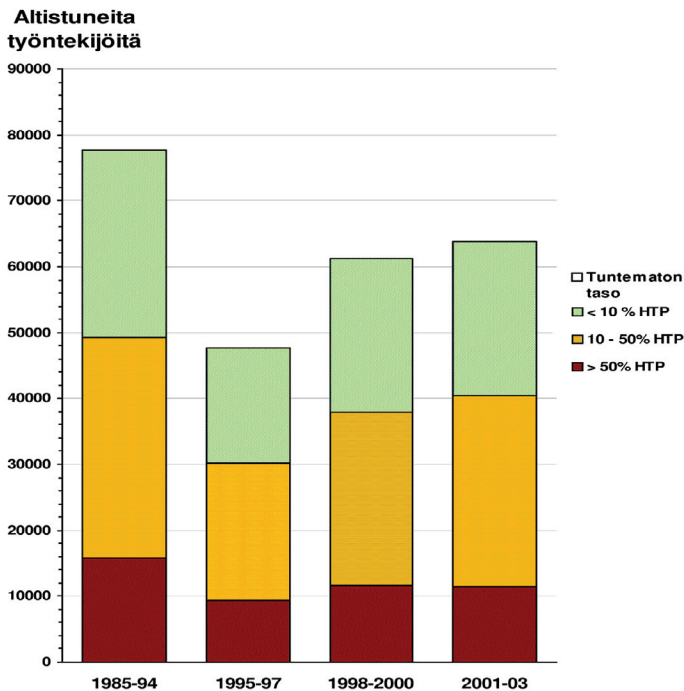
Antti Tossavainen

### Käyttö ja esiintyminen

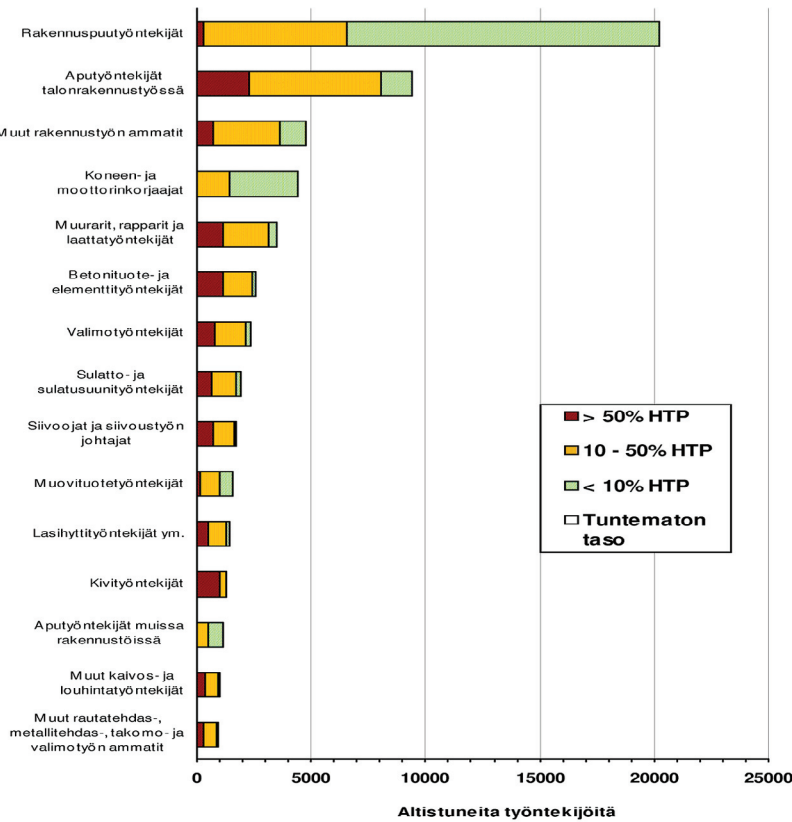
Piidioksidi (SiO<sub>2</sub>) on yleisimpiä luonnossa esiintyviä yhdisteitä. Sen kiteisiä muotoja ovat kvartsi, kristobaliitti ja tridymiitti. Kvartsia on pääaineosana monissa kivilajeissa ja hiekoissa. Kvartsiitti ja hiekkakivi koostuvat lähes yksinomaan kvartsista, samoin eräät merihiekkalajit. Harmaa ja punainen graniitti sisältävät sitä 20–40 % ja tavallinen harjuhiekkä 5–15 %. Teolliset savilaadut, kaoliini ja bentoniitti, saattavat sisältää runsaasti kvartsia. Talon- ja maanrakennukseen sekä rakennusaineiden valmistukseen tuotettiin vuonna 2002 yhteensä 50 miljoonaa tonnia soraa ja hiekkää, 23 miljoonaa tonnia kalliomurskettä, 2,5 miljoonaa tonnia rakennuskiveä ja 0,5 miljoonaa tonnia graniittia. Toiminnassa oli yhteensä 42 malmi-, kalkki- ja mineraalikaivosta, joiden vuosituotanto oli noin 18 miljoonaa tonnia malmia tai hyötykiveä. Teollista kvartsia valmistettiin noin 200 000 tonnia (Geologian tutkimuskeskus 2004). Kristobaliittia ja tridymiittiä saattaa muodostua amorfisesta piidioksidista tai piimaasta korkeassa lämpötilassa.

### Altistuminen työssä

Suomessa työskentelee noin 70 000 työntekijää ammateissa, joissa voi altistua merkittävästi kvartsipitoisille pölyille. Tällaisia töitä ovat kaivos-, louhinta-, kivi- ja rakennustyö sekä teollisuuden toimialoista valimotyö sekä lasin, posliinin, sementin, laastin, tiilien, betonin sekä muiden savi- ja kivituoiteiden valmistus. Hiekkapuhallusta ja hiontaa tehdään useilla työpaikoilla kvartsipitoisilla aineilla. Rakennustyössä altistuvat erityisesti betonityöntekijät, muurarit, rapparit, apumiehet ja siivoajat (kuva 8 ja 9).



Kuva 8. Kvartsialtistuminen ajanjaksoittain vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)



Lähde: Työterveyslaitoksen FINJEM-Altistumistietojärjestelmä

Kuva 9. Kvartsi-altistuminen ammateittain vuosina 2001–2003

Ilman pölypitoisuuksista ja hienojakoisen kvartsin esiintymisestä on tehty Suomessa laajoja selvityksiä valimoissa sekä kivi-, rakennus- ja kaivostyössä. Työterveyslaitoksen tekemissä työhygieenisissä mittauksissa ylitti hienojakoisen kvartsin raja-arvon  $0,2 \text{ mg/m}^3$  35 % mittauksista vuosina 1977–1980 ja 45 % vuosina 1980–1989 sekä 25 % vuosina 1998–2000 (Partanen ym. 1995, Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri). Suuret kvartsipitoisuudet olivat yleisiä kiviteollisuudessa, valimoissa sekä louhinta- ja rakennustöissä.

## Terveyshaitat

Suomessa todettiin vuosina 1935–2002 ammattitaudiksi yhteensä 1 645 silikoosia. Näistä 878 tapausta oli vuosilta 1935–1964 ja 667 tapausta vuosilta 1965–1992 sekä 100 tapausta vuosilta 1993–2002 (Partanen ym. 1995, Työperäisten sairauksien rekisteri). Keskimääräinen altistumisaika oli 1970-luvulla noin 20 vuotta. Nykyisin todetaan vuosittain noin 10 silikoositapausta, joiden kvartsi-altistuminen ja taudinkuva ovat aiempaa lievempiä. Vuosina 1990–1992 tehdyssä 18 000 rakennustyöntekijän seulontatutkimuksessa esiintyi silikoosiin liittyviä, nodulaarisia fibroosilöydöksiä 0,3 %:lla tutkituista, kun taas asbesti-altistumiseen viittaavaa keuhkofibroosia oli 2,9 %:lla (Koskinen ym. 1998).

Työperäinen kvartsi-altistuminen lisää keuhkosityövän riskiä erityisesti silikoosipotilailla (IARC 1997, Partanen ym. 1994, 1995). Vuonna 2003 ammattitautiasetusta muutettiin siten, että kvartsipölyn aiheuttama keuhkosityöpä voidaan ilmoittaa ammattitaudiksi (252/2003). Kvartsipölyn aiheuttamia keuhkosityöpiä on toistaiseksi rekisteröity vain muutama (Työperäisten sairauksien rekisteri).

## Riskien hallinta

Kvartsialtistumista vähentäviä toimia ovat:

- kvartsipitoisten aineiden korvaaminen muilla tuotteilla esimerkiksi valimoissa, hionnassa ja hiekka-puhalluksessa
- pölyttömien työmenetelmien ja työkalujen käyttöönotto
- tehokkaan ilmanvaihdon, kohdepoistojen ja hengityksensuojainten käyttö.

Työolosuhteiden valvonta ja työntekijöiden terveysseuranta ovat tärkeitä toimia kvartsipölyn aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisyssä.

## Lähteitä

Geologian tutkimuskeskus. Mineraalisten raaka-aineiden tuotanto:  
<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/> (10.11.2004).

IARC. Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 68. IARC, Lyon 1997.

Koskinen K, Zitting A, Tossavainen A et al.: Radiographic abnormalities among Finnish construction, shipyard and asbestos industry workers. *Scand J Work Environ Health* 1998;24:109–117.

Partanen T, Jaakkola J, Tossavainen A: Silica, silicosis and cancer in Finland. *Scand J Work Environ Health* 1995;21:84–86.

Partanen T, Pukkala E, Vainio H et al.: Increased incidence of lung and skin cancer in Finnish silicotic patients. *J Occup Med* 1994;36:618–622.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

## 4.2 Teolliset mineraalikuidut

*Antti Tossavainen*

### Käyttö ja esiintyminen

Teolliset mineraalikuidut on yleisnimi useille synteettisille aineille, joiden käyttö perustuu niiden kuitumaiseen rakenteeseen. Kaupalliset nimet (lasikuitu, lasivilla, vuorivilla, kivivilla, kuonavilla) viittaavat niiden raaka-aineisiin ja ulkomuotoon. Silikaattipohjaiset tekokuidut ovat kiderakenteeltaan lasimaisia. Jatkuvat lasikuidut ovat tasapaksuja lankoja, joiden läpimitta on 5–25 mikrometriä. Villatuotteissa nimellispaksuus on yleensä 3–10 mikrometriä, mutta yksittäisten kuitujen läpimitta vaihtelee laajalla alueella (< 1–20 mikrometriä). Tyypillisen lasikuidun ja lasivillan koostumuksesta on piidioksidia 50–70 % sekä loppuosa alkalimetallien ja boorin oksideja. Kivi-, vuori- ja kuonavilla sisältävät piidioksidia 40–50 % sekä vaihtelevia määriä kalsium-, magnesium- ja alumiinioksidia. Keraaminen kuitu koostuu tavallisesti alumiinisilikaatista (IARC 2002, Jörgensen ym. 1994).

Suomessa lasivillan valmistus alkoi vuonna 1941 ja kivivillan vuonna 1952. Lasi- ja vuorivillatehtaat tuottavat nykyisin noin 150 000 tonnia vuodessa lämpö-, palo- ja akustiikkaeristeitä pääasiassa rakennusteollisuuden käyttökohtaisiin. Jatkovaa lasikuitua tuotetaan lankana, huopana ja mattona erikoistekstiilien, suodattimien ja lujitemuovin valmistusta varten. Keraamisten kuitujen tärkein käyttö on teollisuuden sulatus- ja polttouuneissa lämpöeristeinä (noin 30 tn/vuosi).

### Altistuminen työssä

Työntekijät voivat altistua mineraalivillapölylle tuotantolaitoksissa sekä rakennusteollisuuden ammattiteissa. Lasi- ja vuorivillan tuotannossa on työssä noin 1 500 henkilöä viidessä tehtaassa, ja eristystöitä mineraalivillatuotteilla tekee Suomessa arviolta 10 000 työntekijää (kuva 10 ja 11). Altistumisen taso 1 kuitua/cm<sup>3</sup> ylittyy vain erikoistilanteissa, kuten puhallusvillan käytössä. Tehtaissa ja mineraalivillojen asennuksessa ilman kuitupitoisuudet ovat keskimäärin alle 0,1 kuitua/cm<sup>3</sup>. Keraamisten turbiinieristeiden purkutöissä kuitupitoisuus voi ylittää 10 kuitua/cm<sup>3</sup>, mikä edellyttää tehokkaita suojaustoimia (Hyvönen ym. 1999).

Toimistotyöympäristöissä rakennuksissa voi esiintyä teollisia mineraalikuituja, jotka ovat peräisin akustiikkalevyistä tai ilmanvaihtolaitteiden lämpö-, palo- ja äänieristeistä. Näissä tilanteissa ilman kuitupitoisuudet ovat yleensä alle 100 kuitua/m<sup>3</sup>, mutta pinnoille kerääntyneessä pölyssä karkeita mineraalikuituja voi olla runsaasti (Tuomainen ym. 2003).

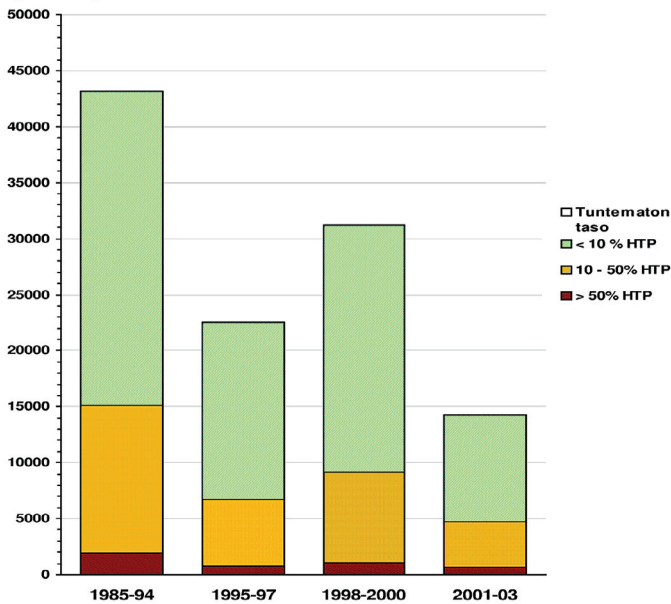
### Terveyshaitat

Teolliset mineraalikuidut aiheuttavat varsin yleisesti hengitysteiden, silmien ja ihon ärsytysoireita. Työterveyslaitos tutkii vuosittain pöly- ja materiaalinäytteitä useista sadoista rakennuksista, joissa oireiden aiheuttajiksi epäillään sisäilman epäpuhtauksia. Monissa tapauksissa merkittävin haittatekijä on eristeveloista irtoavat karkeat mineraalikuidut. Päästölähteitä voivat olla akustiikkamateriaalit ja ilmanvaihtolaitteiden lämpö- ja äänieristeet (Tuomainen ym. 2003).

Vuosina 1996–2003 rekisteröitiin ammattitautina yhteensä 35 ärsytysihottumaa, jotka todettiin eristevellojen asentajilla ja muilla käyttäjillä (Työperäisten sairauksien rekisteri). Vähäiset ärsytysoireet ja kosketusihottumat ovat kuitenkin tavallisia mineraalivillojen käsittelyssä. Eräissä tapauksissa allergisen kosketusihottuman syy saattaa olla eristevellojen sisältämät sideainehartsit.

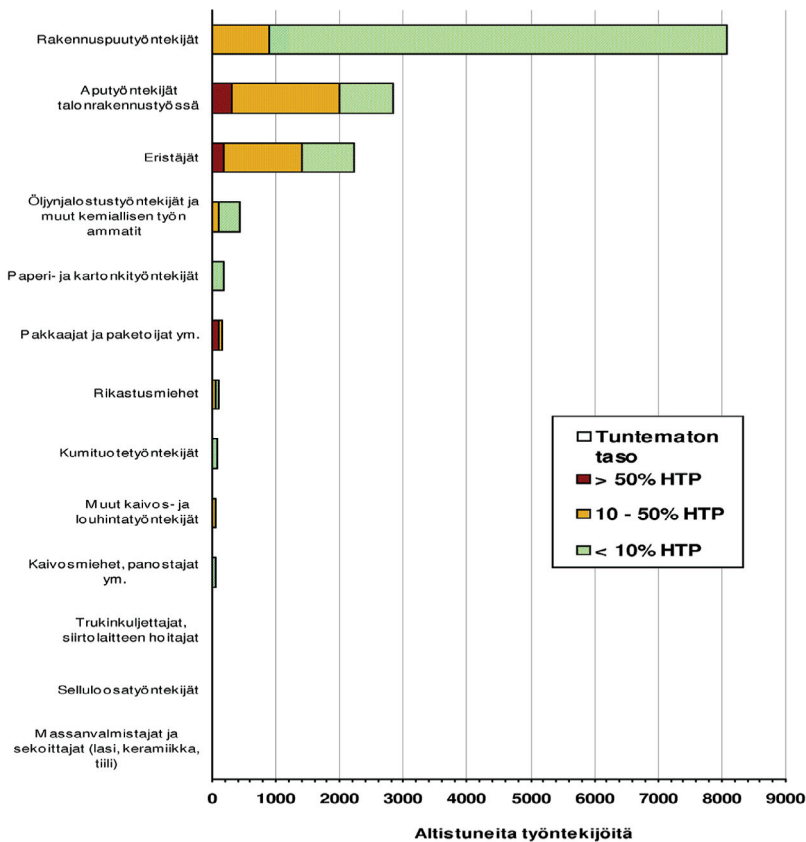
Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) on luokitellut keraamiset kuidut mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi (luokka 2B). Vuonna 2002 ilmoitettiin ASA-rekisteriin 129 henkilöä, jotka olivat altistuneet keraamisille kuiduille sulatto- ja valimotöissä.

### Altistuneita työntekijöitä



Lähde: Työterveyslaitoksen  
FINJEM-altistumistietojärjestelmä

Kuva 10. Altistuminen mineraalikuuduille ajanjaksoittain vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)



Lähde: Työterveyslaitoksen  
FINJEM-altistumistietojärjestelmä

Kuva 11. Altistuminen mineraalikuuduille ammateittain vuosina 2001–2003



## Riskien hallinta

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös (164/1998) edellyttää mineraalivillatuotteisiin varoitusmerkinnän ihoärsytyksestä. Sen sijaan varoitus syöpävaarasta koskee ainoastaan mineraalikuituja, joiden alkali- ja maa-alkalipitoisuus on enintään 18 painoprosenttia. Keraamiset kuidut on siten luokiteltu syöpävaaralliseksi aineiksi ja niille altistuneet työntekijät on ilmoitettava ASA-rekisteriin (STMp 1232/2000).

Mineraalivillojen tuottajat ovat julkaisseet yksityiskohtaisia turvallisuusohjeita tuotteiden oikeaa käsittelyä varten. Kansainvälisen työjärjestön turvallisuusohje sisältää tietoja eristevillojen ominaisuuksista, merkinnöistä, pakkauksista, varastoinnista, suojavaatetuksesta, hengityksensuojaimista ja pölymittauksista (ILO 2000). Suomessa työpaikkailman työhygieeninen ohjearvo on määrätty lasikuiduille ainoastaan painomääräisenä (HTP 2005 = 10 mg/m<sup>3</sup>), mutta kuitupitoisuuden raja-arvo puuttuu.

## Suosituks

- Kansainvälisen käytännön mukaisesti työpaikan ilman kuitupitoisuudelle määrätään työhygieeninen raja-arvo 0,5 kuitua/cm<sup>3</sup> (yli 5 mikrometrin pituiset kuidut). Keraamisille kuiduille tulisi asettaa sama raja-arvo kuin asbestikuiduille eli 0,1 kuitua/cm<sup>3</sup>.
- Toimistotyyppejä tiloja varten asetetaan pinnoille laskeutuneille mineraalikuiduille ohjearvo 1 kuitu/cm<sup>2</sup> (yli 20 mikrometrin pituiset kuidut).
- Akustiikkalevyjen ja ilmanvaihtolaitteiden eristemateriaalien kuituemissioita vähennetään tuotekehityksen ja teknisen suunnittelun avulla.

## Lähteitä

ASA. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri. Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Hyvönen M, Riala R, Grönroos K ym.: Keraamisten turbiinieristeiden pölyt ja työtavat. Tutkimusraportti. Helsingin Energia, Helsinki 1999.

IARC. Man-made mineral fibres. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 81. IARC, Lyon 2002.

ILO. Code of practice on safety in the use of synthetic vitreous fibre insulation wools (glass wool, rock wool, slag wool). International Labour Organization, Geneva 2000.

Jørgensen O, Bye E, Sahle W, Tossavainen A: Fibre alternatives in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers, Århus 1994.

Tuomainen M, Björkroth M, Kämppe R ym.: Ilmanvaihtojärjestelmän mineraalivilla-kuitujen terveysvaikutukset. Raportti B76. Teknillinen korkeakoulu, Espoo 2003.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

## 4.3 Orgaaniset pölyt

*Kyösti Louhelainen*

### Käyttöalat ja -tavat

Orgaaninen pöly määritellään pölyksi, joka koostuu kasvi- tai eläinperäisistä osasista. Siten niihin eivät kuulu biologiset tekijät, kuten sienet, mikrobit, bakteerit, virukset, levät ja punkit. Orgaanisen pölyn ainesosia ovat mm. kasvien osaset, eläinten ihon ja hilseen osaset, eläinten virtsa ja uloste, höyhenet, myko- ja endotoksiinit sekä tuotantoprosesseissa käytettävät entsyymit.

Orgaanisia pölyjä esiintyy erityisesti seuraavissa työympäristöissä (suluissa muutamia altistuvia ammattiryhmiä):

- elintarviketeollisuus: viljavarastot, myllyt, leipomot, rehutehtaat (viljanvastaanottajat, prosessityöntekijät, leipurit, siivoojat)
- maa- ja metsätalous (maanviljelijät, lomittajat, eläinlääkärit)
- jäteala (työntekijät, autonkuljettajat)
- tekstiili- ja vaateteollisuus (kankaiden valmistus, lankojen valmistus, ompelijat)
- turkisala (turkistuottajat, vaatteiden valmistajat)
- puuteollisuus: sahat, puunjalostus (prosessityöntekijät, puusepät, siivoojat)
- paperi- ja selluteollisuus (prosessityöntekijät)
- nahka-ala (vaatteiden valmistajat, suutarit)
- energian tuotanto (turvetyöntekijät, voimalaitostyöntekijät)
- lääketeollisuus (prosessityöntekijät, koe-eläintyöntekijät)
- yliopistot (koe-eläintyöntekijät, tutkijat).

Monet prosessit tuottavat orgaanisia pölyjä epäpuhtautena tai prosessivuotoina viljavarastoissa, myllyissä, leipomoissa ja rehutehtaissa. Leipomojauhojen määrät ovat varsin huomattavia: vuonna 2003 yhteensä noin 950 leipomossa käytettiin vehnä jauhoja noin 149 miljoonaa kiloa ja ruisjauhoja noin 68 miljoonaa kiloa. Jätettä syntyy vuodessa yhteensä 65–70 miljoonaa tonnia, josta yli 2 miljoonaa tonnia on yhdyskuntajätettä. Rakennustoiminnassa jätettä syntyy noin 7–9 miljoonaa tonnia, josta suurin osa on maa-ainekset. Jäteasemien ja käsittelylaitosten määrä on vähentynyt voimakkaasti: vuonna 1990 niitä oli 480 ja vuonna 2005 noin 80. Maataloudessa, erityisesti eläintuotannossa, jauhoja ja rehuja käsitellään miljoonia tonneja vuodessa.

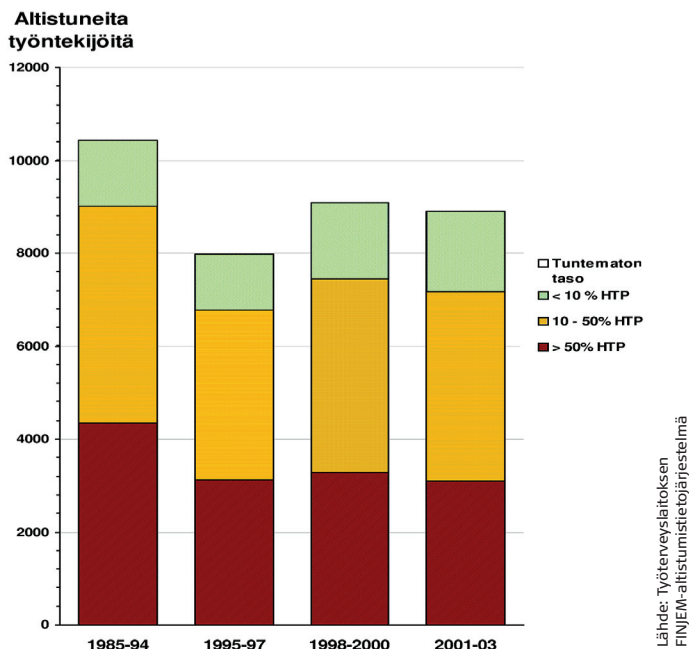
### Altistuminen työssä

Eniten orgaaniselle pölylle altistuvat ammattiryhmät ovat leipomoissa ja maataloudessa työskentelevät. Jauho-, kasvi- ja eläinpölylle altistuvien ammattiryhmien altistumisen muutoksia on kuvissa 12–14.

Suurin altistuva ammattiryhmä jauhopölylle on noin 6 500 leipuria ja kondiittoria. Seuraavaksi eniten altistuvat kokit, keittäjät ja kylmäköt (noin 1 000), pakkaajat ja paketoijat (noin 800), myllytyöntekijät (noin 400) ja siivoojat (noin 400). Leipomopölyssä voivat varsinaisen vilja-aineksen lisäksi terveysriskejä aiheuttaa erilaiset hiukkasfraktiossa olevat leivänparanteet, entsyymit, mausteet, lisäaineet sekä epäpuhtaudet, kuten mikrobit, hyönteiset ja punkit (Rantanen 1991, Tiikkainen ym. 1996). Leipomotyöntekijät altistuvat jauhopölyn lisäksi suurille pienhiukkaspitoisuuksille (Tissari ym. 2003), jotka ovat lähtöisin erityisesti uunitoiminnoista ja munkinpaistosta.

Yli 50 % HTP-tason pölyaltistumista on erityisesti leipomoissa. Jauhopölylle altistutaan myös myllyissä, joissa altistumistasot ovat olleet hyvin korkeita (Tiikkainen ym. 1996). Keskimäärin kokonaispölypitoisuudet ovat olleet hengitysvyöhykkeellä 3–30 mg/m<sup>3</sup> myllärillä, 2–35 mg/m<sup>3</sup> pakkaajalla, 4–35 mg/m<sup>3</sup> säkittäjällä ja 2–40 mg/m<sup>3</sup> siivoojalla.

Kasvipölylle altistutaan eniten maataloudessa, jossa työskentelee tällä hetkellä noin 70 000 maatalousryhtäjä ja noin 4 000 maatalouslomittajaa. Työterveyslaitoksen arvioiden mukaan suurin osa altistumisesta jää alle 10 %:iin orgaanisen pölyn HTP-arvosta 5 mg/m<sup>3</sup>, joskin altistuminen ylittää HTP-tason tietyillä maatalouden aloilla, kuten sikaloissa ja kanaloissa.



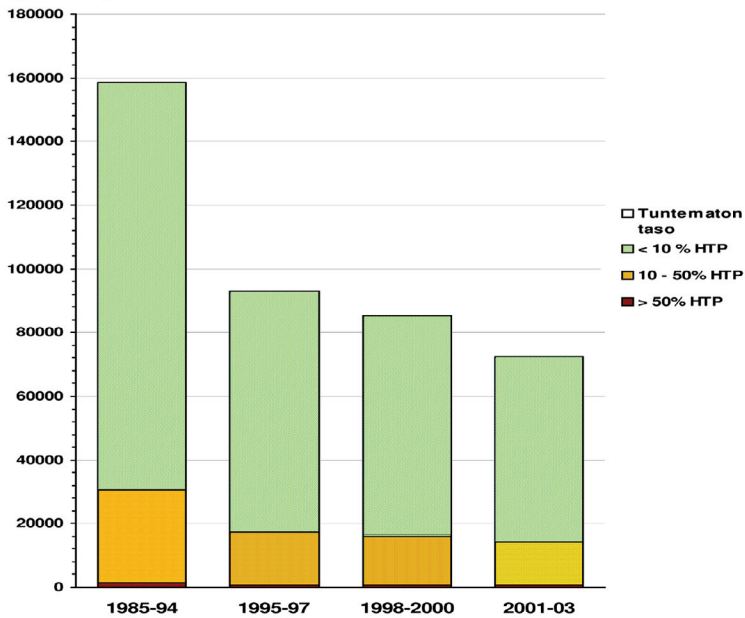
Kuva 12. Jauhöpölylle altistuvien määrä ja altistumistaso vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)

Hiiri-, rotta-, kani-, sika-, kissa-, koira-, lehmä- ja hevosallergeeneja on määritetty eniten. Niitä esiintyy eläinten hilseessä ja karvassa sekä monia näistä myös virtsassa, syljessä ja veressä. Eniten eläinpölylle altistuvat kotieläintaloutta harjoittavat maatalousrittäjät. Lisäksi tälle pölylle altistuvat esimerkiksi hevosaloutta harjoittavat ja eläinten parissa työskentelevät henkilöt, kuten eläinlääkärit. Koe-eläinten hoitajat altistuvat pieneläinten pölylle ja allergeeneille. Tärkein altiste ammattitautien kannalta maataloudessa on lehmän karva ja hilse. Altistumistasot pääallergeenille ovat olleet nano- ja mikrogrammatasoa. Eläinten pölyille ei ole määritetty HTP-arvoja.

Muissa ammattiryhmissä altistutaan seuraavasti:

- Tekstiilipölylle altistuu noin 11 000 henkilöä, joista suurin ryhmä on valmisvaateteollisuuden ompelijat, seuraavaksi vaatturit, ateljee- ja kotiompelijat sekä verhoilijat.
- Selluloosa- ja paperipölylle altistuu noin vajaa 8 000 henkilöä, joista yli puolet on paperi- ja kartonki-työntekijöitä. Lisäksi hieman yli 1 000 kirjansitomotyöntekijää altistuu paperipölylle.
- Jätealalla on noin 3 000 altistuvaa, joista jätteenkuljetuksessa on noin 1 500 ja loput jätteenkäsittelylaitoksilla.
- Nahkapölylle altistuvia ammattiryhmiä ovat jalkinemestarit ja suutarit (noin 250), jalkineiden leikkaajat (alle 200) ja nahanompelijat (noin 100).
- Turpeen tuotannossa ja energian tuotannossa altistutaan turvepölylle, jonka terveydellisiä haittoja on tutkittu Työterveyslaitoksessa lähinnä 1970- ja 1980-luvulla. Pölypitoisuudet olivat aiemmin hyvin suuria arvoon  $5 \text{ mg/m}^3$  verrattuna, mutta turpeen korjuutekniikan kehittyessä pitoisuudet ovat selvästi pienentyneet.
- Entsyymejä käytetään pesuaineteollisuudessa, leipomoissa leivänparanteena, rehuteollisuudessa, puunjalostusteollisuudessa, alkoholien ja oluen valmistuksessa, juuston valmistuksessa, nahan käsittelyssä sekä tekstiiliteollisuudessa. Entsyymialtistumisesta on tehty tutkimuksia, joiden mukaan esimerkiksi  $\alpha$ -amylaasipitoisuudet ovat olleet  $0,02\text{--}2,9 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  myllyissä,  $0,02\text{--}6,6 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  leipomoissa ja  $0,02\text{--}0,2 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  rehutehtaissa. Lisäksi proteaasi- ja kyslanaasipitoisuuksia on mitattu eläinrehutehtaissa.

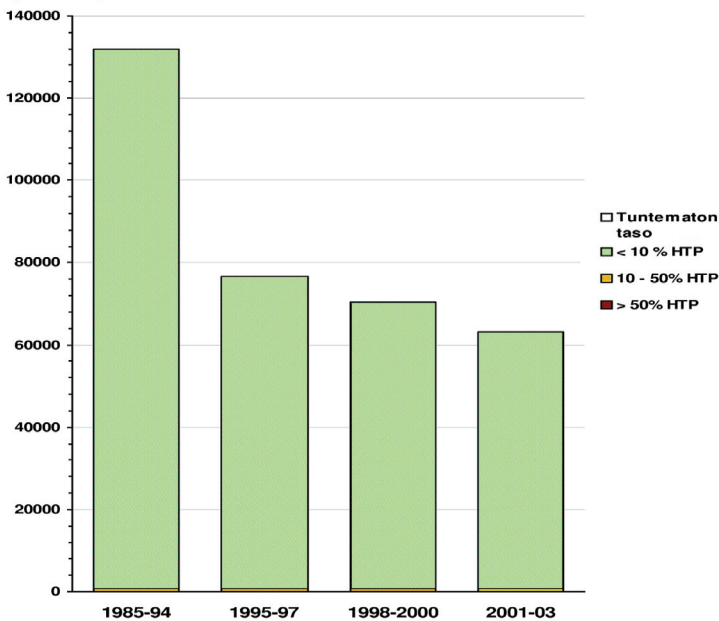
### Altistuneita työntekijöitä



Lähde: Työturvallisuuden  
FINJEM-Altistumistietojärjestelmä

Kuva 13. Kasvipölylle altistuvien määrä ja altistumistaso vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)

### Altistuneita työntekijöitä



Lähde: Työturvallisuuden  
FINJEM-Altistumistietojärjestelmä

Kuva 14. Eläinpölylle altistuvien määrä ja altistumistaso vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)

## Vaaraominaisuudet ja terveyshaitat

Eläin- ja kasviallergeenit mukaan lukien jauhopöly aiheuttavat lähinnä välitöntä allergiaa, joka ilmenee allergisena nuhana, silmätulehduksena, astmana, kosketusurtikariana ja proteiinikosketusihottumana.

ACGIH:n (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) asettama TLV-arvo jauhopölylle on 0,5 mg/m<sup>3</sup>, ja samaa arvoa ovat esittäneet Heederik ja Houba (2001) jauhopölyherkistymisen terveysperustaiseksi raja-arvoksi. Eläinallergeeneille ei ole toistaiseksi voitu osoittaa HTP-arvoja. Hollantilaisten tutkimusten mukaan amylaasin terveysperustainen raja-arvo tulisi olla tasolla 1 ng/m<sup>3</sup> tai 5 ng/m<sup>3</sup> (Heederik 2003).

Endotoksiinit ovat gram-negatiivisten bakteerien soluseinämän osasia, kemialliselta rakenteeltaan lipopolysakkarideja, joita esiintyy kaikkialla siellä missä bakteereitakin. Endotoksiineja on usein myös työympäristöissä, joissa esiintyy suuria bakteeripitoisuuksia. Endotoksiinien on todettu aiheuttavan tai olevan osatekijä aiheuttamassa mm. kroonista bronkiittia ja orgaanisen pölyn aiheuttamaa kuumeoireilua (ODTS). Suomessa ei ole toistaiseksi ohjearvoa ilman endotoksiinipitoisuuksille. Alankomaissa ilman endotoksiinipitoisuuden raja-arvo on 200 EU/m<sup>3</sup> (EU = endotoxin unit eli endotoksiiniyksikkö). Glukaanit (erityisesti 1–3 beta-glukaani) ovat sienten ja hiivojen soluseinän osasia, joilla on samanlaisia tulehdusvasteita (ODTS) aiheuttavia ominaisuuksia kuin endotoksiineilla. Suomessa ei ole tehty glukaanimäärittäyksiä työilmasta.

Jätealalla altistuminen pölylle on yleensä alle HTP-tason. Kuitenkin satunnaisesti pitoisuudet ovat olleet selkeästi yli HTP-tason (Impiö ym. 2004). Myös endotoksiinipitoisuudet ovat olleet suuria.

Allerginen (ammatti)astma ja nuha ovat klassisia esimerkkejä orgaanisten pölyjen aiheuttamista työperäisistä taudeista. Lisäksi pölyt aiheuttavat erityyppisiä hengityselinten tulehdusreaktioita, hengitysfunktioiden muutoksia, silmäoireita, iho-oireita sekä muihin elimiin kohdistuvia oireita ja tulehdusreaktioita (Rylander ja Jacobs 1994, Tiikkainen ym. 1996)

Hengitystieallergioiden ilmaantuvuudet olivat vuonna 2002 korkeimmat elintarviketeollisuustyössä, jossa tuli 14 uutta ammattitautia 10 000 työllistä työntekijää kohden. Ammatin mukaan tarkasteluna korostuvat leipurien ja kondiittorien ammatit, joille tuli jauhoista, viljoista ja rehuista 59 uutta ammattitautia 10 000 työllistä työntekijää kohden vuonna 2002. Tämä vastasi absoluuttisena lukuna 30 uutta ammattitautitapausta (Riihimäki ym. 2003). Elintarviketeollisuudessa (mukaan lukien juomien ja tupakan valmistus) hengitystieallergioiden ilmaantuvuus väheni vuosina 1992–2002 siten, että laskettuna 10 000 työllistä työntekijää kohden se oli 18 vuonna 1992 ja noin 8 vuonna 2002 (Riihimäki ym. 2003).

Vuosina 1996–2002 syntyi yhteensä noin 370 jauhojen tai viljojen aiheuttamaa astmaa, joissa suurimmat aiheuttajat olivat vehnä-, ohra- ja ruisjauhot. Ammattinuhia oli yhteensä noin 500, ja niiden tärkeimpiä aiheuttajia oli suuruusjärjestyksessä vehnä-, ohra-, ruis- ja kaurajauho.

Eläinten aiheuttamista ammattitaudeista suurin osa aiheutuu lehmästä, yhteensä 467 astmaa vuosina 1996–2002. Seuraavaksi yleisin aiheuttaja on sika (20 astmaa). Yksittäisiä muita astman aiheuttajia ovat hiiri, hevonen, rotta, kana, minkki, turkispöly ja kani.

Vuonna 2002 hengityselintauteja aiheutui jauhoista ja rehuista 82 (42 astmaa, 40 nuhaa), kasveista 14 (3 astmaa, 11 nuhaa), kasviperäisistä pölyistä kaksi astmaa sekä eläinten epiteelistä 61 (22 astmaa, 39 nuhaa). Ihotauteja aiheutui jauhoista ja rehuista 33 (3 allergista kosketusihottumaa, 27 proteiinikosketusihottumaa tai urtikaria ihottumaa) sekä eläinten epiteelistä 52 (50 proteiinikosketusihottumaa tai urtikariaihottumaa, 2 allergista kosketusihottumaa).

## Riskien hallinta

Jos jauhopölyn HTP-arvoa pienennetään Heederik ym. (2001) esittämään suuntaan Suomessa, ovat taloudelliset vaikutukset merkittäviä, kun laitokset joutuvat investoimaan mm. tuotannon automaatioon ja laitteiden kotelointiin. Jos altistumistaso saadaan lasketuksi raja-arvoon, vähenee altistuminen selvästi ja samalla vähenevät terveydelliset haitat. Yleisesti tarkasteltuna taloudelliset seuraukset ovat mittavia, sillä VTT:n arvion mukaan nykyisin käytössä olevalla tekniikalla on mahdollista päästä pitoisuustasoon 2 mg/m<sup>3</sup>.

Kuitenkin työntekijöiden altistuminen vähenee, sillä esimerkiksi leipomoteollisuudessa siirrytään automaattisiin leivänteko- ja pakkausjärjestelmiin, jolloin työntekijöitä tarvitaan lähinnä valvontatyöhön. Toisaalta on syntynyt lisää pienleipomoita ja pizzeria-tyyppisiä yrityksiä, joiden pölyntorjunta lienee vaatimattomampaa kuin suurissa yksiköissä. Maataloudessa altistuvien määrä vähenee vielä vuosia ja samalla tuotantoeläinten ruokinnassa lisääntyvät automaattiset ruokintalaitteet. Kuivaheinän ja oljen käyttö on vähentynyt, mikä myös vähentää altistumista orgaaniselle pölylle. Uusia haasteita työhygieniassa saattavat tulevaisuudessa olla esimerkiksi entsyymit ja muut prosesseissa käytettävät apuaineet, joiden terveydellisiä vaikutuksia ei välttämättä tunneta. Jätealalla lisätään kaatopaikkasijoituksen korvaavana ratkaisuna energia- ja materiaalihyötykäyttöä, mikä lisää lajittelu- ja erottelutyötä. Tämä saattaa osaltaan lisätä altistumista orgaanisille pölyille.

Altistumisen minimoinnissa tulee erityisesti ottaa huomioon yleinen työympäristön järjestys ja siisteys, tekniset ratkaisut (esim. ilmanvaihto ja kohdepoistot) sekä toimintatavat ja suojainten käyttö.

## Lähteitä

Heederik D: Health hazards in the baking industry: are exposure limits for allergens sufficiently low? Huomisen leipomo -seminaari 29.4.2003 Ramada Hotel Tampere, Työturvallisuuskeskus.

Heederik D, Houba R: An exploratory quantitative risk assessment for high molecular weight sensitizers: Wheat flour. *Ann Occup Hyg* 2001;45:175–185.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Impiö M, Perkiö-Mäkelä M, Kallunki H ym.: Terveysriskien arviointi jätealalla – Koettu terveydentila ja terveysvaarojen tunnistaminen jätealalla. Työsuojelurahaston loppuraportti 101331. Kuopion aluetyöterveyslaitos, Kuopio 2004.

Rantanen S: Jauhöpöly. Altisteet työssä 15. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.

Riihimäki H, Kurppa K, Karjalainen A ym.: Ammattitaudit 2002. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

Rylander R, Jacobs R J (Eds.): Organic dusts. Exposure, effects and prevention. Lewis Publishers, Boca Raton 1994.

Tiikkainen U, Louhelainen K, Nordman H: Flour dust. *Arbete och hälsa* 1996:27. Arbetslivsinstitut, Solna.

Tissari J, Nuutinen J, Raunemaa T: Pienhiukkaset leipomossa. Työsuojelurahaston loppuraportti 101294. Kuopion yliopisto, Kuopio 2003.

## 4.4 Puupöly

Tuula Liukkonen, Antti Zitting, Pirjo Heikkilä, Kirsti Husgafvel-Pursiainen

”Työhuoneissa, joissa muodostuu terveydelle vaarallista pölyä, kokoontuu sitä vuosien kuluessa suuret kasat työhuoneissa sijaitsevien esineiden päälle, joka kosketuksen tai jostakin aukosta ilmavirran päästessä, vyöryy lumivyöryn kaltaisessa muodossa työntekijäin päälle ja hengitettäväksi.”

Ote Helsingin Puuseppäin ammattiyhdistyksen aloitteesta Suomen Puutyöntekijäin liiton edustajakokoukselle vuonna 1916

Puupölyaltistumisen työhygieeniset ongelmat on tunnettu pitkään. Tästä huolimatta tuoreet, vuosituhanen vaihteen tilannetta kuvaavat tiedot kertovat edelleen merkittävästä altistumisesta ja terveyshaitoista. Työhygieeniset raja-arvot ovat Suomessa ja muualla Euroopassa näihin asti pysyneet suhteellisen korkeina, mutta viimeisten vajaan kymmenen vuoden aikana on alkanut näkyä selkeä tarve alentaa niitä.

### Puun käyttö ja käyttömäärät

Puuta on käytetty Suomessa 2000-luvun alkuvuosina noin 76–77 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 8). Yleisimmin käytetään kuusta, mäntyä ja erilaisia puulevyjä (taulukko 9). Paperimassan tuotannossa ja levyteollisuudessa myös koivu on merkittävä raaka-aine.

Taulukko 8. Puuraaka-aine Suomessa (Metsätalastollinen vuosikirja 2003, Metsäteollisuuden vuosikirja 2003)

puuraaka-aine	määrä, milj. m <sup>3</sup>	puulaji	osuus, %
hakuut kotimaassa	n. 55	kuusi mänty lehtipuu (pääasiassa koivu)	52 47 12
tuontipuu	n. 22		

Taulukko 9. Merkittävimmät puuraaka-aineet toimialoittain (Liukkonen ym. 2004b, Metsätalastollinen vuosikirja 2003, WOODDEX-tietokanta 2005)

toimiala	puun käyttö-määrä yhteensä, milj. m <sup>3</sup>	tärkeimmät puulajit	puulajin osuus, %
puun sahaus ja höyläys	25	kuusi mänty	52 47
levyteollisuus	4,7	kuusi koivu	50 27
rakennuspuusepän tuotteiden, puupakkausten ja muiden puutuotteiden valmistus	1,8	mänty kuusi puulevyt koivu tammi pyökki	59 33 5 1 1 0,1
huonekalujen valmistus	0,5	puulevyt mänty koivu tammi pyökki	45 31 12 1 1
veneiden ja laitojen rakennus ja korjaus		puulevyt muut lehtipuut (mm. tiikki, mahonki) mänty kuusi	45 37 8 7
massa- ja paperiteollisuus	40	mänty kuusi koivu	n. 33 n. 33 n. 33
rakentaminen		puulevyt mänty kuusi	42 25 23

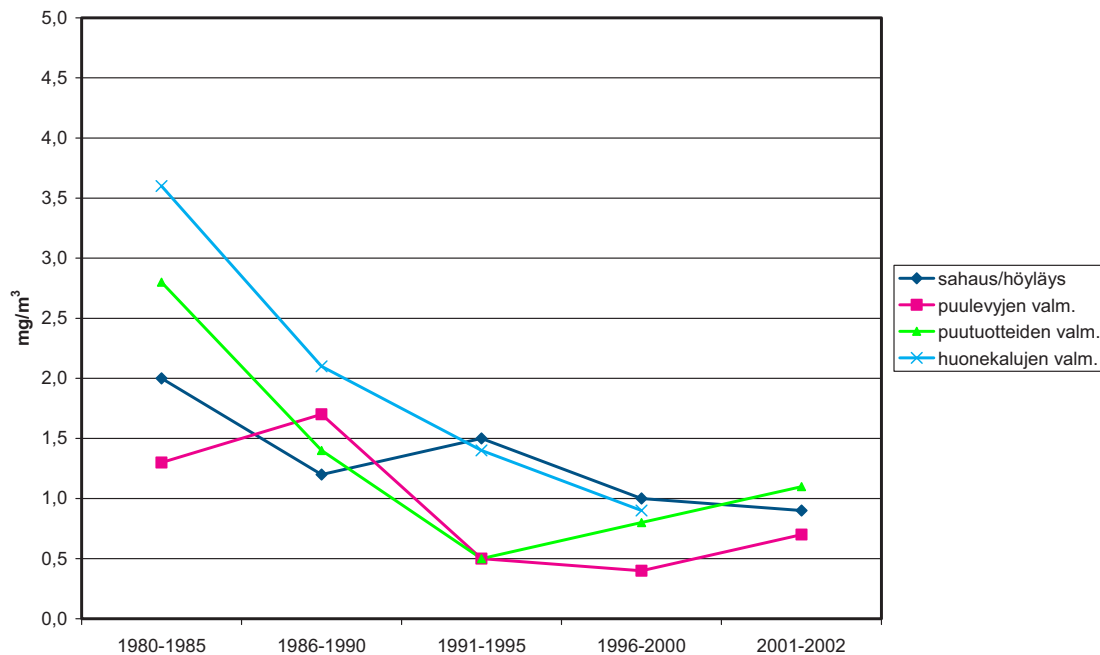
Puulevyistä lastulevyn tuotanto ja käyttö väheni voimakkaasti 1990-luvulla. Viime vuosina erityisesti rakennuspuusepänteollisuudessa ja huonekalujen valmistuksessa MDF- (medium density fibreboard) ja HDF- (high density fibreboard) levyjen käyttö on lisääntynyt merkittävästi. Näitä levyjä ei valmisteta Suomessa, vaan niitä tuodaan mm. Keski- ja Etelä-Euroopasta. Levyjen valmistukseen käytetään havupuiden ohella myös lehtipuuta, kuten pyökkiä ja tammea. Uutena tuotteena markkinoille on tullut lämpökäsitelty puu, josta valmistetaan mm. saunan lauteita, ikkunan karmeja ja puutarhakalusteita.

### Altistuminen työssä

Työterveyslaitoksen puupölyn mittausaineisto vuosilta 1980–2002 osoittaa, että puupölypitoisuudet pienenevät voimakkaasti 1980-luvulla (kuva 15). Erityisesti pieneni suurten huippupitoisuuksien osuus. 1980-luvun alkupuoliskolla puupölypitoisuuksien keskiarvo oli 8,6 mg/m<sup>3</sup>, vuosikymmenen loppupuolella 4,4 mg/m<sup>3</sup> ja 1990-luvun alkupuoliskolla 1,8 mg/m<sup>3</sup>. 1990-luvun aikana ja 2000-luvun puolella pitoisuustaso ei ole merkittävästi muuttunut. Vuosien 1991–2002 mittautulosten mukaan 10 % huonekaluteollisuudessa, 6 % sahoilla ja puutuotetehtailla sekä 5 % levytehtailla mitatuista ilman puupölypitoisuuksista ylittää nykyisin voimassa olevan työhygieenisen ohjeraja-arvon, 5 mg/m<sup>3</sup> (taulukko 10).

Vuonna 2004 rakennuksilla eri työvaiheissa mitatun 20 puupölypitoisuuden keskiarvo oli 5,4 mg/m<sup>3</sup>, mediaani 5,1 mg/m<sup>3</sup> ja vaihteluväli 1,5–11,5 mg/m<sup>3</sup> (Liukkonen ym. 2004a).

Kuvassa 15 ja taulukossa 10 pitoisuudet ovat ns. hengittyvän pölyn pitoisuuksia (EN 481:1993). Työntekijöiden hengitysvyöhykkeiltä määritetyt kokonaispölytulokset (SFS 3860) on muutettu hengittyvän pölyn pitoisuuksiksi käyttäen karkeaa kerrointa 2. Kiinteissä mittauspisteissä käytettiin kerrointa 1. Kertoimet perustuvat Työterveyslaitoksen tutkimuksissa ja palveluselvityksissä kerättyyn aineistoon (Kallas ym. 1997, Liukkonen 2001, Rosenberg ym. 1999) sekä julkaistuihin lähteisiin (Arbetskyddsstyrelsens 1995, Kenny ym. 1997, Lidén ym. 2000).



Kuva 15. Puupölyn pitoisuudet (mediaani) eri toimialoilla eri ajanjaksoina vuosina 1980–2002 (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri 2003)

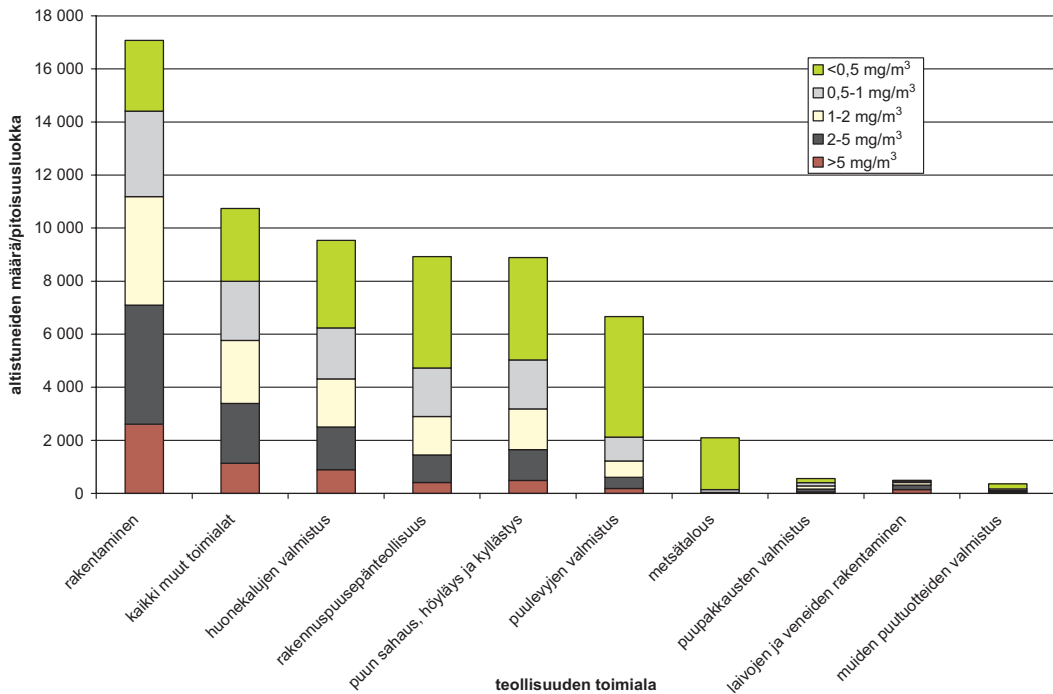


Suomessa arvioidaan altistuvan puupölylle noin 65 000 työntekijää eli 2,8 % työllisistä (kuva 16). Heistä noin 6 000 työntekijää altistuu suurille, yli 5 mg/m<sup>3</sup>:n pitoisuuksille ja noin 24 000 pienille, alle 0,5 mg/m<sup>3</sup>:n pitoisuuksille. Valtaosa työntekijöistä altistuu usean puulajin pölylle (Liukkonen ym. 2004b, WOODDEX-tietokanta 2005).

Puupölylle altistuu noin 36 000 työntekijää varsinaisilla puutoimialoilla, joita ovat saha- ja levyteollisuus, rakennuspuusepänteollisuus, puutuotteiden ja huonekalujen valmistus sekä laivojen ja veneiden valmistus. Huonekaluteollisuudessa on lähes 10 000 altistunutta, sahoilla ja rakennuspuusepäntehtailla kummassakin noin 9 000 sekä levyteollisuudessa noin 7 000. Varsinaisilla puutoimialoilla altistuminen on merkittävintä huonekaluteollisuudessa, jossa noin 900 työntekijän arvioidaan altistuvan puupölypitoisuudelle yli 5 mg/m<sup>3</sup>.

Taulukko 10. Työilman puupölypitoisuudet ja niiden jakauma vuosina 1991–2002 (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri 2003)

toimiala	puupölypitoisuudet			jakaumat			
	mittausten lukumäärä	keskiarvo, mg/m <sup>3</sup>	mediaani, mg/m <sup>3</sup>	> 0,5 g/m <sup>3</sup> , %	> 1 mg/m <sup>3</sup> , %	> 2 g/m <sup>3</sup> , %	> 5 mg/m <sup>3</sup> , %
sahat ja höyläämöt	198	1,8	1,1	74	53	29	6
levytehta	226	2,3	0,4	38	25	14	5
puutuote- tehta	135	2,4	0,8	62	40	19	6
huonekalujen valmistus	110	1,9	1,0	67	46	28	10



Kuva 16. Puupölylle altistuminen altistumistason mukaan eri ammateissa (WOODDEX-tietokanta 2005)

Muista toimialoista rakennuksilla arvioidaan ammattinimikkeen perusteella altistuvan puupölylle noin 17 000 työntekijää (12 % rakennusalalla työskentelevistä). Tällaisia työntekijäryhmiä ovat mm. rakennuskirvesmiehet, puusepät sekä parketti- ja kalusteasentajat. Altistumistaso on korkea: noin 2 500 työntekijän arvioidaan altistuvan puupölypitoisuudelle yli 5 mg/m<sup>3</sup>.

Puupölylle altistuu arviolta yhteensä noin 10 000 työntekijää muilla toimialoilla, mm. massa- ja paperiteollisuudessa (puunkäsittely), metalliteollisuudessa (esim. muottien tekijät) sekä koulutuksessa (puutöiden opettajat). Puunkäsittelyssä paperimassan valmistuksessa altistumistasot ovat verrattain matalia, vaikka puuta käsitellään paljon. Näissä töissä työntekijät työskentelevät yleensä suuren osan työajastaan valvomoissa.

### *Yhteenvedo altistumisesta*

Puupölylle altistuu Suomessa noin 65 000 työntekijää, joista noin 6 000 altistuu suurille ja noin 24 000 pienille pitoisuuksille. Puupölylle altistuvia työntekijöitä on eniten rakennusteollisuudessa, muilla kuin varsinaisilla puutoimialoilla sekä huonekalu-, rakennuspuusepäntuote- ja sahateollisuudessa. Suurimmille pitoisuuksille altistutaan rakennuksilla.

Puupölyn pitoisuustaso työpaikoilla ei ole muuttunut viime vuosina. Jos puupölylle asetetaan lähivuosina nykyistä alhaisempi raja-arvo, se luo paineita puupölypitoisuuksien alentamiseen erityisesti rakennuksilla, mutta myös mm. huonekaluteollisuudessa ja sahojen tasaamoissa. Lastulevyä käytetään vähän, mutta MDF- ja HDF-levyjen käyttö lisääntyy. Tutkimuksissa (Chung ym. 2000, Rautio ja Ollila 2003) on todettu näitä levyjä työstettäessä vapautuvan ilmaan enemmän pölyä kuin massiivipuusta vastaavissa oloissa. Lisäksi levyt sisältävät liima-aineita, kuten formaldehydiä, joten työntekijöiden pölystä aiheutuvat ärsytys- ym. oireet saattavat lisääntyä.

### **Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat**

Tunnetuimpia puupölyjen aiheuttamia terveyshaittoja ovat ainakin joidenkin puupölyjen ominaisuus aiheuttaa nenäsyöpää sekä muita hengityshaittoja ja ihottumia.

Puupölyjen aiheuttamat allergiset ihottumat ovat pääasiassa trooppisten jalopuiden ja muiden ulkomaisten puulajien aikaansaamia, mutta myös kotimaisen männyn ja kuusen sahauspölyt ovat aiheuttaneet ihottumia. Allergisten ihottumien lisäksi puupölyt voivat aiheuttaa ärsytyshohtumia, silmien sidekalvontulehdusta, nuhaa sekä nielun ja kurkunpään tulehdusta (Benzra ym. 1985, Hausen 1986, Lovell 1993, Woods ja Calnan 1976). Vuosina 1990–2002 Suomessa ilmoitettiin Työperäisten sairauksien rekisteriin yhteensä 91 puupölyn aiheuttamaa ammatti-ihotautia. Mistään näistä haittavaikutustyypeistä ei ole selkeitä annos-vaikutustietoja.

Ammattiasmaa on raportoitu aiheutuneen useiden eksoottisten puulajien pölystä. Astman lisäksi näihin pölyihin usein liittyvät nuhaoireet ja erityisesti ammatti-ihottumat. Julkaisut ovat yleisesti muutamia potilaita käsitteleviä tapausselostuksia, mutta myös väestötutkimustuloksia löytyy. Poikkeuksellisen suurta sairastuvuutta osoittavat jättituijan (*Thuja plicata*) pölyä koskevat astmaselvitykset Kanadan Brittiläisestä Kolumbiasta, jossa jopa 70 % ammattiasman korvaushakemuksista on tuija-astmoja. Astman aiheuttaja lienee puun sisältämä plikatiinihappo. Brittiläisessä Kolumbiassa alennettiin puupölyn raja-arvoksi 2,5 mg/m<sup>3</sup>, mutta tautitapauksia on ilmaantunut vieläkin, joten taso on liian korkea tai ajoittaiset altistumishuiput voivat olla herkistymisen syy. Suomessakin on todettu yksi allergisoituminen (sekä iho-että hengitystieherkistyminen) jättituijan pölylle, jolloin herkistävä työ oli urkujen valmistus.

Useimmat Suomessa käytetyt allergisoivat puulajit ovat kotoisin Afrikasta. Tuijapuut on tuotu Pohjois-Amerikasta. Eurooppalaisista tällaisia ovat olleet selvimmin tammi, saarni ja pähkinäpuu. Huomatavaa kuitenkin on, että myös altistuminen mäntypölylle liittyy astmaan (Douwes ym. 2001, Hessel ym. 1995). Mäntypuu sisältää mm. hartseja, joiden tiedetään olevan herkistäviä. Puupölyille on yleisesti altistuttu huonekaluteollisuudessa ja talon rakentamisessa. Erikoisempia altistavia töitä ovat jousenteko jousisoittimiin (*Caesalpinia echinata*), viulunrakennus (*Daalbergia retusa*), biljardipöydän valmistus (*Sequoia sempervirens*), maalisudin varren teko (*Diospyros crassiflora*) ja saunanlauteiden valmistus (*Triplochiton scleroxylon*). Lähes kaikissa ammattiasmaa koskevissa selvityksissä taudinmääritys on perustunut altistuskokeisiin, joissa on todettu sekä välittömiä, viivästyneitä ja yhdistyneitä astmareaktioita.

Työperäisten sairauksien rekisteriin on vuosina 1990–2002 ilmoitettu puupölyjen aiheuttamiksi 120 ammattiastmatapausta ja 160 allergista nuhaa. Vaikka puupölyjen aiheuttamia hengitystieallergioita on Suomessa melko vähän, allergioiden ilmaantuvuus on altistuneiden määrään suhteutettuna yksi suurimmista muiden eloperäisten aiheuttajien rinnalla. Kotimaisten puulajien herkistävyys vaikuttaa suhteellisen vähäiseltä. Työhygieenisten raja-arvojen asettamiseen tarvittavaa luotettavaa tietoa hengitystieherkistymisen ja puupölyaltistumisen annos-vastesuhteista ei ole. Lisääntyneet ylä- ja alahengitysteiden oireet ja ilmavirtauksen tukkeumat (myös muuta kuin astmaa) on todettu useissa tutkimuksissa (Demers ym. 1997). Puupölyaltistumiseen liittyy usein muutakin seka-altistumista, mikä vaikeuttaa vaikutusten arviointia. Kotimaisen puupölyn kanssa esiintyviä altisteita ovat mm. mikrobit, liimojen komponentit (esim. formaldehydi), terpeenit ja puunsuoja-aineet.

Suomessa tehdyn selvityksen kyselytutkimusosan perusteella kotimaiset puupölyt aiheuttavat nykyisillä altistumistasoilla merkittävästi erityisesti silmä- ja ylähengitystieoireita (Kallas ym. 1997). Kenttätutkimusosa osoitti nykyisen HTP-arvon ( $5 \text{ mg/m}^3$  orgaanista pölyä) olevan liian suuri. Oirehtivilla työntekijöillä esiintyi ylä- ja alahengitysteissä fysiologisia vaikutuksia, vaikka pitoisuudet olivat pieniä tähän tasoon verrattuna. Oireita ja fysiologisia vaikutuksia todettiin kuvaavan hengittyvän pölyn määrä (IOM-keräin). Oireita alkoi esiintyä jopa alle  $1 \text{ mg/m}^3$ :n kokonaispölypitoisuuksissa. Havaittujen akuuttien oireiden ja kliinisten vaikutusten perusteella terveysperustaisen ryhmäkeskiarvoista päätellyn rajan voidaan arvioida sijoittuvan korkeintaan pitoisuuteen  $1,5 \text{ mg/m}^3$  (hengittyvä pöly).

Ruotsissa vuonna 1996 julkaistun tutkimuksen mukaan nenäoireita ja kliinisiä nenävaikutuksia esiintyy sikäläisen raja-arvon ( $2 \text{ mg/m}^3$ , kokonaispöly) alapuolella (Åhman ym. 1996). Tanskalainen vuonna 2002 julkaistu 161 puutyöntekijään ja 19 verrokkiin kohdistunut selvitys osoitti, että nenän limakalvojen turvotusta esiintyy akustisella rinometrillä mitattuna puupölypitoisuudesta riippuen altistuspitoisuuksissa  $0,74\text{--}1,42 \text{ mg/m}^3$  (hengittyvä jae) (Schlünssen ym. 2002). Näille pitoisuuksille altistuneet myös tunsivat nenän tukkoisuutta.

### *Puupölyn syöpävaarallisuus*

Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) julkaisi arvionsa puupölyn syöpävaarallisuudesta vuonna 1995 (IARC 1995). Sen mukaan näyttö puupölyn syöpävaarallisuudesta ihmisessä on riittävä ja koe-eläimissä riittämätön. Kokonaisarviona oli luokitus luokkaan 1 (syöpävaarallinen ihmisessä). IARC:n mukaan työperäinen altistuminen puupölylle on syy-seuraussuhteessa nenän onteloiden ja sivuonteloiden adenokarsinoomien esiintymiseen ja ilmaantuvuuden lisäys on liitettävissä juuri puupölyyn eikä työpaikan muihin altisteisiin. Syöpävaarallisuuden tiedetään tyypillisesti liittyvän vuosikymmeniä kestäneeseen säännölliseen työperäiseen altistumiseen puupölylle, joka on hiukkaskooltaan suhteellisen pientä (esim. koneellisessa työstössä tai hionnassa syntyvä pöly). Lisääntynyt adenokarsinoomariski voidaan yhdistää lehtipuupölyaltistumiseen, erityisesti tammi- ja pyökkipölyyn. Kuitenkin, altistuminen vain yhden puulajin pölylle on harvinaista, sillä usein altistutaan sekä lehti- että havupuupölyille samoissa töissä. Vain harvoissa tutkimuksissa on todettu altistumista pelkästään havupuupölylle eikä niissäkään ole voitu sulkea pois mahdollista altistumista muille puupölyille. Viitteellistä näyttöä on myös nenän onteloiden ja sivuonteloiden levyepiteelisolukarsinoomien ja nenänielun syövän kohonneen esiintyvyyden ja puupölyaltistumisen syy-yhteydestä.

Suomessa altistuu puupölylle noin 65 000 työntekijää. Vuosittain havaitaan noin 35–40 nenän onteloiden ja sivuonteloiden syöpää (tässä luvussa ovat mukana muutkin tapaukset kuin ainoastaan puupölylle altistuvat).

## **Riskien hallinta**

### *Työhygieeniset raja-arvot*

Suomessa puupölyaltistumista säädellään 1.4.2003 voimaanastuneella valtioneuvoston asetuksella työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (716/2000). Tämä asetus luokittelee EU-direktiiviin (1999/38/EY) nojautuen kovapuulaajeista, erityisesti tammesta ja pyökistä, syntyvät pölyt syöpävaarallisiksi ja määrää sitovasti kovapuupölyn suurimmaksi sallituksi työilman pitoisuudeksi  $5 \text{ mg/m}^3$  (8 tunnin keskiarvo). Asetuksen liitteessä mainitaan lisäksi, että jos kovapuupölyjä on sekoittunut muihin puupölyihin, raja-

arvoa sovelletaan kaikkiin seoksessa mukana oleviin pölyihin ja että määräys koskee puupölyn hengittävää osuutta. Luokittelu kovapuuhun (*hardwood*) ja pehmytpuuhun (*softwood*) perustuu kasvitieteellisiin määritelmiin: lehtipuut (koppisiemeniset) ovat kovapuita ja havupuut (paljassiemeniset) pehmytpuita. Luokittelu ei siis selkeästi pohjautu puun kemiallisiin tai fysikaalisiin ominaisuuksiin.

Puupölylle ei ole Suomessa erityistä ohjeraja-arvoa, vaan sille käytetään yleistä orgaanisen pölyn haitalliseksi tunnettua pitoisuutta (HTP-arvoa), joka on 5 mg/m<sup>3</sup> hengittävää pölyä eli sama kuin EU:n raja-arvo kovapuupölylle. Raja-arvo on selvästi suurempi kuin esimerkiksi muissa Pohjoismaissa ja Saksassa (taulukko 11). Ranskassa astuu kesäkuussa 2005 voimaan uusi, aikaisempaa pienempi työhygieeninen raja-arvo 1 mg/m<sup>3</sup>.

EU:n asiantuntijaelin SCOEL (Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) katsoo 0,5–1 mg/m<sup>3</sup> pölypitoisuuksien aiheuttavan terveydellistä haittaa. HTP-arvon ajantasalle saattamisessa toivotaan vuoden 2005 kuluessa edistymistä meilläkin. Yksi vaihtoehto on vahvistaa puupölylle raja-arvo, johon sidottaisiin työnantajan velvollisuuksia ryhtyä työhön ja ympäristöön kohdistuviin toimenpiteisiin. Tämä teknillis-taloudellisin perustein vahvistettu, selkeästi nykyistä pienempi raja-arvo toisi joustavuutta altistumisen säätelyyn niin, että käytössä voisi olla erilaisia raja-arvoja riippuen puun työstössä tai käsitellessä syntyvän pölyn hallittavuudesta eri toimialoilla.

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001) edellyttää työnantajilta riskinarvioinnin tekemistä ja tarvittaessa ryhtymistä riskiä vähentäviin toimenpiteisiin. Arvioinnissa tulisi kiinnittää huomiota erityistä terveysvaaraa aiheuttaviin altisteisiin, kuten syöpävaarallisiin ja herkistäviin aineisiin, joita puupölytkin voivat olla. Tammi- ja pyökkipölylle altistuvat työntekijät tulee asetusten perusteella ilmoittaa vuoden 2005 alusta lähtien Työterveyslaitoksen ylläpitämään ASA-rekisteriin.

#### Torjunta työpaikoilla

Puupölyn pitoisuustaso työpaikoilla ei ole muuttunut viime vuosina. Jos puupölylle asetetaan lähivuosina nykyistä pienempi raja-arvo, se luo paineita puupölypitoisuuksien pienentämiseen erityisesti rakennuksilla sekä myös mm. huonekaluteollisuudessa ja sahojen tasaamoissa. MDF- ja HDF-levyjen käyttö lisääntyy. Näitä levyjä työstettäessä ilmaan vapautuu enemmän pölyä kuin vastaavissa oloissa massiivipuusta. Lisäksi levyt sisältävät liima-aineita, kuten formaldehydiä, joten työntekijöiden pölystä aiheutuvat ärsytys- ym. oireet saattavat lisääntyä, jos työpaikkojen pölypitoisuuksia ei kyetä pienentämään.

Taulukko 11. Eräiden maiden puupölyn raja-arvoja, 8 tuntia

asettaja	raja-arvo, mg/m <sup>3</sup>	huomio
Suomi	5	HTP, orgaaninen pöly, hengittävä jae
	5	suurin sallittu pitoisuus (tammaa ja pyökkiä sisältävä pöly), hengittävä jae
Norja	1 2	eksoottiset puulajit sekä tammi ja pyökki "Pohjolan puulajit" paitsi tammi ja pyökki
Ruotsi <sup>1,2</sup>	2	kokonaispöly
Tanska	2	orgaaninen pöly, kokonaispöly
Saksa <sup>3</sup>	2	hengittävä jae, tekninen ohjearvo
EU	5	sitova raja-arvo (tammaa ja pyökkiä sisältävä pöly), hengittävä jae
USA (ACGIH) <sup>4</sup>	1 5 10	lehtipuupöly havupuupöly havupuupöly (15 min)

<sup>1</sup>Ruotsissa kyllästetyn puun pölyn kyllästeet otetaan huomioon, jos niille on raja-arvot. Pitoisuudet mitataan tai lasketaan puussa esiintyvistä pitoisuudesta. Jos tämä ei ole mahdollista, sovelletaan arvoa 0,5 mg/m<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Ruotsissa uusille ja uudistetuille tuotantolaitoksille sovelletaan raja-arvoa 1 mg/m<sup>3</sup>, jota harkitaan asetettavaksi myöhemmin yleiseksi raja-arvoksi

<sup>3</sup>Saksassa pyökille ja tammelle ei ole raja-arvoa (luokiteltu syöpävaaralliseksi ihmisessä, luokka 1)

<sup>4</sup>USA:n raja-arvona on ACGIH-järjestön ns. TLV-arvo, jota käytetään yleisesti, koska siellä ei ole voitu antaa virallisia arvoja yli 30 vuoteen

Puupölylle altistumisen vähentämiseksi voidaan joko lyhentää altistumisaikaa tai alentaa altistumistasoa. Sahoilla ja levyteollisuudessa valvomoiden määrä on viime vuosina lisääntynyt, jolloin työntekijöiden altistumisaika tuotantotiloissa on lyhentynyt. Pölyn tuoton vähentäminen on mahdollista prosessiteknisin muutoksin joko korvaamalla työvaihe vähemmän pölyä muodostavalla tai muuttamalla työstöarvoja ja terägeometriaa niin, että pölyä muodostuu vähemmän. Syntyneen purun ja puupölyn leviäminen työilmaan estetään kohdeilmanvaihdon avulla. Puuntyöstön pölypäästöt saadaan vähäisiksi virtausteknisesti oikein suunnitelluilla koteloinneilla ja poistoilmavirtojen mitoituksella sekä tarvittaessa työpistekohtaisen tuloilman käytöllä. Koteloinnin aiheuttamat kustannukset ovat kohtuulliset ja purunpoistojärjestelmien ilmamääriä voidaan jopa pienentää oikealla mitoituksella, mikä tuo säästöjä. Työilman pölypitoisuuksien pienentämiseksi on siis olemassa keinoja, mutta kone- ja terävalmistajat olisi saatava panostamaan enemmän pölypäästöjen vähentämiseen. (Hyviä käytäntöjä kohdeilmanvaihdon parantamiseksi, Rautio ja Ollila 2003, Welling ym. 2001a, 2001b)

## Lähteet

Arbetarskyddsstyrelsen. Mätningar 1993–1994 av expositionen för organiskt damm med IOM-provtagare och totaldammkassett. Rapport 1995:3. Arbetarskyddsstyrelsen, Solna 1995.

ASA. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri. Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

Benezra C, Ducombs G, Sell Y, Foussereau J: Plant contact dermatitis. B. C. Becker Inc., Totonto 1985.

Chung K, Cuthbert J, Revell G et al.: A study on dust emission, particle size distribution and formaldehyde concentration during machining of medium density fibreboard. *Ann Occup Hyg* 2000;44:455–466.

Demers P A, Teschke K, Kennedy S M: What to do about softwood? A review of respiratory effects and recommendations regarding exposure limits. *Am J Ind Med* 1997;31(4):385–398

Douwes J, McLean D, Slater T, Pearce N: Asthma and other respiratory symptoms in New Zealand pine processing sawmill workers. *Am J Ind Med* 2001;38:608–615.

Hausen B M: Contact allergy to woods. *Clin Derm* 1986;4:65–76.

Hessel P, Herbert A, Melenka L et al.: Lung health in sawmill workers exposed to pine and spruce. *Chest* 1995;108:642–646.

Hyviä käytäntöjä kohdeilmanvaihdon järjestämiseksi. Työterveyslaitos. (<http://www.ttl.fi/lattl/tiedonlahteet>)

IARC. Wood dust and formaldehyde. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 62. IARC, Lyon 1995.

Kallas T, Lindroos L, Uitti J ym.: Kotimaisen puupölyaltistumisen terveydellinen merkitys hengitysteiden toiminnan muutoksien yhteydessä. Raportti 6. Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos, Lappeenranta 1997.

Kenny L C, Aitken R, Chalmers C et al.: A collaborative European study of personal inhalable aerosol sampler performance. *Ann Occup Hyg* 1997;41:135–153.

Lidén G, Melin B, Lidblom A et al.: Personal sampling in parallel with open-face filter cassettes and IOM samplers for inhalable dust – Implications for occupational exposure limits. *Appl Occup Environ Hyg* 2000;15:263–276.

Liukkonen T: Puupölypitoisuudet hengittävänä ja kokonaispölynä mitattuna. Työhygienian päivät 2001, Turku 15.–16.5.2001. Raportti 16. Turun aluetyöterveyslaitos, Turku 2001.

- Liukkonen T, Kauppinen T, Honkanen H: Wood dust exposure among construction workers in Finland. 50. Nordiska arbetsmiljömötet, Reykjavik 30.8.–1.9.2004. Arbetarskyddsstyrelsen (Vinnueftirlit ríkisins), Reykjavik 2004a.
- Liukkonen T, Kauppinen T, Welling I et al.: Occupational exposure to wood dust in Finland. WOODDEX – International Information System on Occupational Exposure to Wood Dust. Finnish Institute of Occupational Health, Institut National de Recherche et de Sécurité, Helsinki and Nancy 2004b.
- Lovell C R: Plants and the skin. Blackwell Scientific Publications, London 1993, 235–254.
- Metsäteollisuuden vuosikirja 2003. Metsäteollisuus ry, Helsinki 2003.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2003. Metsäntutkimuslaitos, Vantaa 2003.
- Puupöly – altistuminen ja terveystaitat. Työterveys 4/2003.
- Rautio S, Ollila T: Airborne dust emission and noise levels in CNC-milling of wood. 49. Nordiska Arbetsmiljömötet 25–27 augusti 2003, Savonlinna, Finland.
- Rosenberg C, Liukkonen T, Kallas T ym.: Sahaushöyryt – altistuminen ja torjunta. Työsuojelurahaston loppuraportti 96031. Työterveyslaitos, Helsinki 1999.
- Schlünssen V, Schaumburg I, Andersen N T et al.: Nasal patency is related to dust exposure in woodworkers. *Occup Environ Med* 2002;59:23–29
- Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)
- Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.
- Welling I, Isakson M, Kallas-Tarpila T ym.: Huonekalu-, rakennuspuuseppä- ja levyteollisuuden puupölyopas. Mekaanisen metsäteollisuuden työalatoimikunta, Työturvallisuuskeskus, Helsinki 2001a.
- Welling I, Eriksson G, Kallas-Tarpila T, Korhonen K: Sahateollisuuden puupölyopas. Mekaanisen metsäteollisuuden työalatoimikunta, Työturvallisuuskeskus, Helsinki 2001b.
- WOODDEX-tietokanta. Työterveyslaitos ja INRS, 2005. (<http://www.ttl.fi>)
- Woods B, Calnan C D: Toxic woods. *Br J Dermatol* 1976;94(Suppl. 13):1–97.
- Åhman M, Holmström M, Cynkier I, Söderman E: Work related impairment of nasal function in Swedish woodwork teachers. *Occup Environ Med* 1996;53(2):112–117.

## 4.5 Metallit

### 4.5.1 Alumiini

*Vesa Riihimäki*

#### Käyttö ja esiintyminen

Metallista alumiinia (Al) käytetään mm. kuljetusvälineiden (autot, junanvaunut, alukset, veneet) ja -säiliöiden valmistuksessa, rakennusteollisuudessa ja sähkökaapeleissa. Käyttö kasvaa tasaisesti muutaman prosentin vuodessa, koska tekninen kehitys on lisännyt tarvetta entistä kevyempiin ja korroosiota kestäviin materiaaleihin. Teräsrakenteita voidaan myös suojata korroosiolta alumiinipinnoituksella, jossa käytetään termistä ruiskutusmenetelmää. Hienojakoista alumiinijauhetta käytetään pyroteknisissä tuotteissa. Korundia (alumiinioksidi) käytetään hiontamateriaalien valmistukseen. Alumiinisulfaattia käytetään asuin- ja teollisuusjätevesien puhdistamiseen ja myös raakaveden puhdistamiseen talousvedeksi. Eräillä alumiiniyhdisteillä, kuten alumiinihydroksidilla, on lääkinnällistä käyttöä. Tuotantolukuja Suomesta on taulukossa 12.

#### Altistuminen työssä

Työntekijöiden altistumista alumiinille voidaan arvioida työhygieenisten olosuhdemittausten ohella määrittämällä seerumin tai mielummin virtsan alumiinipitoisuus. Jälkimmäinen on tärkeä, jos työhön liittyy vaara alumiinin kertymisestä elimistöön (ensisijaisesti keuhkoihin) pitkäaikaisessa altistumisessa. Elimistön alumiinikuorman lisääntymistä työntekijöillä on kirjallisuudessa joskus kuvattu alumiinin tuotannossa, alumiinisulatoissa ja -valimoissa sekä korundin ja alumiinisulfaatin valmistuksessa. Paljon merkittävämpi vaara alumiinin kertymisestä keuhkoihin tai elimistöön liittyy kuitenkin hienojakoisen alumiinijauheen valmistukseen (tuotantoa ei Suomessa) ja alumiinin työstämiseen runsaasti huuropia ja hienojakoisia hiukkasia tuottavilla menetelmillä, kuten alumiinin MIG-hitsaus (Iregren ym. 2001, Riihimäki ym. 2000) ja terminen alumiiniruiskutus. Altistumisen vaara liittyy mahdollisesti myös alumiinin hiontaan ja kiillotukseen sekä alumiiniprofiilien pursottamiseen.

Edellä mainitut altisteet ovat veteen liukenematonta alumiinia. Alumiinin kertyminen johtuu siitä, että kudostenesteisiin huonoliukoinen alumiini poistuu elimistöstä hyvin hitaasti. Alumiinin hitsaajilla todettiin virtsan alumiinipitoisuuden nousevan sitä mukaa kun työvuodet lisääntyivät. Työn loppumisen jälkeen hitsaajien ja hienojakoisen alumiinijauheen valmistajien virtsan alumiinipitoisuuden puoliintumisaikaksi mitattiin jopa useita vuosia. Vesiliukoiselle alumiinisulfaatin pölylle pitkäaikaisesti altistuneilla tuotantotyöntekijöillä ei kuitenkaan todettu vastaavaa alumiinikuorman lisääntymistä (Riihimäki ym. 1992).

Suomessa tehdään vuosittain 500–600 työntekijälle yli sadassa yrityksessä virtsan alumiinipitoisuuden mittausta altistumisen selvittämiseksi. Vuonna 2003 useammalla kuin joka toisella pitoisuus ylitti altistumattomien viiterajan ja 6 % mittaustuloksista ylitti toimenpiderajan. Alumiinikuorman merkittävä lisääntyminen, joka ilmeni toimenpiderajan ylityksenä, koski pelkästään alumiinin hitsaajia ja levyseppiä. Viimeisen vuosikymmenen aikana alumiinille altistuvien työntekijöiden määrä ja altistumistasot eivät ole olennaisesti muuttuneet.

*Taulukko 12. Alumiinin ja sen yhdisteiden tuotanto Suomessa laskettuna vuotta kohden, tonnia (Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot)*

aine/yhdiste	1970-luku	1980-luku	1990-luku	v. 2000	v. 2001
alumiini	63 656	86 130	140 872	153 672	167 015
metallinen alumiini	7 261	20 171	36 534	45 557	35 132
kloridit		227	16 866	33 324	42 172
sulfaatit	56 394	64 508	84 658	71 744	86 658
aluminaatit		1 224	2 813	3 048	3 053

## Terveyshaitat

Alumiini on aiheuttanut vain harvoin ammattitaudeiksi määriteltyjä terveyshaittoja. Lääketieteellisessä kirjallisuudessa on raportoitu yksittäisiä tapauksia, joissa hienojakoisen alumiinijauheen valmistuksen, alumiinin kiillotuksen tai hitsauksen olisi epäilty aiheuttaneen keuhkofibroosin, kroonisen interstiaalisen pneumonian tai keuhkogranulooman. Alumiinisulfaatin valmistuksessa muodostuvien pölyjen on epäilty voivan aiheuttaa ohimeneviä astman tapaisia oireita. Myös alumiinin hitsauksessa on kuvattu keuhkoputkien supisteluun sopivia oireita ja löydöksiä ohimenevästi. Oireiden todennäköinen aiheuttaja on kuitenkin otsonikaasu, jonka pitoisuus voi nousta suureksi voimakkaan UV-säteilyn vuoksi. Työperäisten sairauksien rekisterissä on vuosilta 1996–2002 viisi ilmoitusta koskien alumiinia tautiryhmässä ”muut sairaudet” (lähempi laatu tuntematon).

Koska alumiini on kiistatta hermokudokselle myrkyllistä, on herännyt epäilyjä, että elimistön lisääntynyt alumiinikuorma voisi vaikuttaa haitallisesti hermostollisiin toimintoihin. Alumiinin hitsaajilla tehdyistä tutkimuksista on saatu jonkin verran tätä oletusta tukevaa näyttöä. Tutkimusten esille tuomat, annos(alumiinikuorma)-vasteiset toiminnalliset muutokset olivat kuitenkin lieviä vaikutuksia, jotka eivät sellaisenaan tai yksilöiden oireyhtyminä tarkoita sairautta. Vaikka työperäisen alumiinille altistumisen merkitys hermoston terveydelle on edelleen epäselvä, on järkevää ja perusteltua ennaltaehkäistä mahdollisia riskejä estämällä alumiinin kertyminen elimistöön.

## Riskien hallinta

Tarkoituksenmukaisin toimenpitein tulisi estää alumiinin ja sen niukkaliukoisten yhdisteiden hienojakoisten hiukkasten (hitaushuuru, hiontapöly, termisen ruiskutuksen pöly) pääsy hengityselimiin. Käytännöllisiä keinoja ovat huurujen ja pölyjen poistaminen syntypaikallaan, riittävä yleisilmanvaihto sekä työntekijän henkilökohtainen suojautuminen esimerkiksi puhaltavalla hitsausnaamarilla.

Altistumisen ja alumiinin elimistöön kertymisen menestyksellinen ehkäisy voidaan varmentaa mittaamalla määrääjain virtsan alumiinipitoisuus.

Alumiinin ja niukkaliukoisten alumiiniyhdisteiden hienojakoisen huurun ja pölyn HTP-arvo (nykyisin alumiinin hitaushuurun HTP = 1,5 mg/m<sup>3</sup>) tulisi arvioida alumiinikuorman ehkäisyn näkökulmasta. Voidaan kysyä, onko nykyisellä HTP-arvolla riittävää ohjaavaa normivaikutusta?

## Lähteitä

Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot (5.1.2005):

<http://www.gs.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Teollisuusmineraalientuotanto.htm>

<http://www.gs.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Tuotantotilasto1865-2002.htm#1970>

Iregren A, Sjögren B, Gustafsson K et al.: Effects on the nervous system in different groups of workers exposed to aluminium. *Occup Environ Med* 2001;58:453–460.

Riihimäki V, Aitio A, Engström B ym.: Alumiinille altistuminen työssä ja terveys. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1992.

Riihimäki V, Hänninen H, Akila R et al.: Body burden of aluminum in relation to central nervous system function among metal inert-gas welders. *Scand J Work Environ Health* 2000;26:118–130.

Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.



## 4.5.2 Arseni

*Erkki Hakala*

### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Teollisuuspölyissä arseni (As) on epäorgaanisina yhdisteinä yleensä helposti liukenevana arseenitrioksidina ja arseenipentoksidina. Pelkistävissä olosuhteissa arsenista voi syntyä nopeasti kaasumaista valkopulvin hajuisia arsiinia (kiehumis piste  $-55^{\circ}\text{C}$ ).

Arsenia käytetään joko tuotteisiin lisättynä seosaineena tai sitä esiintyy muiden aineiden epäpuhtautena. Merkittävimmän arseenia on ei-rautametallien tuotannossa, jossa kupari- ja nikkeli-rikasteiden sisältämää arseenia ei nykyisin enää eroteta ja puhdisteta tuotteeksi. Se kierrätetään prosesseissa ja lopuksi saostetaan nikkelin tuotannon yhteydessä ferriarsenaattisakaksi, joka kipsataan ja sijoitetaan jätteeksi. Sinkin tuotannossa arseenia käytetään suljetussa prosessissa epäpuhtausmetallien saostamiseen. Vuonna 2003 käytettiin arseenitrioksidia 340 tonnia (Kokkola Zinc Oy 2004). Kuparin elektrolyytillisessä puhdistuksessa syntyvästä kupariarsenidisakasta valmistetaan puun suolakyllästettä (ns. CCA-kylläste, kuparikromiarsenaatti). Vuonna 2003 tuotanto oli 1 300 tonnia, josta noin puolet käytettiin kotimaassa ja puolet vietiin ulkomaille. Edellisen vuoden tuotanto oli noin 1 600 tonnia. Suolakyllästeillä painekyllästetään pylväitä ja sahatavaraa. Kyllästetystä puusta valmistetaan puurakenteita ulkokäyttöön.

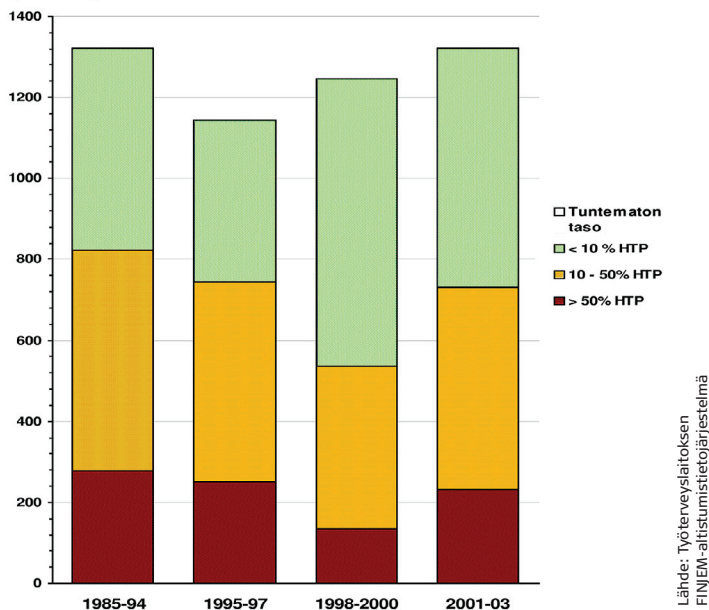
Seosaineena arseenia ja sen epäorgaanisia yhdisteitä käytetään elektroniikkakomponenttien (mm. puolijohteet, arseeniseostetut piikiekot, aurinkokennot, optiset kuidut), lasin ja keramiikan, erikoismetalliseosteiden (lyijy- ja kupariseosteet) ja väriaineena loisteputkien valmistukseen sekä antimikrobiologisenä lisäaineena muovien tuotannossa. Käyttömäärät eivät ole tiedossa, mutta ne ovat ilmeisesti pieniä. Yksittäisiä arseeniyhdisteitä käytetään laboratorioissa, eläinten konservoinnissa sekä metallien pintakäsittelyssä, kuten alumiinin mustavärjäyksessä ja kupariseosteiden kemiallisessa kiillotuksessa. Arsenia on epäpuhtautena fossiilisten polttoaineiden tuhkassa ja savukaasujen rikinpoiston lopputuotteessa sekä palonestoaineiden antimonitrioksidissa. Lisäksi saastunut maa ja muut ongelmajätteet voivat sisältää arseenia.

Maahan tuotiin vuonna 2003 korkeintaan 276 tonnia arseenitrioksidia (tuontitilastossa mainittu vain arseeni- ja rikki-rikksidien yhteismäärä) (Tuontitilasto 2003). Pääosa tuodusta arsenista käytettiin CCA-kyllästeen valmistukseen. Kemikaalirekisteriin tehtiin arsenista vuonna 2003 noin 20 tuotteesta käyttömääräilmoitus maahantuonnista (100 tn) ja valmistuksesta (1 927 tn), yhteensä 2 027 tonnia (edellisenä vuonna 4 807 tn) (STTV 2003). Arseenimäärät eivät ole tarkkoja, koska ilmoituksissa pitoisuus tuotteissa ilmaistaan tiettyinä pitoisuusalueina, eikä alle 0,1 tonnin käyttömääriä tarvitse ilmoittaa.

### **Altistuminen työssä**

Arsenille on arvioitu altistuvan Suomessa noin 1 300 työntekijää (FINJEM 2003) kuparimetallien tuotannossa ja niihin liittyvissä prosesseissa, valmistettaessa ja käytettäessä puunkyllästysaineita sekä käsiteltäessä kyllästettyä puuta, käytettäessä arseenia lasitehtaissa, emalointityössä ja laboratorioissa (kuva 17). Altistuvien työntekijöiden määrä on lisääntynyt vuodesta 1995 lähtien. Viimeaikaiset mittaukset ovat osoittaneet, että altistuminen on merkittävää myös hävitettäessä ongelmajätteitä (noin 150 työntekijää), siirrettäessä ja käsiteltäessä arsenilla saastuneita maamassoja (noin 100 työntekijää) sekä elektroniikkateollisuudessa valmistettaessa arseeniseostettuja osia (noin 30 työntekijää). ASA-rekisteriin ilmoitettiin suurimmillaan 972 arsenille altistunutta työntekijää vuonna 1990, josta lukumäärä laski vuoteen 1997 asti (791 ilmoitusta) ja nousi edelleen 890 työntekijään (miehiä 723 ja naisia 167) vuonna 2002.

### Altistuneita työntekijöitä



Kuva 17. Altistuminen arseenille ajanjaksoittain vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)

Työhygieenisiä mittauksia (taulukko 13) on vähän verrattuna virtsan epäorgaanisen arseenin (U-As-i) biomonitorointimittauksiin (kuva 18). Vuosina 1994–1997 mitatuista työilman pitoisuuksista 4 % ylitti arseenin HTP-arvon 0,01 mg/m<sup>3</sup> (eli 10 µg/m<sup>3</sup>), kun vastaavat luvut vuosina 1998–2000 ja 2001–2003 olivat 19 % ja 10 %. Yksittäisiä suuria pitoisuuksia on mitattu eräiden piikiekon kasvatukseen liittyvien työvaiheiden aikana ja saastuneen maan käsittelystä. Metallien tuotannosta työhygieenisiä mittaustuloksia viimeiseltä kymmeneltä vuodelta ei ole käytettävissä. Vuonna 1989 kuparin tuotannossa keskimääräinen arseenipitoisuus eri tuotanto-osastoilla oli 4–19 µg/m<sup>3</sup> hengitysvyöhykkeeltä mitattuna (Hakala ym. 1991). Tuolloin käytetty kuparirikaste sisälsi runsaasti arseenia eli noin 6 %.

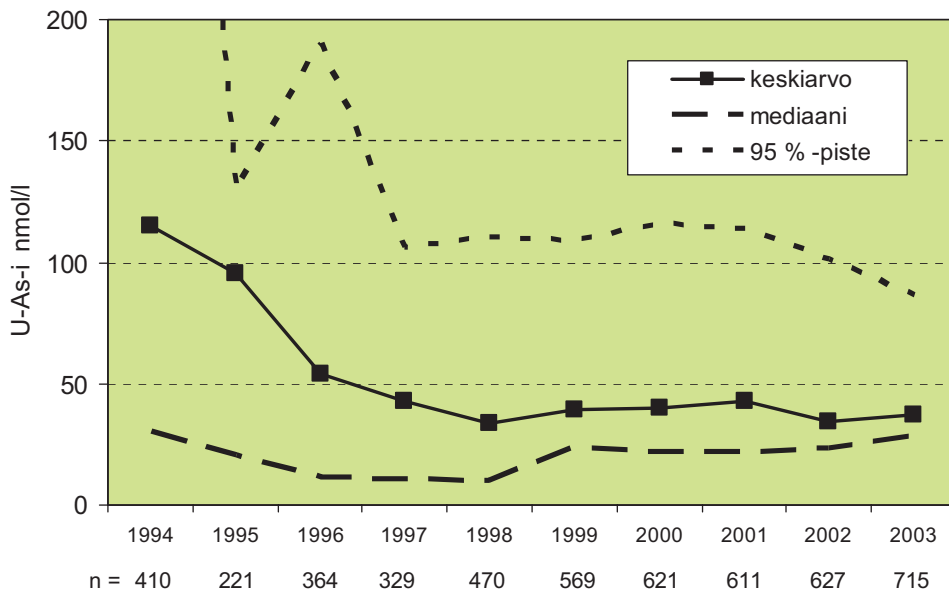
Taulukko 13. Työilman arseenipitoisuus toimialoittain vuosina 1994–2000 ja 2001–2003 (HTP<sub>8h</sub> = 0,01 mg/m<sup>3</sup> eli 10 µg/m<sup>3</sup>) (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri, Työhygieenisten mittausten tulokset)

toimiala/vuodet	keskiarvo, µg/m <sup>3</sup>	mediaani, µg/m <sup>3</sup>	90 %-piste, µg/m <sup>3</sup>	mittauksia
puun suolakyllästys ja kyllästetyn puun käsittely 1994–2000 2001–2003	4,3 0,2	0,7 0,2	6,1 0,2	18 2
saastuneen maan käsittely 1994–2000 2001–2003	0,4 15	0,5 0,4	0,7 36	8 8
ongelmajätteiden käsittely 1994–2000 2001–2003	0,04 0,07	0,04 0,01	0,04 0,18	2 4
elektronisten piirien ja muiden osien valmistus 1994–2000 2001–2003	58 5,4	7 5,0	180 9,9	22 16
kaikki toimialat 1994–2000 2001–2003	21 7,2	0,5 1,2	20,6 8,7	65 29

Vuosina 1994–2003 tehtiin yhteensä 4 937 virtsan arseenipitoisuuden määrittystä (kuva 18). Tulok-  
sista 38 % ylitti altistumattomien viitearajan 30 nmol/l ja 13 % ylitti toimenpiderajan 70 nmol/l, joka vas-  
taa altistumista HTP-arvon suuruiselle pitoisuudelle (Apostoli ym. 1999, Hakala ja Pyy 1995). Keski-  
määräinen pitoisuus pieneni voimakkaasti vuoteen 1998 asti, minkä jälkeen se on pysytellyt hieman al-  
tistumattomien viitearvoa suurempana (34–43 nmol/l). Vuoteen 1997 asti näytteet olivat painottuneet  
kuparin tuotantoon, jonka työntekijät ovat suurin jatkuvasti arseenille altistuva ryhmä. Mediaanin nousu  
vuodesta 1998 osoittaa arseenialtistumisen hieman yleistyneen, mutta 95-prosenttipisteen lasku vuoteen  
2003 asti puolestaan suurimpien altistumisten (pitoisuus jopa yli 1 000 nmol/l) vähentyneen.

Arseenialtistumisen taso väheni vuosina 2001–2003 metallien tuotannossa noin 30 % sekä elektro-  
niikan arseeniseosteiden valmistuksessa ja käsittelyssä noin 10 % verrattuna vuosiin 1994–2000, kun taas  
muilla toimialoilla tasot nousivat 55–70 % (taulukko 14). Suurimmat virtsan arseenipitoisuudet mitat-  
tiin kuparimetallien tuotannossa (1 600–4 190 nmol/l), jossa kolmena viimeisenä vuotena toimenpide-  
raja ylittyi 51, 50 ja 46 henkilöllä. Näistä yli puolet työskenteli asennus-, huolto- ja korjaustehtävissä.  
Puun painekyllästyksessä ja kyllästetyn puun käsittelyssä keskimääräinen arseenipitoisuus ylitti altistu-  
mattomien viitearvon, ja toimenpiderajan ylittäneiden työntekijöiden määrä kasvoi viimeisellä tarkaste-  
lujaksolla. Muilla toimialoilla keskimääräiset virtsan arseenipitoisuudet olivat alle altistumattomien viite-  
arajan, mutta jokaisella toimialalla esiintyi muutamia suurehkoja toimenpiderajan ylittäviä pitoisuuksia  
(140–291 nmol/l).

Työn ulkopuolella epäorgaaniselle arseenille voi altistua arseenipitoisesta kaivo- ja porakaivovedestä,  
mutta ei ilmeisestikään merkittävästi muusta ravinnosta (Hakala ja Hallikainen 2004). Erityisesti meri-  
kaloissa ja äyriäisissä on yleensä runsaasti arseenia orgaanisina ihmiselle haitattomina yhdisteinä. Kylläs-  
tetyn puun käsittely voi aiheuttaa satunnaisesti altistumista arseenille.



Kuva 18. Virtsan arseenipitoisuus (U-As-i) vuosina 1994–2003 (Biologisten altistumismittausten rekisteri)

Taulukko 14. Virtsan epäorgaanisen arseenin pitoisuus toimialoittain vuosina 1994–2003 (altistumattomien viiteraja 30 nmol/l, toimenpideraja 70 nmol/l) (Biologisten altistumismittausten rekisteri)

toimiala/vuosi	keskiarvo, nmol/l	mediaani, nmol/l	≥ 30 nmol/l, %	> 70 nmol/l, %	mittauksia
metallien (Cu, Ni, Zn) tuotanto 1994–2000 2001–2003	95 66	50 45	75 73	37 26	1 032 634
puun suolakyllästys ja kyllästetyn puun käsittely 1994–2000 2001–2003	34 53	24 41	45 67	11 19	198 69
saastuneen maan käsittely 1994–2000 2001–2003	16 23	10 19	17 22	1 1	256 353
ongelmajätteiden käsittely 1994–2000 2001–2003	15 22	10 18	13 22	1 1	1 024 619
elektroniikan arseeniseosteiden valmistus ja käsittely 1994–2000 2001–2003	24 22	20 18	31 22	3 5	100 87
kaikki ammatit 1994–2000 2001–2003	46 38	20 25	38 40	15 11	2 984 1 953

## Terveyshaitat

Arseenin ja sen epäorgaanisten yhdisteiden kriittinen vaikutus on pitkäaikaisen altistumisen aiheuttama keuhkosityöpä (IARC 1980, WHO 2001), mihin myös arseenin HTP-arvo perustuu. Kuparisulaton työntekijöillä on havaittu noin kaksinkertainen lisääntynyt riski sairastua keuhkosityöpään kumulatiivisen kokonaisaltistumisen ollessa  $750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mikä saavutetaan esimerkiksi altistuttaessa 37,5 vuoden ajan pitoisuudelle  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Enterline ja Marsh 1982, Lee-Feldstein 1986). Näin suuri altistuminen on nykyisin Suomessa erittäin harvinainen (ks. taulukko 13). Työntekijöillä esiintyy tavallista tiheämmin myös ruuoansulatuskanavan kasvaimia ja ihomuutoksia (mm. ihotulehdukset, liikasarveistuminen, syylien kaltaiset muutokset), mutta työperäisen altistumisen ei ole selvästi osoitettu aiheuttavan ihosyöpää. Muita arseenin pitkäaikaisvaikutuksia ovat luuytimen vauriot ja häiriöt verisolujen muodostuksessa (mm. anemia, valkosolujen vähyys, muutokset varhaispunasoluissa, veren jyväsolutokato; harvoin luuydinkasvaimet ja leukemia), ääreishermoston häiriöt (mm. tunnottomuus), sydämen toimintahäiriöt ja sisäelinten vauriot. Lisäksi arseenin epäillään vaikuttavan haitallisesti lisääntymiseen ja jälkeläisten kehitykseen. Arseni ja sen epäorgaaniset yhdisteet (myös arseenivety) kuuluvat syöpäsairauden vaaraa aiheuttavien aineiden luetteloon (TMp 838/1993) ja raskaudelle tai sikiön kehitykselle vaaraa aiheuttavien aineiden luetteloon (STMp 931/1991, muutos 1155/1999).

Äkilliset arseenimyrkytykset ovat harvinaisia vahinko- tai onnettomuustapauksia. Arseenitrioksidin kuolettava annos ( $\text{LD}_{50}$ ) ihmiselle on 1–2 mg kehon painokiloa kohden. Myrkytys voi aiheuttaa turvotusta, voimakasta verenpaineen laskua ja sokin sekä keskushermostoperäisen hengityshalvauksen. Arseenivedyn nopea syntyminen arseenin tai arseeniyhdisteiden reagoissa muiden yhteensopimattomien aineiden kanssa on vaarallista. Pitoisuus  $760 \text{ mg}/\text{m}^3$  voi aiheuttaa kuoleman muutaman minuutin altistumisen seurauksena (WHO 2002, LaDou 1983). Arseenivety saostaa veressä hemoglobiinia (hemolyyysi, oireena verivirtsaisuus), mikä voi vaurioittaa munuaisia. Useat arseeniyhdisteet ovat ärsyttäviä ja voivat vaurioittaa limakalvoja sekä altistuneita ihoalueita.

Vuosina 1996–2002 arseenin aiheuttamia ammattitauteja on todettu kaksi vuonna 2002: yksi ärsytyskosketusihottuma ja yksi tautiryhmässä ”muut sairaudet”, jotka molemmat liittyvät puun suolakyllästäisiin (Työperäisten sairauksien rekisteri). Rekisterissä ei ole arseenin aiheuttamia syöpätapauksia.

## Riskien hallinta

Lainsäädännössä työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (VNa 716/2000) määrätään vaarojen tunnistamisesta ja riskinarviosta sekä seikkaperäisestikin altistumisen vähentämisen- ja torjuntakeinoista. Erityisen riskialtista työntekijää (esim. raskaana olevaa) ei saa käyttää työhön, jossa altistutaan kyseisille aineille. Arseenialtistuminen todetaan ja sitä seurataan luotettavasti biomonitorointimittauksin.

Puun CCA-kyllästeiden valmistus ja käyttö, ja ilmeisesti myös altistuminen arseenille, vähenee arseenia sisältävien kyllästeiden käytön rajoittamisen seurauksena 30.6.2004 lähtien (VNa 440/2003). Arseenipitoisen kyllästetyn puun käytön väheneminen pienentää aikanaan altistumista myös ongelmajätteiden käsittelyssä.

Altistuminen saastuneen maan ja ongelmajätteiden käsittelyssä voi edelleen lisääntyä lähivuosina jonkin verran, mutta altistuminen vähentyy, kun likaantuneet maa-alueet on saatu puhdistetuiksi. Saastuneen maan käsittelyssä on todettu verrattain suuria työilman arseenipitoisuuksia. Paras keino altistumisen vähentämiseen on estää pölyn muodostuminen maamassojen käsittelyssä esimerkiksi vesikostutuksella ja käyttää tehokkaita suodattimia maansiirtokoneiden ohjaamoilman puhdistamiseen sekä muiden työntekijöiden osalta käyttää pölyväisissä työvaiheissa hengityksensuojainta.

Elektronisten osien valmistuksessa on selvitetty ongelmallisia työvaiheita, jonka seurauksena altistumistasot ilmeisesti edelleen laskevat.

Kuparin tuotannossa on selvitetty yrityksen omana toimintana suurimpia altistumisia. Sen mukaan vähäininkin arseenipitoisen pölyn joutuminen esimerkiksi käsistä huulille tai suuhun on aiheuttanut suurempia virtsan arseenipitoisuuksia kuin olisi odotettavissa työilman arseenipitoisuuden perusteella ja se on siten merkittävä altistumistie. Suun kautta tapahtuvan altistumisen tehokas torjunta vähentäisi edelleen suurimpia altistumisia. Mahdollisimman vähän arseenia sisältävien rikasteiden käytöllä voidaan laskea altistumistasoja.

Jos teknisillä torjuntatoimilla työilman arseenipitoisuuksia ei voida pitää riittävän pieninä, altistumista voidaan vähentää käyttämällä tarvittaessa henkilönsuojaimia: hengityksensuojain (aktiivihiihi- tai yhdistetty pöly- ja aktiivihiihi-suodatin), suojakäsineet työtehtävän mukaan (useimmat materiaalit soveltuvat) ja suoja-asu. Lisäksi tulee tiedottaa haittavaikutuksista ja henkilökohtaisen hygienian tärkeydestä. Viimeksi mainittu on erittäin tärkeää asennus-, korjaus- ja huoltotehtävissä toimiville työntekijöille, varsinkin yritysten ulkopuolisille alihankkijoiden työntekijöille.

## Lähteitä

Apostoli P, Bartoli D, Alessio L, Buchet J P: Biological monitoring of occupational exposure to inorganic arsenic. *Occup Environ Med* 1999;56:825–832.

Arsenic and arsenic compounds (Second edition). *Environmental health criteria* 224. World Health Organization, Geneva 2001. (<http://www.inchem.org/pages/ehc.html>)

Arsine: Human health aspects. *Concise international chemical assessment document* 47. World Health Organization, Geneva 2002. ([http://www.who.int/pcs/cicad/full\\_text/cicad47\\_arsine.pdf](http://www.who.int/pcs/cicad/full_text/cicad47_arsine.pdf))

ASA. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri. Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

Biologisten altistumismittausten rekisteri. Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Enterline P, Marsh G: Cancer among workers exposed to arsenic and other substances in a copper smelter. *Am J Epidem* 1982;116:895–911.

Environmental report 2003. Kokkola Zinc Oy, Kokkola 2004.

FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Hakala E, Hallikainen A: Suomalaisten arseenialtistuminen, arseenin vaikutukset ja terveystriskit. Kirjassa: Arseni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Toim. K Loukkola-Ruskeeniemi, P Lahermo. Geologian tutkimuskeskus, Espoo 2004, 153–166.

Hakala E, Pyy L: Assessment of exposure to inorganic arsenic by determining the arsenic species excreted in urine. *Toxic Letters* 1995;77:249–258.

Hakala E, Pyy L, Kakko K ym.: Arseenialtistuminen ja sen mittaaminen. Työsuojelurahaston loppuraportti 88016. Oulun aluetyöterveyslaitos, Oulu 1991.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Arsenic and arsenic compounds. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. Vol. 23. IARC, Lyon 1980.

LaDou J: Potential occupational health hazards in the microelectronic industry. *Scand J Work Environ Health* 1983;9:42–46.

Lee-Feldstein A: Cumulative exposure to arsenic and its relationship to respiratory cancer among copper smelter employees. *J Occup Med* 1986;28:296–302.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 1994–2002). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työhygieenisten mittausten tulokset (v. 2003–2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

### 4.5.3 Elohopea

*Erkki Hakala*

#### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Tärkein elohopean työperäinen altiste on nestemäinen metallinen elohopea (Hg). Se höyrystyy ilmaan merkittävästi jo huonelämpötilassa ja lämpötilan noustessa höyrystymisnopeus lisääntyy nopeasti. Metallista elohopeaa tuotetaan Suomessa elohopeaa sisältävästä sinkkirikasteesta pasuttamalla. Tuotanto oli 25 tonnia vuonna 2003. Samana vuonna maahan tuotiin metallista elohopeaa 214 kg (lisäys edellisestä vuodesta 71 %). Kemikaalirekisteriin tehtiin kolme määrätietoilmoitusta elohopeadikloridin valmistuksesta vuonna 2003, yhteensä 4 237 tonnia, joka on noin kaksinkertainen määrä kahteen edelliseen vuoteen verrattuna (STTV 2003).

Suurin elohopean käyttäjä on kloorialkaliteollisuus, jossa elohopeaa käytetään katodina valmistettaessa natriumkloridiliuoksesta klooria elektrolyysin avulla. Vähäisempiä määriä elohopeaa on erilaisissa mittareissa, elohopealampuissa ja loisteputkissa (0,001–2 g/kpl). Sähköteollisuudessa elohopeaa käytetään kytkimissä, nestetasoilmaisimissa ja muissa teollisuuden säätölaitteissa sekä kuivaparistojen valmistuksessa (1–300 g/kpl). Myös vanhoissa asuinrakennuksissa on elohopeaa sisältäviä mittareita ja säätölaitteita, jotka voivat aiheuttaa vaaraa korjausrakentamisessa ja purkamisessa. Laboratoriotyössä elohopeaa käytetään mittaussäätövälineiden lisäksi sähkökemian sovelluksissa ja mineraalien porosimetrisissä huokoisuusmittauksissa. Hammashuollossa valmistetaan suljetuissa kapsleissa noin 50 % elohopeaa sisältävää amalgaamia hampaiden paikkaukseen. Elohopeaa sisältävät jätteet, kuten rikkoutuneet mittarit, loiste-

putket ja amalgaami, ovat ongelmajätettä, joka pyritään keräämään ja josta elohopea otetaan talteen esimerkiksi tislaamalla.

Epäorgaanisista elohopeayhdisteistä elohopeaklorideja käytetään mm. antiseptisinä aineina, katalyysaattoreina muovien valmistuksessa ja reagensseina laboratorioissa sekä elohopeaoksidia galvaanisten paristojen valmistuksessa. Elohopeafulminaattia (räjähdyselohopea) käytetään aloiteräjähdyksineena.

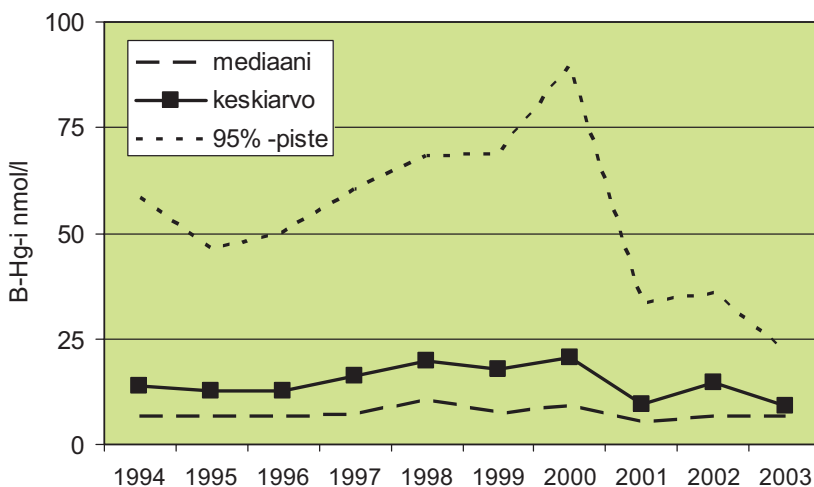
### Altistuminen työssä

Elohopea-altistumista on mitattu työhygieenisin mittauksin vuosina 1994–2004 (taulukko 15) keskimäärin noin 10 mittausta vuodessa (n = 120, keskiarvo 12 µg/m<sup>3</sup>, mediaani 2 µg/m<sup>3</sup>). Elohopean ja sen epäorgaanisten yhdisteiden 8 tunnin HTP-arvo on 0,05 mg/m<sup>3</sup> eli 50 µg/m<sup>3</sup> ja elohopean alkyylilyhdisteiden 0,01 mg/m<sup>3</sup>. Molempiin liittyy huomautus imeytymisestä terveen ihon läpi. Kloorialkaliteollisuudesta mittaustuloksia on vain vuodelta 2002 ja 2004, eikä niistä voida tehdä vertailuja aikaisempiin vuosiin, kuten ei useimmilta muiltakaan työaloilta. Jätehuollossa ja siihen liittyvässä elohopean talteenotossa pitoisuudet ovat lisääntyneet vuosien 1994–1997 keskimääräisestä tasosta 1,8 µg/m<sup>3</sup> vuosien 2001–2004 tasoon 20,7 µg/m<sup>3</sup>. Mittaukset on usein tehty epäedullisimmissa olosuhteissa, eivätkä ne siten kuvaa luotettavasti koko työalan altistumisoloja.

Biomonitorointimittauksilla, veren epäorgaaninen elohopea (B-Hg-i) ja virtsan elohopea (U-Hg), saadaan tarkempi kuva altistumisesta. Viimeisen kymmenen vuoden aikana on tehty yhteensä 3 438 veren epäorgaanisen elohopean määrittystä (kuva 19). Näytteiden määrä on tasaisesti vähentynyt: 731:stä vuonna 1994 jopa 159:ään vuonna 2003. Tarkastelujaksolla keskimääräinen epäorgaanisen elohopean

Taulukko 15. Työilman elohopeapitoisuus vuosina 1994–2004 (HTP<sub>8h</sub> = 0,05 mg/m<sup>3</sup> eli 50 µg/m<sup>3</sup>)

työ	n	keskiarvo, µg/m <sup>3</sup>	vaihteluväli, µg/m <sup>3</sup>
kloorialkaliteollisuus	15	42	5,7–170
jätehuolto ja elohopean talteenotto	66	9,8	< 0,5–165
mittarien korjaus	9	14	< 5–50
hammashoito	10	4,8	3,0–5,9
laboratoriotyö ja opetus	13	2,1	0,3–5,2
ampumarata (sisätila)	7	0,04	0,01–0,07



Kuva 19. Veren epäorgaanisen elohopean pitoisuus (B-Hg-i) vuosina 1994–2003 (altistumattomien viiteraja 25 nmol/l, toimenpideraja 90 nmol/l)

pitoisuus veressä nousi vuoteen 2000 asti (21 nmol/l) lähelle altistumattomien viiterajaa 25 nmol/l, mutta on sen jälkeen laskenut ja oli 9,0 nmol/l vuonna 2003. Vuoden 2000 tuloksista 41 (20 %) ylitti altistumattomien viiterajan ja 11 tulosta (5 %) ylitti toimenpiderajan 90 nmol/l. Lähes kaikki ylitykset olivat kloorialkaliteollisuudesta. Vuonna 2003 oli kuusi (4 %) altistumattomien viiterajan ylitystä, joista neljä oli kloorialkaliteollisuudesta ja kaksi jätehuollon ongelmajätteiden käsittelystä, eikä yhtään toimenpiderajan ylitystä. Virtsan elohopeamittausten tulokset ovat samansuuntaisia.

Toimialoittain on tapahtunut muutoksia viimeisen kymmenen vuoden aikana kloorialkaliteollisuudessa, jossa altistuminen on merkittävästi vähentynyt, sekä jätehuollossa ja elohopean talteenotossa, joissa altistuminen on mahdollisesti hieman lisääntynyt. Lisääntyminen voi olla näennäistä, koska aikaisemmin näyttöjen joukossa oli ilmeisesti useita vain varmuuden vuoksi otettuja näytteitä henkilöistä, jotka eivät todella altistuneet.

Elohopean höyrylle voi jatkuvasti altistua arviolta 30–50 työntekijää elohopeaa käyttävässä kloorialkaliteollisuudessa. Altistumisen taso laskee ja altistuneiden lukumäärä vähenee. Elohopean tuotannosta viimeaikaisia altistumistietoja ei ole käytettävissä (1990-luvun alkupuolen muutama biomonitointitulosoitoi altistumista: B-Hg-i 25–70 nmol/l). Jätehuollossa elohopeaa sisältävien lampujen ja muiden laitteiden romutuksessa sekä elohopean talteenotossa altistuminen ja altistuvien lukumäärä voi lisääntyä nykyisestä arviolta 100–150 työntekijästä, kun asetus sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta astuu voimaan elokuussa 2005. Ajoittain voidaan altistua teollisuuslaitosten korjaus- ja purkutyössä sekä mittarien valmistuksessa, korjauksessa ja huollossa. Altistuminen elohopealle on vähäistä muilla työaloilla, kuten laboratorio- ja sairaalatyössä, hammashuollossa sekä muovien ja keramiikan valmistuksessa. Satunnaisesti suuriakin altistumisia voivat kuitenkin aiheuttaa laitteiden rikkoutuminen, vahinkotapaukset tai elohopean ja sen yhdisteiden huolimaton käyttö. Asuinrakennusten korjausrakentamisesta ja purkutyöstä altistumistietoja elohopealle ei ole käytettävissä.

## Terveyshaitat

Elohopeahöyry imeytyy elimistöön hyvin hengitysteitse ja vähän myös ihon läpi. Elohopeaa kertyy eniten munuaisiin (50–90 %) sekä maksaan ja pernaan. Elohopea on rasvaliukoinen ja veren mukana sitä kulkeutuu esteettä eri kudoksiin, myös aivoihin, minne osa siitä kertyy aivoissa tapahtuvan hapettumisen seurauksena. Elohopea erittyy elimistöä hitaasti pääasiassa virtsaan ja ulosteisiin. Munuaisissa ja koko kehossa suurin osa elohopeasta puoliintuu noin 60 päivässä ja aivoissa 20–25 päivässä. Pienellä osalla elohopeasta puoliintumisaika eri elimissä on hyvin pitkä, useita vuosia.

Metallisen elohopean haittavaikutukset aiheutuvat sen kertymisestä elimistöön, erityisesti aivoihin ja munuaisiin. Pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa maksa-, munuais-, keuhko- ja hermostovaurioita. Altistumisen pitoisuudelle yli 80 µg/m<sup>3</sup> (vastaa virtsan elohopeapitoisuutta noin 500 nmol/l ja veren epäorgaanisen elohopean pitoisuutta noin 180 nmol/l) on arvioitu voivan aiheuttaa elohopean tyypillisiä oireita, kuten vapina, muistihäiriöt, unettomuus ja valkuaisvirtsaus. Altistuttaessa pitoisuudelle 25–80 µg/m<sup>3</sup> (150–500 nmol/l virtsassa ja 55–180 nmol/l veressä) lisääntyy erityisesti herkillä yksilöillä tiettyjen vähemmän vakavien oireiden esiintyminen: psykomotoriset oireet, objektiivisesti havaittava vapina, hermojen johtumisnopeuden pieneneminen ja subjektiiviset oireet, kuten väsymys, ärtyvyys ja ruokahaluttomuus. Metallinen elohopea voi harvoin aiheuttaa myös allergista kosketusihottumaa.

Epäorgaanisten elohopeayhdisteiden vaikutukset ovat samantapaisia kuin metallisen elohopean, paitsi että ne ilmeisesti imeytyvät keuhkoista hitaammin ja kulkeutuvat aivoihin vähemmän. Eräät yhdisteet, kuten elohopeadikloridi, ovat syövyttäviä. Ravinnosta, lähinnä kaloista saatava orgaaninen elohopea (metyylielohopea) ei aiheuttane normaalisti terveysriskiä, mutta erittäin suurina annoksina (veren metyylielohopeapitoisuus yli 1 000 nmol/l) se voi vaikuttaa keskushermostoon. Kehittyvällä sikiöllä ja lapsilla vaara on suurempi kuin aikuisilla. WHO suosittelee, että hedelmällisessä iässä olevien naisten altistuminen elohopealle ja sen kaikille yhdisteille tulisi pitää mahdollisimman pienenä. Suomessa elohopea ja sen yhdisteet kuuluvat perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon (TMp 1044/1991).



Työperäisten sairauksien rekisterissä on vuosilta 1996–2002 elohopean aiheuttamana keskimäärin kaksi ilmoitusta tautiryhmässä ”allerginen kosketushottuma” ja ”muut sairaudet” (lähempi laatu tuntematon).

## Riskien hallinta

Työturvallisuuslain, kemikaalilain ja lain kemiallisista tekijöistä työssä yleisten määräysten lisäksi elohopeaa koskevat useat erityismääräykset. Mm. uudet sähkö- ja elektroniikkalaitteet eivät saa sisältää elohopeaa 1.7.2006 lähtien lukuun ottamatta asetuksessa lueteltuja poikkeuksia.

Elohopeaa sisältämättömien kloorin valmistusmenetelmien käyttöönottoon selluteollisuudessa on paineita pääasiassa ympäristöpäästöjen vähentämiseksi Euroopassa. Uudet menetelmät poistavat työssä elohopealle altistumisen kloorialkaliteollisuudessa. Hammasamalgaamin käyttö voidaan suurimmaksi osaksi korvata muilla paikka-aineilla.

Jos työilman elohopeapitoisuuksia ei voida pitää riittävän alhaisina teknisillä torjuntatoimilla, kuten tehokas ilmanvaihto, kotelointi ja kohdepoistot, altistumista voidaan vähentää käyttämällä tarvittaessa henkilönsuojaimia, tärkeimpänä hengityksensuojainta.

Työolosuhteiden valvonta ja työntekijöiden terveysseuranta ovat tärkeitä elohopean aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisyssä. Altistuminen voidaan määrääjain todeta biomonitorointimittauksilla, jolloin näytteenoton ajankohta on sijoitettava ohjeistuksen mukaisesti oikein altistumiseen nähden.

Altistumista voidaan riittävän usein osaltaan vähentää puhdistamalla tehokkaasti työtilat, joissa esiintyy tai käsitellään elohopeaa. Erityisen tärkeää on poistaa välittömästi lattia- tai muille pinnoille joutunut metallinen elohopea. Poistamiseen voidaan käyttää esimerkiksi käyttöturvallisuustiedotteissa mainittuja menetelmiä eli yleensä elohopean sitomista amalgaamiksi ei-rautametallin kanssa.

## Lähteitä

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 1994–2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Environmental report 2003. Kokkola Zinc Oy, Kokkola 2004.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Inorganic mercury. Environmental health criteria 118. World Health Organization, Geneva 1991. (<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc118.htm>)

Maijala J-P, Nippala E: Elohopea ja PCB Suomen rakennuskannassa. Tampereen teknillisen yliopiston rakentamistalouden laitoksen julkaisuja 6/2002. Tampere 2002.

Methylmercury. Environmental health criteria 101. World Health Organization, Geneva 1990. (<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc101.htm>)

Riskiraportti – Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. Valvontaopas 2/2002. Elintarvikevirasto, Helsinki 2002. (<http://www.elintarvikevirasto.fi/julkaisut.html>)

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työhygienisten altistumismittausten rekisteri (v. 1994–2002). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työhygienisten mittausten tulokset (v. 2003–2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työministeriön päätös perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavista tekijöistä (1044/1991).

Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

Valtioneuvoston asetus sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (852/2004).

Valtioneuvoston asetus vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa (853/2004).

#### 4.5.4 Kadmium

*Mirja Kiilunen, Kimmo Louekari*

##### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Kadmiumin (Cd) käyttö monissa sovelluksissa perustuu sen matalaan sulamispisteeseen, taottavuuteen ja sähkönjohtavuuteen. Lisäksi sen keltaiset suolat ovat hyviä väriaineita.

Kadmium esiintyy luonnossa sulfidisen sinkkimalmin sfaleriitin eli sinkkivälkkeen liittäjänä kadmiumsulfidina (CdS), mutta sitä on myös kupari- ja lyijymalmeissa. Kadmiumia saadaan pääasiallisesti sinkin valmistuksen yhteydessä sen väli- ja sivutuotteista, joista se erotetaan elektrolyyttisesti. Suomessa valmistetaan kadmiumia ns. liuospuhdistuksella, jolla saadaan 80 % puhdasta kadmiumia. Tämä voidaan edelleen puhdistaa. Suurin osa tuotetusta kadmiumista viedään ulkomaille (taulukko 16).

Lisäksi Suomeen tuotiin vuonna 2003 kadmiumjauhetta 26 kg (Tuontitilasto 2003). Vuosina 2001–2002 Suomeen tuotiin kadmiumsulfaattia 12–16 tonnia, mutta vuonna 2003 sen tuonti lopetettiin (STTV 2003).

Kadmiumin käyttö pinnoitteena monissa erityiskohteissa esimerkiksi ilmailuteknologiassa perustuu sen vähäiseen korroosioon pinnan rikkoutuessa ja kauniiseen metallipintaan, joka voidaan kiillottaa. Kadmiumia käytetään tällöin kadmiumhydroksina elektrolyyttisessä kylvyssä. Kadmium soveltuu etenkin rautapinnan ruostesuojaukseen. Kadmiumilla on erityiskäyttö ns. Woodin metallissa (25 % Pb, 50 % Bi, 12,5 % Sn, 12,5 % Cd), joka sulaa + 72 °C:ssa ja joka ei jäähtyessään kutistu. Kadmiumhopeajuotoksella saadaan erittäin tiivis ja täyttävä liitos, koska kadmiumin juoksettavuus on hyvä. Ydinreaktoreissa kadmiumia käytetään neutronien absorbointiin.

Kadmium-nikkeliparistoissa ja -akuissa on kadmiumhydroksidia, ja ne hävitetään ongelmajätteiden käsittelyssä. Kadmiumkloridia käytetään tekstiilivärinä erityisesti turvatekstiileissä sekä valokuvaus- ja laboratorioreagenssina. Lääketeollisuudessa hyödynnetään myös kadmiumjodidia. Pieniä määriä keltaisia ja punertavia kadmiumpigmenttejä käytetään taiteilijaväreissä sekä lasitteissa ja luminoforina lampuissa.

Kadmiumyhdisteiden käyttö on kielletty PVC-, polyuretaani-, polyeteeni- ym. muissa muoveissa ja hartseissa, jos sen pitoisuus ylittää 0,01 paino-% (91/338/ETY, VNp 1415/1992). Jos maalin sinkkipitoisuus on hyvin suuri, siinä voi olla epäpuhtautena kadmiumia. Sen pitoisuus saa kuitenkin olla korkeintaan 0,1 paino-%. Kadmiumia voi olla jäänteenä monenlaisissa metalliromuissa.

Tupakan savussa on kadmiumia keskimäärin 110 ng/savuke.

Taulukko 16. Kadmiumin tuotanto Suomessa laskettuna vuotta kohden, tonnia (Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot)

aine	1970-luku*	1980-luku*	1990-luku*	v. 2000	v. 2001
kadmium, metalli	258,2	582,2	563,5	682,8	604
kadmium (KTM) <sup>1</sup>	309,2	609,2	600,9	680	600

\*keskimäärin vuosittain

<sup>1</sup>Kauppa- ja teollisuusministeriön arvio

## Altistuminen työssä

Työterveyslaitoksen arvion mukaan kadmiumille ja sen yhdisteille altistui noin 1 200 työntekijää (alle 0,1 % työllisistä) vuonna 2003. Altistuneiden määrä on laskenut 1990-luvun alkuun verrattuna 80 %, koska Suomessa kadmiumin käyttöä muovituotteissa rajoitettiin huomattavasti. Edelleen suurille kadmiumpitoisuuksille altistuu noin 200 työntekijää. Näiden altistumistaso on 10–50 % kadmiumin ja sen yhdisteiden haitalliseksi tunnetusta pitoisuudesta (HTP, 8 tunnin aikapainotettu keskiarvo on 0,02 mg/m<sup>3</sup>). Kadmiumoksidihuuruille on annettu puolta pienempi taso eli 0,01 mg/m<sup>3</sup>. Suurimmille kadmiumpitoisuuksille altistuttiin pinnoituksessa, kadminoitujen pintojen käsittelyssä ja kemianprosessien sulatustöissä. Viimevuosina tehtyjen mittausten perusteella kadminoinnissa ilman kadmiumpitoisuudet ovat olleet suurimmillaan 0,01 mg/m<sup>3</sup>. Suurimmat altistuneet ammattiryhmät olivat sulatto- ja sulatusuunioyöntekijät, hitsaajat ja kaasuleikkaajat, koneenkorjaajat sekä valimotyöntekijät. Näissä töissä on viimevuosina mitattu lyhytaikaisesti HTP-tason ylityksiä. Suomessa merkittävä altistuvien ryhmä on myös ongelmajätteiden, värillisen lasin ja lasitteiden kanssa työskentelevät.

Biologisten altistumismittausten rekisterin mukaan kadmiuminaltistumista seurataan noin 270 henkilöstä vuosittain sekä veren että virtsan kadmiumpitoisuuksien mittauksin. Veren kadmiumpitoisuuksista 95 % oli tupakoivilla alle 7 nmol/l ja tupakoivilla 31 nmol/l (toimenpideraja 50 nmol/l). Virtsassaa vastaavat arvot olivat 10 nmol/l tupakoimattomille ja 21 nmol/l tupakoiville (toimenpideraja 50 nmol/l). Kahdella juotostöitä tekevällä virtsan kadmiumpitoisuudet olivat 120 nmol/l ja 164 nmol/l. Myös lasinsulatuksessa on mitattu suuria veren kadmiumpitoisuuksia käytettäessä kadmiumpigmenttiä. Altistumattoman väestön kadmiumpitoisuudet virtsassaa ovat 5 nmol/l tupakoimattomille ja 10 nmol/l tupakoiville sekä veressä 1.11.2004 alkaen 5 nmol/l tupakoimattomille ja 18 nmol/l tupakoiville.

## Terveyshaitat

Kadmium imeytyy elimistöön pääasiallisesti hengityksen kautta, mutta se imeytyy pienessä määrin myös ruuansulatuskanavasta (5 %). Hengitetystä kadmiumista voi imeytyä jopa 50 %. Elimistön, erityisesti maksan ja munuaisten, kadmiumpitoisuuden on todettu kasvavan iän myötä ja kadmium poistuu elimistöstä hitaasti. Raudan ja kalsiumin puutos lisäävät kadmiumin imeytymistä. Tupakoivilla on todettu suurempia kadmiumpitoisuuksia elimistössä kuin tupakoimattomilla.

Kadmium edistää metallotioneinin muodostusta. Cd-metallotioneini-kompleksi kertyy munuaisiin, ja kun pitoisuus kasvaa liian suureksi, tapahtuu munuaisvaurio. Hengitettäessä suuren kadmiumpitoisuuden sisältävää huurua voi syntyä kemiallinen keuhkokuume, joka voi johtaa kuolemaan. Pitkäaikaisen pienen kadmiumaltistumisen seurauksena voi kehittyä kroonisia keuhkosairauksia ja mahdollisesti keuhkosityöpä. Pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa kalsiumin lisääntynyttä poistumista luustosta ja lisätä luun osteoporoosia.

Työpaikan ilman ja työntekijöiden virtsan kadmiumpitoisuuden välillä on väljä ja epätarkka yhteys. Työntekijöiden virtsan kadmiumpitoisuus oli noin 27–89 nmol/l, kun altistuminen oli kestänyt useita vuosia ja ilman kadmiumpitoisuus oli 5–50 µg/m<sup>3</sup>. Tämä altistumisen taso aiheuttaa osalle työntekijöistä munuaisvaurion ja vanhemmalla iällä kasvaneen luunmurtumien riskin.

Kadmium ja sen yhdisteet on luokiteltu ihmiselle syöpää aiheuttaviksi (luokka 1, WHO/IARC 1991). Kadmiumfluoridi ja kadmiumkloridi kuuluvat lisääntymiselle vaarallisiin aineisiin (luokka 2) ja perimää vaurioittaviin aineisiin (luokka 2) (2003/34/EY, VNa 623/2004). EU:ssa on paraikaa meneillä kadmiumyhdisteiden riskinarvio, jonka luokitukset tulevat voimaan myös Suomessa (2004/73/EC).

Kadmium ja sen yhdisteet aiheuttivat vuosina 1996–2002 kaksi ammattitautia, joista toinen oli allerginen kosketushohtuma.

## Riskien hallinta

Kadmiumille ja sen yhdisteille altistuminen on pysynyt samalla tasolla viimeisen kuuden vuoden ajan, mutta yksittäisiä erittäin suuria altistumisia esiintyy. Eniten altistavia työtehtäviä ovat edelleen pienyksiköissä tehtävät juotos- ja valutyöt. Elektrolyyttisessä pinnoituksessa altistutaan Suomessa vähän, koska laitosten työhygienian on korkeatasoista. Tällöin mm. käsien kautta suuhun joutuvan kadmiumin määrä altistumisessa tulee merkittäväksi.

Parhaita keinoja vähentää altistumista ovat kohdepoistojen lisääminen juotos- ja valutöihin sekä työntekijöiden henkilökohtainen suojautuminen ja erityisesti käsien hygienia. Uudet puhaltavat hengityksensuojaimet ovat käyttömukavuudeltaan sellaisia, että työntekijä voi käyttää niitä koko työpäivän.

## Lähteitä

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 1994–2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Federal Public Service for Public Health, Safety of the Food Chain and the Environment (Belgium). "RISK ASSESSMENT of Cadmium oxide and Cadmium metal, CAS-No. 1306-19-0 and CAS-No. 7440-43-9, September 2004. (<http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>)

FIMJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Friberg L, Kjellström T, Nordberg G F: Cadmium. In: Handbook on the toxicology of metals. II. Specific metals. Ed. by L Friberg et al. Elsevier, Amsterdam 1986, 130–184.

Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot (15.11.2004):

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Teollisuusmineraalientuotanto.htm>

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Tuotantotilasto1865-2002.htm#1970>

2004/73/EC. ([http://europa.eu.int/eur-lex/en/refdoc/L\\_152/L\\_2004152EN\\_1.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/en/refdoc/L_152/L_2004152EN_1.pdf))

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Cadmium and cadmium compounds. In: Beryllium, cadmium, mercury, and exposures in the class manufacturing industry. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 58. IARC, Lyon 1993, 119–237.

Kemikaalialtistumisen biomonitoointi – Näytteenotto-ohjeet. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/TTL+toimii/Osastot/Tyohygienian+ja+toksikologian+osasto/Palvelut/otto-ohjeet.htm>

Lauwerys R, Hoet P: Industrial Chemical Exposure. Guidelines for Biomonitoring. Lewis Publishers, Boca Raton 2001.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 1994–2002). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työhygieenisten mittausten tulokset (v. 2003–2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

#### 4.5.5 Koboltti

Mirja Kiilunen

##### Käyttö ja esiintyminen työssä

Koboltti (Co) käyttö monissa metalliseoksissa on lisääntynyt viime vuosikymmeninä. Koboltti on korroosion kestävä, vahvaa ja magneettista. Sillä on korkea sulamispiste. Koboltti on osa B<sub>12</sub>-vitamiinia, syanokobalamiinia, jota käytetään tiettyjen rautaresistenttien anemioiden hoidossa parantamaan raudan imeytymistä ravinnosta. Radioaktiivista kobolttia (<sup>60</sup>Co) käytetään syövän hoidossa. Kobolttipitoisia metalliseoksia käytetään tekonivelissä.

Kobolttia saadaan kobaltiitti- (CoAsS), smaltitiitti- (CoAs<sub>2</sub>), linneiitti- (Co<sub>3</sub>S<sub>4</sub>) ja kobolttipyriitti- [(Fe,Co)S<sub>2</sub>] malmeista. Sitä esiintyy usein myös nikkeli-, hopea-, lyijy-, kupari- ja rautasulfidimalmeissa (noin 1 % kokonaispainosta). Kobolttia tuotetaan usein sivutuotteena muiden metallien puhdistuksessa. Kobolttiin tärkein käyttökohde on seosmetallina eräissä teräslaaduissa. Stelliitti on kobolttiin, wolframin ja kromin seos, joka on erittäin kova lejeerinki. Kovametallissa kobolttia (2–39 %) käytetään wolframkarbidin sidososana. Stelliitistä ja kovametallista valmistetaan erityistyökaluja mm. sahateollisuuden leikkuuteriä ja autonrenkaiden nastoja. Kobolttia on myös teollisuudessa käytettävissä kobolttisidonnaisissa timanteissa. Suomessa on myös timanttiteriä kaivosteollisuuden tarpeisiin valmistava yritys ja kobolttisuoloja valmistava tehdas. Lisäksi kobolttia valmistetaan nikkelimalmista sivutuotteena.

Ruostumattoman teräksen pinnalle voidaan hitsaamalla sulattaa kobolttipinnoite, jolloin saadaan erittäin vahva, hapettumista estävä tiivis pinta. Kobolttipinnoitusta käytetään mm. paperiteollisuuden venttiileissä. Pinnoitus voidaan tehdä myös elektrolyytisesti. Koboltille on laaja käyttö katalyyttinä mm. polymerisoinnissa. Sitä käytetään myös elektronittomien nikkeli-kadmium- ja nikkeli-metallihydridiakkujen valmistuksessa. Kobolttijauhe toimii ladattavissa akuissa johtavuutta lisäävänä aineena. Uudelleenladattavissa akuissa koboltille on merkittävä käyttö.

Näkyvin kobolttiin suolojen käyttökohde on kobolttisininen väriaine, jolla saadaan valmistetuksi sinistä lasia ja maalataan keramiikkaa. Aikaisemmin kobolttikloridia käytettiin kosteutta osoittavana indikaattorina. Ns. salamuste on kobolttikloridin glyseroliin sekoitettu vesiliuos. Kobolttihydroksidia [Co(OH)<sub>2</sub>] käytetään edelleen maalien, lakkojen sekä painomusteiden kuivattimena (sikkatiivina). Tunnetuin näistä on serotiini. Kobolttikloridia käytetään myös ammoniakkin imeyttämiseen ja kaasunaamareissa, koska se muodostaa ammoniakkin kanssa kompleksiyhdisteitä, joille tunnusomaista on heksaammiinikoboltti(II)-kationi (Mäkinen ym. 2001). Kobolttiin suoloja käytetään laajasti kemianteollisuudessa. Tupakan savussa on kobolttia.

Kobolttiin ja sen yhdisteiden tuotanto- ja maahantuontitiedot ovat taulukossa 17 ja 18.

Taulukko 17. Kobolttirikasteen, kobolttiin ja sen yhdisteiden tuotanto Suomessa laskettuna vuotta kohden, tonnia (Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot)

aine	1970-luku	1980-luku	1990-luku	v. 2000	v. 2001
kobolttirikaste <sup>1</sup>	88 624	94 495	0		
koboltti	983	1 995	33 765	7 317	7 102
oksidit	0	522*	1 705	3 452	3 194
kloridi	0	34**	111*		

<sup>1</sup>tuotanto lopetettu vuonna 1987

\*tuotettu kuusi vuotta

\*\*tuotettu kaksi vuotta

Taulukko 18. Kobolttia sisältävien aineiden maahantuonti- ja valmistusmääriä (tonnia) sekä kappalemäärä, monessako valmistuksessa on kyseistä ainetta (STTV 2003)

vuosi	kpl	maahantuonti	valmistus	yhteensä
2001	56	25	7 189	7 214
2002	57	52	7 194	7 246
2003	52	2	7 020	7 022

## Altistuminen työssä

Työterveyslaitoksen arvion mukaan koboltille ja sen yhdisteille altistui vuonna 2003 noin 1 500 työntekijää (alle 0,1 % työllisistä). Altistuneiden määrä on vähentynyt 1990-luvun vaihteeseen verrattuna, koska Suomessa lopetettiin koboltin louhinta ja kovametalli valmistus. Toisaalta kobolttipinnoituksen määrä on jonkin verran lisääntynyt. Työterveyslaitos teki 1980-luvulla työilmasta 61 kobolttimittausa, joista 20 oli yleisilmasta ja 41 hengitysvyöhykkeeltä. Pitoisuudet olivat keskiarvoisesti 0,07 mg/m<sup>3</sup> yleisilmassa. Valtaosa työntekijöistä altistui pitoisuuksille, jotka olivat yli koboltin ja sen yhdisteiden haitalliseksi tunnetun pitoisuuden (HTP, 8 tunnin aikapainotettu keskiarvo on 0,05 mg/m<sup>3</sup>). Näissä arvoissa ei ole mukana kobolttikemikaaleja valmistavan tehtaan mittausarvoja, koska he hoitavat mittaukset itse.

Voimakkaammin altistuneita ovat kovametallipulverin valmistajat ja terämiehet. Altistuminen kovametalliterien hionnassa on pienentynyt jonkin verran 1990-luvulla. Kovametalli/stelliittiterien hionnassa 16 työpaikalla tehtyjen mittausten perusteella hengitysilman kobolttipitoisuudet olivat 0,002–0,24 mg/m<sup>3</sup>. Kovametalliromun kierrätyksessä ja uunin puhdistuksessa on 2000-luvulla raportoitu pitoisuuksia 0,001–1,11 mg/m<sup>3</sup>. Hitsausrobotilla tehtyjen jauhemaisen kovametallipinnoituksen aikana työntekijöiden hengitysilman kobolttipitoisuudet olivat pieniä, enintään 0,001 mg/m<sup>3</sup>.

Suurimmat altistuneet ammattiryhmät olivat terähiojat ja pulverinvalmistajat. Kemikaaliteollisuudessa pitoisuudet ovat selkeästi tätäkin suuremmat. Altistumiseen voidaan vaikuttaa ratkaisevasti oikeanlaisella suojautumisella.

Biologisten altistumismittausten rekisterin mukaan noin 200 henkilön kobolttialtistumista seurataan vuosittain. Kobolttialtistuminen on vaihdellut vuosittain suhteellisen paljon, mutta siinä havaitaan selvä kohoava suuntaus. Keskimäärin altistuminen on asettunut 250 nmol/l tasolle, mutta 95 %-piste on tupakoimattomilla 1 300 nmol/l ja tupakoivilla yli 1 800 nmol/l. Nämä ovat selvästi korkeammat kuin biomonitoinnin toimenpideraja 600 nmol/l. Tämä raja perustuu ilman haitalliseksi tunnetun pitoisuuden 0,05 mg/m<sup>3</sup> ja virtsan kobolttipitoisuuden väliseen korrelaatioon. Amerikassa ilman TLV-arvo on koboltin syöpävaarallisuuden vuoksi laskettu 0,020 mg/m<sup>3</sup>:een, joka vastaa virtsan kobolttipitoisuutta 255 nmol/l.

Vuonna 2003 virtsan koboltin toimenpideraja 600 nmol/l ylittyi 14 henkilöllä, joista seitsemällä toistomittaus antoi edelleen ylittävän arvon. Henkilöistä kolme oli prosessinhoitajaa, kolme uunimiestä, kaksi sintraajaa, kaksi hiojaa sekä yksi huoltomies, pulverinvalmistaja, käsittelijä ja mylläri. Kobolttipinnoituksessa virtsan kobolttipitoisuudet olivat altistumattoman väestön tasolla eli alle 40 nmol/l.

## Terveyshaitat

Koboltti imeytyy elimistöön pääasiallisesti hengityksen ja ruuansulatuskanavan kautta, mutta se imeytyy pienessä määrin myös ihon lävitse. Epäorgaanisten koboltin yhdisteiden arvioidaan imeytyvän annoksesta 5–45 %. B<sub>12</sub>-vitamiinin imeytymiseen vaikuttaa glukoproteiinin vuorovaikutus vatsalaukussa: jos henkilöllä on glukoproteiinia, annoksesta voi imeytyä 70 % ja jos se puuttuu, imeytyy alle 2 %.

Työperäisessä altistumisessa koboltin on todettu aiheuttavan astmaa, allergista nuhaa ja kosketusihottumaa. Keuhkoihin kertyvä kovametallipöly aiheuttaa ns. kovametallipölykeuhkosairauden, joka voi esiintyä äkillisenä fibrosoivana alveoliittina tai hitaasti etenevänä keuhkofibroosina. Tyypillisiä oireita ovat yskä ja hengenahdistus. Myös kuolemaan johtaneita tapauksia on raportoitu. Astmaattisia oireita on havaittu jo alle 0,05 mg/m<sup>3</sup>:n ilman kobolttipitoisuuksille altistuneilla. Koboltin aiheuttamissa allergisissa reaktioissa on havaittu vasta-aineita (IgE). Astma ja kovametallialveoliitti voivat kehittyä samanaikaisesti. Kovametalli (koboltti ja volframikarbidi) on biologisessa ympäristössä paljon aktiivisempi kuin koboltti yksinään. Myös muita keuhkokurossairauksia on raportoitu matalissa 4–7 vuotta kestäneissä työperäisissä altistumisissa.

Koboltti aiheuttaa ihon ärsytystä, kosketusihottumaa ja urtikariaa. Kobolttiallergia esiintyminen nikkelille herkistyneillä henkilöillä on 20 kertaa todennäköisempää kuin nikkelille herkistymättömillä.

Koboltin on todettu aiheuttavan myös kardiomyopatiaa ja muita sydänsairauksia. Sille altistuneilla on todettu myös kohonnut keuhkosyöpäriski työperäisessä altistumisessa. Koboltti ja sen yhdisteet on luokiteltu ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi (luokka 2B, WHO/IARC 1991).

Koboltti ja sen yhdisteet aiheuttavat vuosittain 5–10 ammattitautia, jotka ovat olleet enimmäkseen allergisia kosketusihottumia. Vuosina 1996–2002 raportoitiin seitsemän astmaa. Metalleille altistuneille on korvattu ammattitautina keuhkosyöpiä.

Koboltille ja sen yhdisteille altistumisen seuranta on lisääntynyt viime vuosina. Suurimman muutoksen tähän on aiheuttanut kobolttin todettu karsinogeenisuus ja kobolttipinnoitustyön lisääntyminen. Timanttiterien tuotanto on kasvanut huomattavasti, ja kovametallia kierrätetään ja jauhetaan entisiä määriä. Lisäksi hitsauksella tehtävä kobolttipinnoitus ja siihen liittyvä pinnan hionta lisääntyvät. Myös elektrolyyttistä pinnoitusta voitaisiin käyttää, mutta käyttötarkoituksiin paremmin sopiva pinnoitus saadaan hitsaamalla ja hiomalla.

## Riskien hallinta

Parhaita keinoja vähentää altistumista ovat työpaikan tekniset toimenpiteet työilman puhtauden takaamiseksi, työntekijöiden henkilökohtainen suojautuminen ja erityisesti käsien hygienia. Esimerkiksi terähionnassa on työpisteen koteloinnilla saatu altistuminen laskemaan jopa 1/10 osaan. Uudet puhaltavat hengityksensuojaimet ovat käyttömukavuudeltaan sellaisia, että työntekijä voi käyttää niitä koko työpäivän. Suojakaasulla tehtävässä jauhe- tai lankahitsauksessa hitsausroboteilla pystytään vähentämään altistumista, mutta ne soveltuvat vain suorien tai toistuvien saumojen hitsaukseen. Myös tällöin tulee ottaa huomioon riittävä suojautuminen hitsausrobottia asennettaessa.

Koboltille altistutaan jatkossakin voimakkaasti, jos sekä kovametallipulverin, -nastojen että kobolttikemikaalien valmistus pysyy vakaana. Yhdysvaltojen TLV-arvoon verrattuna kobolttialtistumisen taso on Suomessa erittäin korkea ja yli puolet biologisista mittaustuloksista ylittää sitä vastaavan raja-arvon. Kobolttialtistumisen seuranta on jatkossakin merkittävää.

## Lähteitä

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki (julkaisematon)

Elinder C-G, Friberg L: Cobalt. In: Handbook on the toxicology of metals. II. Specific metals. Ed. by L Friberg et al. Elsevier, Amsterdam 1986, 211–232.

Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot (15.11.2004):

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Teollisuusmineraalientuotanto.htm>

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Tuotantotilasto1865-2002.htm#1970>

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Cobalt and cobalt compounds. In: Chlorinated drinking-water; Chlorination by-products; Some other halogenated compounds; Cobalt and cobalt compounds. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 52. IARC, Lyon 1991, 363–472.

Kemikaalialtistumisen biomonitorointi – Näytteenotto-ohjeet. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/TTL+toimii/Osastot/Tyohygienian+ja+toksikologian+osasto/Palvelut/otto-ohjeet.htm>

Kiilunen M, Teräsahde P, Engström B ym.: Altistuminen hitsaussavuille täytelanka- ja plasmahitsauksessa. Työsuojelurahaston loppuraportti 98385. Työterveyslaitos, Helsinki 1999.

Lauwerys R, Hoet P: Industrial Chemical Exposure. Guidelines for Biomonitoring. Lewis Publishers, Boca Raton 2001.

Linnainmaa M: Cobalt Exposure and its Health Effects in the Grinding of Hard-Metal and Stellite Blades. University of Kuopio, Institute of Occupational Health, Helsinki 1997.

Mäkinen M: Dermal Exposure assessment of Chemicals – an Essential Part of Total Exposure Assessment at Workplaces. University of Kuopio, Institute of Occupational Health, Helsinki 2003.

Mäkinen M, Linnainmaa M, Kiilunen M ym.: Työhygieeninen kokonaisaltistuminen nikkelille, kromille ja koboltille, ihoaltistumisen arviointimenetelmien kehittäminen ja altistumisen vähentäminen. Työsuojelurahaston loppuraportti 98385. Kuopion aluetyöterveyslaitos, Kuopio 2001.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

## 4.5.6 Kromi

*Mirja Kiilunen*

### Käyttö ja esiintyminen työssä

Kromi (Cr) esiintyy monissa teollisuudessa käytettävissä aineissa sekä metallisena että kolmi- ja kuusi-arvoisina yhdisteinä. Kromi on kovaa ja korroosiota kestävä. Kromipinnan päälle syntyy tiivis kromioksidikerros, joka estää pinnan korroosion. Sokeriaineenvaihdunnassa on ratkaiseva merkitys kromia sisältävällä glukositoleranssifaktorilla, jota ei kuitenkaan ole pystytty eristämään.

Kromia saadaan kromiittimalmista ( $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ ), jossa se esiintyy kromi(III)oksidina ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) raudan, magnesiumin ja raudan oksidien kanssa. Pelkistettäessä kromiittia hiilen avulla valokaariuunissa saadaan ferrokromia, josta valmistetaan edelleen ruostumatonta terästä. Ruostumattomassa teräksessä on kromia noin 18 % ja vähintään 10,5 %. Se ja muut kuumalujat erikoisteräkset ovat kromin tärkeimmät käyttökohteet. Suomessa on Euroopan ainut kromiittikaivos ja sen tuotanto oli noin 1,1 miljoonaa tonnia kromimalmia vuonna 2003. Kaivoksen läheisyydessä sijaitsee pohjoismaiden suurin ruostumatonta terästä valmistava tehdas. Malmista valmistetaan ensin ferrokromia, joka käytetään suoraan ruostumattoman teräksen valmistukseen. Valmis teräs valsataan metallilevyiksi joko kylmä- tai kuumavalssauksessa. Prosessin eri vaiheissa kromi esiintyy sekä metallisena että kolmi- ja kuusiarvoisina yhdisteinä.

Ruostumatonta terästä käytetään laajasti kaikessa teollisuudessa. Sitä työstettäessä syntyy erilaisia metallihiukkasia ja yhdisteitä, joiden koostumukseen vaikuttaa ratkaisevasti käytettävät työstötekniikat. Kaarihitsaus on yleisimmin käytetty hitsaustyyppi. Yleisimmät kaarihitsausprosessit ovat MIG/MAG-, puikko-, täytelanka-, jauhekaari-, TIG- ja plasmahitsaus. Vähemmän käytetään kaasuhitsausta, jonka sulatusteho on pienempi. Kaarihitsauksessa valokaaren avulla tuotetaan riittävän korkea lämpötila kaikkien materiaalien sulattamiseksi ja ne voidaan jakaa kahteen ryhmään: valokaari syntyy sulamattoman elektrodin ja työkappaleen välille (TIG- ja plasmahitsaus) tai sulavan elektrodin eli lisäaineen ja työkappaleen välille. Esimerkiksi hitsauksessa käytettävällä tekniikalla on ratkaiseva merkitys huurun koostumukseen (puikko-, MIG/MAG-, jauhekaarihitsaus). Hitsausprosessissa syntyy sähkömagneettista säteilyä, jonka voimakkuus ja aallonpituudet riippuvat hitsausprosessista.

Tärkeimmät hitsauskaasut ovat typen ja hiilen oksidit sekä otsoni. Hitsaushuuru syntyy pienten hiukkasten tiivistyessä kiinteiksi hiukkasiksi valokaaren ulkopuolella. Hiukkaset ovat kooltaan 0,01–0,5  $\mu\text{m}$  eli ne ovat hengittyviä. Lisäksi syntyy sulien metallien ja kuona-aineiden hiukkasia, jotka ovat halkaisijaltaan yli 1  $\mu\text{m}$ . Suurin osa alkuaineista huurussa on peräisin lisäaineista. Ruostumattoman teräksen puikkohitsauksessa (MMA, manual metal arc welding) huurun tärkeimmät aineosat ovat kro-



mi (3,0–5,0 %), nikkeli (0,22–0,44 %) ja fluoridi (16–24 %). Lisäksi siinä on rautaa, mangaania, kaliumia, piitä, kaliumia ja titaania, jotka ovat peräisin päällysteestä, sekä hiiltä, piitä, mangaania, kromia, nikkeliä ja molybdeeniä, jotka ovat peräisin sydänlangasta. Kromista on vesiliukoisessa (kromaatti) muodossa 50–90 %. Jos nikkelin määrä teräksessä lisääntyy, myös huurun nikkelpitoisuus kasvaa. Ruostumattoman teräksen metallikaasukaarihitsauksessa (MIG/MAG) ja volframikaasukaarihitsauksessa (TIG, plasma) huurun tärkeimmät aineosat ovat kromi (10–12 %), nikkeli (4,5–4,8 %), rauta (28–31 %) ja mangaani (4,8–5,3 %). Nikkelirikkaissa teräksissä voi nikkelpitoisuus olla jopa 53–60 %.

Elektrolyytissä pintakäsittelyssä käytetään lähinnä kromaatteja. Kromaattiliuos valmistetaan liuottamalla kromitrioksidia (CrO<sub>3</sub>) veteen, jolloin muodostuu kromihappoa. Kolmiarvoista kromia käytetään koristekromauksessa. Jätteenä pintakäsittelystä syntyy puhdasta kromi(III)oksidia. Se on oliivinvihreää jauhetta, jota käytetään väriaineena erityisesti maali-, posliini-, väri- ja kumiteollisuudessa. Myös kromin kuusiarvoiset yhdisteet ovat erittäin värikkäitä ja niillä on laaja käyttö väriaineina. Nämä voivat olla myös kromin orgaanisia yhdisteitä.

Nahanparkinnassa käytetään emäksistä kromisulfaattia.

Kromitrioksidi reagoi helposti hapettuvien orgaanisten aineiden kanssa räjähdysmäisen kiivaasti. Sitä käytetäänkin räjähdysaineissa. Lisäksi se on syövyttävä aine. Myös muut kromaattit ovat voimakkaita happeittimia. Sen vuoksi niillä on laaja käyttö kemianteollisuudessa, metallurgiassa sekä esimerkiksi valokuvaus- ja laboratoriokemikaalina.

Kromaattia käytetään erikoismenteissä, mutta tiilien valmistusprosessissa syntyvä kromaatti tulee pelkistää komiarvoiseksi. Kromin määrää sementissä rajoitettiin vuonna 1987 ja edelleen vuonna 2000. Sementtituotteet eivät saa sisältää veteen sekoitettuna enemmän kuin 2 mg/kg (2 ppm) vesiliukoista kromi(VI):tta sementin kokonaiskuivapainosta (VNa 514/ 2004, 2004/21/EY).

Kupari-kromi-arseeni-kyllästysaineilla (CCA-kyllästeet, tyyppi C) käsitellyn puutavaran käyttörajoitus kyllästeen arseenipitoisuuden takia vähentää altistumista kromillekin painekyllästyksessä ja kyllästetyn puutavaran käsittelyssä (VNa 440/2003, voimassa 30.6.2004 lähtien).

Erilaisina lisäravinteina ja laihdutusvalmisteissa käytetään orgaanisia kromiyhdisteitä, kuten kromipikolinaattia.

Tuotantomäärät Suomessa näkyvät taulukosta 19. Lisäksi meille vuonna 2003 tuotiin 9 395 tonnia ferrokromia ja 962 tonnia eri kromiyhdisteitä, joista kromaatteja oli 1,3 tonnia. Ruostumatonta terästä ja siitä tehtyjä tuotteita tuotiin 424 914 tonnia (Tuontitilasto 2003).

Suomeen tuodaan vuosittain noin tuhat kromitrioksidia sisältävää tuotetta, joiden määrä on 300–7 600 tonnia (STTV 2003). Samanaikaisesti meillä tuotetaan kromitrioksidia noin 400 tonnia. Kromaatteja on 60 tuotteessa ja niiden tuontimäärä on 225 tonnia vuodessa. Suomessa tuotetaan strontiumkromaattia noin 400 tonnia vuodessa.

## Altistuminen työssä

Työterveyslaitoksen arvion mukaan kromille ja sen yhdisteille altistui noin 27 000 työntekijää (1,2 % työllisistä) vuonna 2003. Altistuneiden määrä on laskenut verrattuna 1980-lukuun, jolloin altistuneiden määräksi arvioitiin noin 49 000 vuodessa. Valtaosa altistui pitoisuuksille, jotka olivat alle puolet kromin

*Taulukko 19. Kromirikasteen, kromin ja sen yhdisteiden tuotanto Suomessa laskettuna vuotta kohden, tonnia (Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot)*

aine/yhdiste	1970-luku*	1980-luku*	1990-luku*	v. 2000	v. 2001
kromirikaste	288 281	440 618	53 120	628 400	575 126
kromi	38 784	100 069	21 913	222 354	240 566
– ferrokromi	38 784	100 069	21 912	222 354	240 566
– metallinen	0	0	1,6**		
ferrokromi (KTM) <sup>1</sup>	38 784	101 135	21 729	260 600	236 000

\*keskimäärin vuosittain

\*\*tuotettu vuosina 1992–1996

<sup>1</sup>Kauppa- ja teollisuusministeriön arvio

ja sen yhdisteiden haitalliseksi tunnetusta pitoisuudesta (HTP, 8 tunnin aikapainotettu keskiarvo on 0,5 mg/m<sup>3</sup>) ja alle puolet kromaattien haitalliseksi tunnetusta pitoisuudesta (0,05 mg/m<sup>3</sup>). Voimakkaammin altistuneiden määrä on pysynyt noin 1 000 henkilönä 1980-luvulta alkaen.

Suurimmat altistuneet ammattiryhmät olivat ohut- ja paksulevysepät, konepaja- ja rakennusmetallitöitä tekevät, koneasentajat sekä hitsaajat ja kaasuleikkaajat. Voimakkaimmin kromille ja sen epäorgaanisille yhdisteille altistuvat hitsaajat, kaasuleikkaajat ja -polttajat. Käytetty työstötekniikka on ratkaiseva arvioitaessa työntekijän altistumista esimerkiksi kuusiarvoisille kromiyhdisteille. Hitsattaessa puikkotekniikalla voi lähes kaikki hitsaushuuruksessa oleva kromi olla kuusiarvoista. Käytettäessä suojakaasua on kromi suurimmaksi osaksi niukkaliukoisena kromi(III)oksidina. Hiottaessa kromia sisältävää metallia voi se lämmön ja ilman kaasujen vaikutuksesta muuttua kolmi- tai kuusiarvoiseen muotoon.

Suomalaisessa konepajoissa on mitattu vuonna 2004 lähinnä ruostumattoman ja haponkestävän teräksen hionnassa 0,01–10,0 mg/m<sup>3</sup> kokonaiskromipitoisuuksia hengitysvyöhykkeeltä suojaimen ulkopuolelta. Suojaimen sisäpuolelta mitatut kromipitoisuudet olivat selkeästi pienemmät eli suurimmillaan 0,38 mg/m<sup>3</sup>. Yleisilman kromipitoisuudet olivat < 0,01–1,11 mg/m<sup>3</sup>. Kromista alle 0,2 % oli kuusiarvoista. Ruostumattoman teräksen täytelankahitsauksessa MAG-tekniikalla hengitysvyöhykkeeltä mitattiin kromipitoisuuksia 0,005–0,19 mg/m<sup>3</sup> ja liukoisen kromin määrä oli < 0,001–0,14 mg/m<sup>3</sup>. Nikkeli-rikasta terästä (SMO) hitsattaessa ilman kromipitoisuudet olivat alle 0,05 mg/m<sup>3</sup>. Yhdistettäessä seostamaton terästä (musta teräs) seostettuun teräkseen (ruostumaton teräs) hengitysvyöhykkeellä todetut kromipitoisuudet olivat keskimäärin suuremmat eli 0,04–0,19 mg/m<sup>3</sup>, josta liukoista kromia oli < 0,001–0,05 mg/m<sup>3</sup>. Plasmahitsauksessa kokonaiskromimäärät jäivät pieniksi eli alle 0,01 mg/m<sup>3</sup>. Virtsaasta mitattiin vastaavasti SMO-hitsaajilla 0,02–0,19 µmol/l, täytelankahitsaajilla 0,02–0,53 µmol/l, seostamattoman ja seostetun teräksen yhdistämisessä 0,04–0,46 µmol/l sekä plasmahitsauksessa 0,03–0,13 µmol/l.

Biologisten altistumismittausten rekisterin mukaan kromialtistumista seurataan noin 1 200 henkilöstä vuosittain. Kromialtistuminen on keskimäärin laskenut tulokseen 0,06 µmol Cr/l virtsaa, joka on noin 1/10 puikkohitsauksessa altistuvien toimenpiderajasta 0,6 µmol/l. Vuonna 2003 tämä arvo ylittyi viidellä henkilöllä. Suojakaasuhitsauksessa kromi esiintyy niukkaliukoisena, ja tutkimuksissa kaikista suojakaasulla hitsaajista yli 95 %:lla virtsan kromipitoisuudet jäivät alle 0,30 µmol/l. Tämän raja ylittyi 17 hitsaajalla ja levysepällä vuonna 2003. Terveysperusteisen, kromihapoille altistuvien henkilöiden viiterajan 0,10 µmol Cr/l virtsaa ylityksiä havaittiin neljällä kromaajalla kaikista pintakäsittelijöistä.

## **Terveyshaitat**

Kromin terveyshaitat riippuvat aineen fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, kuten liukoisuudesta, kromin hapetusasteesta, liuoksen happamuudesta, kompleksinmuodostumisesta ja altistumisreitistä. Kuusiarvoiset kromiyhdisteet imeytyvät elimistöön helpommin kuin kolmiarvoiset. Kromista imeytyy ruuansulatuskanavasta noin 0,5–1 %. Imeytymiseen vaikuttavat hapetusasteen lisäksi ravinnon muut tekijät.

Kromaattit aiheuttavat akuuttia ärsytysihottumaa, jonka esiintyminen toistuvissa kosketuksissa väheenee. Tämä tulee erottaa kromaattien aiheuttamasta allergisesta, tyypin IV -ihottumasta, joka kehittyy viiveellä. Allergista ihottumaa on todettu nimenomaan sementin kanssa työskennellessä. Kolmiarvoinen kromi nahkatuotteissa voi aktivoida ihoreaktioita henkilöillä, jotka ovat herkistyneet kromaateille. Tämä on tullut esille kromisulfaattilla parkitusta nahasta valmistettujen jalkineiden käytössä.

Työntekijöiden nenän limakalvoilla on todettu muutoksia jo ilman kromihappopitoisuuksilla 2 µg/m<sup>3</sup> elektrolyytissä pintakäsittelyssä. Tämä vastaa virtsan kromipitoisuutta 0,10 µmol/l. Kromin on myös todettu aiheuttavan pintakäsittelijöillä nenän septumiin reiän altistuttaessa kromihapolle. Näitä vaikeasti paranevia haavoja (kromihaavaumia) voi esiintyä myös käsissä ja jaloissa työntekijöillä, jotka ovat tekemisissä kuusiarvoisten kromiyhdisteiden kanssa. Haavauman syntyä edistää myös muiden syövyttävien aineiden, kuten happojen, ärsytysvaikutus iholla.

Orgaaniset kolmiarvoiset kromiyhdisteet läpäisevät solukalvon samoin kuin kuusiarvoiset kromiyhdisteet. Kolmiarvoisen kromin epäorgaaniset yhdisteet läpäisevät huonosti ihon ja solukalvot.

Kuusiarvoisten kromiyhdisteiden on todettu aiheuttavan viiveellä astmaattisia reaktioita ja nuhaa. Kromaattien on todettu aiheuttavan keuhkosyöpää ja nenän sivuontelon syöpää. Kromaattien on luokiteltu ihmiselle syöpää aiheuttaviksi (luokka A1, WHO/IARC 1990), mutta metallisesta kromista ja kolmiarvoisista kromiyhdisteistä ei ole riittävästi tietoa arvion tekemiseksi (luokka 3). Kromaattit ovat luokiteltu Suomessa syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviksi ja niiden käytössä tulee ottaa huomioon valtioneuvoston asetuksen (716/2000) varotoimet. Kromioksidikloridi on luokiteltu myös perimää vaurioittavaksi aineeksi (VNa 623/2004).

Ruostumattoman ja haponkestävä teräksen hitsauksessa syntyvät haurut sisältävät kromin eri yhdisteitä. Eri hitsaustekniikoilla kuusiarvoisten kromiyhdisteiden määrä voi vaihdella huomattavasti. Hitsausuurun terveydellisistä vaikutuksista yleisimpiä ovat säteilyn ja liekin aiheuttamat palovammat, ultraviolettisäteilyn aiheuttamat sarveis- ja sidekalvotulehdukset silmissä, metallikuume ja ylempien hengitysteiden krooniset tulehdukset, keuhkofunktioiden muutokset sekä lisääntynyt keuhkosyöpäriski. Kansainvälinen syöväntutkimusjärjestö IARC on arvioinut hitsausuurut mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi ihmiselle (WHO/IARC 1990).

Kromiryhmän metallit ja niiden yhdisteet aiheuttavat vuosittain 10–15 ammattitautia, jotka ovat olleet lähinnä allergisia kosketusihottumia ja astmoja. Metalleille altistuneille on korvattu ammattitautina keuhkosyöpiä. Vuosina 1996–2002 todettiin 28 ruostumattoman teräksen hitsausuurujen aiheuttamaa astmaa, joiden synnyssä sekä kromilla että nikkelillä voi olla merkittävä osuus.

## Riskien hallinta

Kromille ja sen yhdisteille altistuminen on pysynyt samalla tasolla viime vuosina. Suurimman muutoksen altistumisen tason laskuun on aiheuttanut siirtyminen puikkohitsauksesta suojakaasuhitsaukseen. Tällöin liukoisten kuusiarvoisten kromiyhdisteiden määrä hitsausuurussa on vähentynyt. Koska kromia ei voida korvata ruostumattomassa teräksessä millään muulla aineella, parhaat keinot altistumisen hallitsemiseksi ovat tekniset toimenpiteet työilman puhtauden takaamiseksi sekä henkilökohtainen suojautuminen ja hygienia. Uudet puhaltavat hengityksensuojaimet ovat käyttömukavuudeltaan sellaisia, että työntekijä voi käyttää niitä koko työpäivän. Hitsausroboteilla pystytään vähentämään altistumista, mutta ne soveltuvat vain suorien tai toistuvan muotoisten saumojen hitsaukseen.

Kromin käyttörajoitus auton osissa tuli voimaan heinäkuussa 2003 (VNa 572/2003), ja kromin käyttö auton osien pinnoitteissa on kielletty vuoden 2007 alusta alkaen. CCA-kyllästeiden käyttörajoitus vähentää kromialtistumista puunjalostusteollisuudessa ja kyllästetyn puutavaran käytössä (VNa 440/2003). Vastaavia rajoitteita on suunnitteilla myös kromin käyttöön muualla teollisuudessa. Jos nämä rajoitukset tulevat voimaan, kromin käyttö teollisuudessa vähenee. Kromipitoisuuden pienentäminen sementissä on vähentänyt sementin aiheuttamien ihottumien määrää.

Pintakäsittelyssä on koristepinnoitukseen kehitetty kromipinnan korvaavia pinnoitteita, mutta niitä käytetään vielä vähän. Lisäksi ne eivät korvaa kromia muissa kestävyyttä vaativissa pinnoitteissa, kuten kovakromauksessa. Kolmiarvoisen kromikylyn kehittäminen korvaamaan kromaattikylyä on tulevaisuuden haasteita.

Niukkaliukoisille kromiyhdisteille altistuvilla tulisi löytää turvallinen pitoisuustaso, koska pitkäaikainen kromioksidin kertyminen keuhkoihin ja sieltä poistuminen viiveellä virtsaan osoittaa myös tällaisten yhdisteiden imeytymisen elimistössä. Nykyiset HTP-tasot on asetettu kuusiarvoiselle kromialtistumiselle sekä kaksi- ja kolmiarvoisille kromiyhdisteille. Viimeksi mainitun asettamisessa ei kuitenkaan ole otettu huomioon esimerkiksi kromioksidin kertymistä keuhkoihin.

Laivanrakennusteollisuuden ja metalliteollisuuden työpaikkojen siirtyessä halvemmän työvoiman maihin vähenee kromille altistuvien määrä, mutta altistumistaso saattaa nousta, koska erikoisteollisuus pysyne Suomessa.

## Lähteitä

- Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)
- Chromium. Environmental health criteria 61. World Health Organization, Geneve 1988.
- FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)
- Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot (15.11.2004):  
<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Teollisuusmineraalientuotanto.htm>  
<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Tuotantotilasto1865-2002.htm#1970>
- Heikkilä P, Hakala E, Kiilunen M ym.: Altistuminen taso. Kirjassa: Työ ja terveys Suomessa 2003. Toim. T Kauppinen ym. Työterveyslaitos, Helsinki 2004, 69–86.
- HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.
- IARC. Chromium and chromium compounds. In: Chromium, nickel and welding. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 49. IARC, Lyon 1990, 49–256.
- IARC. Welding. In: Chromium, nickel and welding. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 49. IARC, Lyon 1990, 447–525.
- Kemikaalialtistumisen biomonitoointi – Näytteenotto-ohjeet. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/TTL+toimii/Osastot/Tyohygienian+ja+toksikologian+osasto/Palvelut/otto-ohjeet.htm>
- Kiilunen M: Occupational exposure to chromium and nickel in Finland – analysis of registries of hygienic measurements and biological monitoring. *Ann Occup Hyg* 1994;38:1–17.
- Kiilunen M: Occupational exposure to chromium and nickel in Finland and its estimation by biological monitoring. Kuopion yliopisto, Työterveyslaitos, Helsinki 1994.
- Kiilunen M, Teräsahde P, Engström B ym.: Altistuminen hitsaussavuille täytelanka- ja plasmahitsauksessa. Työsuojelurahaston loppuraportti 96229. Työterveyslaitos, Helsinki 1999.
- Lauwerys R, Hoet P: Industrial Chemical Exposure. Guidelines for Biomonitoring. Lewis Publishers, Boca Raton 2001.
- Lukkari J: Hitsaustekniikka. Perusteet ja kaarihitsaus. Opetushallitus, Helsinki 2002.
- STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)
- Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.
- Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

#### 4.5.7 Lyijy

Sinikka Valkonen

### Käyttö ja esiintyminen työssä

Lyijy (Pb) on sinertävän hopeanharmaa pehmeä metalli. Lyijyn atomimassa on 207,2 ja sen sulamispiste on 327,5 °C. Matalan höyrystymislämpötilansa vuoksi lyijyä sisältäviä metalliseoksia kuumennettaessa (esim. hitsaus ja polttoleikkaus) syntyy helposti lyijyhuuruja.

Lyijyseoksia käytetään sähkö- ja telekaapeleissa, korroosiota kestävinä seoksina ja pinnoitteina, laakerimateriaalina, juotosmetallina, ammusten luodeissa ja haulleissa, melun ja värinän vaimennukseen sekä säteily-suojana. Messingeissä ja pronsseissa lyijyä käytetään parantamaan valuominaisuuksia ja lastuttavuutta.

Lyijyä ja lyijy-yhdisteitä käytetään mm. korroosionestoaineena ja väriaineena maaleissa, lisäaineena kristallilasissa (lyijyoksididi), stabilisaattorina PVC-muoveissa (lyijystearaatti) ja lisäaineena ruodeissa (lyijy-asettaatti). Lyijyhiilen (lyijykarbonaatti) ja lyijysulfaatin käyttö maaleissa ja maaleiksi tarkoitettujen valmisteiden aineosina on kielletty lukuun ottamatta niiden käyttöä taideteosten ja rakennusten korjauksessa (89/677/ETY).

Maahan tuotiin tullin tilastojen mukaan vuonna 2003 muokkaamatonta lyijyä noin 2 470 tonnia, lyijyseoksia noin 270 tonnia ja lyijyoksidia noin 7 tonnia sekä nakutusta estäviä valmisteita bensiiniä varten noin 68 tonnia. Lyijytuotteita tuotiin yhteensä noin 780 tonnia. Eniten tuotiin lyijylevyjä, pullonkapseleita, lyijyjätettä ja -romua, lyijytankoja, lyijyprofiileja ja -lankaa, lyijyvalmisteita lyijy-pinnoituksella, putkia, liitoskappaleita, nauhoja, folioita, säiliöitä, jauhetta sekä muita lyijytavaroita (Tuontitilasto 2003).

Vuonna 2003 kemikaalirekisteriin tehtiin käyttömääräilmoitus 69 lyijytuotteen maahantuonnista (2 260 tonnia) ja valmistuksesta (77 tonnia) eli yhteensä 2 337 tonnista (STTV 2003). Määrä on noussut kolmen viime vuoden aikana: vuonna 2001 käytettiin yhteensä noin 410 tonnia ja vuonna 2002 noin 1 140 tonnia. Vastaavana aikana lyijymonoksidin, lyijykromaatin ja lyijyoksidin ilmoitettu käyttömäärä on vähentynyt: vuonna 2001 se oli yhteensä noin 168 tonnia ja vuonna 2003 noin 46 tonnia.

### Altistuminen työssä

Työterveyslaitoksen arvion mukaan lyijylle altistui noin 4 500 työntekijää vuonna 2001–2003 (FINJEM 2003). Altistuneiden määrä on vähentynyt merkittävästi verrattuna ajanjaksoon 1985–1997 (noin 50 000 altistunutta) ja edelleen ajanjaksoon 1998–2000 (noin 10 000 altistunutta).

Valtaosa altistui pitoisuustasolle, joka on alle puolet lyijyn sitovasta raja-arvosta (HTP, 8 tunnin aikapainotettu keskiarvo on 0,1 mg/m<sup>3</sup>, kuva 20).

Suurimmat altistuvat ammattiryhmät ajanjaksona 2001–2003 olivat koneen- ja moottorinkorjaajat, valimotyöntekijät, muovituotetyöntekijät, elektroniikka- ja teleasentajat sekä konepaja- ja rakennusmetallityöntekijät. Ammattiryhmät, joissa arvioidaan olevan eniten voimakkaammin altistuneita (altistuminen pitoisuustasolle, joka on yli puolet ilman lyijyn sitovasta raja-arvosta), ovat valimotyöntekijät, sulatto- ja sulatusuunitöntekijät sekä hitsaajat ja kaasuleikkaajat.

Työntekijöiden altistumista lyijylle arvioidaan ensisijaisesti veren lyijymittausten ja lisäksi työhygieenisten ilmamittausten perusteella lyijytyöstä asetetun päätöksen mukaisesti (VNp 1154/1993).

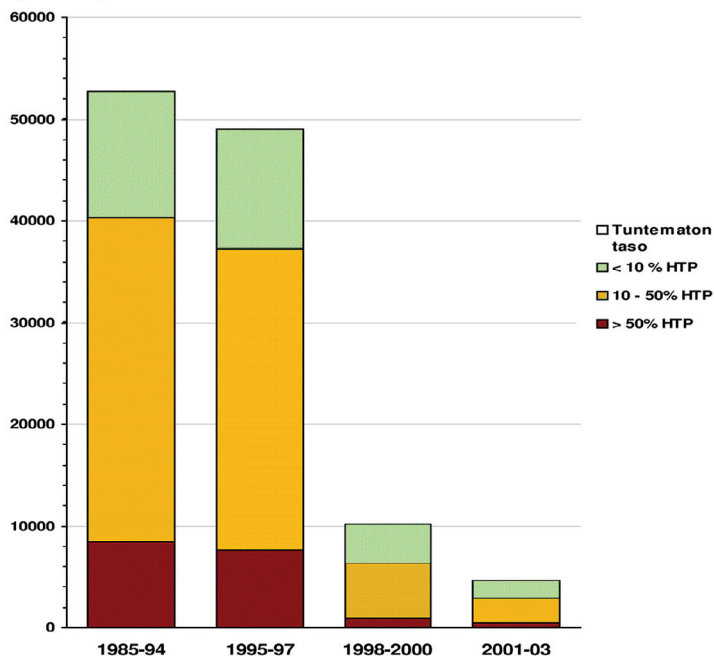
Työterveyslaitoksessa tehdään vuosittain lähes 1 000 veren lyijymittausta noin 200 ilmoitetulta työpaikalta. Veren lyijymittausten keskiarvo ja mediaani pienenevät ja kohonneiden lyijypitoisuuksien määrä vähenee ajanjaksona 1993–2003. Kaikista mitatuista näytteistä 95 % oli jakson alussa alle veren lyijypitoisuuden 2,1 µmol/l ja jakson lopussa se oli alle 1,3 µmol/l (kuva 21).

Vuosina 1994–1997 veren lyijyn sitova toimenpideraja 2,4 µmol/l (VNp 1154/1993) ylittyi 2,0 %:ssa mittauksista. Toimenpideraja ylittyi 1,2 %:ssa kaikista mittaustuloksista vuosina 1998–2000 ja 0,8 %:ssa vuosina 2001–2002. Vuonna 2003 ylitti altistumattomien viiterajan 0,3 µmol/l 33 % mittaustuloksista ja toimenpiderajan 2,4 µmol/l seitsemän henkilöä ammunnessa (metsästys) sekä lyijy- ja valimotyössä.

Vuosina 1994–2003 Työterveyslaitos teki 24 eri toimialalla yhteensä 500 lyijymittausta, joista sitovan raja-arvon ylityksiä oli 24 %. Eniten ylityksiä oli metallien jalostuksessa, metallijätteiden kierrätyksessä ja ampumaradoilla.

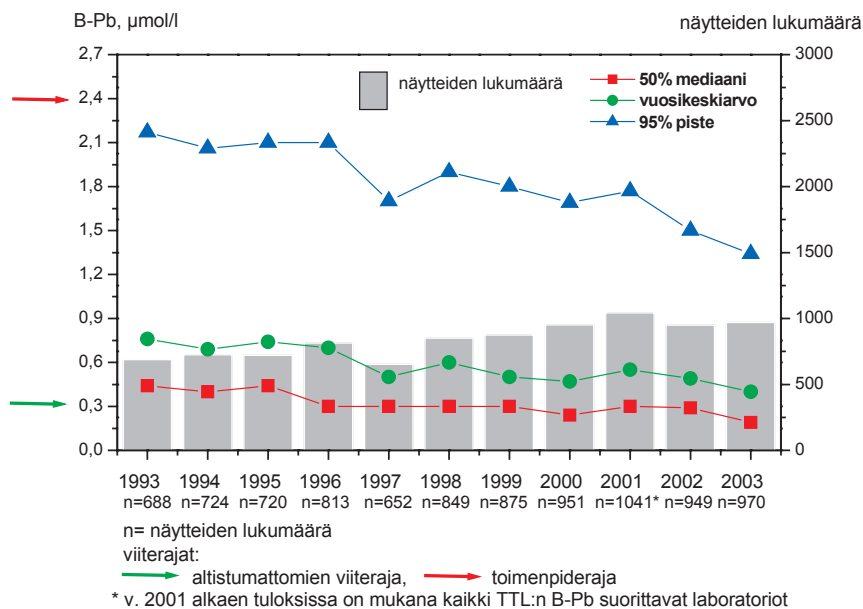
Vaikka altistuvien määrä ja mittaustulokset osoittavat pitoisuuksien pienenemistä, työpaikoilla altistutaan edelleen lyijylle mm. valimoissa, metallituotteiden ja muovien valmistuksessa sekä juotosmetalleista.

### Altistuneita työntekijöitä



Lähde: Työterveyslaitoksen FINJEM-Altistumistietojärjestelmä

Kuva 20. Altistuminen lyijylle ajanjaksoittain vuosina 1985–2003 (HTP = sitova raja-arvo 0,1 mg/m<sup>3</sup>) (kaikki ammatit)



\* v. 2001 alkaen tuloksissa on mukana kaikki TTL:n B-Pb suorittavat laboratoriot

Kuva 21. Veren lyijypitoisuudet (B-Pb) ja näytemäärät vuosina 1993–2003 (Hirvonen ja Valkonen 2004)

## Terveyshaitat

Lyijy imeytyy elimistöön pääasiassa hengitysteitse (lyijyhöyryt, -huurut ja -pöly) ja vähäisesti ruuansulatuskanavan kautta. Epäorgaaninen lyijy imeytyy ihon läpi vähän, mutta orgaaninen lyijy saattaa imeytyä ihon läpi. Lyijy kulkeutuu verenkierrassa 99 %:a punasoluihin sitoutuneena, josta se kerääntyy luustoon. Lyijyn poistuminen elimistöstä on hidasta ja monivaiheista. Verestä lyijyn puoliintumisaika on 30–40 vuorokautta ja luustosta se on yli 10 vuotta.

Epäorgaanisten lyijy-yhdisteiden varhaisimpia vaikutuksia ovat hemisynteetin häiriöt, jotka todetaan laboratorionkokeissa. Veren lyijypitoisuus 1,4 µmol/l on nykyisen tietämyksen mukaan raja terveydellisille haitoille, joita ovat mm. lievät hermostolliset vaikutukset, lisääntymisterveyden haitat ja mahdollinen syöpävaara.

Äkilliseen lyijymyrkytykseen liittyy vatsakipuja, oksentelua sekä munuais- ja maksavaurioita. Pitkäaikaisessa lyijymyrkytyksessä esiintyy ääreis- ja keskushermoston toimintahäiriöitä, anemiamia, verenpaineen kohoamista sekä vakavissa tapauksissa aivo- ja munuaisvaurioita. Oireellisia lyijymyrkytyksiä ei työpaikalla altistumisen seurauksena nykyään todeta.

Lyijy ja sen epäorgaaniset yhdisteet on luokiteltu lisääntymiselle, raskaudelle tai sikiölle vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon (TMp 1044/1991). Työterveyslaitoksen epidemiologisissa tutkimuksissa on viime vuosina saatu viitteitä lyijyn vaikutuksista miesten lisääntymisterveyteen jo verrattain matalilla altistumistasoilla.

Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC on luokitellut metallisen lyijyn, sen epäorgaaniset (luokka 2B, WHO/IARC 2004) ja organolyijy-yhdisteet (luokka 3, WHO/IARC 2004) mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi. Suomessa luokitus perustuu toisaalta EU-luokitukseen ja toisaalta erillissäädökseen syöpävaarallisten aineiden luettelosta, johon kuuluvat eräät lyijy-yhdisteet, kuten lyijyasetaatti, -subasetaatti, -fosfaatti ja -ortofosfaatti sekä lyijykromaatti (TMp 838/1993). ASA-rekisteriin on ilmoitettu 214 lyijyasetaatille ja seitsemän lyijyfosfaatille altistunutta henkilöä (Saalo ym. 2004).

Työperäisten sairauksien rekisterissä on 28 ilmoitusta vuosilta 1996–2002 koskien lyijyä ja sen yhdisteitä tautiryhmässä ”muut sairaudet” (lähempi laatu tuntematon).

## Riskien hallinta

Työntekijän lyijyaltistumista tulisi estää eri torjuntakeinoin mm. hengityksensuojainten, ilmanvaihdon ja hygienian avulla. Altistumisen tasoa tulee seurata määräjain määrittämällä lyijy työntekijän verestä ja työilmasta lyijytyölle asetettujen määräysten mukaisesti (VNp 1154/1993). Raskauden aikana ei tule altistua lyijylle eikä ylittää veren lyijyn altistumattomille asetettua viiterajaa 0,3 µmol/l.

Lainsäädäntö ja työsuojelu ovat vaikuttaneet työntekijöiden altistumiseen ja veren lyijypitoisuuksien pienenemiseen. Nykyinen altistumistaso työpaikoilla voi kuitenkin aiheuttaa terveydellisiä haittoja, ja niitä voi esiintyä jo nykyisin voimassa olevan veren lyijyn toimenpiderajan (2,4 µmol/l) alapuolella. Toimenpiderajaa tulisi alentaa mahdolliset terveydelliset haitat huomioonottaen. Euroopassa on meneillään ehdotus veren lyijyn terveysperusteiseksi suositukseksi, joka on 1,4 µmol/l (EU/SCOEL).

Useiden lyijylle altistavien tuotantoalojen toiminta on lopetettu. Mm. akkujen valmistus loppui 1990-luvun puolivälissä, lyijymalmin louhinta ja rikastus päättyivät vuonna 2000 ja lyijyn käyttö kirjapainoissa on loppunut ladontatekniikan muuttuessa.

Lyijyn käyttö teollisuudessa on vähentynyt: esimerkiksi lyijypitoisten juotosaineiden käyttö elektronikkateollisuudessa, orgaanisten alkyylilyijy-yhdisteiden käyttö bensiinin nakutuksenestoaineena ja lyijy-yhdisteiden käyttö öljy- ja alkyylimaaaleissa kuivikkeena on vähentynyt ja niitä on korvattu muilla aineilla.

## Lähteitä

Aitio A, Luotamo M, Kiilunen M (toim.): Kemikaalialtistumisen biomonitorointi. Työterveyslaitos, Helsinki 1995.

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

- Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.
- Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 11. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
- HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.
- Inorganic lead. Environmental health criteria 165. World Health Organisation, Geneva 1995.
- Jaakkola, J Anttila, A: Lyijy. Altisteet työssä 26. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1992.
- Kauppinen T ym. (toim.): Työ ja Terveys Suomessa 2003. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
- Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002, Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
- Sallmén M: Fertility among workers exposed to solvents or lead. People and Work, Research Reports 37. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki 2000.
- SCOEL: Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for lead and its organic compounds. SCOEL, sum83 final January 2002, 1–24, European Commission, Luxembourg.
- STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)
- Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.
- Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.
- Valtioneuvoston päätös lyijytyöstä (1154/1993).

#### 4.5.8 Mangaani

*Mirja Kiilunen*

##### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Mangaania (Mn) käytetään pääasiallisesti ferromangaanina lejeerausmetallina terästeollisuudessa poistamaan happea teräksestä. Mangaani muodostaa myös erittäin sitkeitä, iskun ja kulutuksen kestäviä seoksia. Vahvasti ferromagneettinen lejeerinki saadaan aikaan saostamalla mangaania alumiinilla, antimonilla ja vähäisessä määrin kuparilla. Metallisella mangaanilla ei ole käytännöllistä merkitystä. Kaikissa teräksissä on jonkin verran mangaania (vähintään 0,3 %), koska mangaani poistaa teräksestä ylimääräisen hapen ja sitoo rikin vähemmän haitalliseen sulkeumamuotoon. Mangaanin atomit liittyvät hiiliatomiin ja pyrkivät sementtiittikiteisiin.

Mangaaniteräksessä on 10–15 % mangaania, 1–1,5 % hiiltä ja loput rautaa. Mangaaniteräksestä valmistetaan kovaa, iskunkestävää terästä murskaus- ja jauhatuslaitteisiin, puskutraktorien telaketjuihin sekä iskutyökaluihin. Mangaanioksidea ( $MnO$ ,  $Mn_2O_3$ ) käytetään lasin kirkastamisessa. Lisäksi sitä käytetään katalysaattorina kemiallisessa teollisuudessa, kuivaelementtien valmistuksessa sekä väri-, lasi- ja keraamisessa teollisuudessa ja tekstiiliteollisuudessa. Mangaanioksidia käytetään katodimateriaalina litiumparistoissa. Mangaanikloridi on lääkkeiden raaka-aine mm. monivitamiinitableteissa. Mangaanisulfaatista valmistetaan lannoitteita ja sitä käytetään myös väriaineena.



Kaliumpermanganaattia käytetään laajalti voimakkaana hapettimena piirilevyjen valmistuksessa, metallien pintakäsittelyssä sekä lääke- ja kemianteollisuudessa. Lisäksi se on valkaisuaine, valokuvauskemikaali, desinfiointiaine, hajunpoistaja, leväestoaine vedenkäsittelyssä, värjäysaineiden valmistuksen raaka-aine, parkituksen apuaine ja sen avulla pystytään poistamaan rautaa ja mangaania liuoksista.

Työstettäessä seostettuja teräksiä työilmaan joutuu teräksestä ja hitsauslisäaineesta peräisin olevaa mangaania. Puikkohitsauksessa (MMA = manual metal arc) käytettävissä lisäaineissa on mangaania vähemmän (0,6–1,1 %) kuin suojakaasuhitsauksessa (MIG = metal inert gas, MAG = metal active gas, TIG = tungsten inert gas) käytettävissä langoissa (0,9–1,8 %).

Suomessa tuotettiin vuonna 2003 mangaanisulfaattia 13 835 tonnia ja mangaania 17 tonnia sekä mangaania ja mangaaniyhdisteitä 3 138 tonnia (STTV 2003). Suomeen tuotiin vuonna 2003 ferromangaania 16 237 tonnia, muokkaamatonta mangaanijauhoa 86 tonnia ja mangaanipitoista romua 631 tonnia (Tuontitilasto 2003). Nämä käytetään lähes kokonaisuudessa teräksen valmistukseen. Mangaaniyhdisteitä (oksidit, mangaaniitit ja manganaatit) tuotiin 159 tonnia, josta permanganaatin osuus oli 41 tonnia. Suuria muutoksia käyttölukuihin ei ole odotettavissa lähivuosina.

## Altistuminen työssä

Työterveyslaitoksen vuoden 2003 arvion mukaan mangaanille ja sen yhdisteille altistuu vuosittain noin 10 000 työntekijää (0,4 % työllisistä). Altistuneiden määrä on laskettavista seostetuille teräksille altistuneista henkilöistä. Suomessa mitattiin 1980-luvulla puikkohitsaajien mangaanipitoisuuksia seostamattoman teräksen hitsauksessa. Hengitysvyöhykkeeltä mitattujen pitoisuuksien keskiarvo oli 0,36 mg/m<sup>3</sup>, joka on alle mangaanin ja sen epäorgaanisten yhdisteiden haitalliseksi tunnetun pitoisuuden (HTP, 8 tunnin aikapainotettu keskiarvo on 0,5 mg/m<sup>3</sup>). Kuitenkin noin 5 % mitatuista pitoisuuksista oli selkeästi sen yli (0,05–1,14 mg/m<sup>3</sup>). Virtsaasta mitattiin tällöin pitoisuuksia 0,11–0,26 µmol/l. Viimeisimpien Työterveyslaitoksen tutkimusten perusteella valtaosa ruostumattoman ja haponkestävän teräksen MAG-hitsaajista ja hiojista altistui ilman mangaanipitoisuuksille alle 0,03 mg/m<sup>3</sup> (hengityksensuojaimen sisäpuoliset arvot), jotka olivat noin kymmenesosa HTP-arvosta. Hallin ilmasta mitatut mangaanipitoisuudet ovat olleet selkeästi pienempiä (< 0,01–0,15 µg/m<sup>3</sup>) kuin hengitysvyöhykkeeltä suojaimen ulkopuolelta mitatut (< 0,01–0,78 mg/m<sup>3</sup>). Näistä suurimmat mitattiin haponkestävän teräksen hiojilta.

Suurimmat altistuneet ammattiryhmät olivat ruostumattoman teräksen valmistajat sekä ruostumattoman teräksen ja mangaaniteräksen hitsaajat ja hiojat. Myös voimakkaimmin altistuneet löytyvät näistä ryhmistä. Käytetty työstötekniikka ja materiaali ovat ratkaisevia arvioitaessa työntekijän altistumista. Hiottaessa terästä voi mangaani lämmön ja ilman kaasujen vaikutuksesta muuttua oksidimuotoon.

Biologisten altistumismittausten rekisterin mukaan mangaanialtistumista seurataan vain joiltain työntekijöiltä vuosittain. Yksittäisen henkilön virtsan mangaanipitoisuuteen vaikuttaa suuresti hänen nauttimansa ruoka sekä aterioinnin ja näytteenoton välinen aika. Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen MAG-hitsauksessa ja hionnassa virtsan mangaanipitoisuudet olivat keskimäärin 6 nmol/l.

Mangaanille ja sen epäorgaanisille yhdisteille altistuminen on pysynyt samalla tasolla viime vuosina. Altistuminen mangaanille pysynee jatkossakin samanlaisena, koska se seuraa melko tarkasti ruostumattoman teräksen työstöä ja käyttöä eikä suuria muutoksia ei ole näkynyt viime vuosikymmenten aikana.

## Terveyshaitat

Mangaani on ihmiselle välttämätön hivenaine, jota tarvitaan mm. luiden, rustojen ja kudosten muodostuksessa. Se toimii antioksidanttina elimistössä. Mangaanin puutos näkyy mm. iho-ongelmina. Kaliumpermanganaatti on voimakas hapetin. Kiinteä kaliumpermanganaatti ja sen väkevät liuokset ovat erittäin syövyttäviä ylemmille hengitysteille, iholle, silmille ja limakalvoille. Altistuminen voi johtaa silmän sarveiskalvon samentumaan. Altistuminen erittäin suurille pitoisuuksille voi aiheuttaa nesteen kertymistä keuhkoihin (keuhkopöhö). Altistumisen oireet ilmenevät vasta useiden tuntien päästä altistumisesta ja pahimmillaan altistuminen voi johtaa kuolemaan. Liuokset, joiden permanganaattipitoisuus on yli 0,02 %, ovat kudoksia ärsyttäviä. Kaliumpermanganaatti värjää kudoksia. Aineen joutumista ruuansulatuskanavaan tulee välttää sen suuren syövyttävyyden vuoksi. Pitkäaikainen suun kautta altistuminen voi

aiheuttaa samanlaisia neurologisia vaikutuksia (parkinsonismiin kuuluvaa vapinaa ja jäykkyyttä) kuin pitkäaikainen mangaanille altistuminen.

Mangaanin aiheuttamia ammattitauteja ei ole raportoitu viime vuosina. Vuonna 1996 yksi ärsytysihottuma on todettu mangaanille, raudalle ja niiden yhdisteille altistuneilla. Hitsausuurut, jotka sisältävät mm. mangaanioksidia, aiheuttivat 81 ja hiontapöly 31 ammattitautia vuosina 1996–2002. Näistä yli 50 oli ammattiastmoja. Ruostumattoman teräksen hionnassa ja hitsauksessa näitä oli 44. Mangaanin ei kuitenkaan ole todettu aiheuttavan ammattiastmoja.

## Riskien hallinta

Mangaanialtistumisen tasosta ja seurannasta on olemassa vähän tietoa. Tulevaisuudessa olisikin tarpeellista selvittää suuremmasta työntekijöiden joukosta sekä ravinnon että työperäisen altistumisen kautta saatava mangaanin osuus.

Jos teknisillä toimenpiteillä työilmaa ei saada riittävän puhtaaksi, ovat henkilökohtainen suojautuminen ja hygienia parhaat keinot altistumisen hallitsemiseksi. Uudet puhaltavat hengityksensuojaimet ovat käyttömukavuudeltaan sellaisia, että työntekijä voi käyttää niitä koko työpäivän. Hitsausroboteilla pystytään vähentämään altistumista, mutta ne soveltuvat vain suorien tai toistettavien saumojen hitsaukseen.

## Lähteitä

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot (15.11.2004):

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Teollisuusmineraalientuotanto.htm>

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Tuotantotilasto1865-2002.htm#1970>

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Welding. In: Chromium, nickel and welding. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 49. IARC, Lyon 1990, 447–525.

Järvisalo J, Olkinuora M, Kiilunen M ym.: Urinary and blood manganese in occupationally nonexposed populations and in manual metal arc welders of mild steel. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;63:495–501.

Kemikaalialtistumisen biomonitorointi – Näytteenotto-ohjeet. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/TTL+toimii/Osastot/Tyohygienian+ja+toksikologian+osasto/Palvelut/ottoohjeet.htm>

Lauwerys R, Hoet P: *Industrial Chemical Exposure. Guidelines for Biomonitoring*. Lewis Publishers, Boca Raton 2001.

Saric M: Manganese. In: *Handbook on the toxicology of metals. II. Specific Metals*. Ed. by L Friberg et al. Elsevier Science Publishers, Amsterdam 1986, 354–386.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

#### 4.5.9. Nikkeli

Mirja Kiilunen

##### Käyttö ja esiintyminen työssä

Nikkeli (Ni) on ruostumattoman teräksen pääasiallisia aineosia (noin 8 %). Erikoisteräksissä nikkelin määrä voi olla jopa 60 %. Samoin nikkeliä on useissa metalliseoksissa, uushopeassa ja koruissa. Nikkeli on sitkeää, taottavaa ja helposti muokattavaa metallia. Metallin pinnalle syntyy suojaava kerros, kun sitä kuumennetaan yli 750 °C:een. Tällöin se kestää hyvin lämpöä sekä suola- ja rikkihappoa. Nikkelin pääasiallinen lähde on sulfidimalmit, joista tärkein on pentlandiitti [(Fe,Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>]. Suomessa tuotetaan nikkeliä 60 000 tonnia vuosittain (taulukko 20). Prosessin alkupäässä nikkeli esiintyy niukkaliukoisena sulfidina, ja nikkeli puhdistetaan elektrolyytisesti nikkelikloridin ja -sulfaatin liuoksesta katodille.

Ruostumatonta terästä käytetään laajasti kaikessa teollisuudessa. Ruostumatonta terästä työstettäessä syntyy erilaisia metallihiukkasia ja yhdisteitä, joiden koostumukseen vaikuttaa ratkaisevasti käytettävät työstötekniikat. Esimerkiksi hitsauksessa käytettävällä tekniikalla on ratkaiseva merkitys huurun koostumukseen (ks. kappale 4.5.6 Kromi).

Elektrolyytisessä pintakäsittelyssä käytetään liukoista nikkelikloridia ja -sulfaattia. Nikkelipinnoite on tärkeä tekijä mm. matkapuhelimien häiriösuojauksessa. Nikkelipinnoitetta käytetään usein alipinnoitteena ennen kromipinnoitusta.

Nikkelin suolat ovat kirkkaan värisiä ja niitä käytetään väriaineena keraamisissa, lasi- ja emaliteollisuudessa sekä vaateteollisuudessa. Riippuen nikkeliyhdisteestä ja sen sisältämästä vedestä nikkeli on vihreää, ruskeaa ja mustaa väriainetta. Nikkelin hyvän johtokyvyn ansiosta sitä käytetään nikkeli-kadmiumparistoissa.

Puhdasta nikkeliä käytetään erikoiskojeissa, laboratoriovälineissä, hienojakoisena jauheena katalyysaattorina esimerkiksi petrokemian ja elintarvikekemian sovelluksissa mm. rasvan kovetuksessa. Kemianteollisuus käyttää nikkeliä pelkistimenä, jolloin se pystyy sitomaan suuren määrän vetyä. Nikkelilejeeringit ovat useiden kolikoiden raaka-ainetta (ks. kappale 5.6 Kolikot, työkalut ja muut esineet).

Suomeen tuotiin vuonna 2003 nikkelikiveä 22 134 tonnia, nikkelijauhetta 660 tonnia, muita nikkelin valmistuksen välituotteita 29 091 tonnia ja nikkeli-suoloja (kloridi, oksidit, sulfaatit) 4 379 tonnia (Tuontitilasto 2003). STTV:n (2003) mukaan Suomeen tuodaan vuosittain noin 160 nikkeliä tai sen yhdistettä (kloridi, oksidit, sulfaatit) sisältävää tuotetta, joiden yhteenlaskettu määrä on noin 200 tonnia (taulukko 21). Harjavallan nikkelitehtaalla tuotettiin vuonna 2003 nikkeliä noin 51 000 tonnia, josta 90 % meni vientiin (OMG Harjavalta 2004).

Taulukko 20. Nikkelirikasteen, nikkelin ja sen yhdisteiden tuotanto Suomessa laskettuna vuotta kohden, tonnia (Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot)

aine/yhdiste	1970-luku*	1980-luku*	1990-luku*	v. 2000	v. 2001
nikkelirikaste	99 846	99 225	85 930	11 401	27 610
metallinen nikkeli	7 366	17 088	33 353	63 004	66 711
- oksidit	0	354 <sup>1</sup>	789	1 689	1 615
- kloridit	0	13 <sup>1</sup>	600 <sup>2</sup>		
-sulfaatit	475	13 786	7 189	11 228	13 597

\*keskimäärin vuosittain

<sup>1</sup>tuotettu vain kahtena vuotena

<sup>2</sup>tuotettu vain viitenä vuotena

Taulukko 21. Nikkelimetallia sisältävien aineiden maahantuontimääriä ja kappalemääriä, monessako valmisteessa on kyseistä ainetta (STTV 2003)

vuosi	maahantuonti, tonnia	kappalemäärä
2001	99	67
2002	46	70
2003	80	58

## Altistuminen työssä

Työterveyslaitoksen arvion mukaan nikkelille ja sen yhdisteille altistui vuonna 2003 noin 29 000 työntekijää (1,3 % työllisistä). Altistuneiden määrä on pienentynyt verrattuna 1980-lukuun, jolloin sen arvioitiin olevan noin 44 000 vuodessa. Työhygieenisten altistumismittausten rekisterin mukaan keskiarvoisesti työntekijät altistuivat pitoisuuksille, jotka olivat alle nikkeliyhdisteiden haitalliseksi tunnetusta pitoisuudesta (HTP, 8 tunnin aikapainotettu keskiarvo on 0,1 mg/m<sup>3</sup>). Näissä arvoissa ei ole kuitenkaan mukana nikkelipuhdistusprosessin tulokset, koska kyseinen tuotantolaitos tekee itse tarvittavat mittaukset. Julkaistujen tulosten perusteella hengitysvyöhykepitoisuudet olivat alle 0,04 mg/m<sup>3</sup> elektrolyytisessä puhdistuksessa ja haitalliseksi tunnettu pitoisuus nikkeliyhdisteille ylittyi hitsauksessa (0,14 mg/m<sup>3</sup>). Yleisilman keskimääräinen nikkelipitoisuus oli koko tehtaalla yli HTP-arvon, mutta työtiloissa oli määrätty käytettäväksi hengityksensuojainta. Voimakkaimmin altistuneiden määrä on pysynyt samalla tasolla 1990-luvulta alkaen.

Suurimmat altistuneet ammattiryhmät ilman nikkelipitoisuuksien perusteella olivat nikkelin elektrolyytisessä puhdistuksessa työskentelevät, koneasentajat sekä ruostumattoman, haponkestävän tai erikois-teräksen työstössä hitsausta ja levysepäntöitä tekevät. He altistuivat myös voimakkaimmin nikkeliyhdisteille.

Suomalaisissa konepajoissa on mitattu vuonna 2004 ruostumattoman ja haponkestävän teräksen hionnassa nikkelipitoisuuksia 0,01–4,65 mg/m<sup>3</sup> hengitysvyöhykkeeltä suojaimen ulkopuolelta. Suojaimen sisäpuolelta mitatut kromipitoisuudet olivat selkeästi pienemmät ja suurimmillaan 0,23 mg/m<sup>3</sup>. Yleisilman nikkelipitoisuudet olivat 0,003–0,76 mg/m<sup>3</sup>. Nikkelistä alle 0,3 % oli vesiliukoista. Ruostumattoman teräksen täytelankahitsauksessa MAG-tekniikalla hengitysvyöhykkeeltä mitattiin nikkelipitoisuuksia 0,004–0,063 mg/m<sup>3</sup> ja liukoisen nikkelin määrä oli < 0,001–0,031 mg/m<sup>3</sup>. Nikkelirikasta terästä (SMO) hitsattaessa ilman nikkelipitoisuudet olivat alle 0,04 mg/m<sup>3</sup>. Yhdistettäessä seostamatonta terästä (musta teräs) seostettuun teräkseen (ruostumaton teräs) hengitysvyöhykkeellä todetut kromipitoisuudet olivat keskimäärin suuremmat 0,02–0,11 mg/m<sup>3</sup>, jossa liukoista nikkeliä oli enimmillään 10 %. Plasma-hitsauksessa kokonaisnikkelimäärät jäivät pieniksi eli alle 0,01 mg/m<sup>3</sup>. Virtsasta mitattiin vastaavasti SMO-hitsaajilla 0,02–0,25 µmol/l, täytelankahitsaajilla < 0,01–0,23 µmol/l, seostamattoman ja seostetun yhdistämisessä 0,04–0,27 µmol/l ja plasmahitsauksessa 0,02–0,10 µmol/l.

Biologisten altistumismittausten rekisterin mukaan altistumismittauksia nikkelialtistumisen selvittämiseksi tehtiin 2000-luvulla noin 600 henkilölle vuosittain. Virtsan nikkelipitoisuus on samana aikana ollut tasolla 0,20 µmol/l. Virtsan nikkelipitoisuus altistumattomassa väestössä on alle 0,06 µmol/l. Liukoisille nikkeliyhdisteille altistuneiden toimenpiderajan (1,30 µmol Ni/l virtsaa) ylittäneiden mittausten määrä on vähentynyt 1990-luvulta. Pääasialliset ylitykset löytyivät nikkelin puhdistuksesta, mutta myös pinnoitustöissä todettiin ylityksiä.

## Terveyshaitat

Nikkelin terveyshaitat riippuvat aineen fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista: liukoisuus, hiukkaskoko, kompleksinmuodostuminen ja altistumisreitti. Liukoiset nikkeliyhdisteet imeytyvät elimistöön helpommin kuin niukkaliukoiset. Hengitetystä nikkelistä noin 30 % jää keuhkoihin ja 20 % imeytyy hengitysteistä elimistöön. Ruuansulatuskanavan kautta imeytymiseen vaikuttaa huomattavasti se, missä muodossa yhdiste saadaan elimistöön. Nikkeliä on nikkeloplasmiinissa, joka on seerumin makroglobuliini.

Nikkeli ja sen yhdisteet aiheuttavat ärsytysihottumaa sekä tyyppin IV -allergista kosketusihottumaa, joka kehittyy 48–72 tunnin viiveellä. Myös rakkulaista käsi-ihottumaa esiintyy. Allergista ihottumaa on todettu kolikoiden kanssa tekemisissä olevilla ja nikkelipintakäsittelyssä työskentelevillä. Normaaliiväestössä nikkelin aiheuttama ihottuma on yleistä ja sen esiintymistä on lisännyt mm. rihkamakorujen käyttö. Nikkeli ja sen yhdisteet on todettu aiheuttavan astmaa ja keuhkokuumetta.

Työperäisessä altistumisessa on raportoitu keuhkosyöpiä ja nenäsyöpiä. Nikkeli ja sen yhdisteet on luokiteltu ihmiselle syöpää aiheuttaviksi (luokka A1, WHO/IARC 1990). Nikkeli ja sen epäorgaaniset yhdisteet on Suomessa luokiteltu syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviksi ja niiden käytössä tulee ottaa huo-

mioon valtioneuvoston asetuksen (716/2000) varotoimet. Nikkeliyhdisteitä on luokiteltu myös syöpää aiheuttavia, perimää vaurioittavia ja lisääntymiselle vaarallisia aineita koskevassa asetuksessa (623/2004), joka astui voimaan tammikuussa 2005. Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen hitsauksessa syntyvät huuрут sisältävät nikkelin eri yhdisteitä. Hitsaustekniikan ja työstettävän metallin mukaan nikkelin määrä voi vaihdella huomattavasti.

Akuutti toksisuus on todettu nikkelikarboonylialtistumisessa (kp. 43,2 °C), mutta Suomessa ei käytetä nikkelinpuhdistuksessa prosessia, jossa sitä syntyy nikkelin reagoiessa hiilimonoksidin kanssa.

Nikkeli ja sen yhdisteet aiheuttavat vuosittain 20–40 ammattitautia, jotka ovat olleet enimmäkseen allergisia kosketusihottumia. Suomessa on korvattu ammattitautina myös nenäsyöpä ja ruokatorven-syöpä. Vuosina 1996–2002 todettiin 200 nikkelin aiheuttamaa ammattitautia. Vuosina 1996–2002 todettiin ruostumattoman teräksen hitsaushuuruksen aiheuttamana 28 astmaa, joiden synnyssä sekä kromilla ja nikkelillä voi olla merkittävä osuus.

## Riskien hallinta

Nikkelille ja sen yhdisteille altistuminen on pysynyt samalla tasolla viimevuosina. Suurimman muutoksen altistumistasossa on aiheuttanut lisääntynyt suojainten käyttö nikkelin valmistuksessa. Parhaat keinot altistumisen vähentämiseksi ovat tekniset toimenpiteet työilman puhtauden takaamiseksi sekä työntekijöiden henkilökohtainen suojautuminen ja hygienia. Uudet puhaltavat hengityksensuojaimet ovat käyttömukavuudeltaan sellaisia, että työntekijä voi käyttää niitä koko työpäivän. Hitsausroboteilla pystytään vähentämään altistumista, mutta ne soveltuvat vain suorien ja toistuvien saumojen hitsaukseen. Teollisuuden vaatimat yhä kestävämmät metalliseokset sisältävät nikkeliä yhä enemmän, jolloin teräksen työstössä nikkeli-altistumisen taso saattaa nousta.

Niukkaliukoisille nikkeliyhdisteille tulisi asettaa turvallinen pitoisuustaso, koska pitkäaikainen nikkelioksidin kertyminen keuhkoihin ja sieltä poistuminen viiveellä virtsaan osoittaa myös tällaisten yhdisteiden imeytymisen elimistössä.

Altistuminen nikkelille pysynee jatkossakin samanlaisena, jos nikkelintuotanto säilyy edelleen Suomessa. Laivanrakennusteollisuuden ja metalliteollisuuden työpaikkojen siirtyessä halvemman työvoiman maihin nikkelille altistuvien määrä vähenee, mutta altistumistaso saattaa nousta, koska erikoisteollisuus pysynee Suomessa.

## Lähteitä

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Geologisen tutkimuslaitoksen internet-sivustot (15.11.2004):

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Teollisuusmineraalientuotanto.htm>

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Tuotantotilasto1865-2002.htm#1970>

Heikkilä P, Hakala E, Kiilunen M ym.: Altistuminen taso. Kirjassa: Työ ja terveys Suomessa 2003. Toim. T Kauppinen ym. Työterveyslaitos, Helsinki 2004, 69–86.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Nickel and nickel compounds. In: Chromium, nickel and welding. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 49. IARC, Lyon 1990, 257–445.

IARC. Welding. In: Chromium, nickel and welding. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 49. IARC, Lyon 1990, 447–525.

Kemikaali-altistumisen biomonitorointi – Näytteenotto-ohjeet. Työterveyslaitos, 2004.

[http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/TTL+toimii/Osastot/Tyohygienian+ja+toksikologian+osasto/ Palvelut/otto-ohjeet.html](http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/TTL+toimii/Osastot/Tyohygienian+ja+toksikologian+osasto/Palvelut/otto-ohjeet.html)

- Kiilunen M: Occupational exposure to chromium and nickel in Finland and its estimation by biological monitoring. Kuopion yliopisto, Työterveyslaitos, Helsinki 1994.
- Kiilunen M, Aitio A, Tossavainen A: Occupational exposure to nickel salts in electrolytic plating. *Ann Occup Hyg* 1997;41(2):189–200.
- Kiilunen M, Urela J, Rantanen T et al.: Exposure to soluble nickel in electrolytic nickel refining. *Ann Occup Hyg* 1997;41(2):167–188.
- Kiilunen M, Teräsahde P, Engström B ym.: Altistuminen hitsaussavuille täytelanka- ja plasmahitsauksessa. Työsuojelurahaston loppuraportti 96229. Työterveyslaitos, Helsinki 1999.
- Lauwerys R, Hoet P: Industrial Chemical Exposure. Guidelines for Biomonitoring. Lewis Publishers, Boca Raton 2001.
- Lukkari J: Hitsaustekniikka. Perusteet ja kaarihitsaus. Opetushallitus, Helsinki 2002.
- Nickel. Environmental health criteria 108. World Health Organization, Geneva 1991.
- STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)
- Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.
- Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

#### 4.5.10 Sinkki

*Sinikka Valkonen*

##### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Sinkki (Zn) on hopeanharmaa metalli, jonka sulamispiste on 419,6 °C. Sinkkiä käytetään teollisuudessa mm. terästen korroosiosuojaukseen, painevalutuotteisiin, seosmetallina, maalien pigmenttinä sekä lääke- ja kumiteollisuudessa.

Sinkkiä käytetään seosmetallina kuparin, nikkelin, alumiinin ja magnesiumin kanssa, sinkkijauheena sekä yhdisteinä, yleisimmin sinkkisulfaattina, sinkkioksidina, sinkkikloridina ja sinkkifosfaattina.

Sinkkioksidia, sinkkipulveria ja sinkkifosfaattia käytetään maaliteollisuudessa. Sinkkioksidia käytetään myös kumiteollisuudessa. Sinkkisulfaattia käytetään mm. tekokuitu-, kaivos-, lannoite-, maali-, lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa. Sinkin käytön oletetaan lisääntyvän vuosittain 2–3 %. Sitä käytetään jatkossa yhä enemmän mm. rakennusteollisuudessa ja ajoneuvoteollisuudessa korvaamaan muita aineita.

Sinkkiä kierrätetään muuttamalla sitä sinkkioksidiksi maali-, kumi- ja autonrengasteollisuuden käyttöön. Sinkkiä käytetään vuosittain noin 2,9 miljoonaa tonnia raaka-aineena ja 30 % siitä on kierrätystuotetta. Kierrätysinkin osuuden oletetaan kasvavan seuraavina vuosina mm. galvanoidussa romuteräksessä. Suomessa on useita yrityksiä, joissa tehdään kuumasinkkityspinnoitetyötä metallien korroosionestoon. Työssä upotetaan pinnoitettavat teräkset 450 °C:iseen sinkkiin.

Tullin tilastojen mukaan vuonna 2003 sinkkiä sisältäviä tuontitavaroita olivat mm. levyvalmisteet, tangot, profiilit, langat ja sinkkijauhe, nauhat, putket, sinkkijäte ja -romu sekä sinkkipöly. Puhdasta, seosmateriaalia sinkkiä tuotiin maahan 103 tonnia ja sinkkiseosta ”messinkii” (kupari, sinkki) 3 543 tonnia. Sinkkikloridia, -sulfidia ja -sulfaattia tuotiin maahan yhteensä noin 850 tonnia. (Tuontitilasto 2003). Kemikaalirekisteriin tehtiin sinkkipitoisista kemikaaleista käyttömääräilmoitukset vuonna 2003 maahan tuonnista ja valmistuksesta seuraavasti: sinkkisulfaatti 529 715 tonnia, sinkkikloridi 825 tonnia, sinkkioksidi 58 tonnia ja sinkkijauhe (stabiloimaton) 5 561 tonnia (STTV 2003).

## Altistuminen työssä

Työssä altistutaan tavallisimmin sinkkioksidihuuruille, joita muodostuu kuumennettaessa, sulatettaessa, hitsattaessa tai juotettaessa sinkkiä ja sinkkipitoisia metalleja. Sinkkihuuruille altistutaan lisäksi metalliseosten valmistuksessa, sinkkipitoisten aineiden valussa, polttoleikkauksessa, hionnassa ja sinkityksessä. Sinkkiyhdisteet ovat pölynä mm. maalin pigmenteissä ja käsiteltäessä oksidipulveria.

Sinkin valmistuksessa Suomessa altistuu noin 500 työntekijää. Sinkkiä valmistetaan sinkkipitoisesta sulfidimalmista elektrolyysin avulla, ja lopputuote valetaan harkoiksi sinkkiteollisuuden käyttöön. Työssä altistutaan sinkkisulfaatile, jota muodostuu elektrolyytissä sinkin valmistusprosessissa. Nykyisin sinkkiä tuotetaan noin 280 000 tonnia vuodessa (Boliden Kokkola OY, 2004).

Puolustusvoimien sotaharjoituksissa altistutaan sinkkikloridille, jota on sotilassavussa. Savua käytetään kohteiden suojaamiseen visuaaliselta tähytykseltä.

Sinkkiyhdisteiden käyttöön liittyy usein altistumista myös muille aineille, kuten arseenille, kadmiumille, lyijylle ja elohopealle.

Työterveyslaitos teki vuosina 1994–2003 yhteensä 167 työhygieenistä ilman sinkkipöly- ja sinkkioksidihuurumittausta 12 toimialalla. Sinkkioksidihuurumittauksissa vuosina 1999–2003 mitatuista työilman pitoisuuksista 5 % ylitti sinkkioksidihuuruille asetetun haitalliseksi tunnetun pitoisuuden ( $HTP_{8h}$ -arvo)  $5 \text{ mg/m}^3$ , kun vastaava ylitys vuosina 1994–1998 oli 2 %. Virtsan sinkkimittausten perusteella vuonna 2003 ei työperäisessä sinkkialtistumisessa ole havaittu kohonneita pitoisuuksia.

## Terveyshaitat

Sinkki on välttämätön metalli elimistölle. Sitä saadaan pääosin eläin- ja kasvikunnan tuotteista.

Sinkille, pääasiassa sinkkioksidihuuruille, altistutaan ammatillisesti hengitysteitse. Se imeytyy myös ruuansulatuskanavasta. Liukoiset sinkkiyhdisteet saattavat imeytyä ihon läpi. Sinkki jakautuu lihaksiin 60 %:sti ja luustoon 30 %:sti. Sinkin ensimmäinen puoliintumisaika on 6–8 päivää ja toinen 87–515 päivää.

Altistuminen sinkkioksidihuuruille tai -savulle voi aiheuttaa äkillisen metallikuumeen (sinkki-kuume), joka alkaa tavallisesti muutaman tunnin kuluessa altistumisesta ja kestää 6–48 tuntia. Sinkki-kuumetta ei yleensä esiinny työympäristössä sinkkipitoisuuden ollessa alle  $15 \text{ mg/m}^3$ . Sinkkikloridi voi ärsyttää ja syövyttää ihoa, silmiä, nenää, hengitystiehyeyttä ja keuhkoja. Sinkkioksidille altistuneilla suomalaisilla työntekijöillä ei ole todettu kroonisia sinkin aiheuttamia vaikutuksia hengitystiehyeydessä pitoisuustasolla  $2,5\text{--}4,5 \text{ mg/m}^3$ .

Vaarallisimmaksi sinkkisuoloista on arvioitu yhdistelmä sinkkifosfidi (käytetty rotanmyrkkynä) ja sinkkikloridi, jolle altistuminen saattaa aiheuttaa vakavia sinkkimyrkytyksiä ja johtaa jopa kuolemaan.

Sotilassavun sisältämä sinkkikloridi on aiheuttanut Suomessa myrkytystapauksia vuosien varrella. Äkillisessä sinkkimyrkytyksen oireita ovat metallin maku, pahoinvointi ja vatsakivut.

Työperäisten sairauksien rekisterissä vuosilta 1996–2002 on tautiryhmässä ”ihotaudit” yhdeksän ilmoitusta koskien sinkkiä ja sen yhdisteitä, sinkkidietyliditiokarbamaattia sekä orgaanisia sinkkiyhdisteitä. Nämä ihotaudit ovat todennäköisesti orgaanisten aineiden, eivätkä sinkin aiheuttamia. Lisäksi on 13 ilmoitusta sinkistä ja sen yhdisteistä koskien tautiryhmää ”muut sairaudet” (lähempi laatu tuntematon) sekä yksi ilmoitus sinkistä ja sen yhdisteistä tautiryhmässä ”hengityselinallergiat”.

## Riskien hallinta

Koska sinkkihuurujen vaikutukset ovat äkillisiä, niitä ei voi ehkäistä terveystarkastuksin. Sinkin haittavaikutukset on ehkäistävä työhygieenisin ja teknisin keinoin.

Altistumista työpaikoilla tulee seurata määräajoin työhygieenisin mittauksin ilmasta. Haitalliseksi tunnettu pitoisuus ( $HTP_{8h}$ -arvo) sinkkikloridihuuruille on  $1 \text{ mg/m}^3$ , sinkkioksidihuuruille  $5 \text{ mg/m}^3$  ja sinkkistearaatile  $10 \text{ mg/m}^3$ .

Työntekijöiden altistumista sinkille voidaan arvioida myös biologisella monitoroinnilla, parhaiten mittaamalla virtsan sinkkipitoisuutta. Kuitenkaan ei ole varmasti osoitettu, että työperäinen altistuminen johtaisi selvään sinkkipitoisuuden kohoamiseen virtsassa. Virtsan sinkkipitoisuuksille on asetettu altistumattomien viiteraja  $8\text{--}12 \text{ } \mu\text{mol/l}$ . Biomonitoinnin toimenpiderajaa ei ole asetettu.

Terveydelle haitalliselle sinkin ja sinkkiyhdisteiden käytölle tulee etsiä korvaavia vaihtoehtoja, mm. sinkkikloridia sisältävälle sotilassavulle etsitään korvaavaa savua.

## Lähteitä

Aitio A, Luotamo M, Kiilunen M (toim.): Kemikaalialtistumisen biomonitorointi. Työterveyslaitos, Helsinki 1995.

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Environmental report 2003. Kokkola Zinc Oy, Kokkola 2004.

Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 11. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työperäisten sairauksien rekisteri (v. 1996–2002). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

### 4.5.11 Suositukset metalleille altistumisen vähentämiseen

*Mirja Kiilunen*

Suomessa on edelleen monia työpaikkoja, joissa metalleille altistuminen on pysynyt suurena tai jopa noussut, vaikka suomalaisessa työelämässä altistumistasot ovat selvästi laskeneet viime vuosikymmenen aikana. Lyijyaltistumisen vähenemiseen on selkeästi vaikuttanut useiden lyijylle altistavien tuotantoalojen lopettaminen ja lyijytöiden siirtyminen rajojemme ulkopuolelle 1990-luvulta alkaen. Alkyyli-lyijy-yhdisteiden käytön lopettaminen bensiinin lisäaineena on vaikuttanut sekä työperäiseen että ympäristöaltistumiseen. Kuitenkaan metalleille ei välttämättä ole korvaavia vaihtoehtoja.

Lainsäädännöllä pystytään vaikuttamaan merkittävästi altistumisen vähenemiseen ja lakisääteisen veren lyijyitasojen seuranta määräajoin lyijytyölle asetettujen ohjeiden mukaisesti (VNp 1154/1993) varmistaa tason pysymisen sallituissa rajoissa. Tulevaisuudessa veren lyijyn toimenpiderajan laskemista Suomessa tulee harkita Euroopassa meneillään olevan terveysperusteisen muutosehdotuksen 1,4 µmol/l mukaisesti (EU/SCOEL).

Muiden metallien osalta käyttörajoituksia on asetettu autonomien kromipinnoitukselle ja puun CCA-kyllästeiden (kupari-kromi-arseeni) käyttöön. Oma ongelmansa on haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien (HTP-arvot) käyttö altistumisen hallinnassa. Niiden asetannassa ei nimittäin välttämättä ole otettu huomioon mm. pölyn joutumista käsistä huulille tai suuhun, jonka on todettu olevan merkittävä altistumistie. Tätä kautta tapahtunut altistuminen johtaa selvästi suurempiin virtsan metallipitoisuuksiin kuin altistuminen hengitysteiden kautta, mikä on todettu mm. arseenin ja nikkelin altistumisen seurannassa. Lisäksi useat pitoisuustasot on asetettu vuosia sitten ja uutta tutkimustietoa ei ole hyödynnetty niitä ar-



vioitaessa. Alumiinin ja niukkaliukoisten alumiinyhdisteiden hienojakoisen haurun ja pölyn HTP-arvo tulisi arvioida alumiinikuorman ehkäisyn näkökulmasta. Samoin niukkaliukoisten ja hienojakoisen ruostumattomanteräksen hitsausaurun oksidipitoisten yhdisteiden kertyminen lisää elimistön kromi- ja nikkelikuormaa. Hitsausroboteilla pystytään vähentämään altistumista metallihuuruille, mutta ne soveltuvat vain toistuvan muotoisten ja suorien saumojen hitsaukseen.

Tulisi myös harkita kadmiumin ja sen yhdisteiden sekä kadmiumoksidihuurun HTP-arvojen pienentämistä. Näiden kertymisen estämiseksi HTP-arvolla ei välttämättä ole riittävää ohjaavaa vaikutusta. Suomessa tulisikin pyrkiä seuraamaan entistä enemmän työntekijöiden kokonaisaltistumista henkilökohtaisella tasolla ja asettaa sitovampia raja-arvoja myös muiden metallien kuin veren lyijyn tasolle ja altistumisen mittaamiselle. Myös terveysperusteisten ja hyviin työtapoihin perustuvien toimenpiderajojen asettamista tulisi harkita niille altisteille, joille se on mahdollista.

Saastuneen maan ja ongelmajätteiden käsittelyyn tulisi luoda normisto, jolla hallittaisiin kokonaisvaltaisesti työntekijöiden altistuminen muualta teollisuudesta jo poistetuille vaarallisille kemikaaleille.

Tekniset toimenpiteet työilman metallipitoisuuksien vähentämiseksi auttavat altistumisen pitämistä mahdollisimman alhaisella tasolla. Työpaikan yleisellä siisteydellä luodaan olosuhteet pinnoille kertyvän pölyn poistumiseksi työtiloista. Jos teknisillä torjuntatoimilla työpaikan ilmaan ei voida pitää riittävän puhtaana, henkilönsuojainten käyttö on välttämätöntä. Uudet puhaltavat hengityksensuojaimet ovat kehittyneet käyttömukavuudeltaan sellaisiksi, että työntekijä voi käyttää niitä koko työpäivän. Työntekijöiden hengityksensuojainten, suojakäsineiden ja suoja-asujen kunnosta ja puhtaudesta tulee huolehtia. Lisäksi tulee tiedottaa työntekijöille terveydelle varallisten metallien haittavaikutuksista ja henkilökohtaisen hygienian tärkeydestä. Viimeksi mainittu on erittäin tärkeää asennus-, korjaus- ja huoltotehtävissä toimiville työntekijöille sekä yritysten ulkopuolisille alihankkijoiden työntekijöille.

## 4.6 Orgaaniset liuottimet ja moottoripolttoaineet

Pirjo Heikkilä, Sinikka Vainiotalo, Kerstin Engström, Hannu Riipinen, Kaarina Rantala, Juha Laitinen

### Yleistä

Orgaaniset liuotinaineet ovat nestemäisiä yhdisteitä, joilla liuotetaan tai ohennetaan veteen liukenemattomia aineita, kuten rasvoja ja hartseja. Useimmat liuottimet haihtuvat nopeasti huoneenlämmössä. Liuottimina käytetään tavallisimmin seoksia, jotka sisältävät ominaisuuksiltaan erilaisia yhdisteitä. Liuottimet jaotellaan yleensä kemiallisen rakenteen perusteella taulukon 22 mukaisesti ryhmiin. Tässä tarkastellaan liuotintarkoituksiin käytettäviä liuotinaineita ja moottoripolttoaineita. Mukaan ei ole otettu liuottimia, joita käytetään kemiallisissa synteeseissä ja reaktioissa, kuten styreeni polyesterihartsin lähtöaineena, rikkihiili viskoosin valmistuksessa tai pentaani polystyreenin paisutusaineena.

### Valmistus ja käyttö

Orgaanisia hiilivetyliuottimia ja moottoripolttoaineita valmistetaan tislaamalla fossiilisia polttoaineita kivihiiltä ja maaöljyä. Alkoholeja muodostuu käymisprosessin tuotteena, mutta pääosa halogenoiduista ja oksygenoiduista liuottimista valmistetaan kemiallisten reaktioiden avulla hiilivedyistä.

Suomessa valmistetaan taulukossa 23 mainittuja liuotinaineita. Moottoripolttoaineita ja hiilivetyliuottimia valmistetaan Suomessa maaöljystä tislaamalla sekä reformoimalla ja vedyttämällä. Hiilivetyliuottimien (liuotinbensinien) tuotannosta valtaosa menee vientiin ja kotimainen käyttö on noin 15 000 tonnia/vuosi. Suomessa valmistetaan myös heksaaneja sisältävää hiilivetyliuotinta, jota käytetään esimer-

Taulukko 22. Liuottimien ja moottoripolttoaineiden jaottelu, kiehumispisteet ja HTP-arvot (HTP-arvot 2005)

pääryhmä	alaryhmä	esimerkkejä	kiehumispiste, °C	HTP <sub>8h<sup>t</sup></sub> , mg/m <sup>3</sup>
hiilivedyt	alifaattiset	n-heksaani <sup>a</sup>	69	72
	alisykliset	sykloheksaani	82	350
	aromaattiset	tolueeni <sup>a</sup> ksyleenit <sup>a</sup> bentseeni <sup>a</sup>	111 138–144 80	190 220 3,25 <sup>b</sup>
	hiilivetyseokset	liuotinbensinien aromaatteja < 1 % liuotinbensinien aromaatteja < 1 % liuotinbensinien aromaatteja 1–20 %	80–110 > 110– > 110–	1 200 900 770
halogenoidut hiilivedyt	klooratut hiilivedyt	metyleenikloridi	40	350
		perkloorietyleeni	121	70
		trikloorietyleeni	87	160
happea sisältävät eli oksygenoidut hiilivedyt	alkoholit	etanoli	78	1 900
		isopropanoli	97	500
		butanolit <sup>a</sup>	99–118	150
	eetterit	metyyli-tert-butyylietteri (MTBE)	55	180
		tert-amyylimetyylietteri (TAME)	86	– <sup>c</sup>
	esterit	etyyliasettaatti	77	1 100
		butyyliasettaatti	127	720
	ketonit	metyylietyyliketoni (MEK)	79	300 <sup>d</sup>
		metyyli-isobutyryliketoni	119	80
	glykolit	etyleeniglykoli <sup>a</sup>	197	50
glykolieetterit	etyleeniglykolimonoetyylietteri <sup>a</sup>	135	7,5	
	propyleeniglykolimonometyylietteri	120	370	
	propyleeniglykolimonometyylietteriasetaatti <sup>a</sup>	156	11	
glykolieetterierit	propyleeniglykolimonometyylietteriasetaatti <sup>a</sup>	146	270	
moottoripolttoaineet	moottoribensinien	helposti haihtuvien hiilivetyjen seos, alifaattisia hiilivetyjä n. 50 %, aromaatteja n. 32 %, bentseeniä < 1 %, MTBE, TAME ≤ 15 %	30–200	– <sup>c</sup>
	dieselöljyt	vaikeasti haihtuvien hiilivetyjen seos, aromaattisia hiilivetyjä < 20 %, polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH) n. 1 %	170–340	– <sup>c</sup>

<sup>a</sup>aine imeytyy ihon läpi

<sup>b</sup>sitova raja-arvo

<sup>c</sup>HTP-arvoa ei ole asetettu

<sup>d</sup>HTP<sub>15 min</sub>

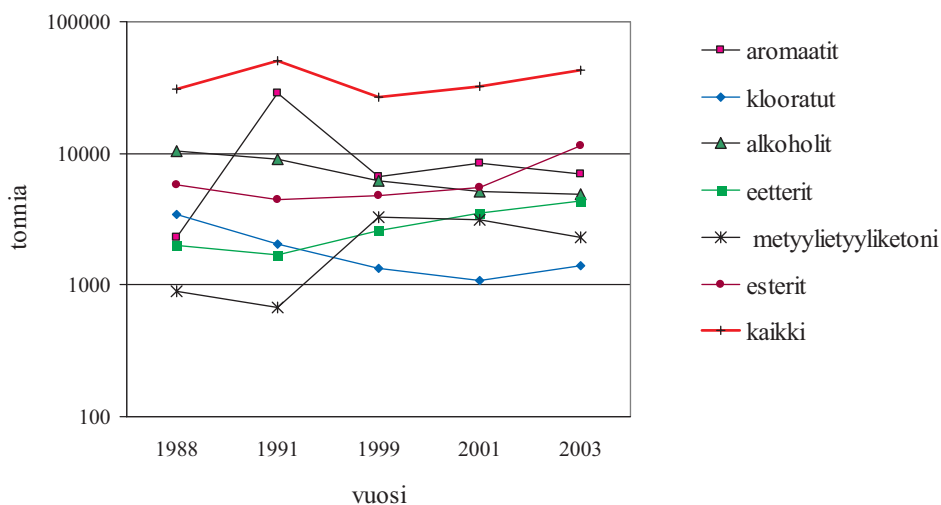
kiksi uuttoihin. Bensiinistä ja dieselöljystä puolet menee vientiin. Kotimaassa käytetystä bensiinistä (1,85 milj. tn/v) ja dieselöljystä (1,91 milj. tn/v) tuonnin osuus on viime aikoina ollut 10–20 %.

Suomessa valmistetuissa tuotteissa käytetään kotimaassa valmistettujen liuottimien lisäksi maahan tuotuja aineita (taulukko 23). Aromaatteja sisältäviä liuotinbensiinejä sekä ksyleeniä ja tolueneita käytetään mm. maalituotteiden, puunsuoja-aineiden ja painovärien valmistukseen sekä niiden ohenteina. Autojen, metallipintojen ja painotelojen pesuun käytetään aromaattivapaita liuotinbensiinejä. Trikloorietyleeniä käytetään metalliteollisuudessa rasvanpoistoon ja tetrakloorietyleeniä tekstiilien kemialliseen pesuun. Metyleenikloridia sisältäviä maalinpoistoaineita ei valmisteta enää Suomessa, mutta niitä tuodaan maahan edelleen.

Viimeisen 15 vuoden aikana maahantuotujen tavallisimpien orgaanisten liuottimien kokonaismäärä ei ole olennaisesti muuttunut (kuva 22). Kuitenkin aineryhmittäin esimerkiksi glykolieettereiden ja asestaattistereiden tuonti on lisääntynyt (1 700 tn vuonna 1991 ja 4 350 tn vuonna 2003), kun taas kloorattujen hiilivetyliuottimien kokonaistuonti on vähentynyt (2 000 tn vuonna 1991 ja 1 400 tn vuonna 2003). 1,1,1-Trikloorietaanin teollinen käyttö on nykyisin vähäistä (tuonti 0,003 tn vuonna 2003). Myös trikloorietyleenin ja tetrakloorietyleenin tuonti on vähentynyt 1990-luvun alun tilanteesta, mutta metyleenikloridin tuonti oli vuonna 2003 (810 tn) lähellä vuoden 1991 tuontia (1 000 tn). Kuvassa 22 esitettyjen kloorattujen hiilivetyjen lisäksi tuotiin maahan kloroformia 7,2 tonnia, hiilitetrakloridia 377 kg, 1,2-dikloorietaania 130 kg ja muita tyydyttyneitä kloorattuja hiilivetyjä, joihin tetrakloorietaani kuuluu, 578 kg vuonna 2003 (Tuontitilasto 2003). 1,2-Dikloorietaania sisältäviä tuotteita (4–5 kpl) tuotiin maahan 21 540 tonnia vuonna 2002 ja 2 000 tonnia vuonna 2003 (STTV 2003).

Taulukko 23. Orgaanisten liuottimien ja moottoripolttoaineiden valmistus ja käyttökohteita

liuottimien ja moottoripolttoaineiden valmistus suomessa	liuotin
ohenteet, lisäaineet, lähtöaineet moottoripolttoaineet	hiilivetyseokset, bentseeni, etanoli, asetoni, MTBE, TAME moottoribensiinit, dieselöljy, lentopetroli
<b>liuottimia sisältävien tuotteiden valmistus suomessa</b>	
maalituotteet	liuotinbensiinit, ksyleeni, toluenei, asetaatit, ketonit, etanoli, butanoli, glykolieetterit ja niiden asetaatit
liimat	asetoni, etanoli, toluenei, etyyliasetaatti, liuotinbensiini, metyylietyyliketoni, n-heksaani
painovärit	liuotinbensiinit, isopropanoli, etanoli, etyyliasetaatti, toluenei, glykolieetterit ja niiden asetaatit
<b>liuottimien ja niitä sisältävien tuotteiden käyttö</b>	
maalaus ja lakkaus	liuotinbensiini, ksyleeni, toluenei, alkoholit, ketonit, asetaatit, glykolieetterit ja niiden asetaatit
liimaus	liuotinbensiini, asetoni, etanoli, toluenei, asetaatit
painot	isopropanoli, liuotinbensiinit, toluenei, glykolieetterit ja niiden asetaatit, ketonit
muut – elintarviketeollisuus, lääketeollisuus, mäntyyöljy- ja kumiteollisuus – bitumituotteet	heksaani, heptaani, alkoholit, glykolit, aromaattiset hiilivedyt, metyleenikloridi, asetaatit, ketonit metyleenikloridi
pesut – metallit – tekstiilit – painotelat – lujitemuoviteollisuus	trikloorietyleeni, metyleenikloridi, hiilivetyliuottimet tetrakloorietyleeni rypsiöljy, liuotinbensiini, toluenei, glykolieetterit ja –esterit asetoni
hygieniatuotteet	etanoli, isopropanoli, glykolit, glykolieetterit



Kuva 22. Tavallisimpien orgaanisten liuottimien maahantuodut määrät vuosina 1988–2003: aromaatit (tolueeni, ksyleenit), klooratut (metyleenikloridi, trikloorietyleeni, tetrakloorietyleeni), alkoholit (propanolit, butanolit), eetterit (etyleeniglykoli- ja dietyleeniglykolimonoalkyylietterit, muut alkoholieetterit), esterit (etyyli- ja butyyliasetaatit, etyleeniglykolimonoetyylietteriasetaatti)

Valmisteiden liuotainepitoisuudet vaihtelevat paljon. Runsaasti liuottimia on esimerkiksi puun- suoja-aineissa (> 75 %), tietyissä lakoissa (80–90 %), kontaktiliimoissa (> 70 %) ja tavanomaisessa liuotinmaalissa 40–70 %. Vesiohenteisten liimojen ja maalien liuotinpitoisuus on yleensä alle 10 % (Lyly ym. 2000, Työterveyslaitos 2005). Viimeisten 10–15 vuoden aikana on lisääntynyt glykolieettereiden ja niiden asetaattien käyttö maaleissa, lakoissa, lattiovahoissa, vahanpoistoaineissa, puhdistusaineissa, jäänestö- aineina ja painoväreissä. Ne ovat korvanneet muita hiilivetyliuottimia, ja useat vesiohenteiset maalit sisältävät glykolieettereitä muutamia prosentteja. Terveydelle haitallisimmat glykolieetteriyhdisteet, kuten etyleeniglykolin monometyylietteri, monoetyylietteri ja niiden asetaatit, on pyritty korvaamaan suurempimolekyylisillä, vähemmän haitallisilla yhdisteillä, kuten propyleeniglykolimonometyylietterillä ja sen asetaatilla. Etyleeniglykolin monometyyli- tai monoetyylietteriä esiintyi vuonna 2003 alle sadassa valmisteessa, kun taas propyleeniglykolimonometyylietteriä tai sen asetaattia oli noin 2 800 valmisteessa (STTV 2003).

## Altistuminen työssä

### Altistumistavat ja liuotainseokset

Liuotainaineet esiintyvät käyttötavasta riippuen ilmassa höyrynä tai sumuna. Altistumisen tasoon vaikuttaa aineen käyttömäärän ja työskentelytavan lisäksi liuotainaineen haihtuvuus. Aineet kulkeutuvat elimistöön pääasiassa hengitysteitse, jolloin hengitysvolyymin nousu fyysisesti rasittavassa työssä lisää altistumista. Etenkin nestemäisessä muodossa liuotainaineet pääsevät elimistöön usein myös ihon läpi. Esimerkiksi auton moottorien korjaajilla ihoaltistuminen voi olla pääasiallinen altistumisreitti bensiinin sisältämälle bentseenille (Laitinen ym. 1994). Ne liuotainaineet, jotka voivat imeytyä ihon läpi, on taulukossa 22 erikseen merkitty HTP 2005 -luettelon mukaisesti. Näitä ovat esimerkiksi aromaattiset hiilivetyliuotimet sekä glykolieetterit ja niiden asetaatit. Imeytymistä sekä ihon että hengityselinten kautta edesauttaa liuotainaineiden rasvaliukoisuus. Poikkeuksellisen hyvin imeytyvät aineet, joille on ominaista sekä hyvä vesi- että rasvaliukoisuus. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi glykolieetterit, jotka voivat imeytyä ihon läpi myös höyryinä. Johanson (1991) on osoittanut, että kevyesti pukeutuneilla koehenkilöillä 2-butoksi- etanolia (50 ppm, 23 °C, suhteellinen kosteus 29 %) imeytyi ihon läpi kolme kertaa enemmän kuin hen-

gitysteiden kautta. Ihon läpi imeytynyt osuus kasvoi nelinkertaiseksi 33 °C:n lämpötilassa ja suhteellisen kosteuden ollessa 71 %.

Liutotusaineita käytetään usein seoksina. Työpaikan ilmasta tehdyt työntekijän hengitysvyöhykkeen pitoisuusmittaukset kuvaavat altistumista liuotinseoksen kaikille aineille mittaussäilyksen aikana. Sen sijaan biomonitorointimenetelmiä ei ole tarjolla kuin osalle liuotusaineita. Lisäksi samasta näytteestä voidaan tutkia vain yhden tai muutaman saman ryhmän altisteen pitoisuus, jolloin tulos kuvaa vain osaa altistumisesta. Biomonitoroinnin etu on kuitenkin se, että tulos kuvaa elimistöön joutuneen liuotusaineen määrää ottaen huomioon kaikki imeytymisreitit, kuten iho ja hengitystiet. Se on myös ainoa keino selvittää henkilökohtaisen suojautumisen toimivuutta. Pitoisuusmittaukset työilmasta voivat puolestaan tukea työsuojelun ja työterveyshuollon ennalta ehkäisevää roolia esimerkiksi selvittämällä niitä työolosuhteita tai työvaiheita, joissa on mahdollista altistua suurille liuotusainepitoisuuksille.

Altistumisen haitallisuuden arviointia varten on suurimmalle osalle liuotusaineista käytettävissä työhygieeniset vertailuarvot. Sitovat raja-arvot ja 8 tunnin HTP-arvot on yleensä asetettu ottaen huomioon liuotusainepitoisuuksien pitkäaikaisvaikutukset, kun taas 15 minuutin raja-arvoissa on pyritty ottamaan huomioon liuotusaineiden äkilliset, esimerkiksi huumaavat, vaikutukset. Koska terveysvaikutukset ovat samantyyppisiä, käytetään seosten höyryjen haitallisuutta arvioitaessa summaussääntöä, jonka mukaan yksittäisten liuotusaineiden ilmasta mitattujen pitoisuuksien osuudet HTP-arvosta lasketaan yhteen. Työpaikan ilman katsotaan olevan haitallista, jos osuuksien summa on  $\geq 1$ .

### *Orgaaniset liuottimet*

#### Altistuvien lukumäärä

Orgaanisia liuotusaineita ja niitä sisältäviä valmisteita käytetään monenlaisilla työpaikoilla maataloudesta kouluihin. Myös sisäilmassa on pieniä määriä, yleensä alle 1 mg/m<sup>3</sup>, liuotinhöyryjä, jotka ovat peräisin pakokaasuista, maaleista tai esimerkiksi pesuaineista. Täten liuotusaineille altistuneita työntekijöitä on paljon. Työ ja terveys -haastattelujen mukaan liuotusainepitoisuuksille ja moottoripolttoaineille altistuu noin 400 000 työntekijää ja ne aiheuttavat haittaa vastaajien oman arvion mukaan noin 200 000 työntekijälle (Piirainen ym. 1997, 2000, 2003). Yleisintä liuotusainepitoisuuksien esiintyminen vastaajien työpaikoilla oli rakennusalalla (54 %), maa- ja metsätaloudessa (48 %) sekä teollisuudessa (32 %).

Liuotusainepitoisuuksien käyttö on kuitenkin joissakin töissä jaksottaista tai määrältään vähäistä. Tällöin työvuoden keskimääräinen altistumistaso on alhainen, vaikka altistuminen joidenkin työvaiheiden aikana voi olla merkittävää tai liiallista. Tällaisista töistä ovat esimerkkejä liuotusainepitoisuuksien torjunta-aineiden ruiskutus ja koneiden korjaus satunnaisesti. Työ ja terveys -haastattelun mukaan liuotusainepitoisuuksien ja moottoripolttoaineiden aiheuttivat paljon haittaa noin 30 000 työntekijälle (Piirainen ym. 2003).

Työterveyslaitoksen arvion mukaan orgaanisille hiilivetyliuotusainepitoisuuksille ja happea sisältäville hiilivetyliuotusainepitoisuuksille altistui noin 20 000 työntekijää vuosina 2001–2003, kun heitä arvioitiin olleen 1980-luvun lopulla noin 40 000 (Riipinen ym. 1991). Maalien, lakkojen, painovärien, liimojen valmistajat ja teolliset käyttäjät muodostavat pääosan ammattilaisista, joissa altistutaan näille liuotusainepitoisuuksille. Liuotusaineina käytetyille halogeenihiilivedyille työssään altistuneita on arvioitu nykyään olevan noin 3 000, kun heitä vielä 1980-luvun lopulla oli 7 000–9 000 (FINJEM, Rantala ym. 1991). Arviot altistuneiden työntekijöiden määristä eivät sisällä työntekijöitä, jotka käyttävät liuotusaineita satunnaisesti tai pieniä määriä työvuoden aikana, kuten laboratoriotyöntekijät.

Klooratuille hiilivedyille altistutaan mm. metallin rasvanpoistossa, tekstiilien kemiallisessa pesussa ja lääketeollisuudessa. Suomessa karsinogeenisiksi luokitelluille klooratuille hiilivetyliuotusaineille altistettiin vuonna 2002 seuraavasti: kloroformi 1 448 henkilöä, hiilitetrakloridi 287, 1,2-dikloorietaani 159 ja 1,1,2,2-tetrakloorietaani 65 (Saalo ym. 2004). Valtaosa ASA-rekisteriin ilmoitetuista henkilöistä työskenteli laboratoriossa tai tutkimustehtävissä. Muita näille karsinogeenisille kloorihiilivedyille altistavia töitä ovat ongelmajätteiden keräys ja käsittely. 1,2-Dikloorietaanin pääkäyttökohde on muovien valmistus. Sitä on käytetty myös lisäaineena lyijy-yhdisteitä sisältävissä bensiineissä. Tällaisia bensiinejä ei enää valmisteta Suomessa, mutta niitä tuodaan vielä maahan ja niistä haihtuville yhdisteille voidaan altistua

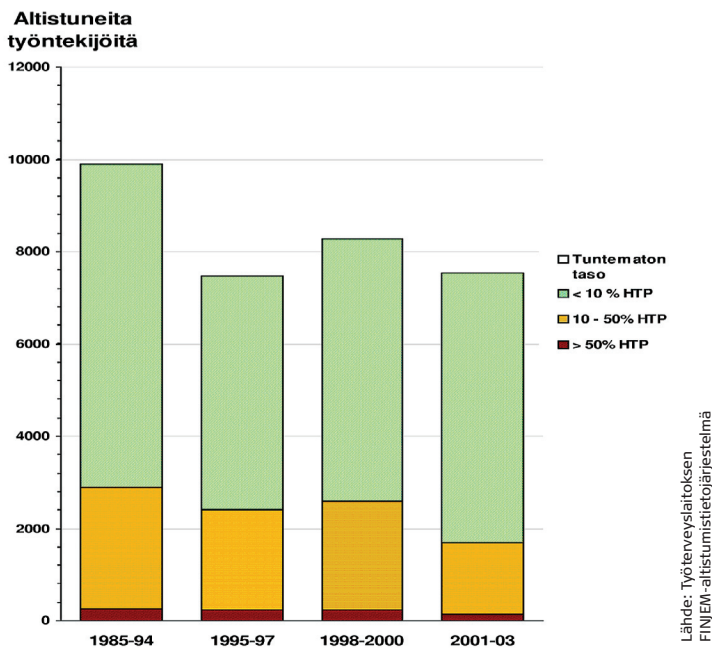
esimerkiksi lastaustöissä. Klooratuilla hiilivedyillä saastunut maa voi sisältää monia kloorattuja hiilivetyjä ja myös yhdisteitä, jotka muodostuvat hajoamistuotteena lähtöaineista. Saastuneen maan käsittely ja maanäytteitä tutkivien laboratoriodien määrä on lisääntynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana. 1,1,2,2-Tetrakloorietaani on yleinen perhospyydysmyrkkä.

Työ ja terveys -haastattelujen mukaan liuotinaineiden esiintyvyys ja haittaavuus eivät ole muuttuneet viimeisen kuuden vuoden aikana (Piirainen ym. 1997, 2000, 2003). Työntekijöiden lukumäärä on kuitenkin vähentynyt monissa liuottimille altistavissa töissä viimeisen 15 vuoden aikana seurauksena työvoiman vähentymisestä näissä ammateissa. Esimerkiksi jalkineiteollisuudessa työntekijöiden lukumäärä on alentunut 6 200:sta 2 300:aan ja graafisella alalla painajien määrä 6 000:sta 3 100:aan vuosina 1989–2003 (Tilastokeskuksen työvoimatutkimus).

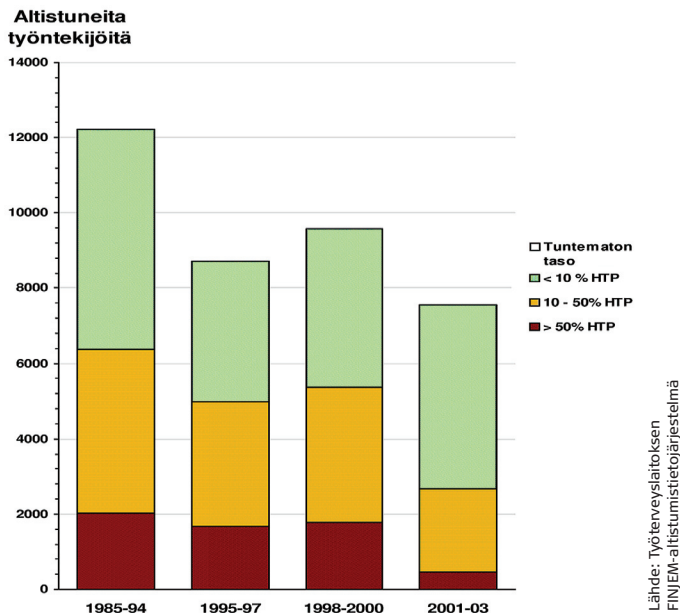
Myös altistuneiden työntekijöiden osuus altistavassa ammatissa toimivista on vähentynyt useassa työssä, sillä liuottimia sisältäviä valmisteita on korvattu täysin liuotinvapaille tai vähän liuottimia sisältävillä tuotteilla. Rakennusalalla noin 70–74 % käytetyistä maaleista ja lakoista on nykyisin vesiohenteisia. Rakennusalan maalareista noin 20 % ilmoitti käyttävänsä liuotinmaaleja päivittäin vuonna 2000 (Riala ym. 2002). Huonekaluteollisuudessa noin 50 % maaleista ja lakoista on vesiohenteisia, kun taas metalliteollisuudessa vesiohenteisia maaleja käytetään edelleen vähän, vain 10 % (Lyly ym. 2000). Paperipainannassa noin 75 % painoväreistä oli vesiohenteisia 1990-luvun lopulla, mutta esimerkiksi muovin painannassa käytetään vielä liuotinohenteisia värejä (Lyly ym. 2000).

### Altistumistaso

Alifaattisille tai aromaattisille hiilivedyille merkittävästi eli yli 50 % HTP-arvosta oleville keskiarvopitoisuuksille altistuu hieman alle 1 000 työntekijää (kuva 23 ja 24). Keskimääräiset vuotuiset altistumistasot ovat alentuneet seurantajakson aikana, koska useiden valmisteiden liuotinpitoisuus on vähentynyt tuotekehityksen seurauksena ja monilla työpaikoilla on tehty teknisiä muutoksia.



Kuva 23. Työntekijöiden altistuminen alifaattisille liuottimille eri ajanjaksoina 1985–2003 (kaikki ammatit). Altistumistasot on arvioitu käyttäen liuotinbensiinin HTP<sub>sh</sub>-arvoa (900 mg/m<sup>3</sup>) vuodelta 2002



Kuva 24. Työntekijöiden altistuminen aromaattisille liuottimille eri ajanjaksoina 1985–2003 (kaikki ammatit). Altistumistasot on arvioitu käyttäen toluenin  $HTP_{8h}$ -arvoa ( $190 \text{ mg/m}^3$ ) vuodelta 2002. Styreenille altistuneet eivät ole tässä mukana

Työtehtävä- ja toimialakohtaisia keskimääräisiä altistumistasoja tunnetaan kuitenkin huonosti. Mittaustulokset edustavat yleensä altistavan työvaiheen pitoisuuksia eivät työpäivän, työvuoden tai ammatin keskiarvotuloksia. Työterveyslaitoksen palvelumittaukset kohdistuvat pääosin kohteisiin, joissa altistumisen epäillään olevan merkittävää. Esimerkiksi liuotinaineiden pitoisuutta mitataan pääosin työpaikoilla, joissa käytetään liuotinhöyryjä maaleja ja harvemmin töissä, joissa käytetään vesiohenteisia tuotteita. Tämän vuoksi mittauksissa ei havaita keskimääräisten altistumistasojen muutoksia, vaikka liuottimien käyttö ja altistuminen olisivat vähentyneet. Mittausten tilaajat edustavat pääosin suuria ja keski-suuria yrityksiä, pienet yritykset ostavat Työterveyslaitoksen palveluja harvoin ja siksi voidaan arvioida, että tulokset eivät myöskään kuvaa pahimpia tilanteita.

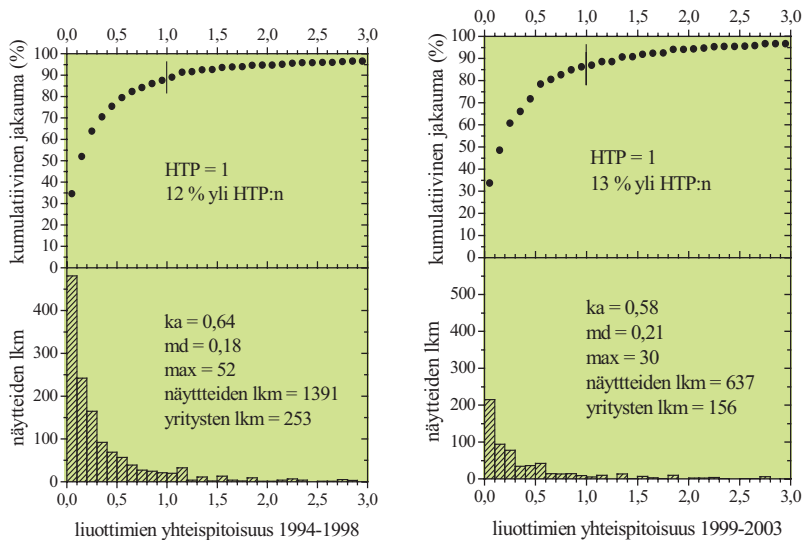
#### Liuottimien yhteispitoisuus:

Aluetyöterveyslaitosten työpaikoilla mittaamista liuotinhöyryjen yhteispitoisuuksista 12–13 % ylitti liuotintuotteen  $HTP$ -arvon vuosina 1994–2003 (kuva 25) (Heikkilä ja Saalo 2005).

Suurten pitoisuuksien osuus mittauksista ei muuttunut tarkastelujaksoina. Suuria, yli  $HTP$ -arvon olevia pitoisuuksia mitattiin esimerkiksi ruiskumaalauksessa, maalien, lakkojen ja painovärien valmistuksessa, painoissa erityisesti telojen ja kehien pesussa sekä muovituotteiden painannassa ja erilaisissa liimaustöissä (Ahonen ja Riipinen 1998, Heikkilä ja Saalo 2005). Työterveyslaitoksen tekemien bio-monitorointimittausten mukaan voimakkaiden toluenialtistumisten osuus on kuitenkin selvästi vähentynyt mm. syväpainoissa viimeisen 10 vuoden aikana. Toluenin  $HTP$ -arvon alentaminen vuonna 1998 lienee kohdentanut torjuntatoimia syväpainoihin.

#### Altistuminen työtehtävittäin:

Maalareita oli noin 12 000 vuonna 2003. Heistä noin 7 000 oli rakennusmaalareita, noin 1 200 auto-maalareita ja 1 500 muita metallimaalareita. Rakennusmaalareiden käyttämistä maaleista 70–74 % on vesiohenteisia, kun taas automaalit ja muut metallimaalit ovat pääosin liuotinhöyryjä. Metallialan ruiskumaalauksissa ( $n = 9$ ) työntekijöiden hengitysvyöhykkeillä liuotinaineiden yhteispitoisuus oli keskimäärin 0,3–0,5 kertaa  $HTP_{8h}$  (Ahonen ja Riipinen 1998, Nikkilä ym. 1998), mutta joissakin tilanteis-



Kuva 25. Liuotinhöyryjen yhteispitoisuustuloksia ajanjaksona 1994–1998 ja 1999–2003 työpaikkojen ilmassa (Heikkilä ja Saalo 2005)

sa HTP-taso ylittyi. Yksittäisistä liuotinaineista ksyleenin pitoisuus oli suurin HTP-arvoihin suhteutettuna. Maalauksen aikana käytettiin hengityksensuojaimia, mutta pääasiassa kuivuvat kappaleet aiheuttivat odotettua suurempaa tausta-altistumista aikana, jolloin suojaimia ei käytetty. Automaalaamoissa ( $n = 9$ ) liuotinaineiden yhteispitoisuus oli keskimäärin noin 0,3 kertaa  $HTP_{15min}$ -arvo (Engström ym. 2000) tai 0,6 kertaa  $HTP_{8h}$ -arvo (Ahonen ja Riipinen 1998) ja joissakin työkohteissa HTP-taso ylittyi. Suuria pitoisuuksia voi muodostua esimerkiksi pesujen ja maalien sekoituksen aikana, jos työkohteessa ei ole kohdepoistoa. Ihoaltistuminen voi olla merkittävää maalaustyössä. Altistuminen autojen ruiskumaalauksessa on yleensä jaksottaista ja tyypillisiä liuottimia ovat butyyliasetaatti, ksyleeni, tolueni ja asetoni. Myös puusepänteollisuuden maalarit ja lakkaajat altistuvat liuotinaineille, mutta heidän käyttämiensä tuotteiden koostumuksen muuttumisesta tai altistumistasosta ei ole julkaistu tutkimuksia 2000-luvulla.

Painajia oli vuonna 2003 noin 3 200 ja silkkipainotyöntekijöitä noin 400. Painoväreistä oli vesiohenteisia paperin painannassa 75 % 1990-luvun lopulla, mutta esimerkiksi muovin painannassa käytettiin vielä liuotinohenteisia värejä (Lyly ym. 2000). Alueterveyslaitosten vuosina 1994–2003 tekemien palvelumittausten mukaan liuotinaineiden yhteispitoisuus oli keskimäärin 0,48 kertaa  $HTP_{8h}$  ( $n = 90$ ) painotyöntekijöiden hengitysvyöhykkeillä ja 12 % liuottimien yhteispitoisuuksista ylitti raja-arvon. HTP-arvo ylittyi pesutöiden ja normaalitilanteista poikkeavien työolosuhteiden lisäksi muovituotteiden painannassa.

Silkkipainoissa käytettiin pienimolekyylisiä, lisääntymisriskille haitallisia etyleeniglykolimetyyli- ja etyleeniglykolietylieetteriasetaattia vielä 1990-luvun puolivälissä, ja näiden glykolieettereiden pitoisuus ilmassa ylitti useasti HTP-arvon (Laitinen 1998). Työterveyslaitoksen palvelumittausten mukaan vuosina 2000–2003 joissakin silkkipainoissa käytettiin lisääntymisriskille haitallisista glykolieettereistä edelleen etyleeniglykolietylieetteriasetaattia. Mitatut pitoisuudet ilmassa olivat suuria ja keskiarvo oli 4,5 kertaa  $HTP_{8h}$  (Uudenmaan alueterveyslaitos LIMS-tietokanta 2005). Biomonitorointitulosten mukaan etyleeniglykolin etylieetterin tai sen asetaatin aineenvaihduntatuotteen pitoisuuden keskiarvo virtsassa oli 3,7 mmol/mol kreatiniinia (maksimi = 17,  $n = 18$ ) vuonna 2002 ja 0,67 mmol/mol kreatiniinia vuonna 2003 (maksimi = < 2,6,  $n = 7$ ). Altistumattomien viiteraja on 0,1 mmol/mol kreatiniinia, ja tutkimusten mukaan pitoisuus 30 mmol/mol kreatiniinia vastaa altistumista HTP-arvon tasoiselle pitoisuudelle ilmassa. Glykolieettereiden lisäksi silkkipainoissa käytetään myös muita liuotinaineita, kuten liuotinbensiinejä ja alkoholeja.



Monet liimat sisältävät edelleen liuottimia. Työhygieenisten altistumismittausten rekisterin mukaan liuotinaineiden yhteispitoisuus ylitti HTP-arvon mm. autojen ja veneiden verhoilussa sekä laminaattien liimauksessa vuosina 1999–2003. Jalkineiden liimausvaiheen aikana liuottimien pitoisuus ilmassa oli suurimmillaan 41 % HTP-arvosta (Ahonen ja Riipinen 1998). Liimojen ohenteet sisältävät helposti haihtuvia liuottimia, kuten ketoneja, asetaatteja, tolueneja ja liuotinbenssiiniä. Myös n-heksaania käytetään edelleen, ja 5 % n-heksaanin ilmamittaustuloksista ylitti raja-arvon vuosina 1999–2003 (Heikkilä ja Saalo 2005). Vaikka suutareiden käyttämät kemikaalimäärät eivät ole suuria, jalkineiden maalauksen, puhdistuksen ja viimeistelyn aikana ilman liuotinainepitoisuus ylitti ohjearvon suutariliikkeissä, joissa ei ollut koneellista ilmanvaihtoa (Uuksulainen ym. 2002). Jalkine- ja nahka-alan työntekijöistä, joita oli vuonna 2003 noin 2 300, neljäsosa altistuu liuottimille (Riipinen ym. 1991). Muissa liimaustyössä liuotimille altistuvien lukumääristä ei ole arvioita.

Vesiohenteiset maalit ja lakat ovat korvanneet pääosan liuotinpohjaisista tuotteista. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että altistuminen liuotinaineille olisi täysin loppunut, koska vesiohenteiset tuotteet sisältävät mm. glykolieettereitä. Parketin pohja- ja pintalakkauksen aikana ilmasta mitatut propyleeniglykolimetyylieetterin pitoisuudet olivat suurimmillaan 0,2 kertaa HTP<sub>8h</sub>-arvo (Laitinen ym. 2001). Myös lattiavahan poistoaineissa ja lattiavahoissa käytetään pieniä määriä glykolieettereitä. Vahaajien (n = 19) altistumista selvitellessä tutkimuksessa vahaajat altistuivat kuudelle erilaiselle glykolieetterille (Laitinen ym. 2001).

#### Klooratut hiilivedyt:

Aluetyöterveyslaitosten vuosina 1994–2003 tekemien palvelumittausten (n = 187) mukaan metyleenikloridin mittaustuloksista 4 % ylitti HTP<sub>8h</sub>-arvon. Nämä suuret pitoisuudet mitattiin lääketeollisuudessa, metallin liimauksessa ja maalin poistossa. Pitoisuuden 0,5 kertaa HTP<sub>8h</sub>-arvo ylitti 9 % tuloksista. Metyleenikloridin käytetään maalinpoistossa nykyisin vähemmän kuin 10 vuotta sitten, eikä sitä sisältäviä maalinpoistoaineita enää valmisteta Suomessa. Bitumilaboratorioista ei ole mittaustuloksia. Metyleenikloridia käytetään myös polyuretaanituotteiden valmistuksessa muottiöljyjen ohenteina ja pesuaineina. Polyuretaanituotteiden valmistuksessa kaikki Työterveyslaitoksen vuosina 1994–2003 mittaamat ilman metyleenikloridipitoisuudet olivat alle puolet HTP<sub>8h</sub>-arvosta (n = 46) (Heikkilä ja Saalo 2005).

Metallin rasvanpoistossa yleinen liuotin on trikloorietyteeni, mutta sen käytön yleisyydestä ja altistuvien lukumäärästä ei ole arvioita. Höyrypesuaitaiden vieressä tai ympäristössä vuosina 1994–2003 mitatuista (n = 42) pitoisuuksista työilmassa 10 % ylitti HTP-arvon ja 19 % ylitti puolet HTP-arvosta (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri). Höyrypesuaitaita joudutaan huoltamaan ja puhdistamaan määrääjain. Huoltotöiden aikana altistuminen voi olla merkittävästi suurempaa kuin käytön aikana, mutta huoltotöiden aikaisesta altistumisesta ei ole mittaustuloksia Työterveyslaitoksessa. Myös tetrakloorietyteeniä ja metyleenikloridia voidaan käyttää metallien pesussa, mutta niiden käytöstä tähän tarkoitukseen Suomessa ei ole arvioita. Aluetyöterveyslaitokset mittasivat trikloorietyteeniä 26 työpaikalla vuosina 1994–2003, jolloin mittausten keskiarvo oli 86 mg/m<sup>3</sup> (n = 86) ja 12 % mittaustuloksista ylitti HTP-arvon (Heikkilä ja Saalo 2005).

Tekstiilien kemiallista pesua tekevät pesulat, tekstiilitehtaat ja nahka-alan yritykset. Kemiallisissa pesuloissa työskentelee noin 1 000 työntekijää. Veren tetrakloorietyteenipitoisuus oli pesulatyöntekijöillä keskimäärin selvästi alle puolet toimenpiderajasta ja suurin mitattu pitoisuus oli 75 % toimenpiderajasta (n = 41) vuonna 2003 (Biologisten altistumismittausten rekisteri). Pesuloiden ilman tetrakloorietyteenipitoisuudet ovat olleet samaa tasoa kuin biomonitorointitulokset, keskiarvopitoisuus oli 23 % HTP<sub>8h</sub>-arvosta (n = 12) vuosina 1994–2003. Pesukoneita huolletaan määrääjain, mutta huoltotöiden aikaisesta altistumisesta ei ole mittaustuloksia. Tekstiili- ja nahkateollisuudessa sekä turkisten valmistuksessa altistuvista ei ole arvioita. Tetrakloorietyteeniä käytetään liuottimena myös lääketeollisuudessa. Aluetyöterveyslaitokset mittasivat tetrakloorietyteeniä 16 työpaikalla vuosina 1994–2003, jolloin mittausten keskiarvo oli 15 mg/m<sup>3</sup> (n = 46) ja 7 % (3 kpl) mittaustuloksista ylitti HTP-arvon (Heikkilä ja Saalo 2005). Suuria pitoisuuksia mitattiin pesulan vuototilanteen lisäksi ongelmajätteiden käsittelyssä.

Edellä mainittujen töiden lisäksi Työhygieenisten altistumismittausten rekisterin mukaan (v. 1994–2003) kloorattujen hiilivetyjen pitoisuus työilmassa voi olla suuri eli yli 50 % HTP-arvosta muovituot-

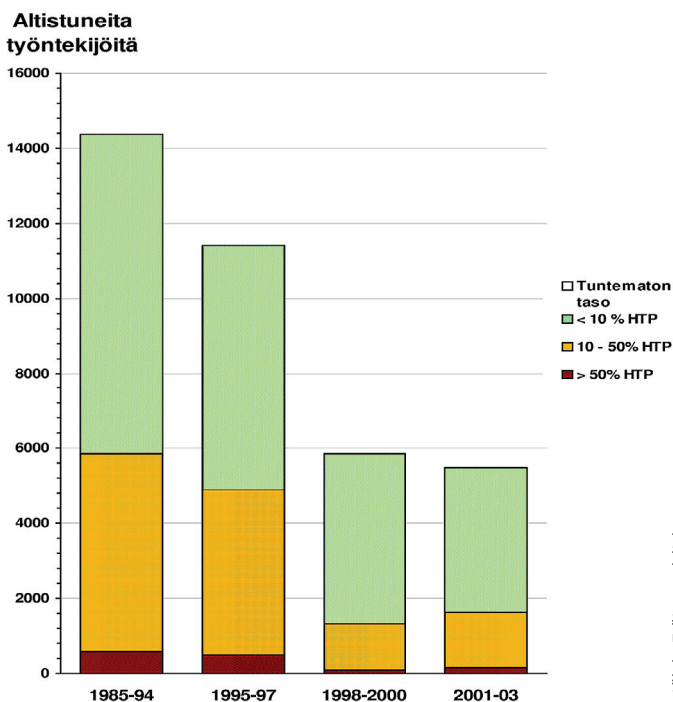
teiden painannassa. Maahantuodut valmisteet, kuten liimat ja aerosolipakkaukset, saattavat sisältää kloorattuja liuottimia, mutta tällaisten valmisteiden maahantuonnista ja käytöstä ei ole arvioita.

Muita kloorattuja liuottimia ovat hiilitetrakloridi, kloroformi, 1,2-dikloorietaani ja 1,1,2,2-tetra-kloorietaani. Näiden käyttöä ja altistumista kuvataan kohdassa 4.13 Eräitä syöpää aiheuttavia ja lisäänty-miselle vaarallisia kemikaaleja.

Laboratorioissa käytetään kaikkia liuotinaineita, ja käyttömäärät voivat olla suuria laadunvalvontaa tekevissä laboratorioissa. Esimerkiksi asfaltin laatua tutkivat laboratoriot käyttävät metyleenikloridia yh-teensä yli tonnin vuodessa. Altistuvien lukumääristä ja tasoista ei ole arvioita.

### Moottorien polttoaineet

Moottoripolttoaineille ja erityisesti bensiinille altistutaan niiden tuotannon ja kuljetuksen yhteydessä (lastaus ja purku). Dieselpolttoaineet ja lentopetroli ovat vaikeammin haihtuvia, joten altistuminen hen-gitysteitse on bensiiniin verrattuna paljon vähäisempää, joskin mittaustietoa on vain vähän käytettävissä (kuva 26). Moottoripolttoaineiden tuotantoprosessit ovat suljettuja ja kauko-ohjattuja, joten aineelle al-tistutaan lähinnä huoltotehtävissä. Jakeluketjussa bensiinille altistuvista suurin ryhmä on säiliöautonkul-jettajat. Rautatie- ja laivakuljetuksissa altistuvia on vähemmän. Siirtyminen säiliöautojen lastauksessa ala-täyttöön on merkittävästi vähentänyt altistumistasoa bensiinihöyryille. Myös kaasujen talteenottojärjes-telmät vähentävät oleellisesti altistumista edellyttäen, että järjestelmiä käytetään oikein huoltoasemilla purkutilanteissa. Altistuminen bensiinin sisältämälle syöpävaaralliselle bentseenille on vähentynyt vuo-den 1994 jälkeen reformoidun bensiinin tultua markkinoille. Bensiinin lastauksessa ja purussa keskimää-räinen 8 tunnin altistumistaso bentseenille (0,1 mg/m<sup>3</sup>) on selvästi alle nykyisen raja-arvon (Vainiotalo ja Ruonakangas 1999). Myös muiden hiilivety-yhdisteiden ja oksygenaattien, kuten MTBE:n, pitoisuustasot ovat mittausten mukaan olleet alle 10 % HTP-arvoista. Kaikkiaan jakeluketjussa ja bensiinin tuotan-nessa arvioidaan bensiinihöyryille altistuvan noin 2 500 henkilöä.



Kuva 26. Työntekijöiden altistuminen bensiinille eri ajanjaksoina 1985–2003 (kaikki ammatit). Altistumistasot on arvioitu käyttäen bentseenin HTP-arvoa (3,25 mg/m<sup>3</sup>)

Ajoneuvojen korjaustyössä työskentelevät mekaanikot altistuvat bensiinille sekä hengitysteitse että ihon kautta. Ihoaltistuminen voi olla merkittävämpää kuin hengitystiealtistuminen (Laitinen ym. 1994). Ajoneuvojen korjauksessa työskentelee noin 8 000 henkilöä, joista arvioidaan altistuvan noin 2 000. Huoltoasemilla altistuvien osuus on viime vuosina pienentynyt, koska korjaus- ja huoltotyö on vähentynyt. Myös muun huoltoasemahenkilöstön määrä on pienentynyt, sillä huolto- ja jakeluasemien lukumäärä väheni viimeisen 20 vuoden aikana noin 40 %. Automaattiasemien määrä on vastaavasti lisääntynyt. Vuonna 2003 vain 3 % bensiinistä myytiin palveluperiaatteella (Öljy- ja kaasualan keskusliitto 2004). Huoltoaseman alueella työskentelevä altistuu kuitenkin pienille bensiinipitoisuuksille. Ilman bentseenipitoisuus pumpppualueella on noin 0,01 mg/m<sup>3</sup> (Vainiotalo ym. 1999).

Bensiinille altistuvia pienempiä työntekijäryhmiä ovat esimerkiksi huoltoasemien pumpunkorjaajat, mittareita tarkastavat vakaajat sekä säiliöiden huolto- ja puhdistustyöntekijät. Näissä töissä keskimääräinen 8 tunnin altistumistaso bentseenille on noin 0,2 mg/m<sup>3</sup> (Pekari ym. 2004). Altistua voi kuitenkin myös ihon kautta.

## Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat

### *Reaktiivisuus, palo- ja räjähdysvaara*

Monet orgaaniset liuottimet ja polttoaineet ovat helposti haihtuvia, syttyviä ja palavia nesteitä, jotka reagoivat hapettavien yhdisteiden kanssa ja muodostavat palovaaran. Höyryt voivat muodostaa ilman kanssa syttyvän seoksen ja aiheuttaa sisätiloissa räjähdysvaaran. Klooratut hiilivedyt eivät ole normaalilämpötiloissa palovaarallisia, mutta reagoivat voimakkaiden hapettimien kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Klooratut hiilivedyt voivat hajota auringonvalon ja korkean lämpötilan vaikutuksesta vapauttaen kloorivetyä ja joissakin tapauksissa fosgeenia.

### *Välittömät terveysvaikutukset*

Liuotin- tai bensiinihöyryt voivat ärsyttää silmän sidekalvoa, nenän ja nielun limakalvoja sekä hengitysteitä. Höyryjen hengittäminen vaikuttaa hermostoon aiheuttaen akuutteina oireina huimausta, päänsärkyä, huonovointisuutta, väsymystä ja huimausta. Roiskeet ärsyttävät silmiä ja nesteiden käsittely kuivattaa ihoa. Äkillinen, yleensä tapaturmainen altistuminen erittäin suurille liuotinhöyrypitoisuuksille voi johtaa myrkytystilaan, jopa tajuttomuuteen. Lyhytaikaisen altistumisen aiheuttamat oireet ovat yleensä kuitenkin ohimeneviä.

Liuottimien nieleminen aiheuttaa pahoinvointia, oksentelua, vatsavaivoja, päänsärkyä ja huimausta. Liuottimet, joilla on alhainen viskositeetti (esim. heksaani, liuotinbensiini ja moottoribensiini) voivat ärsyttää voimakkaasti ja aiheuttaa vakavan kemiallisen keuhkotulehduksen (R65), jos niitä joutuu keuhkoihin esimerkiksi oksennettaessa.

### *Toistuvan altistumisen vaikutukset*

Pitkäaikainen, useimmiten useita vuosia kestävä, altistuminen alifaattisten ja aromaattisten hiilivetyjen höyryille voi vahingoittaa hermostoa. Oireita ovat väsyneisyys, päänsärky, muistin ja keskittymiskyvyn heikkeneminen, unihäiriöt ja ärtyneisyys. Pitkäaikaisesta liuotinaltistumisesta voi aiheutua myös näköhäiriöitä, näkökentän supistumista ja värinäön muutoksia. Pitkäaikaisen, voimakkaan altistumisen seurauksena orgaaniset liuottimet (esim. klooratut hiilivedyt ja jotkut glykoleetterit) voivat näiden vaikutusten lisäksi vaurioittaa sisäelimiä, maksaa ja munuaisia.

Pitkäaikaisen altistumisen aiheuttamat vaikutukset ovat osittain pysyviä. Jatkuva tai toistuva ihokosketus voi aiheuttaa ihon tulehdusta, hilseilyä ja kuivumista. Edellä mainittujen vaikutusten lisäksi pitkäaikainen altistuminen suurelle heksaanipitoisuudelle voi vahingoittaa ääreishermostoa. Oireina voi olla sormien ja varpaiden puutumista ja pistelyä, raajojen lihasten heikkoutta tai jäykkyyttä, väsymystä, vatsakipuja sekä ruokahaluttomuutta.

Työministeriön päätöksen (838/1993) ja STM:n asetuksen (1232/2000) mukaan syöpävaaralliseksi Suomessa on luokiteltu seuraavat liuottimet: bentseeni, kloroformi, hiilitetrakloridi, 1,2-dikloorietaani ja 1,1,2,2-tetrakloorietaani. Näille aineille altistuneet työntekijät tulee ilmoittaa ASA-rekisteriin.

Seuraavat liuottimet on luokiteltu syöpää aiheuttaviksi EU:n jäsenmaissa:

- bentseeni, trikloorietyleeni ja 1,2-dikloorietaani (R45 aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa)
- hiilitetrakloridi, kloroformi, metyleenikloridi ja tetrakloorietyleeni eli perkloorietyleeni (R40 epäilään aiheuttavan syöpäsairauden vaaraa).

Kaikkien yksittäisten liuottimien vaikutuksesta lisääntymisröyveyteen ei ole tietoja, mutta orgaanisten liuotinaineiden katsotaan olevan perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle vaaraa aiheuttavia aineita (TMp 1044/1991). Esimerkiksi monet glykolieetterit vaikuttavat sekä lisääntymiseen että sikiöihin. Lisääntymisröyveydelle haitallisten glykolieettereiden ja niiden asetaattien terveysvaikutuksia on kuvattu tarkemmin kohdassa 4.13 Eräitä syöpää aiheuttavia ja lisääntymiselle vaarallisia kemikaaleja. Raskaana olevan naisen ei tule työskennellä tehtävissä, joissa voi altistua Suomessa ja EU:ssa karsinogeenisiksi luokitelluille liuottimille (VNa 1335/2004).

### *Yhteisvaikutukset*

Kokeellisten tutkimusten perusteella tiedetään, että jotkin liuotinaineet voivat vahvistaa toistensa vaikutuksia tai vähentää niitä. Yhteisvaikutuksella ei kuitenkaan ilmeisesti ole merkitystä työpaikoilla esiintyvillä altistumistasoilla. Käytännön työssä vaikutusten katsotaan olevan summautuvia ja siksi altistumisen arvioinnissa käytetään ns. yhteispitoisuutta.

### *Työperäiset sairaudet*

Suomessa todettiin vuosina 2001–2002 edelleen vuosittain noin 12–16 kroonista liuotinmyrkytystä (liuotinaivosairaus), jonka taudinkuva on epäspesifinen ja jonka oireita kuvattiin edellä (Työperäisten sairauksien rekisteri). Näiden usein työkyvyttömyyteen johtavien ammattitautien esiintyvyys ei ole vähentynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana, mutta niiden vaikeusaste on hieman lieventynyt. Todettuja tapauksia on kuitenkin vähemmän kuin 1980-luvulla. Ammattitauteja todetaan eniten pieniltä työpaikoilta, joissa on puutteita sekä työoloissa että työterveystarkastuksissa (Sainio 2003). Ammattikohtaisesti tarkasteltuna liuottimien aiheuttamia kroonisia aivosairauksia todettiin vuosittain 5–8 auto- ja rakennusmaalarilla vuosina 2001–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri). Muita ammatteja, joissa työperäisiä sairauksia todettiin useammalla kuin yhdellä vuodessa, olivat lattiatyöntekijät, silkkipainajat ja koneiden korjaajat. Liuotinaivosairauksien lisäksi liuottimet aiheuttivat vuosittain 9–10 muuta ammattitautia vuosina 2001–2002. Nämä taudit olivat mm. myrkytyksiä, päänsärkyä, elinvaikutuksia tai muita kognitiivisiin toimintoihin liittyviä oireita.

Edellä mainittujen tapausten lisäksi liuottimet ovat aiheuttaneet ammattitaudeiksi luokiteltua ärsytyskosketusihottumaa 12–23 henkilölle vuosittain. Muita liuottimien satunnaisesti (alle tapaus/vuosi) vuosina 1996–2003 aiheuttamia ammattitaupeja ovat olleet allerginen kosketusihottuma, allerginen astma, ylähengitysteiden yliherkkyyssreaktio, nuha ja allerginen nuha.

Bentseenin epäillään aiheuttaneen kaksi leukemiatapausta, joista toinen vuonna 1979 ja toinen vuonna 1986, sekä 1,1,1-trikloorietaanin pääalueen kasvaimen vuonna 1984 (Työperäisten sairauksien rekisteri).

### **Riskien hallinta**

Liuottimien ja moottoripolttoaineiden aiheuttamista vaaroista tunnetaan parhaiten palo- ja räjähdysvaara sekä niiden aiheuttamat huumaavat ja ärsytysvaikutukset. Siten tunnetaankin kohtuullisen hyvin tekniset torjuntatoimet, kuten ilmanvaihto ja muut palo- ja räjähdysvaaraan vaikuttavat tekijät ja laitteille asetettavat vaatimukset. Tästä lähtökohdasta on luotu kansallinen lainsäädäntö standardeineen, joka korvautuu eurooppalaisilla ATEX-työolosuhdesäädöksillä. Ne koskevat kaikkia niitä tekijöitä ja tilanteita, joissa voidaan joutua alttiiksi palavista nesteistä, kaasuista tai pölyistä aiheutuvalle räjähdysvaaralle. Räjähdysvaarallisia tiloja (Ex-tiloja) on yleensä palavien nesteiden tai kaasujen valmistuksessa, käsittelyssä tai varastoinnissa. Räjähdysuojausasiakirja tulee olla valmiina ennen räjähdysvaarallisten tilojen käyttöönottoa ja jo olemassa olevilla laitoksilla viimeistään 1.7.2006.

Liutotaineilla on myös monia muita terveydellisiä vaikutuksia sekä toisaalta niiden aiheuttama pöly- ja räjähdysvaara on erilainen, joten käyttöturvallisuustiedotteet muodostavat lähtökohdan riskien arvioinnille ja hallinnalle. Liutotaineiden terveystarvikien arviointia ja hallintaa työpaikoilla ovat auttaneet käyttöturvallisuustiedotteet ja erityisesti niiden hallinnan parantuminen työpaikoilla esimerkiksi Kemi-Arvin (Kemi-Arvi 2003) ja vastaavien järjestelmien käyttöönoton myötä. Toinen kulmakivi on HTP-arvot, joiden perusteella ilmanvaihdon riittävyttä on arvioitu sadoilla liuottimia käyttävillä työpaikoilla. Palveluselvitysten ja koulutuksen yhteydessä saatujen tietojen pohjalta voitaneen yleistää seuraavasti: kun suuria pitoisuuksia on havaittu, ilmastointia on pyritty tehostamaan kohdepoistoilla ja ilmanvaihtomääriä lisäämällä. Mittaukset ja erityisesti altistumista havainnollistavat selvitykset ovat osoittaneet, että työn tekotavalla suhteessa ilmavirtoihin ja liuottimien emissioihin on merkittävä vaikutus altistumiseen ja liuotaineiden vapautumiseen sekä ilmanvaihdon kykyyn poistaa epäpuhtaudet työntekijöiden hengitysilmastasta. Myös automatisoinnin lisääntymisen vaikutus altistumiseen on ollut ilmeinen. Se on rajannut voimakkaasti altistavien työvaiheiden osuutta työajasta tai muuttanut työskentelytapaa niin, että haihtuvat liuotaineet on voitu hallita ilmanvaihdolla. Kehittyneen automatiikan ansiosta ilmanvaihtoa ja ilmastointia voidaan myös ohjata tarpeen mukaan.

Useilla työaloilla on edennyt liuottimien korvaaminen vähemmän haihtuvalla tai vähemmän vaarallisella aineella. Tätä on edistänyt ilmansuojelunäkökohdista laadittu VOC-direktiivi, jonka perusteella on rajattu myös ilmanvaihdon seurauksena ulkoilmaan joutuvien liuottimien määrää (VNa 435/2001). Se on johtanut myös talteenottoon ja jälkipolttimien käyttöön, jolloin säästyy energiaa. Graafisella alalla käytetään yhä enemmän kasviöljypohjaisia painovärejä ja pesunesteitä. Neljän viidestä arkkioffsetpainosta on arvioitu käyttävän kyseisiä painovärejä (Kallioikoski ym. 2003). Asiakkaiden vaatimukset ympäristöä vähemmän kuormittavien tuotteiden käyttöönottamiseksi vähentävät myös liuottimien käyttöä.

Vesiohenteiset maalit ja lakat ovat korvanneet pääosan liuotinpohjaisista tuotteista. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että altistuminen liuotaineille olisi täysin loppunut, koska vesiohenteiset tuotteet sisältävät mm. glykolieettereitä. Muutamissa erikoiskohteissa tarvitaan liuotinohteisia, yleensä alifaattisia hiilivetyseoksia sisältäviä tuotteita. Parkettilakkaukseen on saatavilla vesiohenteisia vain vähän liuottimia sisältäviä polyuretaani- ja akrylaattilakkoja, mutta edelleenkin käytetään happokovetteisia, liuottimia ja formaldehydiä vapauttavia tuotteita. Vesiohenteisissa liuottimien osuus on 3–10 %, kun vastaavat liuotinohteiset lakat sisältävät liuottimia tyypillisesti 50–80 %. Siten lakan valinnalla on merkitystä myös ympäristönsuojelun kannalta. Teollisuus käyttää pääsääntöisesti liuotinpohjaisia maaleja ja lakkoja. Metalliteollisuudessa levyjen maalaukseen käytetään liuotinvapaita pulverimaaleja. Ongelmia saattaa syntyä maalipölystä ja kuumennuksen aikana vapautuvista käryistä.

Rasvanpoistossa on emäs- ja happopesuilla korvattu kloorattujen hiilivetyjen käyttöä, mutta erilaisissa höyrypesukoneissa niitä käytetään edelleen. Tällöin haihtuva liuotin otetaan yleensä talteen, ja altistumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa kapseloinnilla ja hyvin toimivilla kohdepoistoilla. Olennaisia ovat hyvät käyttöohjeet ja opastus, joilla varmistetaan laitteen asianmukainen toiminta ja se, että pestyt kappaleet kuivuvat riittävän kauan kohdepoiston vaikutuspiirissä.

Ihoaltistumisriski ja yleisemminkin käsien sekä ihon kautta tapahtuva altistuminen on Euroopassa saanut viime aikoina yhä suurempaa huomiota, koska olemassa olevia ja uusia aineita koskevassa direktiivissä vaaditaan kaikkien altistumisreittien huomioon ottoa. Tämä on johtanut vilkkaaseen mittaustutkimien kehittämiseen ihoaltistumisriskin arvioimiseksi (EU-project RISKOFDERM). Näillä menetelmillä voidaan todentaa, että on olemassa varteen otettava mahdollisuus ihoaltistumiselle, mutta sen todellinen merkitys ihon kautta imeytymiseen elimistöön vaatii vielä tulkinnan kehittämistä. Ihon suojausta liuottimilta tarvitaan myös haitallisten ihovaikutusten, kuten ärsytysihottuman, ehkäisemiseksi. Ihon suojaamista auttaa se, että markkinoilla on saatavana standardin (ASTM F739, EN374) mukaisia testattuja kemikaalinkestäviä käsineitä. Testeillä on selvitetty eri liuottimien läpäisyajat, mikä antaa käyttäjälle hyvät mahdollisuudet valita työtehtävään tarkoituksenmukaisen käsinemateriaalin ihoaltistumisen estämiseksi. Myös hengityksensuojainten suojaustehokkuus ja käyttömukavuus ovat kehittyneet myönteisesti. Hyvä esimerkki tästä on hupulla varustettu puhaltimella toimiva kaasusuodatin. Käyttöturvallisuustiedotteista saa tätä nykyä joskus hyvinkin täsmällistä tietoa sopivien henkilönsuojainten valinnasta. Ihoal-

tistumisen osuutta kokonaisaltistumisesta voidaan mitata biomonitoroinnilla. Se tarjoaa myös hyvän mahdollisuuden testata suojautumisvälineiden, hengityksensuojainten ja ihoaltistumista estävien suojainten toimivuutta.

Moottoripolttoaineiden ja erityisesti bensiinihöyryjen altistumistasojen laskuun ovat vaikuttaneet muutokset säiliöautojen lastausmenetelmässä sekä bensiinihöyryjen talteenottojärjestelmien käyttöönotto lastaustermiinaaleissa ja jakeluasemilla. Lisäksi auton tankkauksessa toimivat höyryjen talteenottojärjestelmät ovat vähentäneet asiakkaan altistumista. Altistumisen laatuun on vaikuttanut lyijyä sisältävän bensiinin korvautuminen uudella lyijyttömällä bensiinillä, jossa aromaattisten hiilivetyjen ja bentseenin pitoisuutta on pienennetty ja oksygenaatteina käytetään MTBE:iä ja TAME:iä. EU on selvittänyt näiden aineiden terveysriskejä. MTBE:n arviointiraportissa todetaan erityisesti haitallisten iho vaikutusten riski, joten esimerkiksi autokorjaamoalalla suojakäsineiden käyttöä ja oikeaa valintaa tulisi korostaa. Koska hyvin yleinen bensiinille altistava huoltotyö on bensiinipumpun suodattimen vaihto, suositellaan MTBE:n arviointiraportin perusteella, että suodattimen ja pumpun paikkaa autoissa muutettaisiin ihoaltistumisen minimoimiseksi (Commission Recommendation... 2001).

## Suositukses

- Suomessa todetaan edelleen vuosittain ammattitautina toistakymmentä kroonista liuotinainemyrkytystä. Altistumisen torjuntaan ja seurantaan on jatkossakin panostettava niissä töissä, joissa yleisesti on suuria liuotinainepitoisuuksia.
- Vakavat liuotinaineiden haittavaikutukset ovat painottuneet pienille työpaikoille, joiden altistumistasoista on kuitenkin vain niukasti tai ei ollenkaan mittaustietoa. Usein myös altistavimmat työt ovat siirtyneet alihankkijoille. Uutta tutkimustietoa tarvitaan altistumisesta ja työolosuhteista pientyöpaikoilla, jotta voitaisiin arvioida ja tehokkaammin vähentää liuotinaineisiin liittyviä terveysriskejä.
- Monen ammatin tai toimialan työpäivän aikainen keskiarvoaltistumistaso tunnetaan puutteellisesti samoin kuin altistavien töiden osuus esimerkiksi vuotuisesta työajasta. Altistumistiedot ovat välttämättömiä terveysriskien arvioimiseksi. Tilanteen parantamiseksi tutkimusten lisäksi työpaikkoja tulisi kannustaa mittaamaan altistumistasoja nykyistä useammin. Työpaikat ja työterveyshuollot voivat mitata työpäivän aikaista ilman liuotinhöyrypitoisuutta esimerkiksi tarkoitukseen sopivilla passiivisilla altistumismittareilla.
- Altistumisen todellinen merkitys ihon läpi imeytymisen kautta vaatii tarkempaa arviointia, jossa otetaan huomioon mm. luottimien haihtuvuus. Käytännössä suurin osa helposti ja suhteellisen haihtuvista aineista haihtuu iholta ilmaan ennen kuin ne ehtivät imeytyä elimistöön.
- Lisääntymisterveydelle haitallisten etyleeniglykolieettereiden ja niiden asetaattien käytöstä tulee luopua. Raskauden aikana liuotinaineille altistumista olisi muutenkin vältettävä. Terveystenhuoltohenkilökunnan tulisi seurata raskaana olevien altistumistasoa ja tarpeen vaatiessa toimia erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaisesti.
- Työntekijöiden turvallisuuden takaamiseksi tulisi asettaa HTP-arvot kaikille yleisimmin käytetyille liuottimille. Nyt listalta puuttuu esimerkiksi TAME sekä useita glykolieettereitä ja niiden asetaatteja.
- Sisätiloihin tarkoitettuja liuotinpitoisia maaleja ja liimoja on lähes täydellisesti korvattu vesipohjaisilla tuotteilla. Tuotteet sisältävät kuitenkin pieniä määriä liuottimia (esim. glykolieettereitä) ja säilöntäaineita (esim. formaldehydivapauttajia). Näiden aineiden vapautuminen käytetyistä tuotteista ja sen kautta vaikutus sisäilman laatuun vaatii tarkempaa selvitystä.
- Biomonitorointi on ensisijainen altistumisen arviointimenetelmä aineille, jotka imeytyvät hyvin ihon kautta, kuten glykolieetterit. Biomonitorointi kuvaa yleensä hyvin työpäivän keskimääräistä altistumista. Liuotinseosten osalta on altistumista seurattava biomonitoroinnin lisäksi myös pitoisuusmittauksin ilmasta, jotta kokonaisaltistuminen tulisi otetuksi huomioon.
- Altistumisen vähentäminen ja seuranta on erityisesti tarpeen työpaikoilla, joissa käytetään syöpävaaralliseksi todettuja liuottimia. Ne voivat aiheuttaa sairastumisriskin myös pienemmissä liuotinainepitoisuuksissa.

## Lähteitä

- Ahonen I, Riipinen H: Liuotinainealtistuminen Hämeen työsuojelupiirin alueen työpaikoilla. Työsuojelujulkaisuja 17. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 1998.
- Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2002–2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)
- Commission Recommendation of the results of the risk evaluation strategies for the substances: acetaldehyde; dimethyl sulphate, nonylphenol phenol, 4-nonyl-, branched; tert-butyl methyl ether. Official Journal of the European Communities 2001;L 319:30–44.
- Engström K, Hautalampi T, Henriks-Eckerman M-L, Nikkilä A: Kemikaalialtistuminen automaalaamoissa. Työsuojelujulkaisuja 35. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 2000.
- Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.
- Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 11. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
- HTP-arvot 2002. Työsuojelusäädöksiä 3. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, työsuojeluosasto, Kemian työsuojeluneuvottelukunta, Tampere 2002.
- HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön ohjeita 2005:10. Helsinki 2005.
- Johanson G, Boman A: Percutaneous absorption of 2-butoxyethanol vapour in human subjects. *Br J Ind Med* 1991;48:788–792.
- Kalliokoski P, Hautamäki M, Pasanen P ym.: Lähdeprofiilianalyysin käyttö liuottimien sisälähteiden vaikutuksen arviointiin pk-yrityksissä. Työsuojelurahaston loppuraportti 101312. Kuopion yliopisto, Kuopion aluetöterveyslaitos, Kuopio 2003.
- Kemi-Arvi. Tietokoneohjelma yrityksen kemikaalien luetteloinnin ja työpaikan kemiallisten riskien arvioinnin apuvälineeksi. Tampereen teknillinen yliopisto, Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 2003.
- Laitinen J: Correspondence between occupational exposure limit and biological action level for alkoxyethanols and their acetates. *Int Arch Occup Environ Health* 1998;71:117–124
- Laitinen J, Kangas J, Pekari K, Liesivuori J: Short-time exposure to benzene and gasoline at garages *Chemosphere* 1994;28:197–205.
- Laitinen J, Liesivuori J, Harvima R: Pitkäketjuisten 2-(2-alkoksyetoksi) etanolien työhygienisen riskin arvioinnin kehittäminen erityisesti liuotinaineiden yhteisaltistumisessa. Työsuojelurahaston loppuraportti 98383. Kuopion aluetöterveyslaitos, Kuopio 2001.
- Laitinen J, Pulkkinen J: Biomonitoring of 2-(2-alkoxyethoxy)ethanols by analysing urinary 2-(2-alkoxy)ethoxyacetic acids. *Toxicol Letters* 2005;156:117–126
- Lyly O, Riki V, Syrjälä V: Haihtuvien hiilivetyjen (VOC) vuosipäästöt Helsingissä 1998–1999. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2000. Helsinki 2000.
- Mroueh U-M: Orgaanisten liuottimien käyttö Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja -sarja A 156. Helsinki 1993.
- Nikkilä A, Hautalampi T, Engström K: Kemikaalialtistus metallialan maalaamoissa. Työsuojelujulkaisuja 21. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 1998.
- Orgaaniset liuottimet. Kirjassa: Työhygienia, Työolot ja niiden parantaminen. Toim. P Kalliokoski ym. Työterveyslaitos, Helsinki 1992, 125–128.

- Pekari K, Vainiotalo S, Kuusimäki L, Peltonen Y: Exposure to MTBE, TAME and aromatic hydrocarbons during gasoline pump maintenance, repair and inspection. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki 2004.
- Piirainen H, Elo A L, Hirvonen M ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus v. 2000. Taulukkoraportti. Helsinki, Työterveyslaitos 2000.
- Piirainen H, Elo A L, Kankaanpää E ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus v. 1997. Taulukkoraportti. Helsinki, Työterveyslaitos 1997.
- Piirainen H, Hirvonen M, Elo A L ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus 2003. Taulukkoraportti. Helsinki, Työterveyslaitos 2003.
- Rakennusterveys-aihesivusto, Työterveyslaitos 2005. (<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Rakennusterveys>)
- Rantala K, Riipinen H, Anttila A: Halogeenihiilivedyt. Altisteet työssä 22. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.
- Riala R, Kaukiainen A, Riihimäki H ym.: Rakennusmaalarien kemikaalialtistuminen ja siitä aiheutuvat terveyshaitat. Työsuojelurahaston loppuraportti 99242. Työterveyslaitos, Helsinki 2002.
- Riipinen H, Rantala K, Anttila A: Orgaaniset liuotinaineet. Altisteet työssä 10. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.
- Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Ammatissaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
- Sainio M: Liuotinaineiden aiheuttamien hermostovaurioiden seulonta. Biomonitorointiuutiset 2003:2. Työterveyslaitos, Helsinki.
- STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)
- TUKES opas. ATEX räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. Turvatekniikan keskus, Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 2003.
- Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.
- Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 1994–2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)
- Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.
- Uuksulainen S O, Heikkilä P R, Olkinuora P, Kiilunen M: Prevalence of self-reported occupational health hazards, and exposure to airborne impurities and noise in shoe repair work. *Int J Occup Environ Health* 2002;8(4):320–327.
- Vainiotalo S, Peltonen Y, Ruonakangas A, Pfäffli P: Customer exposure to MTBE, TAME, C<sub>6</sub> alkyl methyl ethers, and benzene during gasoline refuelling. *Environ Health Perspect* 1999;107:133–140.
- Vainiotalo S, Ruonakangas A: Tank truck driver exposure to vapors from oxygenated or reformulated gasolines during loading and unloading. *Am Ind Hyg Assoc J* 1999;60(4):518–525.
- Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta (435/2001).
- Öljy- ja Kaasualan keskusliitto, Helsinki 2004. (<http://www.oil-gas.fi>)



## 4.7 Styreeni

Helena Kivistö, Hannu Norppa, Kaija Pekari

### Käyttö ja esiintyminen työssä

Styreeni (CAS 100-42-5) on aromaattinen hiilivety, jossa on bentseenirenkaaseen liittyneenä reaktiivinen vinyyliryhmä,  $C_6H_5CH=CH_2$ . Se on haihtuva ja palava aine, joka polymeroituu ja hapettuu helposti. Tämän vuoksi sitä on säilytettävä joko reagoimattomassa kaasussa valolta suojattuna tai siihen on lisättävä stabilisaattoreita.

Styreenin maailman laajuinen käyttö vuonna 1998 oli noin 18 miljoonaa tonnia, josta Länsi-Euroopan osuus oli vähän yli 4 miljoonaa tonnia (IARC 2002). Vuonna 2003 styreeniä valmistettiin Suomessa noin 27 000 tonnia ja tuotiin maahan noin 264 000 tonnia (STTV 2003). Styreeniä käytetään muoviteollisuudessa tyydyttämättömien polyesterihartsien valmistuksessa silloittavana monomeerinä, polystyreenin (PS) ja styreenibutadienilateksin (SB-lateksi) valmistuksessa sekä kumiteollisuudessa styreenibutadienikummin (SBR) valmistuksessa. Suomessa valmistettavat kolme polystyreenilaatua ovat solupolystyreeni (EPS) sekä iskunkestävä (SB) ja lasinkirkas polystyreeni (PS). Lisäksi Suomessa työtetään styreeniakrylinitriiliä (SAN) ja akrylinitriilibutadienistyreeniä (ABS). Polystyreenit ovat kestumuoveja, joita työtetään lämmön avulla ruiskupuristuksella, suulakepuristuksella, syvävedolla ja kuumalankaleikkauksella. Styreenimuoveja käytetään erilaisissa kylmä- ja lämpöeristyksissä, pakkauksissa ja käyttötavaroissa. Suomessa valmistettua SB-lateksia käytetään pääasiassa paperi- ja kartonkiteollisuudessa sideaineena pigmenttipäällystyksessä. Kumiteollisuus käyttää synteettistä SBR:ä autojen ja muiden kulkuneuvojen renkaiden valmistukseen. Styreeniä käytetään lujitemuoviteollisuudessa tyydyttämättömien polyesterihartsien reaktiivisena liuottimena. Styreeni reagoi polyesterihartsin kanssa muodostaen poikkisiltoja hartsi-molekyylien välille, jolloin hartsi samalla kovettuu.

Veneteollisuus käyttää yli puolet kaikesta lujitemuovista Suomessa. Pääasialliset työstömenetelmät ovat käsin laminointi ja ruiskutus. Toiseksi suurin lujitemuovin käyttäjä on prosessiteollisuus, jolle lujitemuovitehtaat valmistavat korroosionkestäviä putkia ja säiliöitä kelaamalla, käsin laminoimalla sekä jonkin verran ruiskuttamalla ja keskipakovalulla. Prosessiteollisuus käyttää lujitemuovia myös asennus- ja korjauslaminointeihin. Muita lujitemuovista valmistettavia tuotteita ovat rakennusten seinä- ja kattoelementit, autojen ja muiden kuljetusvälineiden korit ja muut osat, altaat, suojakotelot sekä vapaa-ajan urheiluvälineet.

Styreeniä sisältäviä kaksikomponenttisia polyesterilakkoja ja maaleja käytetään lähinnä joidenkin sähkölaitteiden pinnoittamiseen ja suojaamiseen. Styreenipitoisia polyesterikittejä ja -liimoja käyttävät autokorjaamot.

### Altistuminen työssä

Suomessa styreenille altistuu noin 3 500 työntekijää (FINJEM 2003). Kun polystyreeniä työtetään kestumuoviraaka-aineena, siitä irtautuu styreeniä vain hyvin vähän. Siten työilman pitoisuudet ovat jääneet säännöllisissä mittauksissa alle  $2 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \cdot \text{n}$ . Styreenin  $\text{HTP}_{8\text{h}}$ -arvo on  $20 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  ( $86 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) ja  $\text{HTP}_{15\text{min}}$ -arvo  $100 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  ( $430 \text{ mg}/\text{m}^3$ ). Liiallisia styreenipitoisuuksia ei ole havaittu ilmassa myöskään styreeniä polymeroitaessa tai valmistettaessa polymeeristä edelleen vesipitoisia latekseja ja niitä käytettäessä. Sen sijaan lujitemuoviteollisuudessa on yleisesti mitattu suuria styreenipitoisuuksia, kun käytetään polyesterihartseja. Liuottimena oleva styreeni polymeroituu hartsiin vasta tuotetta kovetettaessa. Laminointivaiheessa tästä styreenistä haihtuu noin 10 % ilmaan. Käsi- ja ruiskulaminoijien keskimääräinen styreenille altistuminen on usein ylittänyt  $\text{HTP}$ -arvon. Työilman styreenipitoisuuden mittausten keskiarvo vuosina 1998–2000 oli veneiden valmistuksessa  $219 \text{ mg}/\text{m}^3$ , muovityöntekijöillä yleensä  $70 \text{ mg}/\text{m}^3$  ja maalauksessa  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Vuosina 1994–2000 tehdyissä mittauksissa työpaikan ilman styreenipitoisuuksien keskiarvo mm. lateksien ja hartsin valmistuksessa oli  $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ , pinnoitettaessa paperia ja kartonkia lateksilla  $2 \text{ mg}/\text{m}^3$  ja moottoriajoneuvojen korjauksessa  $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

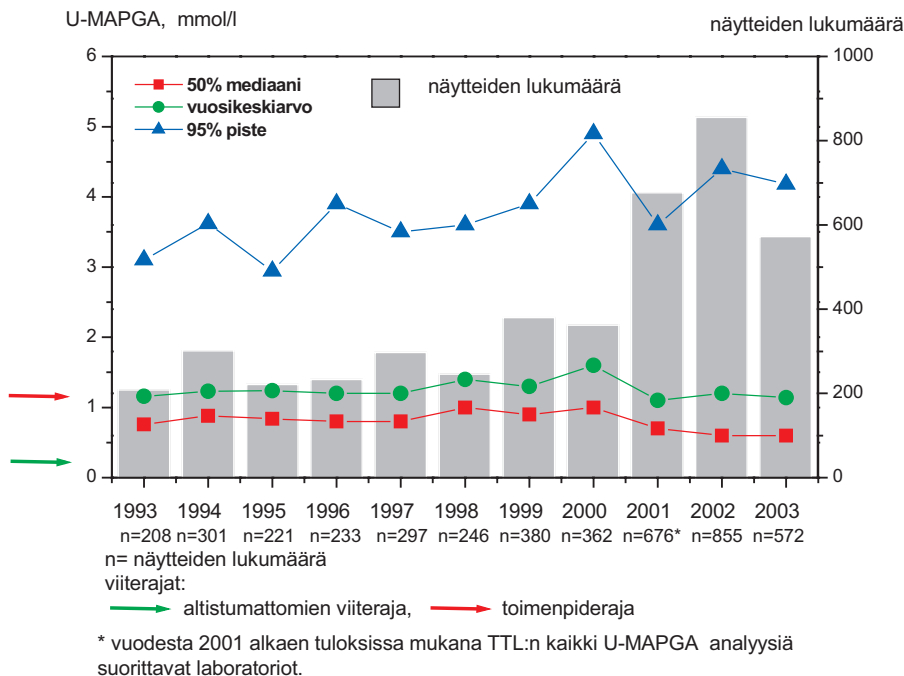
Työntekijöiden elimistöön imeytyneen styreenin määrää seurataan määrittämällä virtsaan erittyvien aineenvaihduntatuotteiden eli manteli- ja fenyyli glykoksyylihapon pitoisuus. Biomonitooroinnin toimen-

pideraja on 1,2 mmol/l (näiden aineenvaihduntatuotteiden yhteenlaskettu pitoisuus virtsassa) ja altistumattomien viiteraja 0,2 mmol/l. Kuvaan 27 on koottu tietoja Työterveyslaitoksen Biomonitorointilaboratoriossa ja vuodesta 2001 alkaen kaikissa Työterveyslaitoksen laboratorioissa tehdyistä manteli- ja fenyyliglykoksyylihapon määrityksistä. Suurin osa näytteistä tulee lujitemuoviteollisuudesta. Altistumistasot ovat laskemassa hyvin hitaasti. Toimenpiderajan (1,2 mmol/l) ylitti kaikista mittauksista 34 % vuosina 1998–2000 ja 29 % vuosina 2001–2002. Toimenpiderajan ylittävät arvot on mitattu laminointityötä tekevilta tai samassa tilassa työskenteleviltä muovityöntekijöiltä pienehköillä työpaikoilla. Joillakin työpaikoilla on mitattu hyvin suuria pitoisuuksia, jopa 30 mmol/l. Kuitenkin nykyään uusia työtiloja on jo suunniteltu onnistuneesti, ja joillakin työpaikoilla jopa veneteollisuudessa on biomonitoroinnin toimenpiderajan ylityksiä saatu selvästi vähenemään.

## Terveyshaitat

Styreeni imeytyy elimistöön pääasiassa hengitysteitse, vähän myös ihon läpi. Elimistöön joutuneesta styreenistä 2–3 % erittyy sellaisenaan hengitysilmaan ja yli 90 % muuttuu pääasiassa maksassa aineenvaihduntatuotteiksi, jotka erittyvät virtsaan. Näistä tärkeimmät ovat manteli- ja fenyyliglykoksyylihappo. Mantelihapon erittymisen puoliintumisaika heti altistumisen päätyttyä on 2,5–9,4 tuntia ja fenyyliglykoksyylihapon noin 10,5 tuntia. Styreenin aineenvaihdunnassa syntyvistä reaktiivisista yhdisteistä tärkeimpänä pidetään styreenin ensimmäistä aineenvaihduntatuotetta styreeni-7,8-oksidia, joka muuntuu elimistössä mm. manteli- ja fenyyliglykoksyylihappoksi. Pieni osa styreenioksidista liittyy glutationiin ja erittyy virtsaan merkaptuurihappoina. Noin puolella väestöstä styreenioksidin sitoutumisessa glutationiin on peritty vajaus, joka alentaa virtsaan erittyvän merkaptuurihapon määrää (Haufroid ym. 2002) ja saattaa lisätä styreenin haittavaikutuksia kudoksissa.

Lyhytaikainen altistuminen höyrypitoisuudelle 200 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (860 mg/m<sup>3</sup>) aiheuttaa lievää ylähengitysteiden limakalvojen ja silmien ärsytystä. Pitoisuusalueella 400–600 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (1 700–2 600 mg/m<sup>3</sup>) esiintyy päänsärkyä, ruokahaluttomuutta, huonovointisuutta, heikkoutta ja silmien kirvelyä. Viimeaikai-



Kuva 27. Virtsan manteli- ja fenyyliglykoksyylihappojen summan (U-MAPGA) vuosittaiset pitoisuustasot vuosina 1993–2003 (Hirvonen ja Valkonen 2004)

sisäilmäolosuhteissa styreenin on todettu mm. alentavan korkeiden äänien havaitsemiskynnystä, visuoomotorista tarkkuutta ja kielellistä oppimiskykyä sekä aiheuttavan palautuvaa värinäön heikkenemistä 25–50 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>:n (107–213 mg/m<sup>3</sup>) altistumistasoilla (IARC 2002, WHO 2000).

Pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa keskushermoston toiminnan häiriöitä, kuten epätavallista väsymystä, keskittymisvaikeuksia ja reaktioaikojen pitenemistä. Nestemäinen styreeni imeytyy jossain määrin ihon läpi. Ihokosketus laajalla alueella voi aiheuttaa samanlaisia vaikutuksia elimistössä kuin hengitysteitse altistuminen. Toistuva tai pitkäaikainen ihokosketus voi aiheuttaa ärsytysihottumaa. Suuret höyrypitoisuudet ilmassa ärsyttävät myös ihoa.

Styreeni on perimämyrkyllinen olosuhteissa, joissa se voi muuttua styreenioksidiksi (WHO 2000). Lujitemuoviteollisuudessa styreenille altistuneiden työntekijöiden veren valkosoluissa on havaittu kromosomuutosten lisääntymistä, kun keskimääräiset ilman styreenipitoisuudet ovat olleet yli 20–30 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (85–128 mg/m<sup>3</sup>) (WHO 2000). Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC 2002) on luokitellut styreenin ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (luokka 2B). Ammatillisen styreenialtistumisen epäillään liittyvän vertamuodostavan kudoksen syöpiin. IARC (1994) on arvioinut styreenioksidin todennäköisesti ihmisellä syöpää aiheuttavaksi (luokka 2A) lähinnä eläinkokeiden (riittävä näyttö) ja perimämyrkyllisyyden perusteella. Styreeni ei kuulu Suomessa syöpävaaraa aiheuttavien kemikaalien luetteloon, sen sijaan styreenioksidi kuuluu (VNa 623/2004). Styreenialtistuneilla on kuitenkin todettu kolme uutta ammattitautia vuonna 2000 ja 2004. Lisäksi ammattitautiepäilyn vuoksi on tutkittu yhtätoista työntekijää, joilla ei ainakaan toistaiseksi ole todettu ammattitautia. Organaisena liuottimena styreeni on raskaudelle tai sikiölle vaaraa aiheuttavien aineiden luettelossa.

## Riskien hallinta

Styreenin käyttö lisääntyi vuosina 2001–2003 noin 23 %. Lujitemuoviteollisuudessa altistumistasot styreenille ovat pysyneet korkeina. Biomonitoroinnin toimenpideraja ylittyi vuonna 2003 analysoiduissa virtsanäytteissä 145 lujitemuovityöntekijällä. Toimenpiderajan ylittäneiden tulosten määrä on ollut yli 30 % kaikista analyysituloksista lähes koko tilastointiajan (vuodesta 1993 lähtien). Vuonna 2003 toimenpiderajan ylittäneet näytteet tulivat 76 eri lujitemuovityöpaikalta, lähinnä venevalmistuksesta. Nykyisin ylitykset koskevat pienehköjä työpaikkoja, joissa myös työskennellään vanhoissa tiloissa. Lujitemuoviteollisuudessa altistuminen näyttää vähentyvän uusien, hyvin suunniteltujen teollisuushallien rakentamisen myötä. Tärkeimpiä tekijöitä altistumisen vähentämisessä ovat tällöin yleistuuletus, suljetummat ja automaattisemmat työmenetelmät, tehokas kohdeilmanvaihto sekä tarvittaessa henkilönsuojainten käyttö.

Työntekijän riskinhallinnassa altistumisen yksilökohtainen arviointi, joka styreenin osalta saadaan kokonaisvaltaisesti biomonitoroinnilla, on tärkeä vaihe selvitettyä ja toimeenpantaessa parannustarpeita riskin minimoimiseksi.

## Lähteitä

Aitio A, Luotamo M, Kiilunen M (toim.): Kemikaalialtistumisen biomonitorointi. Työterveyslaitos, Helsinki 1995.

Asetus sairausvakuutusasetuksen muuttamisesta (717/1991).

Biologisten altistumismittausten rekisteri. Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Haufroid V, Jakubowski M, Janasik B et al.: Interest of genotyping and phenotyping of drug-metabolizing enzymes for the interpretation of biological monitoring of exposure to styrene. *Pharmacogenetics* 2002;12:691–702.

Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 11. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Some industrial chemicals. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 60. IARC, Lyon 1994.

IARC. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 82. IARC, Lyon 2002.

Kalliokoski P, Pfäffli P, Riihimäki V ym. (toim.): Työhygienia, Työolot ja niiden parantaminen. Työterveyslaitos, Helsinki 1992.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Valtioneuvoston asetus syöpää aiheuttavista, perimää vaurioittavista ja lisääntymiselle vaarallisista aineista koskevista kielloista ja rajoituksista (623/2004).

WHO. 5.12 Styrene, In: Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition, Complete Version. WHO Regional Publications, European Series No. 91. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 2000. CD-ROM, 2001. ([http://www.euro.who.int/document/aq/5\\_12styrene.pdf](http://www.euro.who.int/document/aq/5_12styrene.pdf))

## 4.8 Muovit ja lämpöhajoaminen

*Kerstin Engström, Peter Backlund, Maj-Len Henriks-Eckerman*

### **Yleistä lämpöhajoamisesta ja lämpöhajoamistuotteista**

Polymeerien lämpöhajoamisessa lämpöenergia aiheuttaa polymeerisidosten katkeamista. Katkeamiskohtiin muodostuu aktiivisia keskuksia (syntyy vapaita radikaaleja). Radikaalit ovat pysymättömiä yhdisteitä, jotka hajoavat helposti. Tämä johtaa uusiin katkeamisreaktioihin ja pysyvien hajoamistuotteiden muodostumiseen. Jos hajoaminen tapahtuu happipitoisessa ympäristössä, puhutaan oksidatiivisesta lämpöhajoamisesta, ja hapen puuttuessa on kysymyksessä pyrolyysi. Ilmassa tapahtuva lämpöhajoaminen on näiden molempien yhdistelmä. Ilman läsnä ollessa happimolekyylit reagoivat osaksi polymeerimolekyylien tai primaaristen hajoamistuotteiden (monomeerien, oligomeerien) kanssa muodostaen peroksidiryhmiä, jotka hajoavat ja muodostavat vuorostaan vapaita radikaaleja (alkoksiradikaaleja). Tällöin muodostuu reaktiotuotteiksi ns. sekundaarisia hajoamistuotteita, kuten hiilimonoksidia ja -dioksidia, vettä, typen oksideja, aldehydejä, ketoneja ja karboksyylihappoja. Myös polymeerin lisäaineet, kuten palonesto-, täyte-, pehmitin-, vaahdotus-, antistaattiset ym. lisäaineet, haihtuvat ja hajoavat aiheuttaen epäpuhtauksia ilmaan. Lämpöhajoamisessa syntyvien yhdisteiden määrään ja laatuun vaikuttavat mm. polymeerin fyysikaalinen muoto (kalvo, rakeisuus jne.), polymeerin lisäaineiden laatu ja määrä, lämpötila sekä läsnä olevan hapen määrä.

Polymeerien työstössä ja lämpökäsittelyssä työhygieenisesti tärkeimpinä hajoamistuotteina voitaneen pitää orgaanisia yhdisteitä. Näitä esiintyy kaasumaisina, aerosoleina (sumuina) ja kiinteinä hiukkasina (pölyinä). Yleisesti pienimolekyylisten tuotteiden osuus kasvaa lämpötilan noustessa.

Primaariset hajoamistuotteet ovat hiilivetyjä, jos hajoava polymeeri sisältää pelkästään hiiltä ja vetyä, kuten polyolefineissa. Jos polymeerissä on tyyppiä, syntyy myös typpipitoisia yhdisteitä, kuten isosyanaatteja, ammoniakkeja ja syanideja. Fluori- ja klooripitoisista polymeereistä muodostuu fluori- ja kloorivetyä sekä halogenoituja orgaanisia tuotteita. Happipitoisista polymeereistä syntyy sekä epäorgaanisia että orgaanisia happiyhdisteitä.

### **Altistuminen työssä**

Suomessa on viisi muoveja valmistavaa yritystä ja 600 muovituotteita valmistavaa yritystä. Tavallisimmat muovit ovat low-density-polyeteeni (PE-LD), high-density-polyeteeni (PE-HD), polypropeeni (PP), polystyreeni (PS), polyeteenitereftalaatti (PET) ja polyvinyylikloridi (PVC). Muoviteollisuus työllistää noin 16 300 henkilöä, joista työskenteli muovien valmistuksessa 2 165 ja muovituotteiden valmistuksessa 14 120 vuonna 2001.

Lämpöhajoamistuotteille voi altistua sulamisen yhteydessä, kun muokataan polymeerit lopullisiksi muovituotteiksi, polymeerituotteiden ja niitä sisältävien materiaalien hitsauksessa, polttoleikkauksessa ja muissa lämpöä tuottavissa työvaiheissa sekä tulipalojen yhteydessä. Syntyvät lämpöhajoamistuotteet aistitaan usein epämiellyttävinä hajuina ja ärsyttävinä käryinä.

### **Muovituotteiden työ**

Muovit luokitellaan materiaalin muokattavuuden mukaan kertamuoveihin (lujitemuovit, esim. veneet) ja kestonuoveihin (esim. muoviputket). Kertamuovien rakenne on silloittunut eikä niitä voi muovata uudelleen lämmön avulla. Kestomuoveja puolestaan voidaan sulattaa useita kertoja ilman kemiallisen rakenteen hajoamista.

Muovituotteiden valmistus on monimuotoinen tuotannonhaara, jossa on käytössä kymmenkunta eri työstömenetelmää sekä lukuisia muunnelmia niistä. Menetelmänkehitys on ollut nopeaa ja ammattiterminologia on monin paikoin laaja.

Kaikkiaan kestonuovituotteiden parissa työskentelee Suomessa lähes 500 yritystä, joista valtaosa on pieniä ja pitkälle erikoistuneita valmistajia ja yrittäjiä. Muovit hankitaan tehtaalle valmiina polymeerinä yleisimmin rakeina, joskus jauheena tai muussa muodossa. Osa yrityksistä työstää tuotteita lähtien puolivalmisteista, kuten muovilevyistä ja vastaavista.

Kertamuovit hankitaan tuotteita valmistavaan tehtaaseen yleensä nestemäisinä hartseina. Raaka-aineet muodostavat polymeerirakenteen vasta työstettäessä. Kertamuovituotteita valmistetaan Suomessa pääosin laminoimalla käsin ja harvemmin automatisoidusti. Eräät yritykset valmistavat kertamuovituotteita myös erilaisilla suljetuilla muoteilla. Kaikkiaan kertamuovituotteita valmistaa maassamme runsaat 200 yritystä.

Kerta- ja kestopuovien valmistusmenetelmät riippuvat valmistettavasta tuotteesta ja käytetyistä raaka-aineista. Yleisimpiä menetelmiä ovat suulakepuristus (ekstruusio), ruiskuvalu (ruiskupuristus), kalvonpuhallus (kalvoekstruusio), rotaatiovalu, syväveto ja kalanterointi.

Esimerkkejä eri muovien työstössä syntyneistä lämpöhajoamistuotteista on taulukossa 24.

### Muovien jälkikäsittely

Pintakäsiteltyjä (esim. maalattuja ja muovipinnoitettuja) metalleja hitsataan, hiotaan ja polttoleikataan eri teollisuuden aloilla, kuten telakoilla, konepajoissa, autokorjaamoissa ja rakennuksilla. Runsaimmin hajoamistuotteita maaleista syntyy korjaustöissä, valmiiksi maalattujen pintojen polttoleikkauksessa ja oikaisukuumennuksessa. Useimmin altistuvia työntekijäryhmiä ovat hitsaajien ohella levysepät, elektro-niikkateollisuuden työntekijät, putkiasentajat, oikaisulevysepät ja korjaustoiminnassa polttoleikkaajat. Metalliteollisuus työllistää Suomessa reilut 212 000 henkilöä.

Eri lämpötila-alueilla syntyy erilaisia hajoamistuotteita. Hitsauksessa, aivan hitsisauman vieressä orgaaninen materiaali palaa käytännössä kokonaan, mutta etäisyyden kasvaessa lämpötila laskee ja muodostuu erilaisia välituotteita.

Myös pintakäsiteltyjen rakenteiden korjauksessa voi muodostua lämpöhajoamistuotteita. Maalien lämpöhajoamistuotteille voidaan altistua esimerkiksi saneeraustyömailla poistettaessa maalia kuumentamalla. Herkistäviä anhydrideja (klorendihappoanhydridia ja ftaalihappoanhydridia) on löytynyt esimer-

Taulukko 24. Esimerkkejä muovien työstössä syntyneistä lämpöhajoamistuotteista, joita voidaan käyttää altistumisen indikaattorina

muovi/polymeeri	prosessi	mitatut hajoamistuotteet	pitoisuustaso, mg/m <sup>3</sup>
polyolefiinit (PE, PP)	ruiskupuristus ja -puhallus, kalvon suulakepuristus ja päällystys	aerosoli	0,4–0,6
		formaldehydi	0,04–0,08
		asetaldehydi	0,06–0,11
		muurahaishappo	0,29–0,43
		etikkahappo	0,12–0,20
styreenimuovit*	ruiskupuristus, syväveto	styreeni	0,13–0,21
		aerosoli	0,4–1,1
		formaldehydi	0,05–0,07
		asetaldehydi	0,04–0,1
		muurahaishappo	0,15–0,38
polyvinyylidikloridi	suulakepuristus, kalanterointi	aerosoli	0,4–0,7
		formaldehydi	0,02–0,1
		asetaldehydi	0,04–0,2
		muurahaishappo	0,02–0,03
		etikkahappo	0,12
	ruiskupuhallus	DEHP	0,03–0,5
		ftaalihappoanhydridi	0,0002–0,0003
		kloorivety	0,12–0,15
		aerosoli	0,4–0,7
		formaldehydi	0,04
polyuretaani	ruiskuvalu	asetaldehydi	0,04
		muurahaishappo	0,02
		etikkahappo	0,02
		kloorivety	0,04
		di-isosyanaatit	< 0,0002

\*PS, IPS, ABS, SAN

kiksi klooratun polyesterimaalin lämpöhajoamishuurusta. Lämmön vaikutuksesta polyuretaanituotteista vapautuu raaka-aineina käytettyjä di-isosyanaatteja sekä monoisosyanaatteja (metyyli-isosyanaatti, isosyaanihappo ICA) ja aminoisosyanaatteja.

#### Epäorgaaniset lämpöhajoamistuotteet

Useimmista muoveista alkaa kehittyä hiilimonoksidia lämpötilan ylittäessä 300 °C edellyttäen, että happipitoisuus ympäröivässä ilmassa on samanaikaisesti alhainen. Typpipitoisista polymeereistä kehittyä hiilimonoksidin lisäksi syaanivetyä, normaalisti yli 400 °C:een lämpötiloissa. Typen oksidit vaativat muodostukseen korkeampia lämpötiloja. Klooripitoisista polymeereistä, kuten polyvinyylikloridista, muodostuu kloorivetyä jo suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa (stabiloitumattomat PVC-muovit < 200 °C).

#### Orgaaniset lämpöhajoamistuotteet

Orgaaniset lämpöhajoamistuotteet esiintyvät kaasumaisina, aerosoleina ja kiinteinä hiukkasina. Kaasumaisia ja muita helposti haihtuvia yhdisteitä on tutkittu eniten. Toisaalta tiedetään, että hiukkaset adsorboivat helposti pintaansa nesteitä ja kaasuja, jotka näin ollen helpommin voivat kulkeutua keuhkoihin.

Polyuretaanien lämpöhajoaminen alkaa, kun lämpötila ylittää 200 °C. Monomeerejä vapautuu lämpötiloissa 200–400 °C ja lämpöhajoaminen on suurimmillaan 300 °C:een lämpötilassa.

Maalien kuumennuksessa syntyvät haitalliset orgaaniset yhdisteet ovat enimmäkseen peräisin niiden sideaineista, kuten epoksi-, alkydi- tai polyuretaanipolymeereistä. Lämpöhajoaminen on suurimmillaan yli 400 °C:een lämpötiloissa.

Muovien orgaanisten lämpöhajoamistuotteiden muodostuminen riippuu muovityypistä. Taulukossa 25 on esimerkkejä eri muovien jälkikäsitellyssä syntyneistä lämpöhajoamistuotteista.

Taulukko 25. Esimerkkejä eri polymeerien jälkikäsitellyssä syntyneistä lämpöhajoamistuotteista, joita voidaan käyttää altistumisen indikaattoriaineina

muovi/polymeeri	prosessi	mitatut hajoamistuotteet	pitoisuustaso, mg/m <sup>3</sup>
polyolefiinit (PE, PP)	pakkaus, leikkaus ja kutistus, liitokset ja hitsaus	aerosoli formaldehydi asetaldehydi muurahaishappo etikkahappo	0,8–1,0 0,03–0,09 0,02–0,07 0,17–0,20 0,08
styreenimuovit*	leikkaus	styreeni aerosoli formaldehydi asetaldehydi muurahaishappo etikkahappo	0,90 0,5 0,07 0,01 0,32 0,31
polyvinyylikloridi	saumaus	aerosoli formaldehydi	0,4 0,1
	hitsaus	aerosoli DEHP ftaalihapponanhydridi kloorivety	0,4 0,3 0,005 0,28
	kuumarosotus	aerosoli formaldehydi asetaldehydi etikkahappo DEHP kloorivety	0,8 0,01 0,07 0,07 0,05 0,03
polyuretaani, epoksi	hionta, jyrästä ja sorvaus, hitsaus	di-isosyanaatit akroleiini	0,0003–0,018 0,02
	oikaisu, polttoleikkaus	bisfenoli-A aerosoli	0,002–0,008 3–3,8
	hitsaus, sorvaus	akroleiini bisfenoli-A	0,05–0,24 < 0,003–0,004

\*EPS

## Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat

Polymeerien lämpöhajoamisessa muodostuu joukko erilaisia yhdisteitä, jotka voivat ärsyttää silmien, nenän ja hengitysteiden limakalvoja sekä ihoa. Muovien ja maalien sekä muiden pinnoitteiden lämpöhajoamistuotteille altistuvilla esiintyy yleisesti ärsytysoireita ja joskus hengityselinten herkistymistä. Lämpöhajoamistuotteista ainakin aldehydit ja hapot ovat voimakkaasti ärsyttäviä, erityisesti kaksoissidoksia sisältävät aineet, kuten akroleiini. Silmien ärsytysoireita on todettu ihmisillä jo 0,06 ppm:n (0,14 mg/m<sup>3</sup>) akroleiinipitoisuudessa. Eniten nuhaa ja astmaa aiheuttavia yhdisteitä ovat isosyanaatit ja anhydritit.

Eläinkokeilla on todettu, että metyyli-isosyanaatti (MIC) aiheuttaa ylä- ja alahengitysteiden ärsytystä sekä keuhkofibroosiin johtavaa keuhkotulehdusta. Ihmisillä on todettu samankaltaisia oireita, mutta lisäksi silmäoireita suuremmissa pitoisuuksissa. Varmuutta herkistymisvaikutuksista ei ole osoitettu. MIC:n HTP<sub>15min</sub>-arvo (0,05 mg/m<sup>3</sup>) perustuu sen ärsytysvaikutuksiin. Työterveyslaitoksessa vuosina 1977–1992 todetuista 245 isosyanaateista johtuvasta astmasta 25 oli autokorjaajilla ja seitsemän hitsaajilla. Isosyanaatin hapon (ICA) terveysvaikutuksista ei ole toistaiseksi tietoa, mutta aineen happo-ominaisuuksien vuoksi voidaan olettaa senkin mahdollisesti omaavan ärsytysvaikutuksia. Isosyanaatille ei ole Suomessa asetettu ohjeraja-arvoa.

Bisfenoli-A voi ärsyttää silmiä ja aiheuttaa valoyliherkkyyttä, minkä vuoksi sitä käsitellään kuin ihoa herkistävää yhdistettä. Sitä epäillään myös hormonaalisista haittavaikutuksista. Bisfenoli-A:lle ei ole asetettu HTP-arvoa. Bisfenoli-A voi myös vapautua ilmaan pulvermaalien kovettumisen yhteydessä.

Muiden yksittäisten lämpöhajoamistuotteiden, kuten ftalaattien ja ftalihapponanhydridien, ominaisuudet, todetut terveyshaitat ja raja-arvot kuvataan toisaalla tässä selvityksessä.

## Riskien hallinta

Lämpöhajoamiseen liittyvän terveysriskin arvioimisen ongelma on altisteiden tunnistaminen. Käytetyn muovin tyyppi ja sen sisältämät apuaineet eivät aina ole tiedossa. Aina ei myöskään ole mahdollista arvioida, onko työmenetelmä sellainen, että siinä syntyy riittävästi lämpöä polymeerin ja apuaineiden hajoamiseksi. Riskinarviointia varten tarvitaan tietoja tärkeimmistä lämpöhajoamistuotteista. Tietojen toimittaminen käyttöturvallisuustiedotteisiin on raaka-aineiden valmistajien vastuulla.

Lämpöhajoamisessa muodostuneiden aerosolien pitoisuuksia voidaan verrata öljysumun (PE- ja PP-muovit) tai orgaanisen pölyn HTP-arvoon 5 mg/m<sup>3</sup>. Ilmasta voi myös mitata ns. indikaattoriaineita, jotka edustavat polymeerien lämpöhajoamista. Altistumisen arvioinnissa indikaattoriaineen mittaustulosta voidaan verrata HTP-arvoon. Vertailussa on kuitenkin otettava huomioon, että kysymyksessä on monimutkainen altisteseos, jonka komponenttien yhteisvaikutuksia ei pystytä arvioimaan. Arviointia vaikeuttaa myös se, että kaikkia käryn sisältämiä aineosia ei tunneta. Kaikille indikaattoriaineille ei myöskään ole HTP-arvoja. Herkistävien aineiden osalta suositus on, että altistuminen on vähennettävä kaikin mahdollisin keinoin, ensisijaisesti teknisin torjuntaratkaisuin. Samaa suositusta voidaan soveltaa myös ärsyttäviin käryihin. Henkilökohtaisten isosyanaattimittaustulosten vertaaminen HTP-arvoon voi johtaa vääriin turvallisuuden tunteeseen.

Käyttämällä oikeita työtapoja voidaan vähentää riskejä esimerkiksi poistamalla kaikki pintamaalikerrokset hiomalla ennen hitsausta.

## Suositukses

- Muovityöpaikoilla koetut ärsytysoireet voivat osaksi johtua ilmassa esiintyvistä vapaista radikaaleista ja muista lyhytikäisistä välituotteista. Luotettavien määritysmenetelmien kehittäminen näille yhdisteille olisi tarpeen, jotta syy-seurausyhteyksiä pystyttäisiin tutkimaan.
- Muovien käytön yleistyessä on lämpöstabilisaattoreiden (palonestoaineiden) mukaantulo tullut tarpeelliseksi. Korkeissa lämpötiloissa (esim. työstön, jälkikäsittelyn tai tulipalojen yhteydessä) näitä aineita ja niiden hajoamistuotteita pääsee ilmaan. Aineiden altistumistasojen ja terveysvaikutuksien selvittämiseksi tarvitaan lisätutkimuksia.



## Lähteitä

- Darley E, Middleton J, Garber M: Plant damage and eye irritation from ozone-hydrocarbon reactions. *J Agric Food Chem* 1960;8:483–485.
- Engström K, Henriks-Eckerman M-L, Välimaa J ym.: Polyuretaanien lämpöhajoamiseen liittyvät terveysvaarat. Työsuojelurahaston loppuraportti 98379. Työterveyslaitos, Helsinki 2001.
- Engström K, Liesivuori J: Vetenskapligt underlag för hygieniska gränsvärden 23. Metylisocyanat (MIC) och isocyanasyra (ICA). *Arbete och hälsa* 2002;18. Arbetslivsinstitutet, Solna.
- Keskinen H: Syklisten anhydridien rakenne ja niiden aiheuttama hengitysteiden herkistävyys. Allergia ja työ -päivä 2002. Työterveyslaitos, Helsinki.
- Laurila M, Muoviteollisuus ry. (<http://www.luemuovia.net>)
- Pfäffli P, Hämeilä M, Keskinen H, Wirmoila R: Exposure to cyclic anhydrides in welding: A new allergen – Chlorendic anhydride. *Appl Occup Environ Hyg* 2002;17(11):765–767.
- Pfäffli P, Vainionalo S: Ilman epäpuhtaudet muovien työstössä; polyolefiniit, polyvinyylikloridi, styreeni-muovit. Työterveyslaitoksen tutkimuksia 205. Helsinki 1984.
- Piirilä P, Nordman H, Keskinen H et al.: The clinical outcome of di-isocyanate induced asthma. First International Symposium on Isocyanates in Occupational Environments. Stockholm 2000.
- Suomen teollisuusopas. (<http://www.teollisuusopas.com/yleistietoa/metalliteollisuus.html>)
- Zitting A: Thermal degradation products of polyethylene, polypropylene, polystyrene, polyvinylchloride and polytetrafluoroethylene in processing of plastics. *Arbete och hälsa* 1998;12. Arbetslivsinstitutet, Solna. ([http://ebib.arbetslivsinstitutet.se/ah/1998/ah1998\\_12.pdf](http://ebib.arbetslivsinstitutet.se/ah/1998/ah1998_12.pdf))

## 4.9 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt

Kirsti Savela, Pirjo Heikkilä, Mauri Mäkelä

### Käyttö ja esiintyminen työssä

Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH) muodostuu epätäydellisen palamisen seurauksena, ja niitä esiintyy kaikkialla elinympäristössämme. PAH-yhdisteet ovat nimensä mukaisesti hiilestä ja vedystä koostuvia yhdisteitä, joissa vähintään kaksi aromaattista rengasta on liittyneenä toisiinsa niin, että yhteinen hiili-hiilidisoid on osa aromaattista rakennetta. Molekyylin aromaattisessa rungossa esiintyvän isomerian lisäksi yhdisteiden määrää lisäävät useat eri tavoin substituoidut monirengasrakenteet, mm. alkyyl-, amino-, hydroksi-, kloori-, nitro-, syano- ja tiolijohdannaiset sekä happea, rikkiä tai typpä renkaan heteroatomeina sisältävät yhdisteet. PAH-yhdisteitä esiintyy lukuisilla työpaikoilla, kuten valimoissa, koksamoissa, varikoilla ja tienpäällystyksessä. Niitä on mm. kivihiilitervassa ja sen tislusjakeissa, kuten kreosootissa, raakaöljyssä, poltto- ja dieselöljyissä, bitumissa ja piessä, käytetyissä öljyissä, noessa, pakokaasuissa sekä tupakansavussa. Kivihiilipohjaisten tuotteiden, kuten kreosootin, PAH-pitoisuus on 10–100 kertaa suurempi kuin maaöljystä jalostetun dieselöljyn ja bitumin (Pyy ja Hakala 1991).

### Altistuminen

PAH-yhdisteet kulkeutuvat elimistöön hengitysteiden, ihon ja ruuansulatuselimistön kautta. Myös työympäristössä iho ja ruuansulatuselimistö voivat olla merkittäviä altistumisteitä.

#### *Ympäristöperäinen altistuminen*

Teollisuus, lämmitys ja liikenne tuottavat ilmaan PAH-yhdisteitä, joille jokainen altistuu hengitysilman kautta. WHO:n mukaan (1998) maaseudulla yksittäisten PAH-yhdisteiden pitoisuus ilmassa on 0,01–1 ng/m<sup>3</sup> ja kaupunki-ilmassa 0,1–10 ng/m<sup>3</sup>. Karkeasti voidaan arvioida, että hengittämällä vuorokauden ajan kaupunki-ilmaa saa elimistöönsä saman annoksen bentso[a]pyreeniä eli B[a]P:tä kuin polttamalla yhden savukkeen. Ympäristöperäisen altistumisen lisäksi PAH-altistumisen muita lähteitä ovat grillattu ja savustettu ruoka.

#### *Työperäinen altistuminen*

Suomessa haitalliseksi todettu pitoisuus (HTP<sub>9h</sub>) on annettu benzo[a]pyreenille (0,01 mg/m<sup>3</sup> = 10 µg/m<sup>3</sup>) ja naftaleenille (53 mg/m<sup>3</sup>). Useissa maissa (esim. Ruotsi ja Saksa) bentso[a]pyreenin HTP-arvo on pienempi (0,002 mg/m<sup>3</sup>) kuin Suomessa.

PAH-altistuneiden tarkkaa määrää vaikea arvioida. Jos elinympäristöstä johtuvan altistumisen rajaksi arvioidaan 0,01 µg/m<sup>3</sup>, altistui 1980-luvun lopussa Suomessa tätä suuremmille B[a]P-pitoisuuksille noin 4 500 työntekijää (Pyy ja Hakala 1991). Tässä arviossa ei ollut mukana pakokaasulle altistuvien ajoneuvojen kuljettajia eikä esimerkiksi ympäristön tupakansavulle altistuvia työntekijöitä. Merkittävintä PAH-altistuminen on Suomessa koksamoissa, puun kreosootikyllästyksessä, valimoissa, kivihiilipien ja -tervan ja maaöljypohjaisten tuotteiden käsittelyssä sekä pakokaasualtistumisessa.

#### *Kivihiilipiki ja -terva*

Kivihiilipiestä tai -tervasta peräisin oleville PAH:lle voidaan altistua Suomessa koksamossa, joissakin terästehtaissa, valimoissa, kreosootia käyttävissä puun kyllästämöissä, kreosootilla kyllästetyn puutavaran käsittelyssä, korjausrakentamisessa sekä saastuneen maan ja jätteiden käsittelyssä. Näissä töissä PAH:lle altistuu noin 1 500–2 000 työntekijää.

Hengitysilman kautta B[a]P:lle altistuminen on merkittävintä koksamossa. Kuitenkin myös koksamotyössä arviolta 3/4 elimistöön tulevista pyreenin määrästä imeytyy ihon kautta (Mäkelä ym. 2001, Van Rooij ym. 1993). Arviot perustuvat koksipatterin päällä työskentelevien hengitysvyöhykkeeltä ja iholta tehtyihin työhygieenisiin mittauksiin sekä virtsasta mitatun pyreenin 1-hydroksipyreenin pitoisuuksiin.

Valimoissa orgaaninen aines palaa joutuessaan kosketuksiin sulan metallin kanssa. Palamistuotteiden lisäksi valimoiden ilmassa voi esiintyä PAH-yhdisteitä, jotka ovat peräisin mm. koksia käyttävistä kupoliuuneista tai kivihiilipikeä sisältävillä massoilla vuoratuista uuneista. Ilman PAH-pitoisuus on suurimmillaan vuorauksen jälkeisenä päivänä, jolloin Työhygieenisen altistumismittausten rekisterin mukaan B[a]P-pitoisuus on ollut noin 1 µg/m<sup>3</sup> uunin hoitajan hengitysvyöhykkeellä. Kivihiilipikijauheen käytöstä valimoissa 2000-luvulla ei ole tietoa.

Ilman B[a]P-pitoisuus on yleensä pieni puun kyllästyksessä. Merkittävä osa PAH:sta, puolet kyllästäjien kehoon tulevasta naftaleenista ja pyreeni lähes kokonaisuudessaan imeytyy kyllästäjien elimistöön ihon tai ruuansulatuselimistön kautta (Heikkilä 2001). Vanhojen rakennusten vesieristeenä on käytetty kivihiilipikeä. Saneeraustöiden aikana piikattaessa kivihiilipikeä ilman B[a]P-pitoisuus voi ylittää HTP-arvon.

Saastuneiden maiden ja jätteiden käsittely on lisääntynyt viimeisen vuosikymmenen aikana. Näissä töissä altistuu PAH:lle noin 300–600 henkilöä. Työterveyslaitoksen tutkimuksessa tupakoivien kreesoottipitoista maata kunnostavien pyreenialtistuminen todettiin neljä kertaa korkeammaksi kuin samaa työtä tekevien tupakoimattomien henkilöiden altistuminen (Mäkelä ym. 2004). Kun työntekijöiden kädet likaantuvat, tupakoijilla on muita suurempi mahdollisuus saada elimistöönsä PAH-yhdisteitä tupakoinnin yhteydessä käsien ja suun kautta. Iholla olevat PAH-yhdisteet voivat osittain olla peräisin työilmasta, mutta pääosin PAH-altistuminen aiheutuu yleensä kosketuksesta likaantuneisiin pintoihin. Kreesoottipitoisen maan kunnostamisen yhteydessä saattaa PAH-altistuminen työn aikana ja erilaisissa työkohteissa vaihdella huomattavasti (Priha ym. 2001).

### *Maaöljy*

PAH:lle altistuu arviolta noin 1 500–2 000 työntekijää maaöljyn jalostuksessa, vanhojen moottoriöljyjen käsittelyssä ja bitumitöissä, kuten vedeneristystöissä, kattohuovan valmistuksessa ja tienpäällystyksessä. Ilmaan haihtuvien PAH-yhdisteiden koostumus eroaa kivihiiliperäisestä altistumisesta. B[a]P-pitoisuus ilmassa on yleensä pieni, mutta maaöljyperäiset PAH:t sisältävät paljon esimerkiksi alkyloituja ja rikkiä sisältäviä PAH:ja.

### *Diesel- ja bensiinimoottorin pakokaasu*

Pakokaasut ovat koostumukseltaan joukko vaihtelevia seoksia, jotka jakaantuvat olosuhteista riippuen kaasu- ja hiukkasfraktioon. Kaasumaiset yhdisteet ovat etupäässä typen oksideja (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O). Polttoaineesta ja voiteluaineesta palamisprosessin tuloksena muodostuu osittain palaneita ja palaneita hiilivetiketjuja, joista epätäydellisen palamisen tuloksena muodostuu myös PAH-yhdisteitä. Terveydelle haitallisimpia ovat hengitysteiden läpi pääsevät pienet mikro- ja nanohiukkaset (10–80 nm), koska ne tunkeutuvat syvälle keuhkoihin. Suomessa arvioidaan dieselpakokaasuille altistuvan noin 150 000 työntekijää, joista suurimmat työntekijäryhmät ovat rautateillä työskentelevät (20 000), ammattiautonkuljettajat (80 000), tiekoneiden kuljettajat (3 000), varikoilla työskentelevät korjaajat (3 000) ja traktorinkuljettajat (5 200) (Kata 1991). Altistumisen arviointi pakokaasuille yleensä ja myös PAH-yhdisteille on vaikeaa, koska kysymyksessä on seos, jolle ei ole standardoitua menetelmää. Mittaustuloksia kokonaisaltistumisesta puuttuu, koska seoksen mittaaminen on hankalaa ja tuloksia on saatavilla vain joko kaasu- tai hiukkasfraktiosta erikseen. Taulukossa 26 on mittaustuloksia varikkotyöntekijöiden ja jäteautonkuljettajien altistumisesta PAH-yhdisteille, joista mitattiin EPA:n suosittemat 15 PAH-yhdistettä (naftaleeni, acenafteeni, fluoreeni, fenantreeni, antraseeni, fluoranteeni, pyreeni, kryseeni, bentso[a]antraseeni, bentso[b]fluoranteeni, bentso[k]fluoranteeni, bentso[a]pyreeni, dibentso[a,h]antraseeni, bentso[g,h,i]peryleeni ja indeno[1,2,3-cd]pyreeni).

### *Muu PAH-altistuminen*

Ympäristön tupakansavulle altistuu Suomessa noin 70 000 ravintola-alalla toimivaa henkilöä, joista noin 12 000 ilmoitettiin ASA-rekisteriin vuonna 2002 (Saalo ym. 2004). Noin 31 000 työntekijää altistuu päivittäin yli neljä tuntia työssään tupakansavulle. Tupakansavussa on yli 4 000 kemiallista yhdistettä, joista

Taulukko 26. PAH-yhdisteille altistuvia työntekijöitä Suomessa vuonna 1990 ja 2003

työala	pitoisuus ilmassa, keskiarvo <sup>1</sup>				arvio altistuvien määrästä	viite
	B[a]P, µg/m <sup>3</sup>		PAH-yhdisteet <sup>2</sup> , µg/m <sup>3</sup>			
	v. 1990	v. 2003	v. 1990	v. 2003	v. 2003	
koksaamo ja maaöljyn jalostus	1–5	0,1–2			200–250	Pyy ja Hakala 1991
kreosoottikyllästys kyllästetyn puun käsittely ja raiteiden kokoonpano	< 0,05 < 0,01–0,5	< 0,01	1 000– 5 000		20–30 200	Heikkilä 2001
rauta- ja terästeollisuus					200	Saalo ym. 2004
valimot kivihiilitervan ja kivihiilijauhen käyttö	0,002–0,06 <sup>3</sup> 5–10 0,05–0,1				n. 100	Saalo ym. 2004 Santella ym. 1993
kumituotteiden valmistus					50	Saalo ym. 2004
maalaustyö (epoksipiki)	0,1–1				5	Saalo ym. 2004
bitumityö	< 0,01	< 0,01	1–15	1–15	1 500	Heikkilä ym. 2002
dieselpakokaasut kaivosteollisuus <sup>4</sup> varikkotyö jätkeluettelu	0,01	0,8–2,9 0,03–0,3		0,1 1,2–2,2 0,07–2,7	n. 150 000 3 000	Kata 1991 Hakala ja Pyy 1991 Kuusimäki ym. 2003 Kuusimäki ym. 2002
nuohous					n. 1 000	www.nuohoojat.fi
saastuneen maan käsittely					50–200	Mäkelä ym. 2004
rakennusten peruskorjaus, vesieristetyö					200–400	
ongelmajätteiden käsittely					100–150	Saalo ym. 2004
palontorjunta ravintolatyö					n. 20 000 n. 30 000	www.pelastustoimi.net Reijula 2004

<sup>1</sup>PAH-yhdisteille altistutaan lisäksi ihon ja ruuansulatuskanavan kautta

<sup>2</sup>PAH-altistuminen mitattu EPA:n suositteleman 15 PAH-yhdisteen mukaan

<sup>3</sup>mittaustulokset rautavalimosta tutkimushankkeen yhteydessä (Santella ym. 1993)

<sup>4</sup>mittaustulokset vuosilta 1979–1988

40 on IARC:n mukaan syöpää aiheuttavia yhdisteitä. Ympäristön tupakansavun keskimääräinen B[a]P-pitoisuus on noin 1 ng/m<sup>3</sup> (Jenkins ym. 2000). Nuohous ja tulipalojen sammutus ovat muita työaloja, joissa esiintyy hetkellisesti suuria PAH-pitoisuuksia.

Vuoden 2002 ASA-rekisteriin ilmoitettiin 1 591 PAH-yhdisteille altistunutta (taulukko 27). Ympäristön tupakansavulle altistuneiksi ilmoitettiin 12 317 työntekijää, joista oli miehiä 4 176 ja naisia 8 141. Suurin työntekijäryhmä oli 6 163 tarjoilijaa (Saalo ym. 2004).

## Terveyshaitat

PAH-yhdisteet ovat perimämuutoksia ja syöpää aiheuttavia, lisääntymisterveydelle vaarallisia aineita. PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit voivat aiheuttaa hengitysteiden, ihon ja silmien ärsytystä, ihon punoitusta ja valoherkistymistä. Keuhko-, iho- ja virtsarakonsyöpää esiintyy työssään PAH-yhdisteille altistuneilla enemmän kuin muussa väestössä. PAH-yhdisteiden on todettu aiheuttavan myös muita syöpiä, kuten mahasyöpää.

PAH-yhdisteet muuttuvat aktiiviseen muotoon aineenvaihdunnan jälkeen ja vaurioittavat solujen toimintaa ja makromolekyylejä. IARC (1973) on luokitellut eläinkokeiden perusteella seuraavat PAH-yhdisteet syöpävaarallisiksi: bentso[a]antraseeni, bentso[b]fluoranteeni, bentso[k]fluoranteeni, bentso[j]-fluoranteeni, bentso[a]pyreeni, dibentso[a,h]antraseeni, dibentso[a,e]pyreeni, dibentso[a,h]pyreeni, dibentso[a,i]pyreeni, dibentso[a,l]pyreeni ja indeno[1,2,3-cd]pyreeni. Suomen työturvallisuuslainsäädännön mukaan kaikki PAH-yhdisteet luokitellaan syöpävaarallisiksi.

Taulukko 27. Vuoden 2002 aikana PAH-yhdisteille altistuneet ASA-rekisteriin ilmoitetut työntekijät. Tupakansavulle altistuneet rekisteröidään omana ryhmänään

ammattiryhmä	ilmoitettuja
koneasentajat ja koneenkorjaajat	295
kemianteollisuuden prosessinhoitajat	149
sotilaat	127
fysiikan, kemian ja teknisten alojen asiantuntijat	95
rahdinkäsittelijät, varastotyöntekijät ym.	92
muovaajat ja keernantekijät	84
laborantit ym.	80
hitsaajat ja kaasuleikkaajat	68
fysiikan ja kemian erityisasiantuntijat	64
rakennuspuhdistajat ja nuohoojat	62
trukin- ja siirtokoneenkuljettajat	45
voimalaitosten koneenhoitajat	43
arkkitehdit ja muut tekniikan erityisasiantuntijat	42
työkaluntekijät ja lukkosepät	37
koneenasettajat ja koneistajat	37
putkiasentajat	28
sähkölaitteiden asentajat ja korjaajat	22
kaivos- ja louhostyöntekijät	21
sulatto- ja sulatusuunityöntekijät	19
talonrakennusalan erityisasiantuntijat	16
maanrakennus- ym. koneiden kuljettajat	16
yhteensä	1 591

PAH-yhdisteiden myrkyllisyydestä ihmiselle on lähinnä kokemuksia aikaisemmin kotitalouksissa koimyrkkinä käytetyn naftaleenista: kuolettava annos aikuiselle on kokemusten perusteella 5–15 g ja lapselle 2 g, kun annos on saatu suun kautta kahden päivän kuluessa.

### Riskien hallinta

Ensisijainen riskinhallintamenetelmä on pyrkiä työmenetelmiin ja prosesseihin, jotka eivät tuota PAH-yhdisteitä sekä korvaamaan PAH-yhdisteitä sisältävät valmisteet vähemmän vaarallisilla tuotteilla. Näitä ovat esimerkiksi autonrenkaiden pehmittiminä käytetyt tuotteet, joiden PAH-pitoisuutta rajoitetaan todennäköisesti jatkossa EU-lainsäädännöllä. Toissijainen mahdollisuus on suunnitella teknisiä ratkaisuja, jotka estävät PAH-yhdisteiden joutumisen työympäristöön työntekijöiden ulottuville. Esimerkiksi koksaamoilla PAH-yhdisteiden pitoisuuksia työilmassa voidaan vähentää huolehtimalla siitä, että koksivuunien kansiluukut ja ovet ovat tiiviitä. Altistumista voidaan pyrkiä vähentämään tarvittaessa myös henkilönsuojaimilla. PAH-pitoisia materiaaleja käsiteltäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota koko kehon ihon suojaamiseen.

PAH-yhdisteet ovat perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle vaaraa aiheuttavia aineita. EU:ssa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit luetaan työministeriön päätöksessä (1044/1991) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan näille aineille ei tule altistua raskauden aikana. Altistumismahdollisuus selvitetään työtehtäväkohtaisen riskinarvion perusteella.

Kun työskennellään PAH-yhdisteille altistavissa olosuhteissa, on vältettävä ihokosketusta likaantuneiden pintojen kanssa sekä huolehdittava riittävästä henkilökohtaisesta hygieniasta ja suojavaatetuksesta. Tupakointi työvuoron aikana lisää PAH-altistumista. Tupakointi sekä syöminen ja juominen on kielletty alueella, jolla on mahdollista altistua syöpää aiheuttavalle tekijälle (VNp 716/2000).

Hengitysteiden kautta tapahtuvaa altistumista voi pyrkiä vähentämään kohdepoistoilla (esim. pakoputkiin liitettävät poistoletkut), ilmanvaihdollisilla ratkaisuilla sekä henkilönsuojaimilla (moottoroitu kokonaamari varustettuna esim. A2P3-luokan suodattimella).

## Suosituksukset

- Naftaleenin ja bentso[a]pyreenin HTP-arvojen perusteita tulisi tarkistaa. IARC on luokitellut naftaleenin luokkaan 2B eli mahdollisesti ihmiselle syöpää aiheuttavaksi aineeksi, joten tätä taustaa vasten nykyinen työilman ohjeraja-arvo  $53 \text{ mg/m}^3$  tuntuu varsin korkealta. IARC:n luokituksia tarkasteltaessa on kuitenkin huomattava, että PAH-yhdisteille altistavilla työaloilla työskennellään samalla myös lukuisille muille haitta-aineille. Nykyinen naftaleenin HTP-arvo on kertalukua suurempi kuin pahiten altistavilla työaloilla mitatut työilman naftaleenipitoisuudet. Bentso[a]pyreenin HTP-arvo on useissa maissa (esim. Ruotsi ja Saksa) matalampi kuin Suomessa, joten sen osalta terveysvaikutusperusteita tulisi verrata muiden maiden päätöksenteon pohjana olleeseen tietoon.
- Yksittäisiä PAH-yhdisteitä koskevia ohjearvoja tulisi tarkistaa paremmin vastaamaan muiden maiden raja-arvoja. Pyreenille ja fenantreenille tulisi asettaa ohjeraja-arvot naftaleenin ja bentso[a]pyreenin lisäksi. PAH-yhdisteiden esiintyminen seoksena vaikeuttaa HTP-arvon asettamista kokonaispitoisuudelle, sillä PAH:it esiintyvät erilaisina pitoisuuksina ja koostumus vaihtelee altistumistilanteen mukaan.
- PAH-yhdisteille altistavilla toimialoilla työnantaja tulisi velvoittaa säännöllisesti seuraamaan työntekijöidensä altistumista työterveyshuollon keräämillä biomonitorointinäytteillä. Virtsaasta tehtävä 1-hydroksipyreenin määrittäminen on edullinen tapa selvittää työntekijän kokonaisaltistuminen.
- PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja, mm. kreosoottipikeä ja erilaisia bitumeja, on käytetty rakennusten vesieristeinä. Poistaessaan näitä materiaaleja korjausrakentamisen yhteydessä työntekijät voivat altistua syöpävaarallisille aineille. Suojaustoimia varten tarvitaan materiaalien PAH-pitoisuutta koskevat ohjearvot määrittelemään ne pitoisuudet, joissa työntekijät on suojattava altistumiselta. Ohjearvot tarvitaan myös siitä, milloin materiaalit luokitellaan ongelmajätteenä tai milloin ne voi kuljettaa kaatopaikalle.
- PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja on edelleenkin rakennusten rungoissa ja perustuksissa, joista aiheutuu sisäilmaongelmia. Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden ja materiaalien poistamisessa on noudatettava annettuja ohjeita (Ratu 82-0237). Sisäilmaa varten tarvittaisiin PAH-yhdisteitä tai yleensä syöpävaarallisia aineita koskeva ohjearvo. Sopiva PAH-yhdisteiden merkkiaine on tällöin naftaleeni, koska sitä on huoneilmassa silloin, kun rakenteita on käsitelty kivihiilipiellä tai -tervalla. EU-lainsäädännöllä pyritään jatkossa rajoittamaan PAH-yhdisteiden pitoisuuksia ilmassa: mm. bentso[a]pyreenin raja-arvoksi on esitetty  $1 \text{ ng/m}^3$  ja pitkän aikavälin tavoitteeksi  $0,1 \text{ ng/m}^3$  (2003/0164[COD]).

## Lähteitä

Heikkilä P: Respiratory and Dermal Exposure to Creosote. Natural and Environmental Sciences. Kuopio, Kuopio University 2001.

Heikkilä P ym.: Occupational exposure to bitumen during road paving. AIHAJ 2002;63(2):156–165.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Certain polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic compounds. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 3. IARC, Lyon 1973.

Jenkins R A, Guerin M R, Tomkins B A: The chemistry of environmental tobacco smoke: Composition and measurement. 2nd ed. Indoor Air Research Series. Lewis Publishers, Boca Raton 2000.

Kauppinen T: Finnish occupational exposure databases. Appl Occup Environ Hyg 2001;16:154–158.

Kauppinen T, Tossavainen A, Vainio H, Kalliokoski P: Suomalaisten työperäinen altistuminen. Ympäristö ja Terveys 1982;2–3:207–212.

Kemiallisten aineiden terveysvaaran arviointineuvosto (Kata). Lausunto Dieselpakokaasujen terveyshaitoista, 1991.

Kuusimäki L, Mutanen P, Peltonen K, Savela K: Analysis of particle and vapour phase PAHs from the personal air samples of bus garage workers exposed to diesel exhaust. *Ann Occup Hygiene* 2003;47(5):389–398.

Kuusimäki L, Peltonen Y, Kyyrö E et al. Exposure of garbage truck drivers and maintenance personnel at a waste handling centre to polycyclic aromatic hydrocarbons derived from diesel exhaust. *J Environ Monit* 2002;4(5):722–727.

Mäkelä M, Hakala, E, Pyy L: Ihon kautta tapahtuva PAH-altistuminen koksaamotyössä ja sen mittaaminen. Työsuojelurahaston loppuraportti 99110. Helsinki 2001.

Mäkelä M, Paldanius B, Elovaara E, Priha E: Altistuminen polysyklisille aromaattisille hiilivedyille kreosoottikyllästämön maa-alueen kunnostustyön yhteydessä. Väkiraportti. Työsuojelurahaston hanke 102317. Helsinki 2004.

Priha E, Ahonen I, Oksa P: Control of chemical risks during the treatment of soil contaminated with chlorophenol, creosote and copper-chrome-arsenic wood preservatives. *Am J Ind Med* 2001;39:402–409.

Pyy L, Hakala E: Polysykliset aromaattiset hiilivedyt. Altisteet työssä 19. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.

Reijula K: Ravintoloita koskevan tupakkalain toteutuminen Suomessa. Selvityshenkilön raportti. Sosiaali- ja työterveysministeriön työryhmämuistio 2004:15.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

Santella R M, Hemminki K, Tang, D L et al.: Polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA adducts in white blood cells and urinary 1-hydroxypyrene in foundry workers. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1993;2(1):59–62.

Schimberg R W, Pfäffli P, Tossavainen A: Polycyclic aromatic hydrocarbons in foundries. *J Toxicol Environ Health* 1980;6(5–6):1187–1194.

Selected non-hetero-cyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. Environmental health criteria 202. World Health Organisation, International Programme on Chemical safety, Geneva 1998, 230–254.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

VanRooij J G M, Bodelier-Bade M M, Jongeneelen F J: Estimation of individual dermal and respiratory uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons in 12 coke oven workers. *Br J Ind Med* 1993;50:623–632.

## 4.10 Kaasumaisia yhdisteitä

### 4.10.1 Haihtuvat rikkiyhdisteet

*Peter Backlund*

#### **Esiintyminen ja käyttöalat**

Haihtuvilla rikkiyhdisteillä tarkoitetaan tässä rikkidioksidia ( $\text{SO}_2$ ), rikkivetyä ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metyylimerkaptania ( $\text{CH}_3\text{SH}$ ), dimetyylisulfidia ( $\text{CH}_3\text{SCH}_3$ ) ja dimetyylidisulfidia ( $\text{CH}_3\text{SSCH}_3$ ).

#### *Rikkidioksidi*

Rikkidioksidi on väritön, pistävänhajuinen ärsyttävä tai syövyttävä kaasu, joka on kuljetussäiliöissä ja varastosäiliöissä paineenalaisena nesteenä. Rikkidioksidi syövyttää kosteassa ilmassa useimpia metalleja (esim. alumiini, kupari, sinkki) sekä vahingoittaa tekstiilejä ja nahkaa. Rikkidioksidi muodostaa veden kanssa rikkihapoketta ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) ja se voi reagoida kiivaasti ammoniakkin, alkalimetallien, amiinien, halogeenien ja peroksidien kanssa. Klooraattien kanssa muodostuu räjähdysherkkää klooridioksidia. Rikkidioksidi toimii kemiallisissa reaktioissa yleensä pelkistimenä, mutta reagoidessaan vahvojen pelkistimien kanssa se voi toimia myös hapettimena.

Rikkidioksidi on tärkeä kemian perusteellisuuden raaka-aine, sillä sitä käytetään rikkihapon valmistukseen. Suomessa on tätä nykyä yksi nesteytettyä rikkidioksidia valmistava tehdas ja kolme rikkihapotehdasta.

Suomessa ei enää valmisteta sulfittiselluloosaa eli kemiallisella menetelmällä rikkidioksidin ja natrium-, magnesium-, ammonium- tai kalsiumbisulfitin avulla valmistettua massaa. Poikkeuksena on ns. SAP-sellu (semi-alkaline pulp, puolialkaalinen sellu), sulfittisellulaatu, joka keitetään lievästi alkaalisessa liuoksessa, kun normaali sulfittisellu keitetään happamassa liuoksessa. Tällä menetelmällä valmistettu sulfittiselluloosaa käytetään lähinnä painopaperien valmistukseen.

Rikkidioksidia käytetään jonkin verran myös elintarviketeollisuudessa säilöntään ja jätevesilaitoksissa veden desinfiointiin. Muita käyttäjiä ovat mm. sokeri- ja tärkkelysteollisuus.

Energiatuotanto on maassamme rikkidioksidipäästöjensä vuoksi ongelmallinen. Palamisen yhteydessä polttoaineen sisältämän rikin hapettumisesta syntyy rikkidioksidia, joka voi levitä myös työtiloihin.

#### *Pelkistyneet rikkiyhdisteet*

Pelkistyneille rikkiyhdisteille on ominaista, että ne haisevat pahalle jo erittäin pieninä pitoisuuksina. Rikkivety ja metyylimerkaptani ovat värittömiä kaasuja ja dimetyylisulfidi sekä dimetyylidisulfidi ovat värittömiä nesteitä. Rikkivety ja metyylimerkaptani voivat reagoida hapettavien aineiden kanssa voimakkaasti, ja molemmat aineet reagoivat myös useiden metallien kanssa muodostaen sulfideja tai merkaptideja. Vesiliuoksessa rikkivety ja metyylimerkaptani reagoivat happamasti. Metyylimerkaptani hajoaa palaessaan, jolloin muodostuu rikin oksideja ja rikkivetyä sisältäviä myrkyllisiä huuruja.

Metsäteollisuuden rikkipäästöistä noin puolet on rikkidioksidia ja puolet pelkistyneitä rikkiyhdisteitä. Kokonaisrikkipäästöt ovat viime vuosina vähentyneet voimakkaasti tuotannon noususta huolimatta.

Sulfaattiselluloosan keittoliuos eli valkolipeä sisältää natriumhydroksidia ja natriumsulfidia. Keitossa syntyvät haihtuvat rikkiyhdisteet ovat pääosin rikkivetyä, metyylimerkaptania, dimetyylisulfidia ja dimetyylidisulfidia. Lisäksi rikkiyhdisteitä muodostuu valkaisussa, mustalipeän haihdutuksessa, soodakattilassa ja meesauunissa. Sulfaattitehtaan hajukaasut ovat pääasiassa nesteistä höyrylauhduttimilta vapautuvia lauhtumattomia kaasuja. Niitä vapautuu mm. keittämökaasujen lauhduttimilta, haihduttamon alipainepumpulta ja lauhdeiden puhdistusjärjestelmissä.

Suomessa sellutehtaiden jätevedet puhdistetaan pääasiassa biologisella menetelmällä ns. aktiivilietelaitoksissa. Jätevesiä puhdistetaan myös ilmastetuissa lammikoissa, anaerobilaitoksissa ja kemiallisilla menetelmillä.

Raakaöljyn jalostuksessa rikki poistetaan pelkistämällä rikkiyhdisteet rikkivedyksi. Nestekaasu, rikkivety ja merkaptanit poistetaan kaksivaiheisella lipeäpesulla. Krakkaus- ja rikinpoistoyksiköiden tuottamista poltto- ja nestekaasuvirroista rikkivety absorboidaan amiiniliuokseen korotetussa paineessa. Ab-



sorptioliuos regeneroidaan lämmittämällä normaalipaineessa, jolloin rikkivety irtoaa amiinista ja se johdetaan edelleen alkuainerikin valmistukseen. Öljyä jalostetaan Suomessa kahdessa tuotantolaitoksessa.

Viskoosikuitujen valmistuksessa alkaliseluloosa reagoi rikkihiilen kanssa, jolloin syntyy selluloosa-ksantaattia ja useita eri sivureaktiotuotteita ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CS}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CS}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ). Liuosta kutsutaan viskoosiksi. Viskoosikuidut kehrätään pumppaamalla viskoosia pienireikäisten suulakkeiden läpi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ - $\text{Na}_2\text{SO}_4$ - $\text{ZnSO}_4$ -liuokseen. Tässä ns. kehruuhauteessa selluloosa-ksantaatti hajoaa selluloosaksi ja rikkihieksi, jolloin sivureaktiossa muodostuu rikkivetyä.

Bakteerit voivat muodostaa rikkivetyä jätevesilaitosten ja lietalaloiden massasäiliöissä, jos pH ja lämpötila ovat sopivat, olot ovat anaerobiset ja liete sisältää orgaanista ainetta sekä rikkiä (yleensä sulfaattina).

Nahkateollisuudessa käytetään natriumsulfidiliuosta vuotien karvanpoiston helpottamiseksi. Nahat käsitellään natriumsulfidilla kalkkiliotuksen yhteydessä. Liuoksen pH:n lasku vapauttaa rikkivetyä liuoksesta.

Suomessa yksi tehdas valmistaa rikkivetyä omaan käyttöönsä.

## Altistuminen työssä

Haihtuville rikkijyhdisteille on annettu seuraavat HTP-arvot:

- rikkidioksidi  $\text{HTP}_{8\text{h}}$  1 ppm ja  $\text{HTP}_{15\text{min}}$  4 ppm
- rikkivety  $\text{HTP}_{8\text{h}}$  10 ppm ja  $\text{HTP}_{15\text{min}}$  15 ppm
- metyylimerkaptani  $\text{HTP}_{8\text{h}}$  0,5 ppm ja  $\text{HTP}_{15\text{min}}$  1,5 ppm.

Lisäksi valtioneuvosto on määrännyt räjäytys- ja louhintatyölle sitovat raja-arvot rikkidioksidille (8 tunnin vertailuaika 2 ppm, 15 minuutin vertailuaika 5 ppm) ja rikkivedylle (8 tunnin vertailuaika 10 ppm, 15 minuutin vertailuaika 15 ppm).

### *Rikkidioksidi*

Metallitehraisissa on useita paikkoja, joissa työntekijät voivat altistua rikkidioksidille. Merkittävimpiä ovat sintraamo, masuunien valuhallit, terässulatto ja valanteiden kuumamuokkauskohteet. Työterveyslaitoksen arvion mukaan rikkidioksidille altistui työntekijöitä ammattittain vuosina 2001–2003 seuraavasti: sulatto- ja sulatusuunityöntekijät 2 718, kylmä- ja kuumavalssaajat 281 sekä muut metallitehdas-, takomo- ja valimotyön ammattilaiset 1 164. Altistuneiden työntekijöiden määrä näillä aloilla on hieman kasvanut viime vuosina: altistuneita 3 677 vuosina 1995–1997 ja 3 486 vuosina 1998–2000 sekä 4 163 vuosina 2001–2003.

Metallien peittauslaitaiden jätevedenpuhdistamoissa on mitattu hetkellisiä rikkidioksidipitoisuuksia, jotka ylittävät  $\text{HTP}_{15\text{min}}$ -arvon moninkertaisesti. Varsinkin jäteveden pelkistykseen käytetyn natriummetabisulfiittiliuoksen valmistusvaiheessa mitatut pitoisuudet ovat olleet suuria (jopa yli 60 ppm).

Suomessa on kolme rikkihappotehdasta, joissa työntekijät saattavat altistua rikkidioksidille. Altistuminen on yleensä lyhytaikaista, koska pääasiallinen työskentelypaikka on tehtaan valvomo, johon ilma pyritään ottamaan suojatusta paikasta. Prosessissa on kuitenkin vuotoja, jolloin henkilökunta korjausten ja valvontakierrosten aikana saattaa altistua rikkidioksidille. Vuotoja voi olla esimerkiksi pesutorneissa, säiliöissä ja putkistoissa. Työntekijöiden pitkäaikaisen altistumisen rikkidioksidille on arvioitu jäävän alle 1 ppm, joskin lyhytaikaisesti altistumistasot voivat olla korkeampia.

Mekaanisen massan valkaisuaitoksissa käytetään massan valkaisuun natriumdioniittia, josta kos-teuden vaikutuksesta vapautuu rikkidioksidia. Mitatut ilman rikkidioksidipitoisuudet ovat kuitenkin normaalisti olleet pieniä (n. 0,2 ppm).

Lasi-, porseliini- ja keramiikkatehtaissa on rikkidioksidia mitattu polttouunien ympäristössä. Mitatut pitoisuudet ovat yleensä olleet alle 1 ppm. Altistuneiden uuninhoitajien määrä on viime vuosina vaihdellut: altistuneita 113 vuosina 1995–1997 ja 82 vuosina 1998–2000 sekä 152 vuosina 2001–2003.

## *Pelkistyneet rikkiyhdisteet*

Sulfaattiseluloosaa valmistetaan maassamme 18 tehtaassa, joissa haihtuville rikkiyhdisteille altistui yli 600 työntekijää (631 altistunutta v. 2001–2003).

Rikkivetyä voi esiintyä koko tehdasalueella, mutta erityisiä vaarakohteita ovat keittämö, mustalipeän haihduktamo, kaustistamo, hajukaasujen käsittelylaitos ja jätevesien puhdistuslaitos. Rikkivety saattaa myös levitä viemäreitä ja kanaaleja pitkin laajoille alueille. Metyylimerkaptaanipitoisuus saattaa nousta yli HTP<sub>8h</sub>-arvon, varsinkin keittämöllä. Rikkivetytitoisuus sen sijaan on mittauksissa jäänyt alle HTP-arvojen. Massasäiliöihin saattaa seisokkien aikana syntyä tila, jossa rikkivetyä kehittyy voimakkaasti.

Sellutehtaiden jätevesilaitoksilta on tutkittu lähinnä rikkivetyä. Sisätiloissa olevissa puhdistamoissa on ollut ajoittain suuria rikkivetytitoisuuksia, joista suurimmat lietteen suodatuslaitteistojen ympäristössä.

Maan-, metsän- ja puutarhanviljelijöistä noin 35 000 työntekijää arvioidaan altistuvan haihtuville rikkiyhdisteille. Määrä on ollut laskussa viime vuosina: altistuneita 46 188 vuosina 1995–1997 ja 42 772 vuosina 1998–2000 sekä 34 709 vuosina 2001–2003.

Maatalouden tuotantorakennuksissa pelkistyneiden rikkiyhdisteiden pitoisuudet ovat yleensä pieniä (alle 1 ppm), pitoisuudet saattavat kasvaa poikkeustilanteissa, kuten lannan sekoituksessa.

Maassamme on noin 560 kunnallista jätevesilaitosta. Näistä suurin osa ovat rinnakkaissaostuslaitoksia, joissa kemikaalit lisätään biologisessa käsittelyssä. Työntekijöitä näissä laitoksissa on noin tuhat. Suurimpia rikkiyhdisteiden pitoisuuksia on mitattu puhdistamoiden suotonauhan ja välppien hoitotasolla. Yksittäistapauksissa välppien ympäristössä on mitattu HTP-tasolla olevia rikkivetytitoisuuksia. Normaalisti rikkiyhdisteiden pitoisuudet ovat kuitenkin olleet pieniä, huomattavasti alle HTP-arvojen. Jätevesipumppaamoissa pitoisuudet ovat pienempiä kuin puhdistamoissa.

Raakaöljyn jalostuksessa pelkistyneille rikkiyhdisteille voi altistua kaikissa prosessivaiheissa, samoin myös öljyn kuormaamisessa säiliöautoihin jalostamalla. Tuotteiden lastauksen aikana rikkivedylle altistuminen vaihtelee lastattavan polttoaineen ja olosuhteiden mukaan. Jätevesien käsittelylaitosten pumppuhuoneissa ja kompressorihalleissa sekä rikin talteenottolaitoksissa rikkivetytitoisuudet vaihtelevat huomattavasti, mutta ovat yleensä olleet alle 1 ppm.

Työterveyslaitoksen arvion mukaan altistuneiden määrä öljynjalostustyöntekijöiden ja muiden kemiallisen työn ammattilaisten kesken on viime vuosina vähentynyt: altistuneita 1 801 vuosina 1995–1997 ja 1 957 vuosina 1998–2000 sekä 1 222 vuosina 2001–2003.

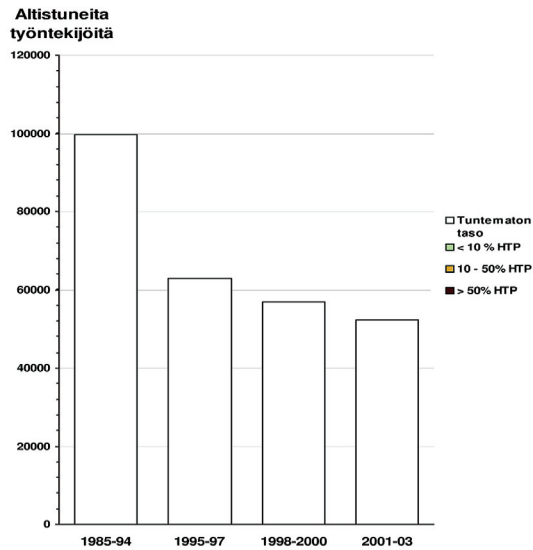
Nahkojen muokkauksessa rikkivedylle voi altistua kalkitusrummulla, jossa karvat poistetaan nahoista natriumsulfidilla. Suurimmat pitoisuudet on todettu kalkkirummun tyhjennyksen aikana. Altistuneiden määrä on myös tällä alalla viime vuosina vähentynyt: altistuneita 33 vuosina 1995–1997 ja 23 vuosina 1998–2000 sekä 17 vuosina 2001–2003.

Viskoosinvalmistuksessa rikkivedylle voi altistua lähinnä kehruvaiheessa ja kehruhauteen käsittelyssä. Rikkivetytitoisuudet ovat tuotantotiloissa yleensä olleet alle 1 ppm, mutta pitoisuudet saattavat olla suurempia kehrukoneilla, haihduktamolla ja happokellarissa. Näissä työpisteissä työntekijä voi altistua HTP<sub>8h</sub>-arvon ylittävällekin rikkivetytitoisuuksille. Suomessa valmistetaan viskoosia kahdessa tehtaassa.

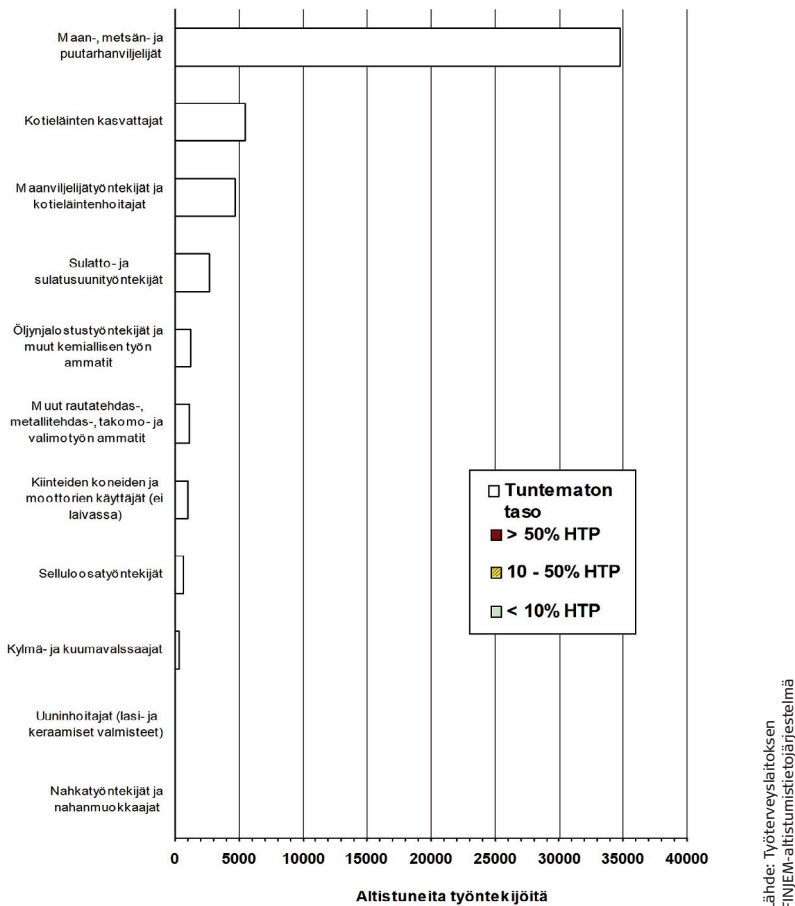
Työterveyslaitoksen arvion mukaan haihtuville rikkiyhdisteille altistui noin 52 000 työntekijää vuosina 2001–2003 (kuva 28). Altistuneiden määrä väheni huomattavasti verrattuna vuosiin 1985–1994, jolloin arvioitiin altistuvan noin 10 000. Varsinkin maan-, metsän- ja puutarhanviljelijöiden sekä öljynjalostus- ja muun kemiallisen alan altistuvien määrä on laskenut viime vuosina. Sen sijaan kotieläinten kasvattajista altistuu yhä useampi (2 162 altistunutta v. 1998–2000 ja 5 505 altistunutta v. 2001–2003). Altistuneiden työntekijöiden määrä ammateittain näkyi kuvassa 29.

## **Vaaraominaisuudet ja todetut terveystilat**

Rikkidioksidi liukenee helposti kudosnesteisiin ja hengitettäessä se vaikuttaa pääasiassa ylempiin hengitysteihin ja keuhkoputkeen. Pitoisuudet 6–12 ppm ärsyttävät välittömästi nenää ja kurkkua, ja yli 20 ppm:n pitoisuuksissa esiintyy myös silmä-ärsytystä. Alle 25 ppm:n pitoisuudessa 99 % hengitetystä kaasusta imeytyy ja nenän limakalvon kautta elimistöön. Voimakkaana altistumisena (yli 100 ppm) se aiheuttaa myös keuhkoputken ääreisosien supistuksen, joka voi johtaa kuolemaan. Pitkäaikaisessa altistu-



Kuva 28. Haihtuville rikkiyhdisteille altistuneet vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)



Kuva 29. Altistuminen hahtuville rikkiyhdisteille ammattittain vuosina 2001–2003

misessa on todettu lisääntyntä alttiutta hengitystiesairauksiin, väsymystä sekä maku- ja hajuaistinherkkyyden vaihtelua. Pitkäaikainen altistuminen voi myös aiheuttaa kroonista keuhkoputkentulehdusta ja hammaskiilteen vaurioitumista. Kansainvälinen syöpätutkimuslaitos (IARC) on luokitellut rikkidioksidin luokkaan 3 (aine ei ole luokiteltavissa ihmisen syöpävaarallisuuden suhteen). Eläinkokeissa rikkidioksidin on havaittu aiheuttavan keuhkosyöpää. Työterveyslaitoksessa tutkitut potilaat, joilla on ollut rikkidioksidin aiheuttama toksinen pneumoniitti, ovat altistuneet pääasiassa kemiallisessa puunjalostuksessa ja räjähdysonnettomuudessa kaivoksessa, jossa louhittiin rikkipitoista malmia.

Rikkivety on vaarallinen soluhengitysmyrkky, joka jo pienissä pitoisuuksissa ärsyttää limakalvoja ja hengitysteitä. Ärsytys kohdistuu etenkin silmiin aiheuttaen side- ja sarveiskalvon punoitusta ja tulehdusta. Silmän ärsytysoireet ilmenevät rikkivedyn pitoisuuksissa 10–20 ppm ja polttavaa kipua, kyynelvuotoa sekä näön sumenemista ilmenee, kun pitoisuus ylittää 50–100 ppm. Samalla esiintyy nenän ja kurkun kuivumista ja ärsytystä. Altistumisen jatkuessa ilmenee vetistä vuotoa nenästä, yskää, käheyttä ja hengenhädistyksen tunnetta. Rikkivety lamaannuttaa hajuaistin 100–150 ppm:n pitoisuudessa, mikä lisää äkillisen myrkytyksen vaaraa suurina pitoisuuksina. Altistuminen rikkivedylle 500 ppm:n pitoisuudessa aiheuttaa viidessä minuutissa vakavia hermostollisia oireita ja tajuttomuutta, hengityskeskukseen lamaantumisen ja kuoleman jopa puolessa tunnissa. Yli 1 000 ppm:n pitoisuus aiheuttaa välittömästi tajuttomuuden ja kuoleman hengityksen lamaannuttua. Rikkivedyn krooniset vaikutukset ovat kiistanalaisia. Pitkäaikaisesti altistuneilla työntekijöillä on kuvattu esiintyneen tarkoin määrittelemättömiä oireita, kuten väsymystä, päänsärkyä, huimausta ja ärtyneisyyttä limakalvojen ärsytysoireiden lisäksi. Henkilö, jolle on pitkäaikaisen rikkivetyaltistumisen seurauksena kehittynyt ns. kaasusilmä eli krooninen silmän sidekalvontulehdus, saattaa saada oireita jopa alle 1 ppm:n rikkivetypitoisuuksissa.

Metyylimerkaptaanin terveyteen kohdistuvat haittavaikutukset ovat paljolti samanlaiset kuin rikkivedyn, joskin metyylimerkaptaanin myrkyllisyys on huomattavasti pienempi. Metyylimerkaptaanin ärsyttää limakalvoja, silmiä ja hengitysteitä. Aineelle altistumisesta voi seurata vaikutuksia keskushermostossa, johtuen hengityksen lamaantumiseen. Altistuminen suurille metyylimerkaptaanipitoisuuksille voi johtaa tajuttomuuteen ja kuolemaan. Vaikutukset voivat ilmetä viivästyneinä.

Dimetyylisulfidi on elimistössä luonnostaan aineenvaihduntatuotteena, ja sen myrkyllisyys ihmiselle on vähäisempi kuin rikkivedyn ja metyylimerkaptaanin. Dimetyylisulfidi aiheuttaa suurina pitoisuuksina silmä-ärsytystä, hemolyyttistä anemiaa ja allergista ihottumaa. Dimetyylidisulfidin ei ole todettu aiheuttavan merkittäviä terveyshaittoja.

## **Riskien hallinta**

Rikkiyhdisteille altistumista tulee ehkäistä jo tuotantolaitosten suunnitteluvaiheessa. Laitteistojen sijoittelussa tuotantotiloihin tulee ottaa huomioon mahdolliset päästölähteet ja suunnitella ne tiloihin, joissa työntekijöitä on mahdollisimman vähän. Kone- ja laitehankinnoissa tulee hyödyntää automaation suomat mahdollisuudet, joilla voidaan vähentää valvonta-, säätö- ja näytteenottokäynnit ongelmapaikoissa. Lisäksi rikkiyhdisteiden pääsy ongelmakohdilta työympäristöön tulee pyrkiä mahdollisuuksien mukaan ehkäisemään tehostetulla yleisilmanvaihdolla, paikallisilmanvaihdolla tai koteloinnilla. Prosessien vuotokohtien minimoiminen voidaan toteuttaa pitämällä kaasuputkistot alipaineisina ja huoltamalla laitteistot säännöllisesti. Valvomoiden ja hoitotasojen hyvin toimivalla ilmastoinnilla voidaan vähentää työntekijöiden altistumista olennaisesti.

## **Lähteitä**

FINJEM-altistumistietojärjestelmä. Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Sulphur dioxide and some sulphites, bisulphites and metabisulphites (Group 3). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 54. IARC, Lyon 2002. (<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol54/02-sulfur-dioxide.html>)

Kangas J: Haihtuvat rikkiyhdisteet. Altisteet työssä 11. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.

Metsäteollisuus ry. (<http://www.forestindustries.fi/>)

OVA-ohjeet. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. Työterveyslaitos, Helsinki 2004. (<http://www.ttl.fi/internet/ova/index.html>)

#### 4.10.2 Kloori ja klooridioksidi

*Tuula Liukkonen, Lasse Lindroos*

##### **Tärkeimmät käyttöalat ja -tavat**

Klooria ( $\text{Cl}_2$ ) valmistetaan elektrolyyttisesti ruokasuolasta. Klooria myydään, kuljetetaan ja varastoidaan paineenalaisena nesteytettyinä kaasuna. Suomessa sitä käytetään pääasiassa veden desinfiointiin, suolahapon ja hypokloriitin sekä karboksimetyyliselluloosan (CMC) valmistukseen (OVA, Ullmann's Encyclopedia 2002). Klooria valmistettiin Suomessa vuonna 2001 noin 116 150 tonnia, vuonna 2002 noin 2 690 tonnia ja vuonna 2003 noin 2 710 tonnia (STTV 2003).

Klooridioksidia ( $\text{ClO}_2$ ) valmistetaan Suomessa useilla menetelmillä. Niille kaikille on yhteistä raaka-aineena käytetty natriumkloroatti. Muut valmistusaineet riippuvat menetelmästä. Muita aineita ovat rikkihappo, metanoli, suolahappo, rikkidioksidi ja vetyperoksidi. Reaktorissa valmistettu klooridioksidi imeytetään kaikissa menetelmissä kylmään veteen 6–9 g/l klooridioksidia sisältäväksi liuokseksi eli klooridioksidivedeksi. Klooridioksidi valmistetaan aina käyttöpaikalla. Sitä käytetään pääasiassa selluloosan valkaisuun. Maailmalla klooridioksidia käytetään myös vedenpuhdistukseen erityisesti silloin, kun ongelmana ovat veden haju- ja makuhaitat (OVA, Ullmann's Encyclopedia 2002). Suomessa sitä käytetään ainoastaan muutamalla vesilaitoksella (tieto Vesi- ja viemärlaitosyhdistykseltä, lokakuu 2005). Klooridioksidia valmistettiin vuonna 2001 noin 141 740 tonnia, vuonna 2002 noin 15 040 tonnia ja vuonna 2003 vain 25 tonnia (STTV 2003). Klooridioksidin tuotanto on tuskin vähentynyt näin merkittävästi, vaan ilmeisesti kaikki valmistajat eivät ole toimittaneet rekisteriin tietoja.

##### **Altistuminen työssä**

Klooria ja sen yhdisteitä valmistavilla neljällä tehtaalla arvioidaan kloorille tai klooridioksidille altistuvan noin 140 työntekijää (tehtaiden antamat arviot, marraskuu 2004). Viideltä sellutehtaalta vuonna 2003 saatujen tietojen perusteella arvioidaan sellutehtaiden valkaisu- ja valkaisimoissa ja valkaisimoissa noin 800 työntekijän ainakin ajoittain altistuvan klooridioksidille ja sen hajotessa myös pienille klooripitoisuuksille. Pintavesilaitoksilla noin 100–300 työntekijän arvioidaan altistuvan kloorille (tieto Vesi- ja viemärlaitosyhdistykseltä, lokakuu 2004). Klooridioksidia käytetään ainoastaan muutamalla vesilaitoksella, joten sille altistuu vain muutama työntekijä. Lisäksi kloorille altistuu työntekijöitä mm. sellaisissa uimahalleissa, joissa veden desinfiointiin käytetään klooriyhdisteitä. Myös esimerkiksi elintarviketeollisuudessa käytetään klooripitoisia pesuaineita, joille työntekijät voivat altistua pesujen aikana.

Vuonna 2002 on kloorille annettu kahdeksan tunnin keskiarvotusajalle haitalliseksi tunnettu pitoisuus ( $HTP_{8h}$ )  $1,5 \text{ mg/m}^3$  ja 15 minuutin keskiarvotusajalle ( $HTP_{15min}$ )  $2,9 \text{ mg/m}^3$  (HTP-arvot 2002). Vastaavat HTP-arvot klooridioksidille ovat  $0,28 \text{ mg/m}^3$  ja  $0,84 \text{ mg/m}^3$ . Vuoden 2005 luettelossa kloorilla ei enää ole  $HTP_{8h}$ -arvoa, vaan ainoastaan  $HTP_{15min}$ -arvo  $1,5 \text{ mg/m}^3$  (HTP-arvot 2005).

Työterveyslaitoksen työhygieenisten mittausten mukaan työntekijöiden työpäivän aikainen altistuminen kloorille ja klooridioksidille jää yleensä alle ohjeraja-arvojen (taulukko 28 ja 29).

Useinkaan ei altistuta koko työpäivää, vaan altistuminen liittyy esimerkiksi näytteenotto- ja tarkastuskierroksiin tuotantotiloissa tai laitteiden pesuun. Työntekijöiden altistumista kloori- ja sellutehtailla on seurattu suoraan osoittavilla ja mukana kannettavilla mittareilla. Tällöin on havaittu, että tuotantotiloissa tehtävien kierrosten aikana kloori- ja klooridioksidipitoisuudet voivat nousta lyhytaikaisesti suuriksi.  $HTP_{15min}$ -arvot voivat ylittyä, vaikka koko työvuoron aikainen altistuminen jää vähäiseksi. Uimahalleissa ja -altailla klooripitoisuuksia on mitattu yleensä silloin, kun työntekijät ovat kokeneet ärsytysoireita (taulukko 28). Verrattain suuret pitoisuudet ovat liittyneet häiriöihin veden desinfiointiaineiden annostelussa.

Kloorin ja klooridioksidin käyttöön liittyy aina onnettomuusriski. Klooridioksidilla on taipumus sopivissa olosuhteissa hajota räjähdysmäisesti. Säiliöiden, putkistojen ja muiden laitteiden rikkoutuessa ilmaan voi vapautua niin suuria määriä klooria tai klooridioksidia, että työntekijöille aiheutuu välitön hengenvaara. Tällainen vuototilanne voi aiheuttaa myös suuronnettomuuden, jolloin työntekijöiden lisäksi uhattuna ovat myös ympäristön ihmiset (OVA, Virolainen ym. 2003).

#### *Yhteenveto altistumisesta*

Yhteensä noin 1 200 työntekijän arvioidaan Suomessa altistuvan kloorille tai klooridioksidille kloorikemikaalien valmistuksessa, sellun valkaisuissa ja pintavesilaitoksilla. Lisäksi altistuvia työntekijöitä on mm. uimahalleissa ja elintarviketeollisuudessa. Yleensä työntekijöiden työvuoron aikainen altistuminen kloorille ja klooridioksidille jää ohjeraja-arvoihin verrattuna vähäiseksi, mutta hetkellisesti suuria pitoisuuksia voi esiintyä työpäivän aikana.

Kloorin valmistusmäärät ovat mitä ilmeisimmin pienentyneet. Ympäristönsuojelullisista syistä Suomessa luovuttiin kloorikaasun käytöstä sellun valkaisuissa 1990-luvun alkupuolella. Sen sijaan käytetään klooridioksidia. Myös veden puhdistuksessa kloorin käyttöä on vähennetty ja tilalle on kehitetty muita desinfiointimenetelmiä, kuten otsonointi ja ultraviolettivalon käyttö. Kuitenkin klooria käytetään edelleen pintavesilaitoksilla. Kloorin työhygieeninen ohjeraja-arvo pienenee vuonna 2005.

Taulukko 28. Työilman klooripitoisuuksia vuosina 1994–2004 (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri)

mittauspaikka	mittausten lukumäärä	keskiarvo, $\text{mg/m}^3$	mediaani, $\text{mg/m}^3$	vaihteluväli, $\text{mg/m}^3$
kloorin valmistus*	4*	0,28*	0,24*	0,03–0,61*
lääkeaineiden ja pesuaineiden valmistus	8	0,75	0,60	<0,12–2,7
kemiallisen paperimassan valmistus				
– valkaisu- ja kemikaalien valmistus	57	0,11	0,09	< 0,03–0,30
– valkaisu	9	< 0,03	< 0,03	< 0,01–0,05
pesut elintarviketeollisuudessa	8	1,2	0,30	0,30–7,0
uima-altaat/-hallit	25	1,1	1,0	< 0,3–2,0

\*15 min keskiarvoja

Taulukko 29. Työilman klooridioksidipitoisuuksia vuosina 1994–2004 (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri)

mittauspaikka	mittausten lukumäärä	keskiarvo, $\text{mg/m}^3$	mediaani, $\text{mg/m}^3$	vaihteluväli, $\text{mg/m}^3$
kemiallisen paperimassan valmistus				
– valkaisu- ja kemikaalien valmistus	59	0,07	0,06	< 0,002–0,21
– valkaisu	20	0,05	0,06	< 0,01–0,11

## Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat

Kloori on pistävänhajuinen, vihreän-keltainen, ilmaa raskaampi, epäorgaaninen kaasu. Litran nesteklooria höyrystyessä ilmakehän paineessa muodostuu noin 400 litraa kaasua. Kloori on voimakas hapetin. Hapettimena se reagoi kiivaasti tiettyjen orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden, kuten ammoniakkin ja fosforin, kanssa. Eräiden hiilivetykaasujen kanssa se reagoi räjähtäen. Kloorin ja vedyn seos on räjähtävä. Se on suhteellisen niukkaliukoinen veteen. Kloorikaasun ja vesihöyryn seos synnyttää myrkyllistä ja terästä sekä useimpia metalleja syövyttävää kloorivetyä. Kuiva kaasu syövyttää alumiinia, titaania ja tinaa. Nestekloori vahingoittaa muovia, kumia ja maalipintoja sekä reagoi kiivaasti emästen kanssa. Kloorin hajukynnys on noin 0,6–1,2 mg/m<sup>3</sup>, joten haju ei ole riittävä varoitusilmaisoin. (Kemikaalit-tietokanta, OVA, Ullmann's Encyclopedia 2002)

Klooridioksidi on niin ikään ilmaa raskaampi kaasu, jonka väri vaihtelee pitoisuuksista riippuen kellanvihreästä (pienet) punakeltaiseen (suuret). Hajultaan se on pienissä pitoisuuksissa makeahko ja suurissa pistävä. Kaasumainen klooridioksidi hajoo helposti klooriksi ja hapeksi. Se voi räjähtää kuumentuessaan, altistuessaan valolle ja iskun tai kipinän vaikutuksesta. Hajoamisen estämiseksi klooridioksidi liuotetaan valmistuksen yhteydessä veteen. Myös klooridioksidi on voimakas hapetin, jonka reaktiot palavien ja pelkistävien aineiden kanssa ovat kiivaita. Reaktiot orgaanisten aineiden (fosforin, kaliumhydroksidin ja rikin) kanssa aiheuttavat palo- ja räjähdysvaaran. Reaktiossa veden kanssa muodostuu kloorivetyhappoa ja kloorihappoa. Hajukynnys 0,28–1,4 mg/m<sup>3</sup> ei riitä varoittamaan terveysvaarasta. (Kemikaalit-tietokanta, OVA, Ullmann's Encyclopedia 2002)

Kloori on voimakkaasti kudoksia ärsyttävää ja syövyttävää sekä aiheuttaa kudolvaurioita silmien, nenän ja alempien hengitysteiden limakalvoille sekä iholle. Nestemuodossa se voi aiheuttaa kemiallisen palovamman silmiin ja iholle. Klooridioksidi on ärsyttävämpää kuin kloori. Se ärsyttää silmiä, nenää ja kurkkua jo pitoisuudessa 0,5 mg/m<sup>3</sup>, ja noin 3 mg/m<sup>3</sup> pitoisuus aiheuttaa yskimistä ja polttavaa kipua silmissä. Vakavia hengitysvaiveuksia ja voimakasta päänsärkyä on ilmennyt puolen tunnin oleskelun jälkeen klooridioksidipitoisuudessa 3,6 mg/m<sup>3</sup>. Häiriö-, vuoto- ja onnettomuustilanteissa suurille kloori- ja klooridioksidipitoisuuksille altistuminen voi aiheuttaa hengenvaarallisen keuhkopöhön. Altistuttaessa äkillisesti klooria sisältäville yhdisteille vakavat haittavaikutukset saattavat ilmetä viivästyneesti vasta useiden tuntien kuluttua altistumisen loputtua. (Kemikaalit-tietokanta, OVA, Ullmann's Encyclopedia 2002)

Pitkäaikainen tai toistuva altistuminen kloorille tai klooridioksidille saattaa aiheuttaa mm. kroonisen keuhkoputkentulehduksen. Pitkäaikainen altistuminen kloorille on raportoitu myös ammattiatman aiheuttajana (Bardana 1999, Olin ym. 2002). Ärsyttävinä ja syövyttävinä aineina nämä kemikaalit aiheuttavat suurina pitoisuuksina ns. RAD-oireyhtymän (reactive airway dysfunction syndrome) eli toksisesta reaktiosta aiheutuvan astman (Malo ja Chan-Yeung 2001, Newman Taylor ja Pickering 1994, Piirilä ym. 2002).

Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitettiin 28 ärsyttävien aineiden aiheuttamaa alempien hengitysteiden sairaustilaa vuosina 1990–1999 (Piirilä ym. 2002). Kloori oli aiheuttajana neljässä ja klooridioksidi kolmessa tapauksessa (25 %). Osassa tapauksia oli bronkioliitin ja osassa astman piirteitä. Puolet tapauksista on jäänyt vaille ammattitaitilain edellyttämää korvausta osittain diagnoosikäytännön vakiintumattomuuden vuoksi (Piirilä ym. 2002). Vuonna 2000 ilmoitettiin yksi, vuonna 2001 ei yhtään ja vuonna 2002 kolme kloorin aiheuttamaa ammattitautia (Ammattitaudit 2000–2002).

## Riskien hallinta

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001) edellyttää työnantajilta riskinarvioinnin tekemistä ja tarvittaessa riskiä vähentäviin toimenpiteisiin ryhtymistä. Kloorin ja klooridioksidin osalta riskinarvioinnissa tulisi kiinnittää huomiota normaalin toiminnan aikana esiintyviin lyhytaikaisiin altistumishuippuihin, joita olisi pyrittävä leikkaamaan. Niitä voidaan vähentää esimerkiksi näytteenottopestien ilmanvaihtoa tehostamalla, työntekijöitä opastamalla ja henkilönsuojaimia käyttämällä.

Koska kloori ja klooridioksidi voivat aiheuttaa suuronnettomuuksia, niiden valmistamista, varastointia ja käyttöä säädellään lukuisin säädöksin. Näitä ovat kemikaalilain (744/1989 muutoksineen) ja työturvallisuuslain (738/2002) lisäksi mm. asetus kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (59/1999), laki räjähdysvaarallisista aineista (263/1953 muutoksineen) sekä pelastustoimiasetus (857/1999). Turva-

tekniikan keskus (TUKES) on julkaissut vaarallisten kemikaalien varastointiin ja turvallisuusselvityksen laatimiseen ohjeita sekä klooridioksidin valmistuksen turvallisuusoppaan (Virolainen ym. 2003).

Työterveyslaitos ylläpitää tiedostoa ”Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet” (OVA-ohjeet), joista löytyy ohjeet myös kloorille ja klooridioksidille. Nämä ohjeet on tarkoitettu kemikaaliturvallisuuden tiedonlähteeksi mm. pelastuslaitoksille, ympäristönsuojeluviranomaisille ja työterveyshenkilöstölle.

## Lähteitä

Ammattitaudit (v. 2000–2002). Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

Bardana E, Jr.: Reactive airway dysfunction syndrome (RADS): guidelines for diagnosis and treatment and insight into likely prognosis. *Ann Allergy Asthma Immunol* 1999;83:583–586.

HTP-arvot 2002. Työsuojelusäädöksiä 3. Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto, Kemian työsuojeluneuvottelukunta, Tampere 2002.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Kemikaalit-tietokanta. International Chemical Safety Cards. An International Programme on Chemical Safety Project. WHO, ILO, UNEP, EU, Työterveyslaitos. (<http://www.ttl.fi>)

Malo J-L, Chan-Yeung M: Irritant induced asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2001;108:317–28.

Newman Taylor J A, Pickering C A C: Occupational asthma. In: Occupational lung disorders. Ed. by W R Parkes. 3th ed. Butterworth & Heinemann, Oxford 1994, 710–754.

Olin A C, Granung G, Hagberg S et al.: Respiratory health among bleachery workers exposed to ozone and chlorine dioxide. *Scand J Work Environ Health* 2002;28:117–123.

OVA-ohjeet. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. Työterveyslaitos, Helsinki 2004. (<http://www.ttl.fi/internet/ova/index.html>)

Piirilä P, Espo T, Keskinen H ym.: Ärsytyksen aiheuttama astma. *Duodecim* 2002;118:369–376.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., Weinheim 2002.

Virolainen K, Lautkaski R, Enbom S, Tiihonen J: Klooridioksidin valmistuksen turvallisuusopas. TUKES-julkaisu 6/2003. Turvatekniikan keskus, Helsinki 2003.



### 4.10.3 Otsoni

Peter Backlund

#### Esiintyminen ja käyttöalat

Otsoni ( $O_3$ ) on eräs hapen allotrooppisista muodoista. Yhdessä molekyylissä on kolme happiatomia. Se on väritön tai vaaleansininen, pistävän hajuinen ja myrkyllinen kaasu. Otsoni on voimakas hapetin (hapetuspotentiaali 2,07 V), tehokas desinfiointiaine sekä oikeissa olosuhteissa tehokas delignifointikemikaali ja valkaisuaine. Otsoni voidaan havaita tunnusomaisen hajunsa perusteella jo pienissä pitoisuuksissa (0,01–0,05 ppm).

Otsoni syntyy happiatomin (O) reagoidessa happimolekyylin ( $O_2$ ) kanssa. Teknisesti sitä valmistetaan sähköpurkausten avulla ilmasta tai hapestä otsoniputkella eli otsonisaattorilla. Otsoniputkessa on kaksi sisäkkäistä lasiputkea, joiden välissä olevan vaipan kautta otsonoitava kaasu johdetaan. Putken seinämien väliin kehitetään noin 10 000 voltin pimeitä eli hiljaisia sähköpurkauksia. Vain osa läpivirranneesta hapestä muuttuu otsoniksi. Normaalisti pystytään tällä menetelmällä tuottamaan  $\leq 2$  % otsonipitoisuuksia. Otsonia voidaan myös valmistaa ultraviolettisäteilyn avulla. Happimolekyylin pilkkoutumiseen tarvittava energia saadaan  $< 240$  nm ultraviolettisäteilyssä. Otsonia ei voi varastoida, joten se valmistetaan aina käyttökohteen välittömässä läheisyydessä.

Koska otsoni on hyvä hapetin, sitä käytetään useissa teknisissä sovelluksissa, joista tärkeimmät ovat veden- ja ilmanpuhdistus sekä selluloosan valkaisu.

Talovesilaitoksissa otsonia käytetään desinfiointiin, haju- ja makuaineiden ja värin poistoon sekä mangaanin ja raudan saostamiseen. Otsonoidusta vedestä allastilojen ilmaan haihtuva otsoni johdetaan poistoyksikön kautta ulkoilmaan.

Jätevesilaitoksissa otsonia käytetään mm. veden happipitoisuuden kohottamiseen, desinfiointiin ja orgaanisen aineen pitoisuuden pienentämiseen. Jossakin määrin otsonia käytetään myös ongelmapaikkojen, kuten ilmastusallastilojen, ilmanlaadun parantamiseen.

Uimahalleissa ja akvaarioissa otsonia käytetään lähinnä desinfiointiin. Myrkyllisyyden ja haihtuvuuden vuoksi otsonia ei saa esiintyä uimavedessä. Jäännösotsoni poistetaan näin ollen käsitellystä vedestä aktiivihiilisuodattimen tai muun käsittely-yksikön avulla ennen kuin vesi johdetaan allasastoon. Hygieenisen laadun takaamiseksi kierrätysveteen lisätään pysyvämpää desinfiointiainetta (kuten klooria) aktiivihiilisuodatuksen jälkeen.

Otsonia tuottavat ilmanpuhdistuslaitteet ovat viime vuosina saavuttaneet kasvavaa suosiota mikrobien ja epämiellyttävien hajujen syntymisen torjunnassa ja poistamisessa. Ilmanpuhdistajien toimintaperiaate vaihtelee. Markkinoilla on otsonaattoreita, ionisaattoreita ja ns. tehostetuilla hapetusmenetelmillä toimivia laitteita, joissa lyhytaaltultraviolettisäteilyn avulla tuotetaan otsonia, radikaaleja, peroksiedeja ja muita tehokkaita hapettimia. Otsonia tuottavia puhdistuslaitteita käytetään esimerkiksi jätevesilaitoksilla, pumppaamoilla, käymälöissä, sosiaalituloissa ja toimistoissa.

Otsoniemissioita syntyy myös konttorikoneista. Kopiokoneista ja lasertulostimista otsonia kehittyy ns. koronapurkauksen seurauksena. Lasertulostimissa korkeaa jännitettä käytetään valosähköisestä materiaalista valmistetun rummun varaamiseen ja paperin varaamiseen värihiukkasten kiinnittämistä varten. Otsonia saattaa muodostua myös rummun jäännössähkövarauksen purkamisessa ja värijauhehiukkasten varaamisessa. Koronalankaa käyttävät lasertulostimet on varustettu sisäisillä otsonisuodattimilla, jotta jäähdytysilmassa oleva otsoni ei pääse leviämään hengitysilmaan. Markkinoilla on myös tulostimen ulkopuolelle asennettavia lisäsuodattimia. Viime aikoina on markkinoille tullut uutta tekniikkaa käyttäviä laitteita, jotka eivät tuota otsonia mitattavia määriä. Näissä tulostimissa käytetään lankojen asemesta lausteloja väriainekaseteissa ja tulostuskoneistossa.

Otsonia syntyy myös kaasukaarihitsauksessa. Hitsausvalokaaren korkean lämpötilan vuoksi ultraviolettilin valon säteily on voimakasta. Hitsauksessa otsonia syntyy aallonpituuksilla alle 240 nm, mutta selvästi eniten aallonpituuksilla 130–175 nm välittömästi suojakaasuvirtaaman ulkopuolella olevassa ilmassa. Hitsaustyössä otsonin muodostumista riippuu monesta tekijästä, kuten hitsausprosessista, hitsattavasta materiaalista, käytetystä suojakaasusta sekä hitsausvirrasta ja jännitteestä. Työilman pitoisuuksiin vaikuttavat lisäksi muut tekijät, kuten suojakaasuvirtaus, suuttimen koko ja valokaaren pituus.

## Altistuminen työssä

Otsonin työhygieeniset viiteraja-arvot ovat 0,05 ppm (HTP<sub>8h</sub>) ja 0,2 ppm (HTP<sub>15min</sub>). Koneellisella ilmanvaihdolla varustetuissa rakennuksissa tai tuotantotiloissa otsonipitoisuus on vähäisempi kuin ulkona, jos rakennuksessa ei ole sisäisiä otsonilähteitä, kuten vuotavia otsonointilaitteita tai putkistoja, otsonia tuottavaa toimintaa (esim. hitsausta) taikka otsonia tuottavia konntorikoneita tai ilmanpuhdistajia. Ulkoilmasta sisäilmaan tulevan otsonin pitoisuus riippuu lähinnä rakennuksen ilmanvaihdon tehokkuudesta, sisätiloissa olevista otsonia hajottavista sisustusmateriaaleista ja ilmassa esiintyvien reaktiivisten epäpuhtauksien määrästä. Tavallisesti sisätilojen otsonipitoisuus on 20–70 % ulkoilman otsonipitoisuudesta.

Hitsaajat altistuvat otsonille pääasiassa kaasukaarihitsauksessa (MIG-, MAG-, TIG-, plasma- ja täytelankahitsaus). Pitoisuuksiin hengitysvyöhykkeen ilmassa ja sitä kautta altistumiseen vaikuttavat hitsausparametrien lisäksi myös työolot ja työtilanteet sekä käytettävä hitsausmaski. Altistumistasoon voi vaikuttaa merkittävästi enemmän esimerkiksi hitsaajan asento verrattuna savupilveen tai paikallispoistoon kuin otsonia synnyttävät tekijät. Tämän vuoksi hitsaajien altistuminen otsonille vaihtelee paljon tilanteesta toiseen. Suurimmat pitoisuudet on mitattu alumiiniin (Al) MIG- sekä seostamattoman teräksen (MS) täytelanka- ja seostetun teräksen (SS) MAG-hitsauksessa. Pitoisuudet ovat pienempiä alumiiniin TIG-hitsauksessa (taulukko 30).

Vesilaitoksilla ja selluloosatehtailla otsonille altistutaan lähinnä putki- tai otsonointilaittevuotojen seurauksena, jolloin pitoisuudet saattavat nousta hyvinkin suuriksi. Vesilaitoksessa on putkivuotokohdan läheisyydessä mitattu jopa 11 ppm:n otsonipitoisuus. Normaalitilanteissa otsonointia käyttävien vesilaitosten työilman otsonipitoisuudet ovat pieniä, koska otsonoitu vesi pidetään suljetuissa tiloissa olevissa altaissa, jotta vedestä ilmaan haihtunutta otsonia ei pääse leviämään työtiloihin.

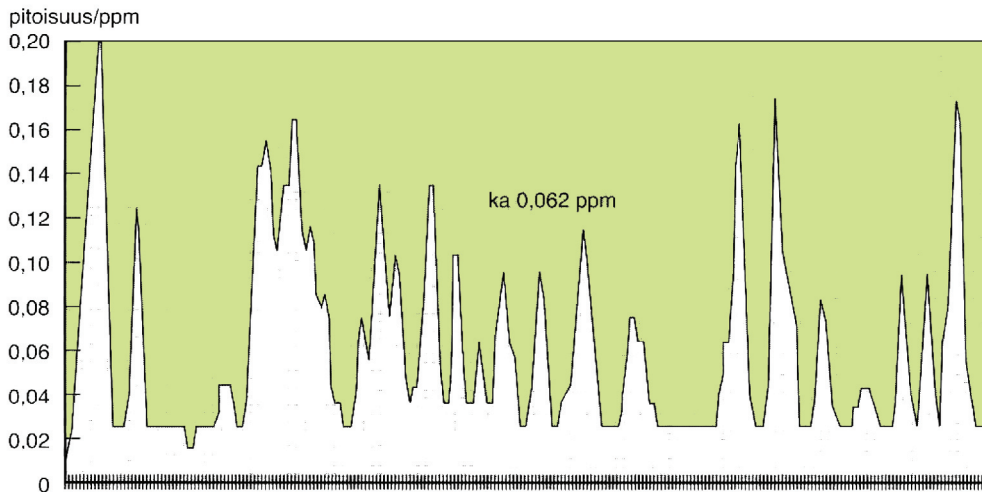
Vanhaa tekniikkaa (koronalkaava) käyttävien lasertulostimien tulostuksessa kehittyväksi otsonipäästövirraksi on mitattu 0,8–3,7 mg/h. Keskimääräiseksi päästömääräksi tulostettavaa sivua kohden on arvioitu 20 µg O<sub>3</sub>/sivu. Toimistotilassa (lattiapinta-ala 16 m<sup>2</sup>, tilavuus 40 m<sup>3</sup>, ilmavirta 60 m<sup>3</sup>/h), jossa vanhalta tekniikalla toimivalla lasertulostimella kopioitiin jatkuvasti tunnin ajan, otsonipitoisuus oli 0,015–0,2 ppm. Pitoisuuden keskiarvo oli HTP<sub>8h</sub>-arvon tasolla (kuva 30).

Otsonia tuottavien ilmanpuhdistimien otsonipäästövirtoja on tutkittu hyvin vähän. Ilman otsonipitoisuuteen vaikuttavat puhdistuslaitteen otsonituotto, huoneen ilmanvaihdon tehokkuus, huoneen tilavuus, otsonin reaktiot pinnoilla ja ilmassa olevien reaktiivisten yhdisteiden kanssa sekä ulkoilmasta tuleva otsonin taustapitoisuus. Toistaiseksi ei ole tarpeeksi tietoa otsonin ja sisäilmassa olevien epäpuhtauksien välisissä reaktioissa syntyneistä yhdisteistä (sekundaarisista reaktiotuotteista). Tutkimustulokset viittaavat kuitenkin siihen, että näissä reaktioissa syntyy lyhytikäisiä välituotteita, kuten radikaaleja ja peroksiedeja, jotka ärsyttävät silmiä, limakalvoja ja hengitysteitä. Lisäksi laitteiden tehokkuudesta hajuyhdisteiden ja mikrobin hävittäjinä on ristiriitaisia tietoja.

Otsonipitoisuuksia on seurattu testihuoneissa, johon oli asennettu tehostetulla hapetusmenetelmällä toimiva puhdistin (taulukko 31).

Taulukko 30. Esimerkkejä Suomessa mitatuista otsonin pitoisuuksista hitsausmaskin sisäpuolella kaasukaarihitsauksessa

prosessi/materiaali	mittausten lukumäärä	lyhytaikainen otsonipitoisuus, ppm	
		keskiarvo	vaihteluväli
TIG-hitsaus			
- ruostumaton teräs	30	0,022	0,001–0,101
- alumiini	4	0,010	0,009–0,012
MAG-hitsaus			
- seostamaton teräs	42	0,042	0,001–0,246
- ruostumaton teräs	51	0,165	0,003–0,845
MAG-täytelankahitsaus			
- seostamaton teräs	8	0,147	0,065–0,210
- seostettu teräs	3	0,022	0,015–0,029
MIG-hitsaus			
- alumiini	15	0,121	0,007–0,326



Kuva 30. Otsonipitoisuuden vaihtelu kopiointihuoneessa: kurssimateriaalin kopiointi tunnin ajan, yhteensä 1 815 sivua

Taulukko 31. Mitattu otsonipitoisuus kahdessa eri testihuoneessa eri nimellisaikavakioissa

testihuoneen tilavuus, m <sup>3</sup> / ilmanvaihto	O <sub>3</sub> -pitoisuus, ppm*
6,4 m <sup>3</sup> / poistoilmaventtiili suljettu	“high setting”: 0,19 (75 min jälkeen)
6,4 m <sup>3</sup> / poistoilman virtausnopeus 45,4 m <sup>3</sup> /h (nimellisaikavakio 8,4 min)	“high setting”: 0,096 (82 min jälkeen)
56 m <sup>3</sup> / poistoilman virtausnopeus 200 m <sup>3</sup> /h (nimellisaikavakio 16,8 min)	“low setting”: 0,014–0,017 “high setting”: 0,030–0,041

\*taustapitoisuus 0,011 ppm

Kun pienemmän testihuoneen poistoilmaventtiili pidettiin suljettuna, otsonipitoisuus nousi lyhyessä ajassa yli HTP<sub>15min</sub>-arvon. Poistoilman virtausnopeuden ollessa 45,4 m<sup>3</sup>/h (nimellisaikavakio 8,4 min), otsonipitoisuus samassa huoneessa tasaantui noin 30 minuutin käsittelyn jälkeen tasolle 0,096–0,1 ppm. Isommassakin testihuoneessa (käytössä oleva toimistohuone) otsonipitoisuus nousi HTP<sub>8h</sub>-tasolle poistoilman virtausnopeuden ollessa 200 m<sup>3</sup>/h (nimellisaikavakio 16,8 min).

### Terveysvaikutukset

Otsoni vaikuttaa silmien, nenän ja alempien hengitysteiden limakalvoihin. Oireina ovat tavallisesti pistävä tai polttava tunne kurkussa, yskä ja kipu rinnassa tai vinkuva hengitys. Otsonin haitallisuus johtuu sen reaktioista solukalvojen ja solujen sisällä olevien rasvaosien kanssa. Otsonin välittömälle, akuutille vaikutukselle soluun on tunnusomaista solun biokemiallisen toiminnan vaimeneminen.

Hapettumisvaurioiden takia solukalvoon tulee vuotoja, joista seuraa kudospaisumia. Sitä vastoin, pitempiäaikaisen vaikutuksen aikana solussa ehtii tapahtua biokemiallinen sopeutuminen ja sen biokemiallinen toiminta elpyy. Vähitellen syntyy sidekudokseen liikakasvua, joka huonontaa elimen normaaleja toimintoja.

Otsoni aiheuttaa herkimmille yksilöille 0,1 ppm ylittävissä pitoisuuksissa kurkun kuivumista ja ärsytysyskää. Useita tunteja kestävä altistuminen jälkeen voi kehittyä tulehdusta hengitysteiden limakalvoille. Vaikutukset voimistuvat rasituksessa lisääntyneen keuhkotuuletuksen vuoksi. 5–10 kertaa suuremmissa pitoisuuksissa voi ilmetä astmaattisia oireita, kuten hengityksen vinkunaa ja ahdistusta, rintakipua

syvään hengitettäessä, päänsärkyä ja keuhkoputken supistusräpyvyyttä. Se on osoitettavissa myös keuhkojen toimintakokeissa, sillä muutokset keuhkoputkien toiminnassa saattavat kestää vielä useita päiviä altistumisen jälkeen. Merkittävät otsonipitoisuudet (yli 5 ppm) voivat aiheuttaa vakavan keuhkojen tulehdusreaktion, joka vaikutukseltaan vastaa kemiallista keuhkokuumetta ja johtaa pahimmassa tapauksessa keuhkoödeemaan.

## Riskien hallinta

Otsonille altistuminen vesilaitoksilla, uimahalleissa ja selluloosan valkaisuissa pidetään vähäisenä minimoimalla vuotokohtat. Tämä voidaan toteuttaa huoltamalla otsonigeneraattorit ja putkistot usein ja säännöllisesti sekä mahdollisuuksien mukaan pitämällä ne alipaineisina esimerkiksi käyttämällä ejektoreita otsonin syöttöön. Lisäksi otsonin kulkeutumista työtiloihin tulee ehkäistä huolehtimalla siitä, että otsonoidun veden säilytystilat ovat tarpeeksi alipaineisia. Uimahalleissa on varmistettava, ettei vedessä ole jäljellä otsonia ennen veden johtamista altaisiin. Aktiivihiilisuodattimesta tulevassa vedessä ei saa olla havaittavissa kaasukuplia, koska ne voivat olla merkki suodattimien toimimattomuudesta. Sen vuoksi aktiivihiilisuodattimien päällä olevan ilmaventtiilin kunto tulisi tarkistaa säännöllisesti.

Hitsauksessa otsonihaitan vähentämiseen tulisi ensisijaisesti käyttää tekniikoita, jotka vähentävät otsonin muodostumista tai jotka fyysisesti estävät muodostunutta otsonia pääsemästä hitsaajan hengitettäväksi (esim. tehokas ilmanvaihto tai puhallinnaamarin käyttö). Suomessa on kiitettävästi yleistynyt puhalluksella varustettujen hitsausnaamarien käyttö, ja oikein käytettynä ne hyvin tehokkaasti vähentävät hitsaajien altistumista otsonille.

Altistuminen konttorilaitteista tulevalle otsonille voidaan minimoida hyvin toimivalla ilmanvaihdolla sekä huoltamalla laitteet tarpeeksi usein ja säännöllisesti. Koneet tulisi sijoittaa tuulettuvaan tilaan esimerkiksi käytäville tai suunnata työhuoneessa sijaitsevien laitteiden jäähdytysilma-aukot pois päin työntekijöistä. Määrällisesti isot kopioinnit ja tulostukset tulisi tehdä niin, ettei koneiden välittömässä läheisyydessä jouduta oleskelemaan.

Ulkoilmasta sisäilmaan tulevan otsonin määrä voidaan minimoida lähinnä pienentämällä ilmanvaihdon vaihtoa ja tehostamalla tuloilman suodatusta.

## Suosituksukset

- Otsonia tuottavien ilmanpuhdistuslaitteiden käyttöä sisäilman laadun parantamiseksi tulisi välttää. Jos niitä väliaikaisesti joudutaan jostakin syystä käyttämään, ne tulisi sijoittaa tarpeeksi isoihin huoneisiin, joissa on tehokas ilmanvaihto. Laitteisiin tulisi lisäksi asentaa automaattinen järjestelmä takaamaan sen, että laitteet kytkeytyvät pois päältä, jos ilmanvaihtojärjestelmään tulee häiriöitä tai kun se suljetaan yöksi tai viikonlopuksi. Puhdistimien käynnistyttyä tulee seurata ilman otsonipitoisuutta huolellisesti automaattisilla mittareilla.

## Lähteitä

Cross C, DeLucia A, Reddy A et al.: Ozone interactions with lung tissue. *Am J Med* 1976;60:929–935.

Engström B: WP 3 Workplace Exposure Measurements. Project No: GRDI1-1999-2000. Examination of the measurement and control of ozone emissions during welding and allied processes. Tutkimusraportti 2003. Turku, Finland.

Engström B, Niemelä R, Eronen R ym.: Toimistolaitteiden epäpuhtauspäästöt. Työ ja ihminen 1999;13:1,46–53.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön ohjeita 2005:10. Helsinki 2005.

Otsoniongelma kaasukaarihitsauksessa. AGAn kaasudivisioonan tutkimus- ja kehitysyksikön raportti (1980).

#### 4.10.4 Hiilimonoksidi

Rainer Schimberg, Tuomo Lapinlampi

##### Käyttö ja esiintyminen työssä

Hiilimonoksidi eli häkä (CO) on väritön, hajuton ja mauton kaasu, joka voi helposti syttyä ja muodostaa ilman kanssa räjähdysherkän seoksen. Kun ilman suhteellinen tiheys on 1, hiilimonoksidin on samassa lämpötilassa ja paineessa 0,9668, joten se on vähän ilmaa kevyempää. Hiilimonoksidin diffuusiokyky on suuri, joten se voi tunkeutua huokoisen materiaalin läpi.

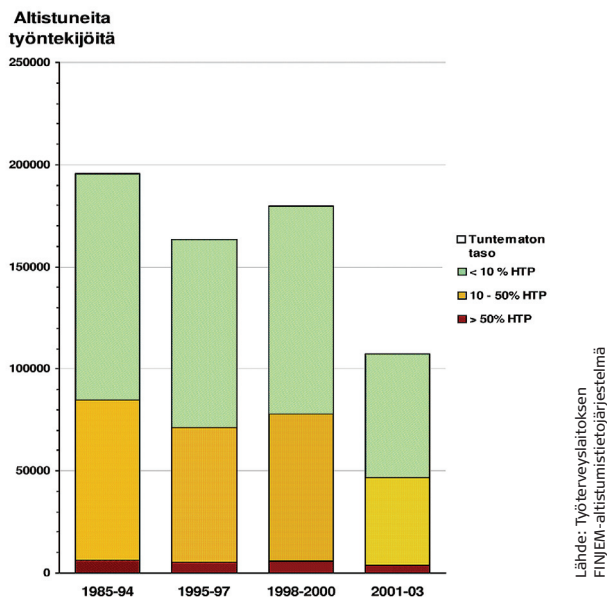
Hiilimonoksidirikasta kaasua voidaan tuottaa johtamalla ilmaa hehkuvan hiilen läpi, jolloin lämpötilan noustessa yli 1 000 °C:een hiilen ja ilman hapen kanssa muodostunut hiilidioksidi pelkistyy hiilimonoksidiksi. Hyvänä pelkistimenä hiilimonoksidia käytetään malmien käsittelyssä ja puhtaiden metallien sekä vedyn valmistuksessa. Pääasiallinen käyttö Suomessa on energian tuotannossa ja ammoniakkin sekä muurahaishapon valmistuksessa. Hiilimonoksidin valmistus- tai maahantuontimäärät yhteensä ovat hyvin vaihtelevia: 1 111 020 tonnia vuonna 2001 ja 55 001 tonnia vuonna 2002 sekä 272 260 tonnia vuonna 2003 (STTV 2003).

Hiilimonoksidia ei yleensä toivota esiintyvän työssä. Sitä syntyy orgaanisten aineiden epätäydellisessä palamisessa, kun hapen saanti on liian pieni, lämpötila liian alhainen tai joissakin tapauksissa myös liian korkea. Aineena voi olla maa- ja nestekaasu, bensiini, öljyt, tupakka, turve, puu, hiili tai mikä tahansa palava aine, joka sisältää hiiltä.

Metalliteollisuudessa hiilipitoiset orgaaniset aineet voivat olla eri prosesseissa lämmölle alttiina. Näissä prosesseissa muodostuu hiilimonoksidia ja seurauksena sen päästö työympäristön ilmaan on todennäköinen. Esimerkkejä ovat kokaamo, valimo ja konepaja.

Pakokaasun hiilimonoksidi on mahdollinen haittatekijä kaikissa töissä, joissa työskennellään polttomoottorikäyttösten ajoneuvojen ja työkonien parissa. Sama koskee työpaikkoja, joissa on käytössä muita polttolaitteita, kuten kaasulämmityslaitteita.

Suomessa altistui työssä hiilimonoksidille vielä 20 vuotta sitten noin 200 000 henkilöä, kun heitä arvioidaan nyt olevan enää noin 100 000. Tilastollisesti voidaan olettaa, että runsas puolet altistuneista työskentelee olosuhteissa, joissa työpaikkailman hiilimonoksidipitoisuustaso on alle 10 % työhygienisestä raja-arvosta, vajaa puolet olosuhteissa, joissa taso on 10–50 % raja-arvosta, ja kolme henkilöä sadasta sellaisissa, joissa taso on yli 50 % raja-arvosta. Hiilimonoksidin työhygieniset raja-arvot ovat 35 mg/m<sup>3</sup> eli 30 ppm (HTP<sub>8h</sub>) ja 87 mg/m<sup>3</sup> eli 75 ppm (HTP<sub>15min</sub>) (kuva 31).



Kuva 31. Hiilimonoksidille altistuneet työntekijät vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)

## Altistuminen työssä ja riskien hallinta

Metallialan töitä, joissa altistuminen hiilimonoksidille on todennäköistä, ovat hitsaustyöt, terminen leikkaus, metallien sulatus, valimotyö, metallien valmistus ja koksaaamon työt (taulukko 32). Näissä prosesseissa hiilimonoksidi vapautuu työpaikkailmaan usein jaksoittain suhteellisesti suurena päästönä. Huonoissa olosuhteissa valimossa eri valuun liittyvien töiden yhteydessä hiilimonoksidipitoisuudet työntekijän hengitysvyöhykkeellä voivat olla raja-arvon tasoa tai sen yli.

Hiilimonoksidin päästön määrää voidaan vähentää puuttamalla hiilimonoksidia tuottavaan prosessiin. Tällöin esimerkiksi vähennetään prosessiin osallistuvan hiilipitoisen aineen määrää tai korvataan aine vähemmän hiiltä sisältävällä aineella. Lisäksi järjestetään olosuhteet sellaisiksi, että hapen saanti on riittävää ja lämpötila sopiva, jotta hiili palaa hiilidioksidiksi.

Työntekijöiden hiilimonoksidialtistumista voidaan lisäksi vähentää ilmanvaihtojärjestelmällä, jossa on riittävästi otettu huomioon myös termisten ilmajvirtausten vaikutus ja puhtaan tuloilman tarve. Työjärjestelyillä estetään ainakin sivullisten altistuminen. Myös tilojen osastointi helpottaa päästöjen hallintaa. Joissakin tapauksissa, kuten tietyillä työalueilla koksaaamossa, työntekijä voidaan tehokkaasti suojata altistumiselta ainoastaan raitisilmanamarilla.

Polttomoottoreilla varustettuja ajoneuvoja ja työkoneita käytetään laajasti. Vaikka polttotekniikka on kehittynyt, noin 30 000 erilaisia ajoneuvoja kuljettavaa henkilöä työskentelee olosuhteissa, joissa ilman hiilimonoksidipitoisuus on yli 10 % raja-arvosta. Heistä 1 500 henkilön työympäristön ilman hiilimonoksidipitoisuus on yli 50 % raja-arvosta (kuva 32).

Vaikka ulkoilman hiilimonoksidipitoisuus kaupungissakin on nykyisin pieni (Tampereella 0–2 ppm), voi ruuhkassa ajoneuvon ohjaamossa kohonnut hiilimonoksidipitoisuus olla kohtalainen riski kuljettajalle. Yli 15 000 varastotyöntekijästä enemmän kuin puolet työskentelee olosuhteissa, joissa hiilimonoksidipitoisuus on 10–50 % raja-arvosta. Moottorikelkan työajoissa hiilimonoksidipitoisuudet vaihtelevat suuresti. Kelkkailijan hengitysvyöhykkeellä hiilimonoksidin pitoisuus voi lyhytaikaisesti olla yli työhygieenisen raja-arvon. Metsurit eli moottorisahan käyttäjät työskentelevät olosuhteissa, joissa hiilimonoksidipitoisuus ilmassa on keskimäärin 30–50 % raja-arvosta. Näiden kaksitahतिकoneiden, kuten moottorikelkan ja moottorisahan, käytössä syntyy lyhytaikaisia altistumistilanteita, joissa hiilimonoksidin pitoisuus nousee jopa yli kymmenkertaiseksi työhygieenisiin raja-arvoihin nähden (kuva 33).

Ajoneuvojen ja työkoneiden hiilimonoksidin päästön määrään vaikuttavat polttoaineen laatu, moottorin ja erityisesti koneen tai laitteen kunto sekä säädöt.

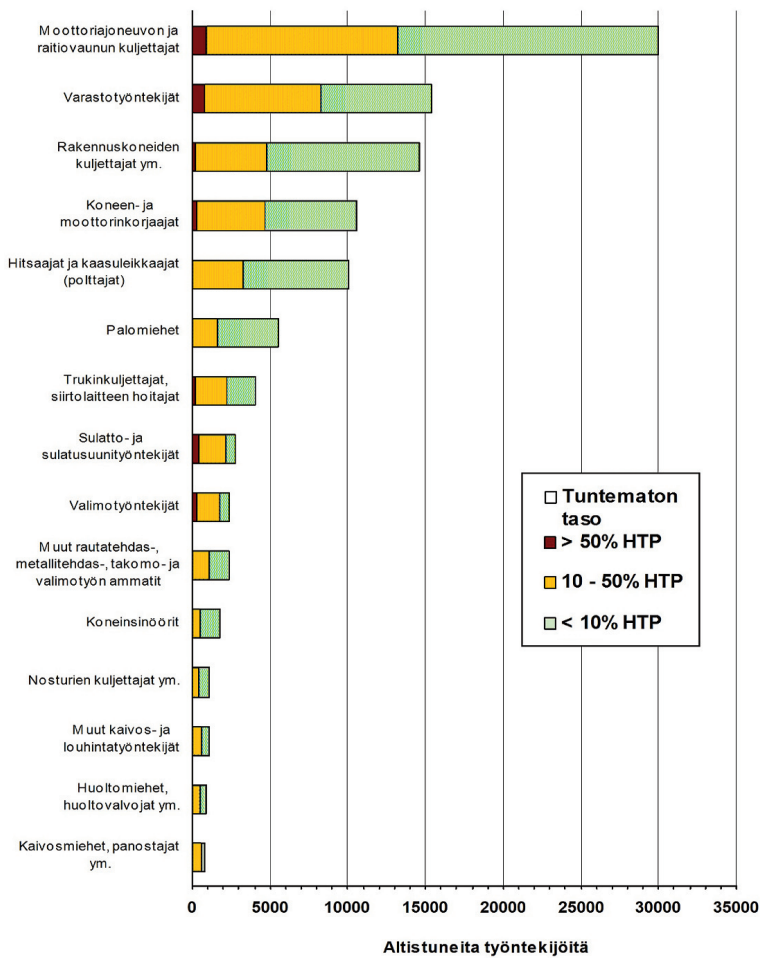
Ajoneuvojen ja koneiden korjaamoissa hiilimonoksidipäästöjä työympäristön ilmaan voidaan tehokkaasti vähentää hyvillä poistojärjestelmillä. Kuitenkin noin puolet alan 10 000 huoltohenkilöistä työskentelee olosuhteissa, joissa hiilimonoksidipitoisuus on 10–50 % raja-arvosta.

Työssä altistumista hiilimonoksidille voidaan arvioida työhygieenisten mittausten ja biomonitoroinnin avulla. Biomonitoroinnissa määritetään veren hiilimonoksidihemoglobiinin osuutta. Tutkittava henkilö on oltava tupakoimatta 10 tuntia ennen näytteenottoa. Näyte otetaan työpäivän jälkeen. Altistumattomien viiteraja on 1,5 % hiilimonoksidihemoglobiinia ja toimenpideraja 5,0 %.

Taulukko 32. Esimerkkejä ilman hiilimonoksidipitoisuuksista eri töissä Suomessa vuosina 2000–2004

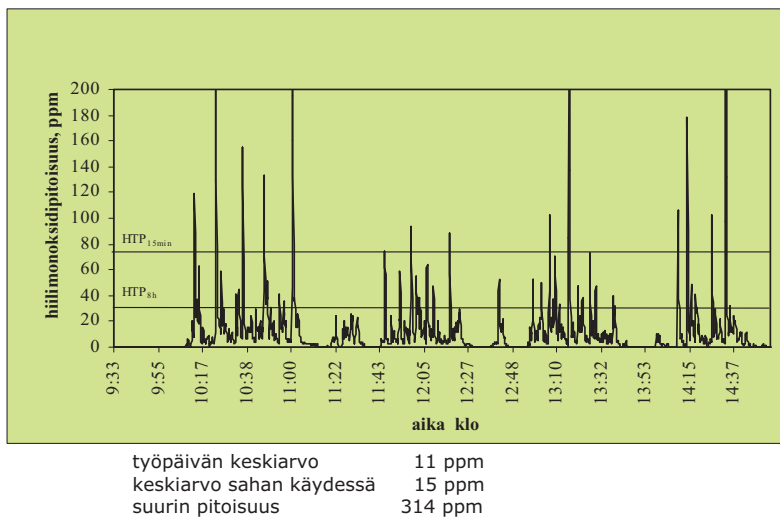
työpaikka	työ	pitoisuusvaihtelu, ppm*	huippupitoisuus, ppm*
rautavalimo	valu	10–50	yli 200
teräsvalimo	kaavaus, valu ja purku	5–30	90
konepaja	hitsaus	1–3	25
kaivos	kairaus	1–10	15
	kuljetus	5–20	yli 50
varasto	varastotyö ja trukin ajo	1–5	yli 100
jäähalli	koneellinen jäähä hoito (jäähähoitokoneella)	5–10	
pysäköintihalli	asiakaspalvelu	5–15	
metsänhoito	moottorisahan käyttö	2–15	yli 400
poronhoito	ettotyö (moottorikelkalla)	5–30	yli 500

\*1 ppm on 1 miljoonasosa tilavuudesta: esimerkiksi 1 ppm = 1 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>



Lähde: Työturvallisuuden  
FINJEM-altistustietojärjestelmä

Kuva 32. Hiilimonoksidille altistuneita työntekijäitä ammattittain vuosina 2001–2003



Kuva 33. Hiilimonoksidipitoisuus metsurin hengitysvyöhykkeellä harvennushakkuussa

## Terveyshaitat

Koska hiilimonoksidille altistutaan ensisijaisesti hengitysteitse ja sen liukoisuus veteen on huono, hiilimonoksidi pääsee lähes kokonaan keuhkorakkuloihin saakka. Siellä se siirtyy tehokkaasti vereen, jossa se sitoutuu hemoglobiiniin. Tällöin hapen sitoutuminen estyy, mistä seuraa hapenpuute organismeissa. Äkilliset vaikutukset ovat sydämen ja verenkierron toimintahäiriöitä, neurologisia vaikutuksia ja häiriöitä aineenvaihdunnassa. Hiilimonoksidin ja hemoglobiinin välinen kemiallinen sidos on luja. Siten hiilimonoksidin poistumisen puoliintumisaika, jossa hiilimonoksidihemoglobiinin osuus veressä laskee puoleen, on suhteellisen pitkä eli 2–6,5 tuntia. Jossakin olosuhteissa hiilimonoksidin kertyminen voi olla mahdollista.

Äkillisissä altistumisissa oireina ovat hämähäntä heikkeneminen, hengenahdistus ja päänsärky. Suu- rissa pitoisuuksissa, joissa yleensä ihmisen oma varoitus ei toimi, oireina ovat pahoinvointi ja tajunnan menetys, joka voi johtaa jopa kuolemaan. Toistuvasti altistuttaessa oireina ovat väsymys, päänsärky, hui- maus, ärtyisyys ja unen häiriöt. Sydän- ja verisuonitaudeista kärsivillä oireet voivat olla voimakkaita ja heidän tautinsa oireet voivat pahentua.

Hiilimonoksidi vaikuttaa haitallisesti sikiön terveyteen ja kehitykseen.

Vuosina 1996–2002 tilastoitui yhteensä 11 hiilimonoksidin aiheuttamaa ammattitautitapausta, joista vuosina 2001 ja 2002 kumpanakin kolme tapausta.

## Riskien hallinta

Teollisuudessa, erityisesti pienteollisuudessa, on tunnistettava ne prosessit ja niiden vaiheet, joissa hiilimonoksidi vapautuu työympäristöön. Sen mukaan on ryhdyttävä toimiin päästöjen hallitsemiseksi ja pi- toisuuksien alentamiseksi.

Polttomoottorien kehityksen myötä myös hiilimonoksidin päästöt ja sen pitoisuudet työympäristön ilmassa ovat vähentyneet. Hiilimonoksidille altistumisen vähentämiseksi on panostettava koneiden sään- nölliseen huoltoon ja lisäksi kehitettävä kaikissa työoloissa vähäpäästöisiä vaihtoehtoja.

Hiilimonoksidin huippupitoisuudet eri työympäristöissä ovat edelleen hyvin suuria (taulukko 32). Työhygieenisessä toiminnassa tulee ensisijaisesti tunnistaa näitä työvaiheita tai prosessin vaiheita. Niiden laadun ja keston sekä kyseisen työympäristön muiden olosuhteiden ja toiminnan perusteella on arvioita- va työntekijöiden terveysriski ja tehdä tarpeelliset riskinhallintatoimet.

Tupakoinnin hiilimonoksidin terveysriskit työpaikoilla, myös ravintoalalla, on pyritty pienentämään tupakkasäädösten avulla.

## Lähteitä

GESTIS-Stoffdatenbank. Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften. (<http://biade.itrust.de/lpext.dll/Infobase/>)

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön ohjeita 2005:10. Helsinki 2005.

Lapinlampi T, Rajala J, Mäkelä M, Anttonen H: Polttoaineen ja katalysaattorin vaikutus pakokaasualtis- tumiseen metsurin työssä. Tekesin ProMotor -hankkeen mittausraportti. Oulun aluetyöterveyslaitos, Ou- lu 2000.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvonta- keskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)



#### 4.10.5 Typen oksidit

Bernt Engström

##### Esiintyminen ja käyttöalat

Typen seitsemästä oksidista vain typpioksidilla (NO) ja typpidioksidilla (NO<sub>2</sub>) on työhygieenistä merkitystä. Typen oksideja muodostuu ilmassa olevasta tpestä ja hapestä korkean lämpötilan (500–1 000 °C) aiheuttaman reaktion seurauksena, ja niitä esiintyy pääasiassa eri hitsaus- ja leikkausprosessien yhteydessä. Merkittäviä määriä voi myös esiintyä räjäytystyössä tunnelityömailla. Esisijaisesti syntyy typpioksidia (typpimonoksidia), joka ilman hapen vaikutuksesta voi muuttua typpidioksidiksi. Typpioksidin muodostuminen suhteessa typpidioksidiin lisääntyy lämpötilan noustessa, kun taas muodostuneen typpioksidin jäähtyessä typpidioksidin suhteellinen osuus kasvaa. Hapettuminen riippuu myös pitoisuudesta. Huoneen lämpötilassa esimerkiksi puolet NO:sta muuttuu NO<sub>2</sub>:ksi 40 minuutissa pitoisuustason ollessa 100 ppm, kun tapahtumaan 10 ppm:n tasolla kuluu 7 tuntia. Tietyissä hitsausprosesseissa esiintyy myös merkittäviä määriä metallihuurua ja otsonia. Hitsauksessa syntyvä otsoni vaikuttaa osaltaan NO/NO<sub>2</sub>-tasapainoon, koska NO reagoi erittäin nopeasti otsonin kanssa muodostaen typpidioksidia. Typen oksideja syntyy myös bakteeritoiminnan ja tulivuorten toiminnan seurauksena ilmakehään. Kosteassa ilmassa typen oksidit voivat muuttua typpihapoksi.

Typpimonoksidilla on teollisuudessa ainoastaan rajallinen käyttö typpihapon ja ammoniumnitraatin valmistuksessa. Työhygieenisesti merkittäviä määriä typen oksideja voi syntyä öljytuotteiden palamisesta polttomoottoreissa ja lämpövoimaloissa. Etenkin niitä syntyy työkohteissa, joissa terästä kuumennetaan tai työtetään erilaisten kaasujen avulla, kuten oikaisussa, hitsauksessa, poltto- ja plasmaleikkausprosesseissa.

Typen oksideja esiintyy myös dieselpakokaasuissa. Tämä aiheuttaa altistumisriskiä suljetuissa tiloissa, kuten kaivoksissa, ellei huolehdi riittävästä ilmanvaihdosta. Typen oksidit ovat kaivoksissa osaksi peräisin dieselkäyttöisten kaivoskoneiden ja kuljetuskaluston pakokaasuista, mutta myös käytetyistä räjähdysaineista. Dieselpakokaasut voivat olla ongelmallisia autolauttojen lastauksessa ja tunneliolosuhteissa. Työympäristön ilmaan voi vapautua typen oksideja nitraatteja ja nitriittejä sisältävien liuosten käsittelyn yhteydessä, esimerkiksi metallien peittauksessa.

##### Altistuminen työssä

Työterveyslaitoksen arvion mukaan hitsaus- ja polttoleikkaustyössä on Suomessa noin 10 000 työntekijää, jotka voivat altistua typen oksideille. Muissa töissä merkittävästi altistuvia on huomattavasti vähemmän.

Normaalisti ulkoilmassa typen oksidit esiintyvät pieninä pitoisuuksina. Sisätiloissa esiintyvät pienet typen oksidipitoisuudet voivat osittain olla peräisin ulkoilmasta, mutta pääasiassa ne liittyvät johonkin työstä johtuvaan päästölähteeseen. Tavallisen dieselmoottorin pakokaasujen epäpuhtauspitoisuus on typen oksidien osalta 300–500 ppm, josta typpimonoksidia on 60–80 %. Todetut typen oksidien pitoisuudet kaivosolosuhteiden ilmassa ovat olleet tasolla 3–10 ppm. Tunnelitöissä on selvitetty pyöräkuormaajan kuljettajan typen oksidien altistumistasoja, joiden keskiarvot olivat 5–42 ppm ja typpidioksidin pitoisuudet olivat 1–17 ppm. Muiden työntekijöiden, kuten porakoneen ja murskaamon hoitajien sekä kuljettajien, altistumistasot olivat 0,9–14 ppm typen oksidien ja 0,3–6 ppm typpidioksidin osalta. Dieselmoottorilla toimivien jäänhoitokoneiden pakokaasujen typpidioksidista on myös ollut haittaa pienissä, huonosti ilmastoiduissa jäähalleissa, joissa on mitattu 0,2–4 ppm:n pitoisuustasoja.

Taulukkoon 33 on kerätty tyypillisiä altistumistasoja, joita on mitattu tavallisimmissa hitsaus- ja leikkausprosesseissa.

Taulukko 33. Tyypillisiä altistumistasoja tavallisimmissa hitsaus- ja leikkausprosesseissa

työtehtävä / mittauskohde	tyypillinen altistumistaso, ppm		
	NO	NO <sub>2</sub> , mitattu	NO <sub>2</sub> , arvioitu
polttoleikkaus	0,2–4	< 0,1–0,3	< 0,1–0,9
puikkohitsaus	0,1–4		< 0,01–0,4
MAG-hitsaus	0,01–5	< 0,01–0,62	< 0,01–0,9
täytelanka-hitsaus	0,03–0,25	< 0,01	< 0,02–0,2
TIG-hitsaus	< 0,01–5	< 0,01–2	< 0,01–4
plasmaleikkaus	0,2–0,55		< 0,05–0,1

### Vaaraominaisuudet ja todetut terveyshaitat

Typen oksidit voivat imeytyä elimistöön hengitysteitse. Ne liukenevat huonosti veteen eivätkä sen takia aiheuta merkittäviä ärsytysoireita limakalvoilla ja ylemmissä hengitysteissä. Typpidioksidin kriittinen vaikutus kohdistuu pääasiassa alempiin hengitysteihin ja keuhkojen toimintaan. Kroonista bronkiittia ja kroonista astmaa sairastavilla henkilöillä on todettu oireita jo 0,3 ppm:n pitoisuudessa. Altisteen vakavampias- teinen vaikutus on pneumoniitti (toksinen keuhkoödeema), jonka oireet yleensä ilmaantuvat vasta tuntien kuluttua altistumisen päättymisestä. Pneumoniitin ei pitäisi asiantuntijoiden mukaan aiheuttaa pysyvää haittaa. Sekä typpimonoksidi että typpidioksidi imeytyvät helposti keuhkojen kautta, minkä jälkeen ne joutuvat normaalin metabolian kohteeksi, eivätkä näin ollen aiheuta systeemisiä vaikutuksia elimistöön. Typpimonoksidia muodostuu pieniä määriä elimistön oman toiminnan tuloksena, joten sillä on tärkeä tehtävä elimistössä. Altistuminen aiheuttaa mm. muutoksia verisuonen seinämän joustavuudessa.

Kummallakaan typen oksidilla ei ole todettu olevan mutageenista tai karsinogeenista vaikutusta. Lisääntymisterveydestä ei ole tutkimustietoa.

Typen oksidien aiheuttamia ammattitauteja on esiintynyt satunnaisesti: vuonna 1996 todettiin kaksi ja vuonna 2001 kolme tapausta.

Typpioksidin kahdeksan tunnin HTP-arvo (HTP<sub>8h</sub>) on 25 ppm ja typpidioksidin 3 ppm. Typpi- dioksidille on myös HTP<sub>15min</sub>-arvo 6 ppm. Raja-arvot ovat räjäytys- ja louhintatöissä sitovia. Molemmille typen oksideille altistutaan aina samanaikaisesti, ja niiden välinen tasapaino riippuu edellä mainituista ympäristötekijöistä. Mittaustuloksissa ei kuitenkaan aina eritellä oksideja, mikä hankaloittaa vertailua HTP-arvoihin raja-arvojen ollessa eri tasolla. HTP-arvojen perusteena on typen oksidien aiheuttama ärsytys ja keuhkoödeema. SCOEL (1991, 2003) on ehdottanut sekä typpimonoksidille että -dioksidille raja-arvoksi 0,2 ppm.

### Riskien hallinta

Merkittävin tekijä typen oksidien riskien hallinnassa on toimiva ilmanvaihto kaikissa eri altistumistilan- teissa. Etenkin ahtaissa ja huonosti tuuletetuissa tiloissa on mahdollista altistua pitoisuustasojille, jotka jo lyhyen altistumisen jälkeen voivat aiheuttaa vakavaa keuhkoödeemaa. Koska oireet ilmaantuvat vasta usean tunnin latenssijan jälkeen, ongelmaa ei aina edes osata kytkeä typen oksideille altistumiseen. Hitsaus-, leikkaus- ja oikaisuprosesseissa pitoisuustasot voivat helposti nousta haitalliselle tasolle työskennel- täessä ahtaissa tiloissa ellei tarkoituksenmukaisia torjuntakeinoja ole käytössä.

Näissä töissä voidaan altistumista vähentää käyttämällä

- mahdollisimman pientä poltinta
- mahdollisimman pientä polttoväliä
- asetyleenin tilalla propaania polttokaasuna, muita mahdollisia vaihtoehtoja ovat luonnonkaasu, butaani ja vety
- muuta kuumennusmenetelmää, kuten infrapuna-, vastus- tai induktiolämmitin
- paikallispoistoa
- tarkoitukseen sopivia hengityksensuojaimia.

Altistumista nykyisin voimassa oleville typen oksidien HTP-arvoille voidaan hallita olemassa olevilla kei- noilla. Jos HTP-arvoja lasketaan ehdotetulle SCOEL-arvojen tasolle, tulee sekä hitsaavalle teollisuudelle että kaivostoiminnalle suuria vaikeuksia pitää altistumistasoja raja-arvojen alapuolella.

## Lähteitä

Anttonen H: Pakokaasut kaivosilmassa. Työ Terveys Turvallisuus 1985;1:9–11.

Grenquist-Nordén B: Työperäiset toksiset pneumoniitit. Työterveyslääkäri 1989;3:33–35.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön ohjeita 2005:10. Helsinki 2005.

Mejlby S, Henriksen H, Beck Hansen E, Thernoe J: Kortlægning af muligheder for minimering af eksponeringen for NO<sub>2</sub> på skiftende arbejdspladser. Industriens Branchearbejdsmiljøråd, Juni 2002.

Riala R, Lehtinen P: Pöly ja dieselpakokaasut tunnelitöissä. Työterveyslaitoksen tutkimuksia 1983;1:263–273.

Salonen R, Pennanen A, Vahteristo M: Jäähallien ilmanlaatuongelmat ja niiden ratkaisukeinot. Ympäristö ja terveys 1996;6:61–66.

SCOEL: Recommendation of the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Nitrogen dioxide. June 1991.

SCOEL: Recommendation of the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Nitrogen monoxide. January 2003.

## 4.11 Hengitystieherkistäjät

### 4.11.1 Formaldehydi

*Christina Rosenberg, Eero Priha*

#### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Formaldehydi on hyvin reaktiivinen yhdiste. Se esiintyy aldehdydinä vain kaasumuodossa, kun taas vesiliuoksissa se on lähes yksinomaan metyleeniglykolina. Formaldehydiä esiintyy ja käytetään vieläkin laajalti työelämässä, vaikka sen käyttöä on pyritty vähentämään.

Formaldehydiä käytetään erityisesti erilaisten liimahartsien valmistukseen. Näistä tärkeimmät ovat fenoliformaldehydihartsi, ureaformaldehydihartsi ja melamiiniformaldehydihartsi, joita Suomessa valmistaa kaksi yritystä. Näitä hartseja käyttävät erityisesti vaneri- ja lastulevyteollisuus. Vaneriteollisuudessa on pääosin käytössä fenoliformaldehydihartsi, josta vapautuu vain vähän formaldehydiä. Lastulevyteollisuus käyttää pääosin modifioitua ureaformaldehydihartseja, josta vapautuu formaldehydiä ilmaan vähemmän kuin aiemmin käytetyistä ureaformaldehydihartseista. MDF-(medium density fiberboard) ja HDF-(high density fiberboard) levyjä ei valmisteta Suomessa, mutta työstettäessä niistä vapautuu formaldehydiä yleensä enemmän kuin lastulevystä. Levyjä käytetään kalusteteollisuudessa erityisesti ovien ja pöytälevyjien valmistukseen.

Formaldehydin vesiliuosta eli formaliniina käytetään mm. patologian laboratoriossa ja biologisen materiaalin säilytyksessä. Formaldehydiä on käytetty säilöntäaineena erilaisissa maali- ja teknokemian tuotteissa, mutta on nykyisin korvattu paljolti erilaisilla formaldehydin vapauttajilla (formaldehyde releaser/donor) ja muilla säilöntäaineilla.

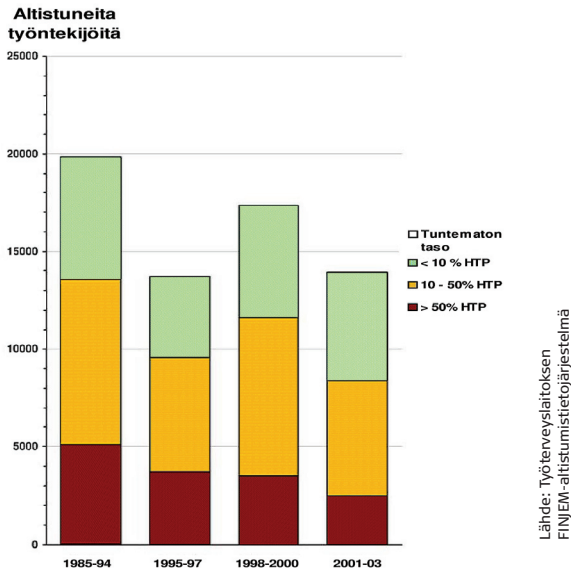
Happokovettuvissa maaleissa ja lakoissa olevat aminohartsit vapauttavat jonkin verran formaldehydiä ilmaan. Suomessa happokovettuvia maalituotteita käytetään edelleen yleistä huonekalu- ja puusepänteollisuudessa. Parkettien valmistuksessa niistä on siirrytty yhä useammin UV-kovettuviin akrylaattilakoihin. Valimoissa yleisesti käytettävistä furaanihartseista vapautuu formaldehydiä ilmaan. Hartseja muokattiin vähemmän formaldehydiä vapauttaviksi jo 1980-luvulla. Tekstiiliteollisuudessa selluloosatekstiileille (puuvilla, viskoosi, pellava) käytettävistä siliävyyskäsitelyaineista voi vapautua formaldehydiä ilmaan ja iholle käytön yhteydessä. Myös joistakin palonsuojausaineista voi vapautua formaldehydiä.

Formaldehydin valmistus- ja maahantuontimäärä oli 52 000 tonnia vuonna 2003 (STTV 2003). Alle 5 %:n formaldehydipitoisuus oli 240 valmisteessa ja yli 5 %:n pitoisuus 31 valmisteessa. Maahantuontiluvut vuodelle 2001 ja 2002 olivat samaa suuruusluokkaa. Formaldehydiä vapauttavia aineita oli 90 tuotteessa vuonna 2003. Näitä valmistettiin ja tuotiin maahan vajaat 270 tonnia. Eniten tuotiin maahan Bronopolia. Pieniä, alle 1 000 mg/kg eli 0,1 %, tuotteiden formaldehydipitoisuuksia ei kuitenkaan tarvitse merkitä käyttöturvallisuustiedotteisiin, vaikka jo tällainen pitoisuus voi aiheuttaa ihon herkistymistä tai ainakin reaktion jo herkistyneellä. Lisäksi Suomeen tuotiin viime vuonna noin 340 tonnia paraformaldehydiä ja 160 tonnia heksametyleenitetramiinia, jotka molemmat vapauttavat formaldehydiä. Suomessa valmistetaan formaldehydipohjaisia hartseja, lähinnä ureaformaldehydi- ja fenoliformaldehydihartseja. Viime vuosina niitä on valmistettu ja tuotu maahan noin 30 000 tonnia vuodessa.

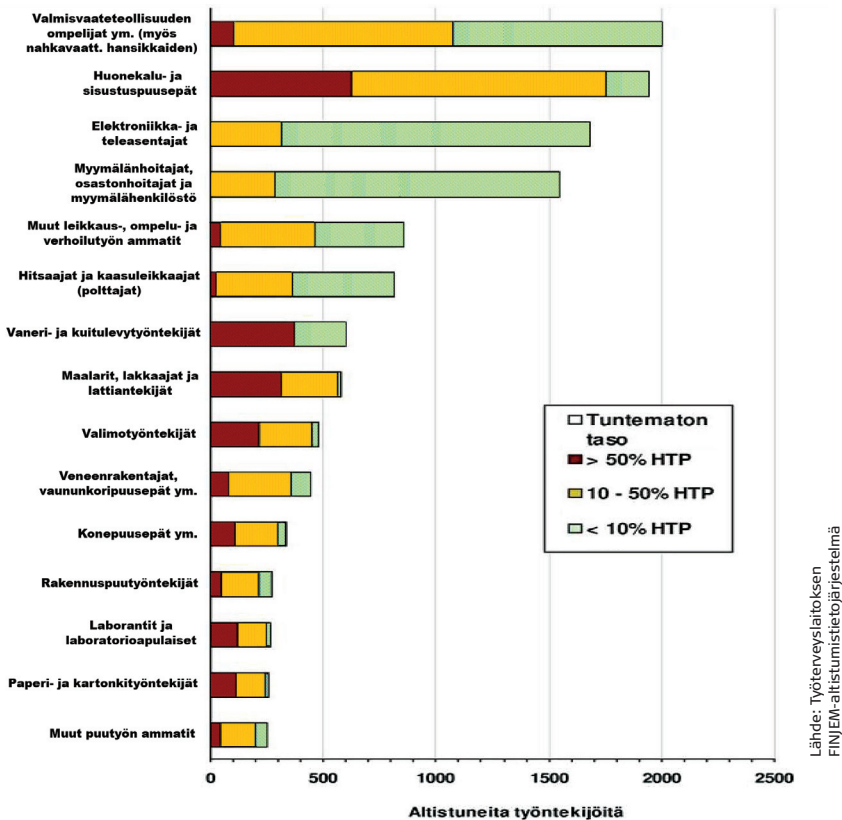
#### **Altistuminen työssä**

Suomessa voimassa oleva formaldehydin työhygieeninen ohjeraja-arvo (haitalliseksi tunnettu 8 tunnin keskipitoisuus eli  $HTP_{8h}$ ) on  $0,37 \text{ mg/m}^3$ . Harvoissa työtehtävissä esiintyy  $HTP_{8h}$ -arvon ylittäviä pitoisuuksia. Työterveyslaitoksen arvion mukaan formaldehydille altistui noin 14 000 työntekijää vuosina 2001–2003 (0,6 % työllisistä). Arvioon on otettu mukaan vain ne työntekijät, jotka käsitelivät formaldehydiä vapauttavia tuotteita tai materiaaleja. Toimistotyössä altistuneita ei ole laskettu mukaan. Altistuneiden määrä on vähentynyt verrattuna ajanjaksoon 1985–1994, jolloin altistuneita arvioitiin olleen noin 20 000. Valtaosa altistui pitoisuustasolle, joka on alle puolet formaldehydin  $HTP_{8h}$ -arvosta. Voimakkaammin altistuneita oli 2 000–3 000 (kuva 34).

Suurimmat altistuvat ammattiryhmät olivat teollisuusompelijat (tekstiileistä haihtuva formaldehydi) ja huonekalupuusepät (huonekalulakoista haihtuva formaldehydi). Ammattiryhmiä, joissa arvioidaan olevan eniten voimakkaammin altistuneita (yli 50 % HTP<sub>8h</sub>-arvosta) ovat huonekalutyöntekijät (lakat, maalit, liimat), puulevytyöntekijät (lastulevy- ja vaneriliimat), maalarit/lakkaajat/lattiatyöntekijät (puulakat ja metallimaalit) ja valimotyöntekijät (valimohartsit) (kuva 35).



Kuva 34. Työperäinen altistuminen formaldehydille ajanjaksoittain vuosina 1985–2003 (HTP<sub>8h</sub> = 0,37 mg/m<sup>3</sup> v. 2005)



Kuva 35. Työperäinen altistuminen formaldehydille ammateittain vuosina 2001–2003

## **Terveyshaitat**

Formaldehydi aiheuttaa lievää nenän, kurkun ja silmien ärsytystä jo tasolla 0,4 mg/m<sup>3</sup>, joillakin herkkillä ihmisillä tämän alapuolellakin. Ärsytys on selvää ja voimakasta pitoisuuksissa yli 2 mg/m<sup>3</sup>. Formaldehydin on todettu aiheuttavan rotilla nenäsyöpää jo pitoisuudessa 7,5 mg/m<sup>3</sup> (6 ppm) ja muutoksia nenän limakalvoilla pitoisuudessa 2,5 mg/m<sup>3</sup> (2 ppm). Hiljattain IARC on luokitellut formaldehydin myös ihmiselle syöpää aiheuttavaksi. Sen on todettu aiheuttavan erityisesti nenän ja nielun alueen syöpää ainakin suuremmissa pitoisuuksissa. On myös viitteitä siitä, että se saattaisi lisätä leukemiariskiä. Formaldehydin mahdollisesti aiheuttamia syöpätapauksia ei ole todettu Suomessa tai korvattu ammattitautena.

Formaldehydi voi aiheuttaa hengitysteiden herkistymistä (astma, allerginen nuha) ja allergista kosketusihottumaa. Vuosina 1997–2002 formaldehydi (alifaattiset aldehydit) on aiheuttanut 15–31 ammattitautia vuodessa. Näistä valtaosa (15–29 tapausta/vuosi) on ollut kosketusihottumia ja loput (0–7 tapausta/vuosi) hengitysteiden herkistymiseen liittyviä sairauksia. Formaldehydin aiheuttama astma ja allerginen nuha ovat melko harvinaisia ja eräiden tutkijoiden tai arviointiryhmien mukaan siitä ei ole näyttöä. Toisaalta on myös arvioitu, että formaldehydin aiheuttama astma olisi alidiagnostisoitu. Tavanomaisessa huoneilmassa esiintyvissä pitoisuuksissa (nykyisin alle 0,1 mg/m<sup>3</sup>) formaldehydi ei tiettävästi aiheuta merkittävää hengitysteiden herkistymistä.

## **Riskien hallinta**

Formaldehydille altistuminen väheni 1980- ja 1990-luvulla, kun kehitettiin korvaavia tuotteita ja vähemmän formaldehydiä vapauttavia hartseja. Tekstiilien palonsuojaukseen löytyy formaldehydivapaita vaihtoehtoja ja vähemmän formaldehydiä vapauttavia viimeistelyhartseja. Säilöntäaineena formaldehydi on usein korvattu erilaisilla formaldehydin vapauttajilla tai muilla säilöntäaineilla. Patologian laboratorioissa formaldehydi voidaan usein korvata glyksaalipohjaisilla tuotteilla.

Suomessa kalusteiden ja puusepänteollisuuden tuotteiden maalauksessa happokovettuvat, formaldehydiä vapauttavat lakat, ovat vielä yleisessä käytössä (arviolta noin 50 % käytöstä). Tässä työssä ne voidaan korvata mm. vesiohenteisilla akrylaattilakoilla, nitroselluloosalakoilla, polyuretaanilakoilla tai UV-kovettuvilla lakoilla. Yleiseen käyttöön on tullut myös uusia formaldehydiä vapauttavia materiaaleja, kuten MDF-levy.

## **Suosituksukset**

- Happokovettuvien lakkojen käyttöä tulisi vähentää tai luopua niistä kokonaan.
- Koska monet formaldehydille herkistyneet reagoivat jo alle 100 ppm:n pitoisuuksille tuotteissa, tulisi niihin merkitä paremmin myös pienet alle 1 000 mg/kg (0,1 %) formaldehydipitoisuudet.
- Uudempien puulevyjen (MDF- ja HDF-levyt) formaldehydiemissioita ja merkitystä formaldehydilähteenä tulisi selvittää tarkemmin.

## **Lähteitä**

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön ohjeita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-*tert*-Butoxy-2-propanol. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 88. IARC, Lyon 2004.

Nordman H, Keskinen H, Tuppurainen M: Formaldehyde asthma – rare or overlooked? *Allergy Clin Immunol* 1985;75:91–99.

Partanen T, Kauppinen T, Hernberg S et al.: Formaldehyde exposure and respiratory cancer among woodworkers – an update. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:394–400.

Priha E: Are textile formaldehyde regulations reasonable? Experiences from Finnish textile and clothing industries. *Regul Toxicol Pharmacol* 1995;22:243–249.

Priha E, Liesivuori J, Santa H, Laatikainen R: Reactions of hydrated formaldehyde in nasal mucus. *Chemosphere* 1996;32:1077–1082.

Priha E, Riipinen H, Korhonen K: Exposure to formaldehyde and solvents in Finnish furniture factories in 1975–1984. *Ann Occup Hyg* 1986;30:289–94.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Wibowo A: Formaldehyde. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and The Dutch Expert Group on Occupational Standards. *Arbete och hälsa* 2003:11. Arbetslivsinstitutet, Solna 2003.

#### 4.11.2 Happoanhydritit

*Cristina Rosenberg, Mervi Hämeilä, Riitta Riala, Ritva Piipari*

##### Käyttö ja esiintyminen työssä

Orgaanisiin happoanhydrideihin kuuluu joukko pienimolekyylisiä, hyvin reaktiivisia yhdisteitä, jotka ovat olleet teollisessa käytössä jo yli 50 vuotta. Niitä ei esiinny luonnossa. Kemiallisten ominaisuuksiensa takia happoanhydrideja käytetään kovettimina epoksi-, alkydi-, polyesteri- ja epoksipolyesterihartsituotannossa. Näitä hartseja käytetään sideaineina maaleissa (alkydi-, poltto- ja pulverimaalit), liimoissa, laikoissa, lattiapinnoitteissa, metallipinnoitteissa (polyamidi- ja polyimidipinnoitteet), elektroniikkateollisuudessa eristeinä, komposiiteissa ja valmistettaessa erilaisia muoviteollisuuden tuotteita. Klooratut anhydritit, kuten tetraklooriftaalihappo- ja klorendianhydridi, ovat käytössä palonestoaineina mm. epoksi- ja polyesterihartseissa. Lisäksi kirjallisuudessa on mainintoja anhydridien käytöstä ruosteenestoaineissa ja hyönteiskarkoiteissa sekä korroosionestoaineina. Happoanhydridien valmistus Suomessa päättyi vuonna 1990, jolloin ftaalihappoanhydridin valmistus lopetettiin. Taulukossa 34 luetellaan käytetyimmät happoanhydritit.

Tullitilaston mukaan Suomeen tuotiin vuonna 2003 yhteensä noin 15 000 tonnia alisyklisiä ja aromaattisia happoanhydrideja (Tuontitilasto 2003). Tästä määrästä MA:n osuus on noin 4 000 tonnia ja PA:n osuus noin 7 500 tonnia (STTV:n yhteenvedossa 6 500 tonnia). Tullitilaston loput noin 4 000 tonnia sisältää jäljelle jäävät happoanhydritit sekä polykarboksyylihappoja ja niistä valmistettuja johdannaisia. STTV:n kemikaali-ilmoitusten mukaan Suomeen tuotaisiin selvästi vähemmän muita happoanhydrideja: THPA:ta noin 13 tonnia, MTHPA:ta 111 tonnia ja MHHPA:ta 100 tonnia. Näissä tilastoissa ei ole mainintaa HHPA:sta, PMDA:sta eikä klooratuista happoanhydrideista, vaikka niitäkin käytetään

Taulukko 34. Tavallisimmat happoanhydritit, lyhenteet, CAS-numerot ja  $HTP_{sh}$ -arvot

happoanhydridi	lyhenne	CAS-numero	$HTP_{sh}$ -arvo, mg/m <sup>3</sup>
maleiinihappoanhydridi	MA	108-31-6	0,41
ftaalihappoanhydridi	PA	85-44-9	0,2
tetrahydroftaalihappoanhydridi	THPA	85-43-8	– <sup>a</sup>
metyyli-tetrahydroftaalihappoanhydridi	MTHPA	26590-20-5	0,17
heksahydroftaalihappoanhydridi	HHPA	13149-00-3	0,01
metyyliheksahydroftaalihappoanhydridi	MHHPA	25550-51-0	0,01
trimelliinihappoanhydridi	TMA	552-30-7	0,04
pyromelliinihappoanhydridi	PMDA	89-32-7	– <sup>a</sup>
tetraklooriftaalihappoanhydridi	TCPA	117-08-8	0,2
klorendianhydridi	CA	115-27-5	– <sup>a</sup>

<sup>a</sup> – ei  $HTP$ -arvoa

Suomen työpaikoilla. STTV:n käyttömäärätiedot voivat olla todellisia pienempiä, sillä rekisteristä puuttuu useita sellaisia happoanhydridituotteita, joita on käytetty Työterveyslaitoksen tutkimuskohteissa (STTV 2003).

## Hartsit ja maalit

Pulverimaalit ovat liuotteettomia, kuumakovetteisia jauheita, joita käytetään etupäässä metalliesineiden maalaamiseen. Maalien sisältämissä epoksi/polyesterihartseissa on vapaana pieniä määriä synteeseihin käytettyjä happoanhydridejä. Työterveyslaitos määrittä vuosina 1994–1996 anhydridipitoisuuksia maali-teollisuuden käyttämistä pulverimaalien hartseista (9 kpl) sekä valmiista kotimaisista ja ulkomaisista pulverimaaleista (15 kpl). Pulverimaalit sisälsivät analyysien perusteella PA:ta, HHPA:ta ja TMA:ta. Hartseissa oli edellisten lisäksi PMDA:ta (taulukko 35).

Taulukko 35. Hartseista ja maaleista analysoituja happoanhydridipitoisuuksia, vaihteluväli µg/g

tuote	PA	HHPA	TMA	PMDA
polyesterihartsit	< 0,005–7,4	27–73	< 0,005–34	14–15
pulverimaalit	0,08–68	80–436	< 0,005–170	

Myös 2000-luvulla yleisin maaleista tavattu anhydridi on PA ja sen rinnalla käytetään myös HHPA:ta. TMA:n käyttö näyttäisi vähentyneen. Vain yhdestä Työterveyslaitoksen analysoimasta maalista on 2000-luvulla löytynyt TMA:ta.

STTV:n rekisterissä on nykyisin 6–8 PA:ta ja MA:ta sisältävää tuotetta. PA:ta esiintyy maali-, kumi- ja kemianteollisuuden, sähkölaitteiden valmistuksessa ja laboratoriokemikaaleissa, MA:ta maali- ja kemianteollisuuden tuotteissa.

Muita happoanhydrideja on nykyisin yhteensä 16 tuotteessa (STTV 2003). Lisäksi rekisterissä on 20 vuosina 2001–2004 käytöstä poistunutta happoanhydridia sisältävää tuotetta. THPA-tuotteita on viisi (kemianteollisuus, kovettimiasätkörasteille), HHPA-tuotteita kaksi (sähkölaitteiden valmistus), MTHPA-tuotteita kolme (hartsin kovetin, autoteollisuuden pistehitsaus, sähkölaitteiden valmistus) ja PMDA-tuotteita kaksi (lentokoneteollisuus, liimaus). Rekisterissä ei esiinny MTHPA:ta (sähkölaitteiden eristeissä), TMA:ta ja TCPA:ta (kovetin ja palonestoaine) ja CA:ta (kovetin ja palonestoaine) sisältäviä tuotteita, vaikka esimerkiksi MTHPA:ta sisältäviä tuotteita käytetään suomalaisilla työpaikoilla.

## Altistuminen työssä

Happoanhydridit esiintyvät työilmassa joko höyryinä, huuruina tai pölynä. Työssä anhydrideille altistutaan hengitysteitse ja ihon kautta. Altistuminen voi olla joko tasaista, koko päivän kestävä (esim. pulverimaalaus tai muovituotteiden valmistus) tai ns. piikkialtistumista (esim. maali-teollisuudessa tuoterän panostusvaihe). Happoanhydridihuurut ja -höyryt voivat levitä myös muihin työtiloihin, jollei työpistettä (esim. hartsin käsittelypaikka, uuni tai pulverimaalaamo) ole eristetty riittävän hyvin muista työtiloista. Tällöin altistuvat myös ne työntekijät, jotka eivät itse käsittele anhydridituotteita. Taulukossa 36 on yhteenvedo Työterveyslaitoksen altistumismittauksista vuosilta 1987–2004.

Pulverimaalaustyössä mitatut anhydridipitoisuudet ovat olleet pieniä, alle HTP-arvojen. Kuitenkin maalaamoissakin anhydridit ovat aiheuttaneet työntekijöiden herkistymisiä ja ammattitauteja.

Polyesterin valmistus ja kestumuovin polymerointi ovat töitä, joissa voidaan altistua MA:lle ja PA:lle, koska anhydridit ovat lähtöaineena prosesseissa. MA:n HTP-arvo (0,41 mg/m<sup>3</sup>) ylittyi hartsin valmistuksessa noin 50 kertaisesti ja PA-pitoisuudet ylittivät HTP-arvon (0,2 mg/m<sup>3</sup>) pahimmillaan noin 160-kertaisesti. Muovin polymerointiprosessista on runsaasti mittaustuloksia useammalta vuodelta ja MA-pitoisuudet ovat pysyneet alle HTP-arvon.

PA:ta sisältäville höyryille ja huuruille altistutaan työprosessissa, joissa lämpötila ylittää 150 °C. Tästä esimerkkeinä ovat PVC-muovin työstäminen (t = 130–400 °C), polyesteri- tai alkydimaalilla maalattujen kappaleiden hitsaaminen tai kuumennus (t = 2 800–3 800 °C) sekä pulverimaalaus, jolloin maalattavien kappaleiden uunitusvaiheessa lämpötila on ≥ 200 °C.

Muoviteollisuus käyttää PVC:ssä pehmittiminä ftalaatteja. Työstettäessä PVC:tä muodostuu ftalaattien lämpöhajoamistuotteina mm. PA:ta, jota on ilmasta mitattu vähäisiä määriä.



Taulukko 36. Hapooanhydridipitoisuuksia (mg/m<sup>3</sup>) eri toimialoilla Työterveyslaitoksen mittauksissa vuosina 1987–2004. Kursivoidut keskiarvot ja maksimit ovat samaa tasoa tai ylittävät HTP-arvon (ks. taulukko 34)

toimiala/työ	anhydridi	n <sup>a</sup>	keskiarvo, mg/m <sup>3</sup>	vaihteluväli, mg/m <sup>3</sup>
<b>muoviteollisuus</b>				
– polyesterihartsin valmistus	MA	12	4,3	0,48–23,5
	PA	6	6,6	1,055–32
– kestopuovin polymerointi	MA	7 34	0,219 0,016	0,006–0,470 < 0,0004–0,129
– PVC:n valmistus	PA	41	0,0012	< 0,0001–0,02
– laminointi	PA, THPA, MHHPA, MTHPA	8	0,20 (HA) <sup>b</sup>	0,024–0,35 (HA) <sup>b</sup>
<b>maali- ja painoväriteollisuus</b>	PA	7	0,68	< 0,003–1,63
<b>metallituoteteollisuus</b>				
– pulverimaalaus	PA	55	0,005	< 0,0002–0,056
– maalatun tuotteen koeajo	PA	1	0,1	
– hitsaus	CA PA	9		< 0,002–0,044 0,0109–0,021
<b>telakkateollisuus</b>				
– hitsaus, maalaus	PA	13	0,106	0,0003–0,31
<b>rakennusteollisuus</b>				
– maalinpoisto	PA	6	0,025	< 0,02–0,05
<b>sähkö- ja elektroniikkateollisuus</b>				
– anhydridien käsittely	MHHPA	74	1,23	0,055–37
– muut osastot	MHHPA	61	0,037	< 0,003–0,41
– asennus ym.	PA	11	< 0,02	< 0,0007–0,013
<b>puunjalostusteollisuus</b>				
– laminoitun paperin ja pahvin valmistus	PA	2	0,008	< 0,02–0,008
<b>linja-autojen valmistus</b>				
– PVC-maton hitsaus (ftalaatit)	PA	1	< 0,02	

<sup>a</sup>n = mittausten lukumäärä

<sup>b</sup>HA = hapooanhydridit yhteensä

Muovituotteiden valmistuksessa on mahdollista altistua myös useammalle anhydridille. Niiden laminointiprosessista todettiin PA:ta, THPA:ta, MTHPA:ta ja MHHPA:ta. Näissä mittauksissa MTHPA:n suurin pitoisuus, 0,26 mg/m<sup>3</sup>, ylitti voimassa olevan HTP-arvon.

MHHPA:ta ja HHPA:ta lisätään erikseen tai nykyisin yhä useammin myös seoksena sulaan epoksihartsiin kovettimiksi valmistettaessa kuumakovetteisia epoksihartseja, joita sähkölaite- ja elektroniikkateollisuus käyttää sähkökoneiden ja kondensaattoreiden eristeisiin. Työilman suuria MHHPA-pitoisuuksia on todettu kyllästys- ja kovetusvaiheissa, uunituksissa sekä valmiiden tuotteiden jäähtyessä. Joillakin työpaikoilla, joilla hartsiin käyttö on laajamittaista, merkittäviä MHHPA-anhydridipitoisuuksia on todettu myös viereisiltä osastoilta ja valvomoista. Anhydridin käsittelypisteet eivät olleet riittävän hyvin eristettyjä muista tiloista.

Työterveyslaitoksen noin 400:ssa ilman hapooanhydridimittauksessa (taulukko 36) HTP-tasoa tai sen ylittäviä pitoisuuksia on todettu yleisesti viime vuosina:

- polyesterihartsin valmistuksessa (MA, PA)
- sähkölaite- ja elektroniikkateollisuudessa epoksihartsin käyttöön liittyen (MHHPA, PA)
- maali- ja painoväriteollisuudessa (PA)
- muovituotteiden laminoinnissa (PA, THPA, MHHPA, MTHPA)
- telakkateollisuudessa laivan kansien kuumentuksessa (PA)
- kestopuovin polymeroinnissa (MA).

Selvästi alle HTP-arvojen ovat altistumiset metalliteollisuuden pulverimaalaamoissa ja hitsauksessa (PA, CA).

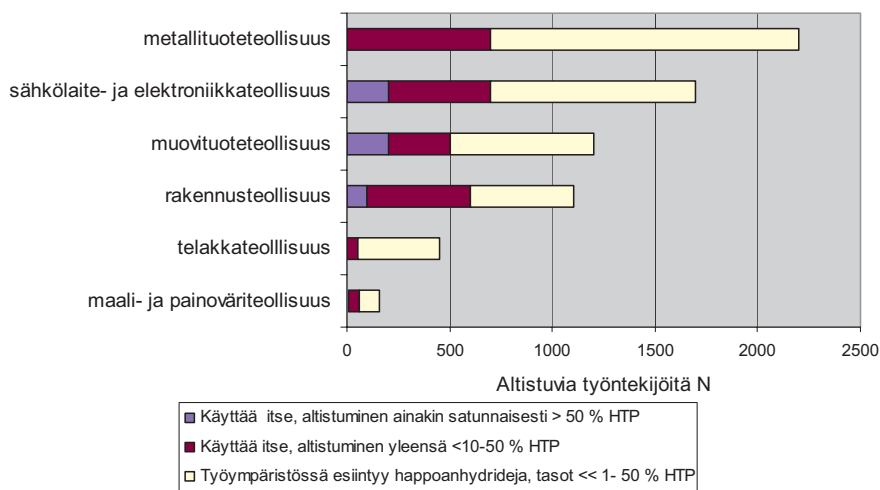
Altistuvien työntekijöiden määrästä ei ole tietoja Työterveyslaitoksen FINJEM-altistumistietojärjestelmässä. Happoanhydrideille työssään altistuvien määrää on vaikea arvioida, koska työntekijät jakautuvat monille eri teollisuuden toimialoille: muovi-, maali-, painoväri-, puunjalostus-, metalli-, sähkö- ja elektroniikka-, telakka- ja rakennusteollisuuteen. Kirjoittajien karkea arvio on noin 2 500 itse anhydridituotteita käyttävää työntekijää ja noin 4 000 työympäristössään anhydrideille altistuvaa työntekijää (kuva 36).

## Terveyshaitat

Kaikki happoanhydritit on luokiteltu ihoa ja limakalvoja ärsyttäviksi yhdisteiksi. HTP-arvot on saatavilla seuraaville: MA, PA, MTHPA, HHPA, MHHPA, TMA ja TCPA (taulukko 34). Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksen (624/2001) vaarallisten aineiden luettelon mukaan happoanhydritit luokitellaan sekä hengitysteitä että ihoa herkistäviksi ja ärsyttäviksi yhdisteiksi ja haitallisiksi nieltynä ja niihin liittyy vakava silmävaurion vaara (R-lausekkeet 22–34/37/38–41/42/43).

Happoanhydritit voivat imeytyä elimistöön hengitysteitse, ihon läpi tai nieltynä. Happoanhydritit aiheuttavat välittömiä ärsytysoireita silmien sidekalvoilla, iholla ja hengitysteissä. Iholla ilmenee punoitusta. Nenäverenvuotoa on raportoitu MA- ja HHPA-altistumisesta. Ihmisen nenän ärsytyskynnys on mitattu PA:lle (30 mg/m<sup>3</sup>) ja MA:lle (5,5 mg/m<sup>3</sup>). Ärsytysvaikutuksen voimakkuus vaihtelee, ärsyttävimpiä ovat PA ja MA.

Toistuva altistuminen pienillekin pitoisuuksille happoanhydrideja voi aiheuttaa herkistymismekanismeilla ihon, hengitysteiden ja silmän ammattitauteja, kuten ammattiastmaa, -nuhaa, allergista kosketusihottumaa ja kosketusurtikariaa sekä allergista silmän sidekalvon tulehdusta. Herkistymisen merkinä voidaan usein todeta spesifisiä IgE-vasta-aineita. Ammattiastmaa, -nuhaa ja silmän sidekalvon tulehdusta voivat aiheuttaa PA, TMA, MA, HHPA, MHHPA, MTHPA ja TCPA. Yksittäistapauksena on kuvattu MHHPA:n aiheuttama kurkunpään tulehdus. Happoanhydridien aiheuttamia ammatti-ihotauteja ovat proteiinikosketusihottuma, joka syntyy kosketuksen tai ilmävälitteisen altistumisen seurauksena (aiheuttajiksi todettu MA, MHHPA, MTHPA, HHPA ja CA) sekä harvinaisempi allerginen kosketusihottuma, jota on todettu aiheuttavan mm. MHHPA:n ja DSA:n (dodekyylimieripihkahappoanhydridi). Ärsytysmekanismeilla syntyvä ammatti-ihotauti on ärsytyskosketusihottuma. Herkistymismekanismeilla syntyviä sairauksia voi ilmetä jo pienillä pitoisuuksilla ilmassa, kuten 0,01–0,04 mg/m<sup>3</sup> TMA:ta, 0,01–0,05 mg/m<sup>3</sup> HHPA:ta ja MHHPA:ta, 0,005–0,02 mg/m<sup>3</sup> MTHPA:ta ja 0,14–0,55 mg/m<sup>3</sup> TCPA:ta. Eri happoanhydridien kyky aiheuttaa herkistymistä vaihtelee: herkistävimpiä tuntuvat olevan TMA, HHPA ja MT-



Kuva 36. Arvio työperäisestä altistumisesta eri happoanhydrideille eri toimialoilla

HPA sekä immunologisen ristireagoinnin perusteella ilmeisesti myös MHHPA. Allerginen alveoliitti on todettu samanaikaisesti TMA:lle ja PA:lle altistuneella työntekijällä.

TMA:n ja PMDA:n on todettu aiheuttaneen keuhkosairaus-anemia-syndrooman, jonka syntymekanismia ei tunneta. Oireina on ollut yskä, veriyskä, hengenahdistus, varjostumat keuhkoröntgenkuvassa, restriktiivinen keuhkojen toimintahäiriö, hypoksemia sekä anemia. Tautiin saattaa liittyä myös kuolleisuutta. Äkillisen tapaturmaisen altistumisen suurille PA-pitoisuuksille on raportoitu aiheuttaneen RADS:n (reactive airways dysfunction syndrome).

Happoanhydridien genotoksisuudesta eli perimämyrkyllisyydestä tai vaikutuksista lisääntymisesteen ihmisellä ei ole tietoja. Yhdessä tapaus-verrokkitutkimuksessa PA-altistuneilla työntekijöillä oli lisääntynyt keuhkosyöpäriski, mutta heillä oli myös muita hengitystiealtisteita enemmän kuin verrokki-ryhmällä.

Viime vuosina Suomessa on todettu happoanhydridien aiheuttamia ammattitauteja vuosittain seuraavasti: astmoja 0–3, nuhia 1–7, ihotauteja 1–5 (valtaosa kosketusurtikarioita).

## Riskien hallinta

Happoanhydridien riskinhallinnan suunnittelussa ongelmaa on aiheuttanut jo altistumisen tunnistaminen ja riskin suuruuden arviointi. Ruotsissa THPA, MTHPA, HHPA ja MHHPA ovat työperäisten allergeenien listalla ja niiden käyttö edellyttää työsuojeluviranomaisten luvan. Sama käytäntö voisi myös Suomessa happoanhydridien osalta parantaa työpaikkojen oloja.

Onnistuneessa riskien hallinnassa tarvittavia toimenpiteitä ovat mm. seuraavat:

- happoanhydridialtistumisen tunnistaminen työpaikalla: käyttöturvallisuustiedotteet, toimialatieto
- tiedot uusien kovetteiden ominaisuuksista ja työstettävien tuotteiden ja esineiden sisältämistä happoanhydrideistä kaikille työpaikoille, myös jatkokäyttäjille
- altistumisen suuruuden ammattitaitoinen arviointi ja seuranta
- jos ammattitauteja esiintyy, altistumista on vähennettävä
- hyvät työjärjestelyt ja tehokas ilmanvaihto
- maalauslinjojen automatisointi, hartsien käsittely koteloituun tilaan tai verokaappiin
- hartsisäiliöihin ja kovetusuneihin hyvät kohdepoistot
- anhydrideja sisältävien tuotteiden kuumennukseen ja hitsaukseen aina tehokas kohdepoisto
- anhydridien kanssa työskenteleville ja niille altistuville (myös työnjohto ja siivoojat) riittävä opastus työstä ja happoanhydridien haitoista
- anhydrideja sisältävien tuotteiden käsittelyssä hyvä henkilönsuojaus (hengityksensuojaimet, suoja-käsineet, suojavaatteet)
- jos käsiteltävät anhydridimäärät ovat suuria, työ tulisi eristää muusta toiminnasta samalla tavalla kuin esimerkiksi asbestipurussa.

## Suositukses

- Toistuva altistuminen pienillekin pitoisuuksille happoanhydrideja voi aiheuttaa herkistymismekanismilla ihon, hengitysteiden ja silmän ammattitauteja. Happoanhydridien käytöstä vastaaville henkilöille ja käyttäjille tulee järjestää koulutusta happoanhydridien ominaisuuksista ja niiden aiheuttamista vaaroista.
- Altistumisen tunnistamiseen työpaikoilla käytössä olevien käyttöturvallisuustiedotteiden puutteet tulee korjata. Altistumista tulisi vähentää ensisijaisesti teknisin torjuntatoimin. Jos henkilönsuojaimiin joudutaan turvautumaan, niiden kunto ja huolto tulee olla asianmukaiset.
- Kaikille käytössä oleville happoanhydrideille tulee asettaa HTP-arvo.

## Lähteitä

Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter om hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna 2000:3. Arbetskyddsstyrelsen, Solna 2000.

Engström B, Henriks-Eckerman M-L: Hitsaustyö ja maali. Ilman epäpuhtaudet ja niiden torjunta. Työolot 68. Työterveyslaitos, Helsinki 1988.

FINJEM-altistumistietojärjestelmä. Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Grammer L C, Shaughnessy M A, Lowenthal M: Hemorrhagic rhinitis: an immunologic disease due to hexahydrophthalic anhydride. *Chest* 1993;104:1792–1794.

Hexahydrophthalic anhydride, all isomers. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 7th Edition–2004 Supplement ACGIH® Publication # 0100DocS04. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio 2004.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön ohjeita 2005:10. Helsinki 2005.

van Kampen V, Merget R, Baur X: Occupational airway sensitizers: an overview on the respective literature. *Am J Ind Med* 2000;38:164–218.

Kauppinen T ym. (toim.): Työ ja terveys Suomessa 2003. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

Keskinen H: The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and the Dutch Expert Committee on Occupational Standards 136. Cyclic acid anhydrides. *Arbete och hälsa* 2004;15. National Institute for Working Life, Stockholm, Sweden.

Nielsen J, Welinder H, Jönsson B et al.: Exposure to hexahydrophthalic and methylhexahydrophthalic anhydrides – dose-response for sensitization and airway effects. *Scand J Work Environ Health* 2001;27:327–334.

Pfäffli P, Hämeilä M, Keskinen H, Wirmoila R: Exposure to Cyclic Acid Anhydrides in Welding: A New Allergen – Chlorendic Anhydride. *Appl Occup Environ Hyg* 2002;17(11):765–767.

Pfäffli P, Hämeilä M, Riala R et al.: Exposure to methylhexahydrophthalic anhydride (MHHPA) in two workplaces of the electric industry. *J Environ Monit* 2004;6:295–299.

Pfäffli P, Hämeilä M, Kuusimäki L ym.: Pulverimaalaus. Raportti Sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosastolle. Työterveyslaitos, Työhygienian ja toksikologian osasto, Helsinki 1997.

Pfäffli P, Hämeilä M, Kuusimäki L, Wirmoila R: Determination of maleic anhydride in occupational atmospheres. *J Chromatogr A* 2002;982:261–266.

Pfäffli P, Vainiotalo S: Air impurities in the PVC plastics processing industry. *Ann Occup Hyg* 1990;34(6):585–590.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

U.S. Environmental Protection Agency. (<http://www.epa.gov/chemrtk/ihf/c12983tc.htm>)

Yokota K, Takeshita T, Morimoto K: Prevention of occupational allergy caused by exposure to acid anhydrides. *Ind Health* 1999;37:281–288.

### 4.11.3 Isosyanaatit

*Cristina Rosenberg, Maj-Len Henriks-Eckerman, Ritva Piipari*

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

Isosyanaatteihin perustuvia kemiallisia tuotteita käytetään laajalti teollisuudessa. Polyuretaanituotannossa kiinnostavimmat isosyanaatit ovat yhdisteet, jossa on kaksi tai kolme isosyanaattiryhmää (di- ja tri-isosyanaatit) tai useampia ryhmiä (polyisosyanaatit). Polyuretaanit valmistetaan isosyanaatteja ja moniarvoisia alkoholeja (polyoleja) polyeroimalla. Taulukosta 37 ilmenevät Suomessa teollisuudessa yleisimmin käytetyt isosyanaatit.

TDI:n pääasiallisin käyttö on pehmeän vaahtomuovin valmistuksessa, esimerkiksi patjoissa, huonekalupehmusteissa ja äänenvaimennusmatoissa. TDI:tä käytetään myös kaksikomponenttimaalien, liimojen ja lakkojen valmistuksessa. MDI:tä käytetään jäykän vaahtomuovin valmistuksessa, jota käytetään mm. kylmäkoneiden, kaukolämpöputkien ja lämminvesivaraajien eristyksessä, rakennuselementeissä, eristelevyissä, huonekalurungoissa sekä saumausvaahdoissa. MDI:stä valmistetaan lisäksi lattiamassoja ja -pinnoitteita, liimoja sekä elastomeerejä, joista viimeksi mainituista valmistetaan mm. auton ja koneiden osia, urheiluvälineitä, sähkökaapeleita ja kengänpohjia. Elastomeerien valmistuksessa käytetään myös TDI:tä ja NDI:tä lähtömonomeerinä. Alifaattisia di-isosyanaatteja (HDI:n esipolymeerit, IPDI ja HMDI) käytetään väri- ja säänkestävien pinnoitteiden, kuten metalli- ja automaalien ja lakkojen, sekä elastomeerien valmistuksessa.

Isosyanaatteja ei valmisteta Suomessa, vaan kaikki polyuretaanituotteiden valmistuksessa käytettävät raaka-aineet ovat tuontitavaraa. Isosyanaattien vuotuinen maahantuonti oli tullitilastojen mukaan vuosina 1990–1994 keskimäärin 3 000 tonnia ja vuosina 1995–1999 keskimäärin 4 500 tonnia. 2000-luvun alkupuolella tuontimäärät olivat laskeneet 1990-luvun alkupuolen tasolle (Ulkomaankauppa 1990–2002).

#### Altistuminen työssä

Suomessa ammatissaan di-isosyanaateille altistuvien tarkkaa lukumäärää on vaikea arvioida, sillä polyuretaania tuotetaan sekä teollisesti laajamittaisena että pienyrityksissä. Suomessa voimassa oleva työhygieeninen ohjeraja-arvo (haitalliseksi tunnettu 15 minuutin keskipitoisuus eli  $HTP_{15min}$ ) on  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  isosyanaattiryhmäksi (-NCO-) laskettuna. Tämä tarkoittaa ilman epäpuhtauksina olevia vapaita isosyanaattiryhmiä. Aromaattisten di-isosyanaattien (TDI ja MDI) altistumisen taso voidaan myös osoittaa määrittämällä vastaavien amiinien pitoisuus virtsasta. Suomessa ei toistaiseksi ole asetettu isosyanaattialtistumisen viitearvoja biomonitorointiin. Työterveyslaitoksen tutkimusten perusteella altistumattomien työntekijöiden viiterajaksi on arvioitu  $0,2 \mu\text{mol}$  virtsan amiinimetaboliittia, eli TDA:ta tai MDA:ta, moolia kreatiniinia kohden. Altistumisen seurantaan on Työterveyslaitoksessa kehitteillä myös proteiinisitoutumistuotteisiin perustuva biomonitorointimenetelmä.

*Taulukko 37. Suomen teollisuudessa yleisimmin käytetyt isosyanaatit, lyhenteet ja CAS-numerot*

isosyanaatti	lyhenne	CAS-numero
<b>aromaattiset di-isosyanaatit</b>		
tolueenidi-isosyanaatti – 2,4-tolueenidi-isosyanaatti – 2,6-tolueenidi-isosyanaatti	TDI 2,4-TDI 2,6-TDI	584-84-9 91-08-7
4,4'-metyleenibisfenyyli-isosyanaatti (metyleenidifenyliidi-isosyanaatti; difenyylimetaani-4,4'-di-isosyanaatti)	MDI	101-68-8
polymeerinen MDI	PMDI	
naftyleeni-1,5-di-isosyanaatti	NDI	3173-72-6
<b>alifaattiset di-isosyanaatit</b>		
heksametyyleeni-1,6-di-isosyanaatti	HDI	3173-72-6
metyleenibis-(4-sykloheksyyli)-isosyanaatti	HMDI	5124-30-1
isoforonidi-isosyanaatti	IPDI	4098-71-9

Isosyanaateille voi altistua polyuretaanituotteiden valmistuksessa tai niiden työstössä. Työpaikan ilmassa olevien di-isosyanaattien määrä riippuu suuresti yhdisteiden höyrynpaineesta. TDI:llä ja HDI:llä on suhteellisen korkea höyrynpaine ja työpaikan ilmaan saattaa normaalissa huoneenlämpötilassa syntyä merkittäviä pitoisuuksia ilmaan. Tiettyjen työmenetelmien (esim. ruiskumaalaus tai ruiskuvalu) yhteydessä muistakin isosyanaateista, kuten MDI:stä tai HDI:n trimeeristä, voi syntyä huomattavia pitoisuuksia ilmaan. Työperäisiä altistumisen riskejä on myös työaloilla, joissa polyuretaanituotteita kuumentaan, jolloin isosyanaatteja voi vapautua työilmaan, kuten kuumaruiskuvalussa, hitsauksessa, juotossa, polttoleikkauksessa tai sahauksessa. Merkittävää MDI-altistumista on todettu kaukolämpöputkien hitsauksessa. Isosyanaattimonomeerejä voi myös syntyä lämmön vaikutuksesta tuotteesta, joka alun perin ei ole sisältänyt isosyanaatteja, kuten hyvin ärsyttävää metyyli-isosyanaattia fenoli-formaldehydi-urea hartsin polymerisoinnissa korkeissa lämpötiloissa (250 °C:ssa).

Isosyanaattityöalat voidaan hengitysvyöhykkeellä mitattujen ilman di-isosyanaattipitoisuuksien perusteella jakaa neljään eri pitoisuustasoon. Tasot kuvaavat samalla isosyanaatin käyttötavoista johtuvaa altistumisriskiä eri työaloilla (taulukko 38). Esitetyt mittaustulokset ovat peräisin Työterveyslaitoksessa tehdyistä tutkimuksista. Altistumisen riski on suurin polyuretaanimaalin ruiskutuksessa ja pienin jäykän umpisoluisen vaahtomuovin valmistuksessa. Altistumisen riski asettuu ensin mainittujen työalojen välille työskennellessä pehmeän avosoluisen vaahtomuovin valmistuksessa tai työaloilla, joissa tapahtuu lämpöhajoamista. Taulukon 38 perusteella voi päätellä, että HTP-arvon ylitykset ovat harvinaisia paitsi polyuretaanimaalin ruiskutustyössä.

Viime vuosina Työterveyslaitoksessa tehtyjen palveluselvitysten yhteydessä mitatut isosyanaattipitoisuudet ovat olleet samaa suuruusluokkaa kuin taulukossa 38. Merkittäviä, ohjeraja-arvon tasolla olevia MDI-pitoisuuksia syntyy joskus suurien raaka-ainemäärien ruiskutuksessa, mutta silloin käytetään yleensä hengityksensuojainta. Autokorjaamoissa maalarit käyttävät yleensä suodattavaa hengityksensuojainta pintamaalauksessa ja lakkauksessa. Pohjamaalaus tehdään usein yleishallissa ilman hengityksensuojaimia, jolloin isosyanaattipitoisia maaleja ruiskutettaessa saattavat pitoisuudet mittausten mukaan olla ohjeraja-arvon tasolla.

Taulukko 38. Isosyanaattipitoisuudet eri työaloilla. Isosyanaattien työhygieeninen ohjeraja-arvo, HTP<sup>15min</sup>-arvo, on 35 µg/m<sup>3</sup> isosyanaattiryhmäksi (-NCO-) laskettuna. Altistumattomien työntekijöiden viiterajana on 0,2 µmol virtsan amiinimetaboliittia (TDA tai MDA) moolia kreatiniinia kohden

isosyanaattien (NCO) pitoisuus ilmassa hengitysvyöhykkeellä	polyuretaanimaalin ruiskutus HDI, TDI ja niiden oligomeerit, µg NCO/m <sup>3</sup>	pehmeän avosoluisen vaahtomuovin valmistus		jäykän umpisoluisen vaahtomuovin valmistus MDI, µg NCO/m <sup>3</sup>	polyuretaanituotteiden lämmitys	
		korkeapainetekniikka	matalapainetekniikka		HDI, MDI, TDI, HMDI, IFDI, µg NCO/m <sup>3</sup>	
näytteiden lukumäärä	12	41	54	200	33	
keskiarvo*	718	7,7	5,0	0,069	2,8	
mediaani**	219	1,7	0,4	< 0,01	0,25	
90-prosenttipiste***	3 084	18	16	0,13	5,1	
vastaavien amiinien pitoisuus työvuoron jälkeisissä virtsanäytteissä		µmol TDA/mol kreatiniinia	µmol TDA/mol kreatiniinia	µmol MDA/mol kreatiniinia	µmol TDA/mol kreatiniinia auto-korjaamoissa	µmol MDA/mol kreatiniinia kaukolämpöputkien asennuksessa
näytteiden lukumäärä keskiarvon vaihteluväli mediaanin vaihteluväli	ei määritetty	16 13–16 7,9–14	18 1,8–2,0 0,49–1,5	83 0,17–0,20 0,11–0,12	12 0,23–0,32 0,23–0,24	4 1,3–1,7 0,39–1,7

\* keskiarvo = aritmeettinen keskiarvo

\*\* mediaani = arvo altistumistason keskivälillä, puolet tuloksista on pienempiä ja puolet suurempia

\*\*\* 90-prosenttipiste = 90 % tuloksista on pienempiä ja 10 % suurempia

## Terveyshaitat

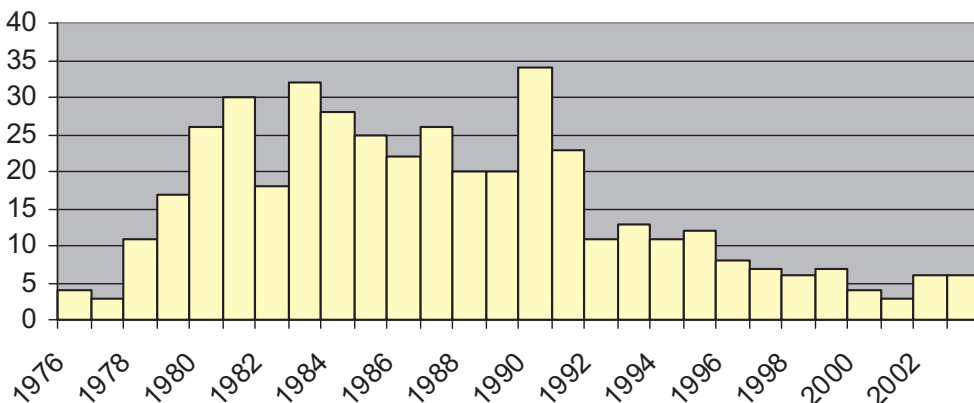
Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (624/2001) vaarallisten aineiden luettelossa di-isosyanaatit luokitellaan hengitysteitä ja ihoa herkistäviksi ja ärsyttäväksi yhdisteiksi sekä myrkyllisiksi tai haitallisiksi hengitettynä (R-lausekkeet 20/23/26–36/37/38–42/43) sekä TDI epäilyttäväksi syöpävaaran suhteen (R-lauseke 40).

Isosyanaatit imeytyvät elimistöön hengitysteitse, ihon läpi ja nieltynä. Isosyanaatit aiheuttavat hengitysteiden ja silmien ärsytysoireita.  $HTP_{15min}$ -arvoja suuremmat pitoisuudet voivat aiheuttaa akuutteja ärsytysoireita, kuten kurkkukipua ja ärsytysyskää, kirvelyä ja polttavaa tunnetta silmissä. Edelleen suuremmat pitoisuudet TDI:tä (yli  $1,7 \text{ mg-NCO-/m}^3$ ) voivat aiheuttaa kemiallisen keuhkoputkentulehduksen ja keuhkotulehduksen.  $HTP_{15min}$ -arvoon verrattuna tuhat kertaa suuremmat pitoisuudet TDI:tä (yli  $35 \text{ mg-NCO-/m}^3$ , mahdollisia lähinnä kemikaalionnettomuuksien yhteydessä) voivat aiheuttaa keuhkoödeeman. Iholla pitkäaikainen kosketus voi aiheuttaa ärsytysmekanismilla punoitusta ja rakkulamuodostusta sekä ärsytyskosketusihottumaa. Roiskeet silmiin ärsyttävät voimakkaasti ja voivat vaurioittaa sarveiskalvoa.

Jo hyvin pienillä pitoisuuksilla, alle  $HTP_{15min}$ -arvon, isosyanaatit voivat toistuvassa altistumisessa aiheuttaa herkistymismekanismilla syntyviä sairauksia, kuten astma, allerginen nuha ja allerginen alveoliitti. Ihokosketuksen seurauksena syntyviä sairauksia ovat allerginen kosketusihottuma ja proteiini-ihokosketusihottuma. Yleisin isosyanaattien aiheuttama sairaus on herkistymismekanismilla syntyvä astma, harvinaisin on allerginen alveoliitti. Kaikki immunologisella mekanismilla syntyvät sairaudet vaativat toistuvan altistumisen, mutta sairastumiseen vaadittavat isosyanaattipitoisuudet ovat pieniä eikä näille tiedetä raja-arvoa, jonka alapuolella sairastumisriskiä ei olisi. Toisaalta on huomattavaa, että lyhytaikaiset altistumishuiput saattavat olla herkistymisen kannalta tärkeitä. Pienellä osalla sairastuneista ja altistuneista voidaan herkistymisen merkinä todeta IgE-vasta-aineita kyseiselle isosyanaatille. Altistumisen merkinä voi kehittyä myös IgG-vasta-aineita kyseiselle isosyanaatille.

TDI- ja MDI-isosyanaattien genotoksisuudesta eli perimämyrkyllisyydestä on saatu viitteitä *in vitro*-tutkimuksissa. Isosyanaattien genotoksisuudesta ihmiselle on saatu viitteitä Työterveyslaitoksen tutkimuksissa vuosina 1996–2001. TDI on todettu syöpävaaralliseksi eläinkokeissa. Syöpävaarallisuuden suhteen TDI on luokiteltu epäilyttäväksi (EU:n luokka 3, R40). HDI-isosyanaatin genotoksisuudesta, mutaagenisuudesta tai syöpävaarallisuudesta ei ole tietoja.

Isosyanaattien aiheuttamia ammattitautteja on viimeisten kymmenen vuoden aikana todettu vuosittain seuraavasti: ammattiastmoja 4–8 tapausta, ammattinuhia 0–2 tapausta, ammatti-ihotauteja 0–4 tapausta (valtaosa allergisia kosketusihottumia) ja allergisia alveoliitteja 0–1. Eniten astmoja ja nuhia on todettu HDI- ja MDI-isosyanaateista, TDI:stä selvästi vähemmän. 1980-luvulla ja 1990-luvun alkupuolella isosyanaattiastmoja todettiin selvästi enemmän eli 12–27 tapausta vuosittain (kuva 37).



Kuva 37. Isosyanaattien aiheuttamat ammattiastmat Suomessa vuosina 1976–2003

## Riskien hallinta

Isosyanaatteja sisältävien valmisteiden päällyksiin on sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (807/2001) perusteella merkittävä seuraava varoitusteksti: ”Sisältää isosyanaatteja. Noudata valmistajan antamia ohjeita.” Isosyanaattien vaaraluokittelu käy ilmi sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen vaarallisten aineiden luettelosta (624/2001). Isosyanaatit mainitaan myös valtioneuvoston asetuksessa (1485/2001) terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä.

Nykyisillä mittausmenetelmillä pystytään mittaamaan ilman isosyanaattien pitoisuuksia, jotka ovat jopa tuhannesosaa ohjeraja-arvosta,  $35 \mu\text{g-NCO}/\text{m}^3$ . Suomessa voimassa oleva ohjeraja-arvo on 15 minuutin keskipitoisuudelle, vaikka monissa muissa maissa on myös ohjeraja-arvoja kahdeksan tunnin keskipitoisuudelle. Koska useimmat isosyanaatit ovat voimakkaasti herkistäviä, eikä herkistymisen kynnyksarvoa tunneta, lyhytaikainenkin altistuminen pienille pitoisuuksille (1–10 %  $\text{HTP}_{15\text{min}}$ -arvosta) voi olla haitallinen. Henkilökohtaisten isosyanaattimittaustulosten vertaaminen ohjeraja-arvoon voi täten johtaa väärään turvallisuuden tunteeseen, erityisesti MDI-töissä. Riskin luotettava arviointi isosyanaattitöissä edellyttäisi tietoja herkistymisen kynnyksarvoista.

Polyuretaanien erinomaisten teknisten ominaisuuksien vuoksi niitä ei aina voida korvata muilla vähemmän haitallisia raaka-aineita sisältävillä muoveilla. Terveyshaittojen minimoimiseksi altistuminen isosyanaattityössä on vähennettävä kaikin mahdollisin keinoin, ensisijaisesti teknisin torjuntaratkaisuin, kuten kotelointi ja kohdepoistojen asentaminen tai sellaisten työkalujen käyttö, joihin kohdepoisto on sisäänrakennettu. Työvaiheissa, joissa joudutaan käyttämään henkilönsuojaimia, voidaan niiden teho todentaa monitoroimalla vastaavien amiinien pitoisuus virtsasta.

Hyvin suurille isosyanaattipitoisuuksille voidaan altistua lähinnä pienissä autokorjaamoissa, joissa ei ole toimivaa ilmastointia. Korjaamo-omistajat ja automaalarit tarvitsevat tietoja altistumisen riskeistä ja niiden torjunnasta. Turun aluetyöterveyslaitoksessa on menossa ”Kemikaalialtistumisen rajoittaminen automaalamoissa ilmastointiratkaisujen avulla” -tutkimus, jonka tavoitteena on etsiä halvat torjuntaratkaisut.

Työterveyslaitoksen työpaikkoihin kohdistunut koulutus- ja asiantuntijapalvelutoiminta isosyanaattien haittavaikutuksista on johtanut ammattitautitapausten vähenemiseen (kuva 37). Toisaalta vähenemisen on myös arvioitu osittain johtuvan pienten työpaikkojen lakkauttamisesta 1990-luvun talouden matalasuhdanteen vuoksi.

## Suosituksukset

- Jo hyvin pienillä pitoisuuksilla, alle  $\text{HTP}_{15\text{min}}$ -arvon, isosyanaatit voivat toistuvassa altistumisessa aiheuttaa immunologisella herkistymismekanismilla syntyviä sairauksia. Erityisesti on huomattavaa, että lyhytaikaiset altistumishuiput saattavat olla herkistymisen kannalta tärkeitä. Isosyanaattien käytöstä vastaaville henkilöille ja käyttäjille tulee järjestää koulutusta isosyanaattien ominaisuuksista ja niiden aiheuttamista vaaroista.
- Koska isosyanaatit ovat herkistäviä, eikä herkistymisen kynnyksarvoa tunneta, jo lyhytaikainenkin altistuminen  $\text{HTP}_{15\text{min}}$ -arvoa pienemmille pitoisuuksille (jopa 1–10 %  $\text{HTP}_{15\text{min}}$ -arvosta) voi olla haitallinen. Altistumista tulisi vähentää ensisijaisesti teknisin torjuntatoimin. Jos joudutaan turvautumaan henkilönsuojaimiin, niiden kunto ja huolto tulee olla asianmukaiset.
- Mittaustulosten perusteella tehtävä luotettava riskinarviointi edellyttää tutkimustietoa herkistymisen kynnyksarvosta.
- Työhygieenisen ohjeraja-arvon alentamista tulisi harkita.



## Lähteitä

- Baur X, Marek W, Ammon J et al.: Respiratory and other hazards of isocyanates. *Int Arch Occup Environ Health* 1994;66:141–152.
- Bolognesi C, Baur X, Marczynski B et al.: Carcinogenic risk of toluene diisocyanate and 4,4'-methylenediphenyl diisocyanate: epidemiological and experimental evidence. *Crit Rev Toxicol* 2001;31:737–772.
- Engström K, Hautalampi T, Henriks-Eckerman M-L, Nikkilä A: Kemikaalialtistuminen automaalamoissa. Työsuojelujulkaisu 35. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, Tampere 2000.
- Henriks-Eckerman M-L, Välimaa J, Rosenberg C et al.: Exposure to airborne and other thermal degradation products at polyurethane-processing workplaces. *J Environ Monit* 2002;4:717–721.
- HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön ohjeita 2005:10. Helsinki 2005.
- IARC. Some chemicals used in plastics and elastomers. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 39. IARC, Lyon 1986.
- IARC. Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. Part 2: Toluene diisocyanates. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 71. IARC, Lyon 1999, 865–879.
- van Kampen V, Merget R, Baur X. Occupational airway sensitizers: an overview on the respective literature. *Am J Ind Med* 2000;38:164–218.
- Kansainväliset kemikaalikortit. (<http://www.ttl.fi/kemikaaliturvallisuus>)
- Kääriä K, Hirvonen A, Norppa H et al.: Exposure to 4,4'-methylenediphenyl diisocyanate (MDI) during moulding of rigid polyurethane foam: determination of airborne MDI and urinary 4,4'-methylenediphenyl diamine (MDA). *Analyst* 2001;126:476–479.
- Kääriä K, Hirvonen A, Norppa H et al.: Exposure to 2,4- and 2,6-toluene diisocyanate (TDI) during production of flexible foam: determination of airborne TDI and urinary 2,4- and 2,6-toluenediamine (TDA). *Analyst* 2001;126:1025–1031.
- Raulf-Heimsoth M, Baur X: Pathomechanisms and pathophysiology of Isocyanate-induced diseases – Summary of present knowledge. *Am J Ind Med* 1998;34:137–143.
- Rosenberg C, Nikkilä K, Henriks-Eckerman M-L et al.: Biological monitoring of aromatic diisocyanates in workers exposed to thermal degradation products of polyurethanes. *J Environ Monit* 2002;4:711–716.
- Saarinen L: Isosyanaatit. *Altisteet työssä* 33. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1992.
- Ulkomaankauppa (Osa 1), vuosilta 1990–2002. Tullihallitus, Tilastoyksikkö, Helsinki.
- Ulrich H: Chemistry and technology of isocyanates. John Wiley & Sons Ltd, Chichester 1996.

## 4.12 Ihoa herkistävät aineet

Riitta Jolanki, Kristiina Alanko

### 4.12.1 Allergisen ihottuman syntymekanismit ja työperäiset aiheuttajat

#### Allerginen kosketusihottuma

Allerginen kosketusihottuma eli allerginen kosketusekseema on soluvälitteisen allergian aiheuttamaa. Soluvälitteinen (tyyppi IV) allergia välittyy herkistyneiden T-lymfosyyttien eli muistisolujen kautta. Viivästyneen yliherkkyyksireaktion aiheuttajat ovat yleensä pienimolekyylisiä kemikaaleja eli hapteneja (molekyylipaino yleensä alle 1 000 daltonia), jotka tunkeutuvat helposti ihoon. Ne toimivat allergeeneinä vasta sitouduttuaan elimistön omaan valkuaisaineeseen eli proteiiniin, esimerkiksi ihon proteiineihin tai veren albumiiniin.

Allergian kehittymistä edeltää aina tietty oireeton altistumisaika, jona aikana elimistö on ollut toistuvasti kosketuksessa allergiaa aiheuttavaan aineeseen. Se kestää yleensä kuukausia tai vuosia. Harvinaisissa tapauksissa voi kuitenkin jo kerta-altistuminen riittää aiheuttamaan soluvälitteisen allergian. Allergian kehittymisen seurauksena elimistössä syntyy pysyvä reagoititavan muutos, ts. allergiat ovat pysyviä.

Allerginen kosketusihottuma ilmenee aluksi ihon punoituksena, kutinana, kuivumisena ja hilseilyinä. Usein esiintyy myös ihonalaista pikkurakkulointia ja myöhemmin ihon kuoriutumista. Työperäinen allerginen kosketusihottuma on yleensä käsi-ihottuma. Ihottuma alkaa kosketusalueelta, mutta voi leviätä sen ulkopuolella. Se voi leviätä myös kasvoille joko käsien välityksellä tai ilmvälitteisesti ilmassa olevan pölyn tai ilmaan haihtuvan aineen kautta. Taulukossa 39 on yleisimmät allergisen ammattikosketusihottuman aiheuttajat.

#### Allerginen kosketusurtikaria

Allerginen kosketusurtikaria eli kosketusnökkosihottuma on välittömän (tyyppi I) allergian aiheuttamaa. Välittömässä allergisessa reaktiossa syöttösoluista vapautuu histamiinia spesifin IgE-vasta-ainevälitteisen reaktion kautta. Välitöntä allergiaa aiheuttavat allergeenit ovat yleensä eläin- tai kasvikunnan proteiineja, joiden molekyylipaino on 20–40 kilodaltonia, mutta harvoin myös kemikaaleja.

Kosketusurtikariassa kehittyy ihokosketusalueelle nopeasti, jo muutamassa minuutissa ja yleensä alle puolessa tunnissa, punoitusta, turvotusta ja nokkosenpolttaman näköisiä paukamia. Ihottuma on yleensä voimakkaan kutiavaa ja häviää myös nopeasti, muutamassa tunnissa jälkiä jättämättä, kun kosketus aiheuttaja-aineeseen lakkaa. Oireisiin liittyy usein myös muita välittömän allergian oireita, kuten silmien kutinaa ja punoitusta, aivastelua ja nuhaa tai yskää, hengenahdistusta ja astmaa. Toistuva altistuminen voi johtaa myös jatkuviin tulehdusoireisiin, proteiinikosketusihottumaan. Tällöin ihottuma muistuttaa ulkonäöltään kemikaalien aiheuttamaa kosketusihottumaa eli ekseemaa. Taulukossa 40 on yleisimmät allergisen työperäisen kosketusurtikarian aiheuttajat.

Taulukko 39. Yleisimmät allergisen ammattikosketusihottuman aiheuttajat vuosina 2000–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)

aiheuttaja	miehet	naiset	yhteensä
muovikemikaalit, maalit, lakat ja liimat	117	111	228
– epoksihartsit (mm. bisfenoli-A:n diglysidyylietteri)	58	33	91
– akrylaatit ja metakrylaatit	25	36	61
– fenoliformaldehydihartsit ja muut formaldehydihartsit	7	14	21
– epoksimaalit ja liimat	5	7	12
– muut maalit ja liimat	7	4	11
– epoksihartsin polyamiinikovettimet	5	1	6
– isosyanaatit	2	4	6
– polyvinyylikloridihartsit ja -muovit (PVC)	0	4	4
– muut glysidyylietterit	3	1	4
kumi ja kumikemikaalit	57	137	194
– tiuraamisulfidit	8	50	58
– merkaptobentsotiatsoli (MBT)	5	7	12
– sykloheksyyli tioftaali-imidi	2	4	6
– 4-isopropyyliminodifenyyli (IPPD)	1	4	5
metallit ja niiden yhdisteet	78	94	172
– nikkeli ja sen yhdisteet	19	73	92
– kromi ja sen yhdisteet	42	10	52
– koboltti ja sen yhdisteet	10	7	17
antimikrobiset aineet	41	60	101
– formaldehydi	24	32	56
– isotiatsolinonin johdannaiset (mm. Kathon CG)	8	6	14
– metyyli dibromoglutaronitriili (mm. Euxyl 400)	4	6	10
– desinfiomisaineet (ei tarkemmin määritellyt)	0	4	4
orgaaniset pölyt ja materiaalit (kasvi- ja eläinperäiset altisteet)	20	56	76
– koristekasvit	4	28	32
kosmeettiset aineet	7	56	63
– hajusteet ja aromiaineet	1	17	18
– hiusväriaineet	1	16	17
– suojavoide, lypsyvoide, muu voide (ei lääkevoide)	1	9	10
– kookosdietanoli amidi, kokamidopropylibetaiini	4	3	7
– ammoniumpersulfaatti	0	6	6
kolofonihartsit	24	27	51
lastuamisnesteet	10	0	10
pesuaineet	2	3	5
muut tekijät (mm. ei tarkemmin määritellyt kemialliset tekijät)	36	51	87
aiheuttajaa ei ilmoitettu	2	7	9
<b>yhteensä</b>	<b>394</b>	<b>602</b>	<b>996</b>

Taulukko 40. Yleisimmät työperäisen kosketusurtikarian ja proteiinikosketusihottuman aiheuttajat vuosina 2000–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)

aiheuttaja	miehet	naiset	yhteensä
orgaaniset pölyt ja materiaalit (kasvi- ja eläinperäiset altisteet)	109	195	304
– lehmä	62	110	172
– jauhot, viljat ja rehut	26	46	72
– koristekasvit	0	11	11
luonnonkumi	9	45	54
biologiset altisteet	5	10	15
– homesienet	0	5	5
– varastopunkit ja muut punkit	3	2	5
elintarvikkeiden käsittely	3	8	11
muovikemikaalit, maalit, lakat ja liimat	7	1	8
– orgaaniset happoanhydritit	4	0	4
– isosyanaatit	2	0	2
kosmeettiset aineet	0	5	5
– persulfaatit, vaalennusaineet (hiukset)	0	3	3
muut tekijät (mm. muut kemialliset tekijät)	5	4	9
tuntemattomat tekijät	2	2	4
<b>yhteensä</b>	<b>140</b>	<b>270</b>	<b>410</b>

#### 4.12.2 Akrylaatit ja metakrylaatit

##### Käyttö ja esiintyminen työssä

Akryylimuoveja valmistetaan akryyli- ja metakryylihapon estereistä eli akrylaatteista ja metakrylaatteista. Tuotteet ovat joko kaksi- tai yksikomponenttisia. Kaksikomponenttiset tuotteet alkavat kovettua, kun aineosat sekoitetaan toisiinsa. Yksikomponenttiset tuotteet kovetetaan yleensä näkyvän valon tai UV-valon tai elektronisäteiden (EB) vaikutuksesta. Valmis akryyli- ja metakrylaattimuovi on kestumuovia (voidaan toistuvasti pehmentää muovattaviksi lämpötilan tai liuottimien avulla).

Vuosina 2001–2003 Suomeen tuotiin yhteensä 44 186 tonnia n-butyyliaakrylaattia ja 815 tonnia muita akrylaatteja, joista 2-etyyliheksyyliakrylaattia 419 tonnia, tripropyylyglykolidiakrylaattia 241 tonnia ja trimetylolipropyylitriakrylaattia 136 tonnia. Vastaavana aikana Suomeen tuotiin yhteensä 28 901 tonnia metyyliakrylaattia ja 284 tonnia muita metakrylaatteja, joista n-butyylimetakrylaattia 209 tonnia.

Metyylimetakrylaattista valmistetaan erilaisia muovituotteita: paljon akryylilevyä (mm. akryylilasi) ja heijastimia, keittiökulhoja ja valaisimia ym. Näiden akryylimuovituotteiden valmistus on automaattista. Akrylaattipinnoitteita käytetään teollisuuslattioiden ja pysäköintihallien yms. kovaan kulutukseen joutuviin lattiapintoihin. Pinnoitteina käytetään kaksikomponenttisia akrylaatti- tai metakrylaattipitoisia tuotteita. UV/EB-akrylaatteja käytetään paljon moniin erilaisiin teollisiin käyttötarkoituksiin, kuten maaleihin ja lakkoihin (huonekaluteollisuus), painolevyihin ja -väreihin sekä liimoihin. Tiilien ja betonin sauma-aineissa voi olla akryyliyhdisteitä. Metakrylaatteja sisältyy myös esimerkiksi hampaiden paikka-aineisiin ja hammasproteesimateriaaleihin, ortopediassa käytettävään luusementtiin ja metalliesineiden kiinnittämisessä käytettäviin ruuvilukiteliimoihin.

Monet akrylaatit ja metakrylaatit ovat haihtuvia voimakkaanhajuisia yhdisteitä, jotka myös syttyvät helposti.

## Altistuminen työssä

Työperäisten sairauksien rekisterin mukaan ihon altistuminen akrylaateille ja metakrylaateille on voimakasta hammashoitohenkilöstöllä. (Met)akrylaattien aiheuttamista allergisista kosketusihottumista yli puolet ilmeni hammashoitajille ja -huoltajille (6 734 työntekijää v. 2003) sekä hammaslääkäreille (3 749 työntekijää v. 2003) paikkamateriaaleista ja pinnoitteista sekä hammasteknikoille proteesimateriaaleista (taulukko 41). Altistuminen (met)akrylaateille on hammashoitotyössä viimeisten 10–20 vuoden aikana lisääntynyt voimakkaasti, kun muovit ovat entistä enemmän syrjäyttäneet metallien käyttöä hammaspaikka-aineina. Akrylaatteja käytetään lähes kaikessa hammashoitotyössä. Niitä käytetään mm. hammaspaikka-aineiden yhdistelmämuoveissa ja esikäsitteilyaineissa (primeereissä), purentakiskojen ja väliaikaisen siltojen muoviosissa, hampaiden oikomislaitteiden kiinnittämiseen käytettävissä muovisementeissä sekä hammasproteeseissa.

Putkityöntekijät (13 785 työntekijää v. 2003), koneenasentajat, konepaja- ja metallituotteiden (noin 20 000 työntekijää v. 2003), elektroniikkalaitteiden asentajat ja korjaajat (9 799 työntekijää v. 2003) altistuvat työssään metakrylaattipitoisille ruuvilukitteille (anaerobisia metalliliimoja). Tietyt ammattiryhmät, kuten hammasteknikot, optikot (1 460 työntekijää v. 2003) ja teollisuustuotteiden kokoonpanijat (20 123 työntekijää v. 2003) altistuvat syanoakrylaattipohjaisille pikaliimoille. Epoksiakrylaattien ja UV-valolla kovettavien maalien, lakkojen ja liimojen sekä painovärien aiheuttamat ihoallergiatapaukset ovat harvinaisia, sillä altistuneiden ryhmä on pieni eli arviolta vain muutama sata työntekijää. Kosmetologien ja manikyristien ammattiryhmä (2 878 työntekijää v. 2003) voi altistua metakrylaateille rakennekynsien valmistuksessa ja syanoakrylaattiliimoille tekokynsien liimauksessa.

Kovettunut akryyli- ja metakrylaattimuovi ei yleensä herkistä, mutta esimerkiksi hammasproteesien pienet monomeerijäämät (metakrylaatit) ovat aiheuttaneet yksittäisiä herkistymistapauksia. Lateksimaa- leissa sideaineena on veteen sekoittuva polymeeri, kuten polyakrylaatti, mutta sideaineessa akrylaattien monomeereja on vähän.

Akryylipinnoitteiden levityksen aikana mitatut metyyliakrylaattipitoisuudet olivat 1980-luvulla tehdyissä mittauksissa suuria, työntekijöiden hengitysvyöhykkeillä monikymmenkertaisia nykyiseen HTP-arvoon verrattuna. Pitoisuudet olivat 7–15 m:n päässä levityspaikasta 3-kertaisia nykyiseen HTP-arvoon verrattuna ja vielä 20–30 m:n päässä noin puolet nykyisestä HTP-arvosta. Nykyisiä työntekijöiden altistumistasoja ei ole mitattu. Altistumiset ovat kuitenkin todennäköisesti jonkin verran laskeneet 1980-luvun pitoisuuksista, koska metyyliakrylaattipitoisuudet tuotteissa ovat nykyisin hieman pienempiä.

## Terveyshaitat

Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitetaan vuosittain noin 20 akrylaattien ja metakrylaattien aiheuttamaa allergista ihottumaa. Akrylaatit aiheuttavat pääasiassa allergista kosketusihottumaa, mutta jonkin verran myös hengitystieyliherkkyyttä. Akrylaattien ja metakrylaattien aiheuttamiin työperäisiin allergisiin ihottumiin sairastuneista oli suurempi osa naisia (66 %).

Taulukko 41. Akryyliyhdisteiden aiheuttamat allergiset kosketusihottumat vuosina 1997–1999 ammatin mukaan

ammatti	allerginen kosketusihottuma
hammashoitajat	17
hammaslääkärit	11
hammasteknikot	7
putkityöntekijät	3
koneenasentajat ym.	2
konepaja- ja metallituotteiden kokoojat	2
sähkö- ja teleteknisten tuotteiden kokoojat	2
painajat	2
kosmetologit, manikyristit	2
muut ammatit	12

Kasvanut akrylaattien käyttö on lisännyt allergioita hammashoitoalalla. Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitetut hammashoitoalan (hammashoitajat ja hammaslääkärit) ammattitaudit lähes kolminkertaistuivat viime vuosikymmenen aikana. Erityisesti lisääntyivät akrylaattien ja suojakäsineiden aiheuttamat allergiat. Hammashoitajien ja hammaslääkäreiden riski saada ammatissaan työperäinen allerginen ihottuma onkin yksi suurimpia Suomessa kaikkista ammatteista. Hammaslääkäriin ammatti on Suomen vaarallisin allergisen kosketusihottuman suhteen, sillä hammaslääkäreillä on yli kuusinkertainen vaara saada allerginen kosketusihottuma verrattuna ammatissa toimivaan koko väestöön.

Allergista kosketusihottumaa ovat aiheuttaneet etupäässä 2-hydroksietyylimetakrylaatti (2-HEMA), etyleeniglykolidimetakrylaatti (EGDMA) ja trietyleeniglykolidimetakrylaatti (TREGDA) käsiteltäessä hampaanpaikkauksen esikäsitely-, sidos-, täyte- ja pinnoiteaineita sekä anaerobisia ruuvilukitteita. Näitä akryyliyhdisteitä sisältyy myös rakennekynsimateriaaleihin. Metyyylimetakrylaattia (MMA) käytetään hammasproteesien, raajaproteesien ja kuulokojeiden valmistukseen, luusementtiin sekä lattiapinnoitteisiin. Trimetylolipropaanitriakrylaatti ja pentaerytritolitriakrylaatti ovat UV-kovetteisten painovärien alergeeneja. 2-Etyylisanoakrylaatti on pikaliimojen sisältämä yhdiste. Pikaliimoja käyttävät mm. hammasteknikot ja -laborantit, optikot sekä elektroniikkateollisuuden kokoonpanijat. Niitä voidaan käyttää myös muovisten tekokynsien kiinnitykseen. Allergiaa aiheuttavia epoksidiakrylaatteja (mm. BIS-GMA, BIS-EMA ja BIS-GA) voi sisältyä hampaanpaikka-aineisiin, UV-valolla kovettaviin painoväreihin ja rakennekynsimateriaaleihin. Monet akryyliyhdisteet voivat harvinaisissa tapauksissa olla syynä myös työperäiseen nuhaan, astmaan sekä nielu-, kurkku- ja silmätulehdukseen. Myös jotkut kiihdyttimet, kuten bentsoyyliperoksidi, ovat herkistäviä.

Akryyli- ja metakrylihöyryjen hengittäminen voi ärsyttää hengityselimiä ja limakalvoja sekä aiheuttaa päänsärkyä ja huonovointisuutta. Pitkäaikainen suurten pitoisuuksien hengittäminen vaikuttaa huuvaavasti ja voi aiheuttaa hermostollisia oireita, kuten väsyneisyyttä, hermostuneisuutta ja unen häiriöitä.

## Riskien hallinta

### *Hammashoitotyö*

Viranomaisten tulee valvoa, että käyttöturvallisuustiedotteet ovat luotettavia. Niissä on todettu puutteita hammasakrylaattien osalta. Allergiavaarasta tiedottaminen on tärkeää. Akrylaatteja ei yleensä voi korvata muilla kemikaaleilla. Työtapojen muutoksilla (ns. non touch -tekniikka) ja asianmukaisella suojakäsineiden käytöllä voidaan vähentää altistumista.

Sekä potilastyössä että välinehuoltotyössä on aiheellista käyttää säännöllisesti suojakäsineitä. Potilastyössä käytetään yleensä kertakäyttöisiä luonnonkumi- tai PVC-muovikäsineitä, jotka suojaavat ihoa useimmilta hammashoitotyön ärsykkeiltä ja allergian aiheuttajilta. Akrylaatit läpäisevät kuitenkin melko nopeasti tavanomaiset suojakäsineet. Parempi suojaus saadaan käyttämällä kaksia käsineitä päällekkäin, käyttämällä polyeteenikäsineitä tavanomaisten suojakäsineiden alla tai käyttämällä nitrilikumisia kertakäyttökäsineitä. Kovettumattomia muovimateriaaleja (akrylaatteja) ei saa koskaan käsitellä paljain käsin. Jos paljaalle iholle joutuu kovettumatonta muovimateriaalia, kosketuskohta on pestävä heti vedellä ja saippualla. Kovettumattoman muovin kanssa kosketukseen joutunut suojakäsine on vaihdettava välittömästi.

### *Pinnoitetyöt*

Työntekijöiden työnopastus akrylipinnoitteiden käyttöön on tehtävä erityisen huolellisesti. Käyttöturvallisuustiedotteiden sisältöön on myös perehdyttävä ennakoon.

Kiinteistöissä, joissa on käynnissä myös muita toimintoja, akrylipinnoituskohte olisi hyvä rajata ilmastollisesti, jotta akrylihöyryt eivät leviä puhtaisiin työskentelytiloihin.

Akryylituotteiden käyttöön soveltuva suojakäsine materiaali on ns. monikerroslaminaatti (esim. 4H-käsine). Akrylipinnoitteiden käytössä on lisäksi huolehdittava silmien suojaamisesta ja käytettävä tarkoitukseen sopivaa suojavaatetusta. Likaantuneet suojavaatteet vaihdetaan puhtaisiin.

Lukiteliimoja ei tule käsitellä paljain käsin. Suositellaan kertakäyttökäsineitä, kuten hammashoitotyössä.

## **Suosituks**

- Käyttöturvati

## **Lähteitä**

Alanko K: Työperäiset ihottumat ovat lisääntyneet hammashoitoalalla. *Työterveiset* 2001;2:20–21.

Alanko K, Estlander T, Jolanki R: Allergologia hammashoidossa. Kirjassa: *Therapia Odontologica, Hammaslääketieteen käsikirja*. Toim. Meurman ym. 2. uudistettu laitos. *Academica-Kustannus Oy*, Helsinki 2003, 288–296.

Alanko K, Susitaival P, Jolanki R, Kanerva L: Occupational skin diseases among dental nurses. *Contact Dermatitis* 2004;50:77–82.

Björkner B: Acrylic resins. In: *Handbook of occupational dermatology*. Ed. by L Kanerva et al. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2000, 562–569.

Henriks-Eckerman M-L, Alanko K, Jolanki R ym.: Metakrylaatit, pesualkoholit ja luonnonkumi-allergeenit hammashoitoloiden ilmassa. *Suomen Hammaslääkärilehti* 2001;(1–2):28–31.

Henriks-Eckerman M-L, Suuronen K, Jolanki R, Alanko K: Methacrylates in dental restorative materials. *Contact Dermatitis* 2004;50:233–237.

Jolanki R, Estlander T, Karjalainen A, Kanerva L: Ammatti-ihotautivaara eri ammateissa. *Suomen Lääkärilehti* 1998;53(9):927–936.

Lahtinen A, Kanerva L, Alanko K ym.: Työperäiset metakrylaattiallergiaihottumat edelleen yleisiä hammashoitohenkilöstöllä. *Suomen Hammaslääkärilehti* 2000;13:753–755.

Mäkelä E A, Jolanki R, Väänänen V ym.: Kertakäyttökäsineiden metakrylaattiläpäisevyys. *Suomen Hammaslääkärilehti* 2003;(7):356–363.

Opas hammashoitohenkilöstölle. Hammashoidon muovimateriaalit aiheuttavat allergiaa. Lääkelaitos, Suomen hammaslääkäriliitto, Suun Terveystieteiden Ammattiliitto ry, Helsinki 2000.

Opas hammaslaboratorioille, Hammaslaboration muovimateriaalit aiheuttavat allergiaa. Lääkelaitos, Hammaslaboratorioliitto, Erikoishammasteknikkoliitto, Helsinki 2000.

Riala R, Kaukiainen A ym.: Rakennusmaalarien kemikaalialtistuminen ja siitä aiheutuvat terveyshaitat. Työsuojelurahaston loppuraportti 99242. Työterveyslaitos, Helsinki 2002.

Zwanenburg R, Jolanki R, Mäkelä E A, Estlander T: Glove selection for work with UV/EB-curing acrylates. In: *Protective gloves for occupational use*. Ed. by A Boman et al. CRC Press LLC, Boca Raton 2005, 287–298.

### 4.12.3 Epoksihartsi, reaktiiviset ohenteet ja kovettimet

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

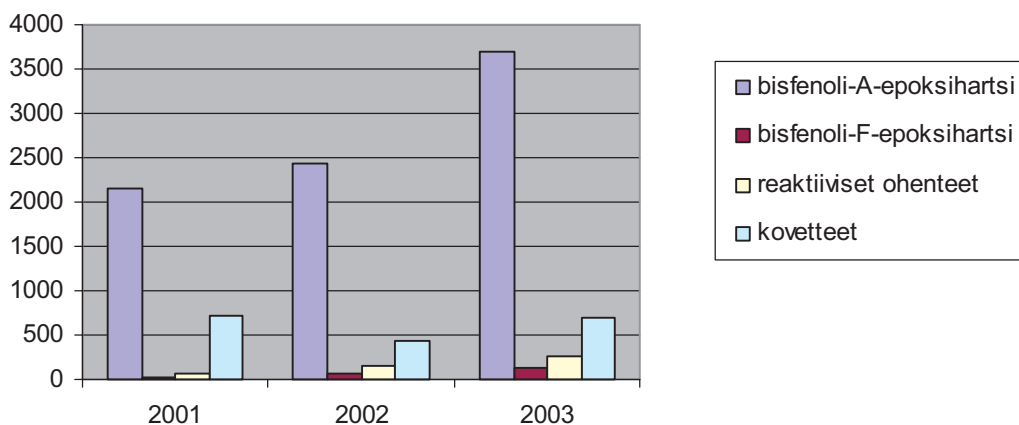
Epoksihartsit ovat epoksimuovien lähtöaineita. Epoksihartseja käytetään pääasiallisesti kaksikomponenttisissä maaleissa, lakoissa ja muissa lattiapinnoitteissa sekä liimoissa. Niitä käytetään myös mm. sähköeristyshartseina, pulverimaaleissa, muovikomposiiteissa (pregreg-laminaatit) sekä lujitemuovien valmistuksessa. Epoksihartsiin molekyyleissä on tavallisesti kaksi reaktiivista epoksiyhdyntää. Hartsimolekyylit sidotaan yhteen kovettimen avulla, jolloin muodostuu liukenematonta kovaa epoksimuovia. Kaksikomponenttituotteissa erillinen kovetinosa lisätään hartsin joukkoon vasta vähän ennen käyttöä. Kovettimina käytetään pääasiassa polyamiineja, polyaminoamideja ja amiiniepoksiaddukteja. Hartsiin sisältyvät reaktiiviset ohenteet ovat myös epoksiyhdyntäjä. Ne osallistuvat kovettumisreaktioon samalla tavalla kuin itse hartsi ja muuttavat hartsin ominaisuuksia. Ne esimerkiksi alentavat viskositeettia ja lisäävät tarttuvuutta. Epoksihartsipitoiset tuotteet saattavat sisältää myös mm. orgaanisia liuottimia.

Yksikomponenttisissä tuotteissa kovettumisreaktio käynnistetään yleensä kuumentamalla. Kovetinaineena toimivat yleensä hartsin mukana olevat orgaaniset karboksyylihapponahydridit. Yksikomponenttiset epoksipulverimaalit ruiskutetaan elektrostaattisesti varattuun metallipintaan ja maali kovetetaan uunissa noin 200 °C:ssa.

Epoksinpinnoitteilla saadaan hyvä suoja korroosiota ja useimpia kemikaaleja vastaan. Epoksihiimat tarttuvat hyvin metalliin ja moniin muihin vakeasti liimattaviin pintoihin. Muodostuneet liitokset ovat kestäviä.

Suomessa ei valmisteta epoksihartseja. Tullitilaston mukaan arvioituna yli 90 % Suomeen tuodusta epoksihartseista valmistetaan epikloorihydrinistä (ks. kappale 4.13.8 Karsinogeeniset epoksidit) ja bisfenoli-A:sta (Tuontitilasto 2003). Muita fenolipohjaisia epoksihartseja käytetään, kun halutaan erityisominaisuuksia esimerkiksi lattianpinnoitteissa (bisfenoli-F-epoksihartsit) ja esimerkiksi sykloalifaattisia epoksihartseja sähköteknisten tuotteiden valmistuksessa. Bisfenoli-A- ja bisfenoli-F-pohjaisia hartseja tuotiin Suomeen vuosina 2001–2003 yhteensä noin 8 300 tonnia, reaktiivisia ohenteita noin 470 tonnia ja kovetteita 1 800 tonnia (kuva 38). Bisfenoli-A:ta tuotiin samana aikana noin 1 000 tonnia.

Kemikaalirekisterissä oli vuoden 2003 lopussa 800 epoksihartsipitoista tuotetta. Kovetinkemikaaleista 2,4,6-tris(dimetyyliaminometyyli)fenolia (tris-DMP) oli 172 tuotteessa, isoforonidiamiinia 170 tuotteessa ja dietyleenitriamiinia 106 tuotteessa. Reaktiivisista ohenteista C12/C14-alkyyli glysydyliettereitä (CAS 68609-97-2) oli 57 tuotteessa, 1,4-butaanidolidiglysydylietteriä (BDDGE, CAS 2425-79-8) 46 tuotteessa ja 1,6-heksaanidolidiglysydylietteriä (HDDGE, CAS 16096-31-4) 30 tuotteessa (STTV 2003).



Kuva 38. Bisfenoli-A- ja bisfenoli-F-pohjaisten epoksihartsiin sekä reaktiivisten ohenteiden ja kovettimien tuonti Suomeen vuosina 2001–2003, tonnia



Epoksihartseja ja epoksihartsipitoisia tuotteita käytetään erityisesti seuraavilla aloilla:

- konepaja-, telakka- ja metalliteollisuus
- rakennustoiminta
- sähköteknisten tuotteiden valmistus
- kemian ym. prosessiteollisuus
- muovituotteiden valmistus
- terveydenhuoltoala.

## Altistuminen työssä

Eniten altistutaan maalaus- ja talonrakennustyössä sekä sähkö- ja elektroniikkatuotteiden kokoamistyössä. Kaksikomponenttisia epoksimaaleja käytetään erityisesti metallin (mm. laivat) sekä sementti- ja betonipintojen maalaukseen. Sähköteollisuudessa käytetään yksikomponenttisia orgaanisilla karboksyylihapponanhydrideillä (ks. kappale 4.11.2 Happonanhydritit) kuumentamalla kovettettavia bisfenoli-A- ja ei-bisfenoli-A-pohjaisia epoksihartseja mm. valuhartsina sähköeristeisiin ja eristysnauhoihin. Talonrakennustyössä altistutaan myös kaksikomponenttisille epoksihartsipitoisille lattiapinnoitteille ja liimoille sekä betonin halkeamien korjausaineille. Epoksiliimoja käytetään pieniä määriä moniin eri tarkoituksiin, sillä niiden avulla voidaan yhdistää eri materiaaleja, kuten puuta ja metallia. Altistumista on myös lasikuidun valmistuksessa, jossa epoksihartsia käytetään pinnoitusaineena sekä mm. lujitemuovituotteiden, kuten urheiluvälineiden, valmistuksessa sekä laminointityössä ja prepreg-tuotteita (mm. lentokoneteollisuus) käytettäessä.

Suomessa altistuu voimakkaasti epoksihartseille ja niiden kovettimille ainakin 3 000 työntekijää.

Epoksihartsit eivät ole haihtuvia, joten niistä voi muodostua mitattavia pitoisuuksia ilmaan vain sumua tai pölyä synnyttävissä prosesseissa, kuten ruiskumaalauksessa tai pulverimaalauksessa. Muuten epoksihartseille altistutaan pääasiassa ihon kautta. Epoksipölyä syntyy myös kovettuneiden tuotteiden viimeistelyssä, kuten hionnassa.

Käytetyt polyaminoamidi- ja epoksiadduktikovettimet eivät ole haihtuvia. Ne sisältävät yleensä pieniä määriä raaka-aineina käytettyjä polyamiineja. Amiinikovettimet ja reaktiiviset ohenteet ovat huonosti haihtuvia, joten haitallisia pitoisuuksia ilmaan voi muodostua lähinnä sumua synnyttävissä tai lämpöä edellyttävissä valmistusprosesseissa. Sähköteknisten tuotteiden valmistuksessa käytettävistä karboksyylihapponanhydridikovettimista muodostuu yleensä haitallisia pitoisuuksia ilmaan, koska kovettumislämpötila on korotettu.

Epoksimuovien lämpöhajoamistuotteille, kuten bisfenoli-A:lle ja akroleiinille, voi altistua telakoilla sekä uudisrakennuksen varusteluvaiheessa että korjaustoiminnassa.

## Terveyshaitat

Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitetaan vuosittain 25–40 epoksihartsien, reaktiivisten ohenteiden ja niiden kovettimien aiheuttamaa allergista ihottumaa ja alle 10 allergista astmaa ja nuhaa.

Ihoa herkistävästä kemikaaleista 17 % ja sekä ihoa että hengitysteitä herkistävästä aineista 20 % on liima- ja sideaineita. Epoksihartsit sekä niiden reaktiiviset ohenteet ja kovettimet ovat syynä suurimpaan osaan muovikemikaalien aiheuttamista työperäisistä allergisista ihottumatapauksista.

Yli puolet epoksihartsiaineiden aiheuttamista kosketusihottumista aiheuttaa bisfenoli-A-pohjainen epoksihartsioligomeeri MP 340. Bisfenoli-A-pohjaisen epoksihartsin taipumus aiheuttaa kosketusallergiaa riippuu hartsimolekyylien molekyylipainosta. Pienin hartsimolekyyli eli bisfenoli-A:n diglysidyylietteri (molekyylipaino 340) on voimakkain herkistäjä. Kosketusallergiaa voivat aiheuttaa myös muut epoksihartsit, kuten bisfenoli-F-pohjaiset novolakkaepoksihartsit ja sykloalifaattiset epoksihartsit. Muita aiheuttajia ovat polyamiineja (mm. dietyleenitriamiini, isoforonidiamiini ja ksylyleenidiamiini) sisältävät kovettimet ja reaktiiviset ohenteet (mm. butaanidolidiglysidyylietteri ja fenyyliglysidyylietteri), jotka ovat myös epoksiyhdisteitä. Allergista kosketusihottumaa aiheuttava epoksiyhdiste on myös pulverimaalien aineosana ja piirilevyjen valmistuksessa käytettävä triglysidyyli-isosyanauraatti (TGIC).

Erityisesti kaksikomponenttiset epoksihartsipitoiset lattiapinnoitteet ja liimat, betonin halkeamien korjausaineet sekä lasikuidun pinnoitusaineet ovat olleet useimmiten työperäisen allergisen kosketusihot-

tuman syy. Ihoallergioita on esiintynyt myös mm. lujitemuovituotteiden, kuten urheiluvälineiden, valmistuksessa sekä laminointityössä epoksihartseja ja prepreg-tuotteita käytettäessä.

Epoksihartsituotteiden aiheuttamat nuhat ja astmat liittyvät tavallisimmin anhydridi- ja polyamiini-kovettimiin, mutta aiheuttajana voi olla myös epoksihartsiosa.

Epoksihartsien polyamiini- ja anhydridikovettimet voivat ärsyttää ihoa sekä silmien sidekalvoja ja nenän ja hengitysteiden limakalvoja. Ärsyttäviä pienimolekyylisiä lämpöhajoamistuotteita syntyy myös kuumennettaessa epoksituotteita yli 250 °C:seen. Lämpöhajoamistuotteista bisfenoli-A voi myös aiheuttaa valoherkkyyttä.

## Riskien hallinta

Epoksituotteita on vaikea korvata muilla, vähemmän haitallisia raaka-aineita sisältävillä tuotteilla niiden hyvien teknisten ominaisuuksien vuoksi. Käytettävät liuottimet korvataan yhä enemmän vedellä, mikä ei välttämättä vähennä herkistymisriskiä, koska epoksihartsityyppi on edelleen sama. Allergiavaaroista tiedottamiseen kannattaa kiinnittää huomiota, koska se motivoi työntekijöitä kiinnittämään huomiota työtapoihinsa ja käyttämään suojavarusteita oikein.

Herkistymisriskiä voidaan vähentää ensisijaisesti teknisin torjuntaratkaisuin. Hengityksensuojainta tulee käyttää työvaiheissa, joissa on mahdollista altistua hengitysteiden kautta. Hengityksensuojainten tulee olla hyväkuntoisia ja niiden huollon asianmukaista. Paras suojain on suodattimen ja aktiivihiilen yhdistelmä (tyyppi P3A2).

## Suosituksukset

- Allergiavaaroista tiedottamiseen kannattaa kiinnittää huomiota, koska se motivoi työntekijöitä tarkkailemaan työtapojansa ja käyttämään suojavarusteita oikein. Tämä koskee erityisesti rakennusalaan, jolla ammattitautitapausten määrä on lisääntynyt viime vuosina. Altistumista voidaan edelleen vähentää teknisillä torjuntakeinoilla mm. tuotannon automatisoinnilla sekä työtapojen ja työvaiheiden hyvällä suunnittelulla. Kädet tulee suojata asianmukaisilla kemikaalinsuojakäsineillä. Luonnonkumi- ja PVC (vinyyli)-muovikäsineet eivät suojaa epoksialtistumiselta. Monikerroslaminaatista (PE/EVOH/PE) valmistetut 4H-käsineet on suunniteltu epoksitöitä varten. Butyylikumikäsineet suojaavat useimmilta epokseilta ja niiden kanssa käytetyiltä kemikaaleilta, poikkeuksena epoksimaalit. Paksuhkot nitrilikumikäsineet soveltuvat epoksimaalaukseen. Prepreg-epoksituotteita käsiteltäessä on käytettävä kumi- tai muovikäsineitä. Pulverimaalauksessa tulee suojata koko iho hienojakoisilla pölyjä läpäisemättömällä tiiviillä materiaaleilla. Liimojen käsittelyssä tulee käyttää lastoja tai annostelulaitteita.
- Hengityksensuojainta tulee käyttää työvaiheissa, joissa on mahdollista altistua hengitysteiden kautta. Paras suojain on suodattimen ja aktiivihiilen yhdistelmä (tyyppi P3A2).

## Lähteitä

Henriks-Eckerman M-L, Jolanki R: Epoksihartsit ja niiden kovettimet. Altisteet työssä 1. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1990.

Jolanki R, Kanerva L, Estlander T: Epoxy resins. In: Condensed Handbook of occupational dermatology. Ed. by L Kanerva et al. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2004, 347–363.

Muskoff J W, McCollister S B: Epoxy resins. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol. A9. Ed. by W Cerhart et al. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1987, 547–563.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

#### 4.12.4. Kumi ja kumikemikaalit

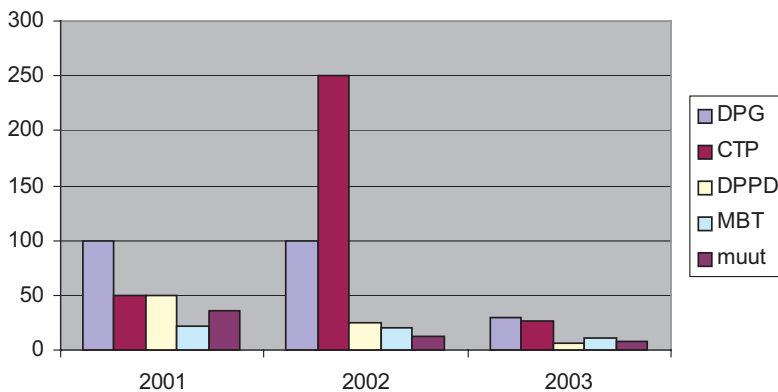
##### Käyttö ja esiintyminen työssä

Kumiteollisuus on maailmanlaajuinen teollisuudenala, jonka päätuotteita ovat ajoneuvojen renkaat, muotti- ja suulakepuristustuotteet, jalkineet, letkut, kuljetushihnat sekä erilaiset pinnoitteet. Kumin käyttö erilaisissa sovelluksissa perustuu sen erityisominaisuuksiin, joita on vaikea korvata muilla materiaaleilla. Kumia käytetään kohteissa, joissa vaaditaan esimerkiksi vaimennusta, joustoa ja tiivistämistä. Tavallisimmin kumia käytetään yhdistettynä muuhun materiaaliin, kuten tekstiiliin, metalliin tai lasiin. Materiaaliominaisuuksien vuoksi kumituotteiden valmistus on osittain käsityötä, mutta myös nykyaikaisten koneiden käyttö kuuluu kumiteollisuuteen.

Nokian rengastehtaalla valmistetaan vuosittain mm. noin 5,5 miljoonaa henkilöautonregasta sekä Nokian jalkinetehtaalla noin 400 000 paria kumisaappaita ja noin 90 000 paria muita jalkineita. Jalkineiden pääraaka-aineena on luonnonkumi.

Työympäristössä esiintyviä kumia sisältäviä tuotteita ovat mm. auton ja muiden ajoneuvojen renkaat, ohjauspyörät, suojakäsineet, -lasit ja -jalkineet, hengityksensuojaimet, esiliinat, kuulokkeet, kuulonsuojaimet, polvituet ja sukelluspuvut, työkalujen kahvat ja kädensijat, letkut ja sähköjohdot, kumikorkit, -nupit ja -tulpat, kumitiivisteet, kumimatot, hiirimatot ja kirjoituslujat, pyyhkekumit, sormitutit ja kumilenkit sekä neopreeniliimat. Tutkimus- ja hoitotilanteissa kumia sisältävät esimerkiksi leikkaus- ja tutkimuskäsineet, kumiletkut ja -putket, letkujen injektiokohdat, katetrit, kumipipetit, maskit, verenpaineittarin mansetit, liima- ja joustositeet sekä tukisukat.

Kumituote valmistetaan seoksesta, jonka tärkein osa on suurimolekyylinen kumipolymeeri, joka voi olla luonnontuote (kumipuusta saatava luonnonkumilateksi) tai synteettinen valmiste. Luonnonkumilateksi sisältää isopreenipolymeeria, jota voidaan myös valmistaa synteettisesti. Tavallisia synteettisiä kumeja ovat styreenibutadieeni-, neopreeni- eli kloropreeni-, nitrili- ja butylikumit. Kumiseokseen lisätään ns. kumikemikaaleja, mm. vulkanointiaineita, kiihdyttimiä (mm. difenyyliguanidiini eli DPG ja merkaptobentsotiatsoli eli MBT), antioksidantteja (mm. N,N'-difenyyli-p-fenyleenidiamiini eli DPPD) ja -otsonantteja sekä pehmittimiä, täyte- ja väriaineita. Kiinteässä teollisessa kumissa käytetään hidastimia (mm. N-sykloheksyyliiotaali-imidi eli CTP). Täyteaineista tärkein on kuminoki, joka lisää tuotteiden kestävyyttä ja antaa mustan värin. Kumiseos muuttuu venyväksi, kumimaiseksi kumituotteeksi vulkanoidulla. Se tarkoittaa kumin kuumentamista, jonka seurauksena kumimolekyylien välille syntyy poikittaisidoksia ja tuloksena on elastinen materiaali. Eniten Suomeen tuotiin vuosina 2001–2003 kumikemikaaleista difenyyliguanidiinia ja N-sykloheksyyliiotaali-imidiä (kuva 39).



Kuva 39. Kumikemikaalien tuonti Suomeen vuosina 2001–2003 tonneina: difenyyliguanidiini (DPG; CAS 102-06-7), N-sykloheksyyliiotaali-imidi (CTP; CAS 17796-82-6), N,N'-difenyyli-p-fenyleenidiamiini (DPPD; CAS 74-31-7), merkaptobentsotiatsoli (MBT; CAS 149-30-4) ja muut eli tetrametyylitiuraamidisulfidi (CAS 137-26-8), tetraetyylitiuraamidisulfidi (CAS 97-77-8), sinkkietyleenibisdiotiokarbamaatti (CAS 12122-67-7) ja sinkkidietyyliditiokarbamaatti (CAS 137-30-4)

## Altistuminen työssä

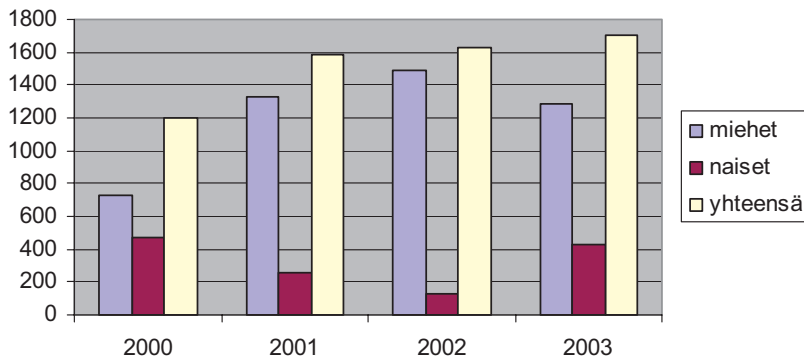
Kumituotteiden valmistuksessa työskentelee noin 1 600 henkilöä (kuva 40), joista suurin osa Nokian tehtailla renkaiden, jalkineiden ja pinnoitusmateriaalien valmistuksessa.

Ihon altistumisen kannalta merkittävien altistuneiden ryhmä ovat kumisten suojakäsineiden käyttäjät. Kumikäsineitä valmistetaan sekä synteettisestä että luonnonkumista. Synteettisestä kumista valmistettuja kemikaaleilta suojaavia teollisuuskäsineitä ja kertakäyttökäsineinä käytetään erityisesti orgaanisia liuottimia ja muita ihoa ärsyttäviä tai herkistäviä kemikaaleja sekä myrkyllisiä kemikaaleja vastaan. Luonnonkumista valmistetaan pääasiassa talouskäsineitä sekä tutkimus- ja leikkauskäsineitä. Luonnonkumista valmistettujen lateksitutkimuskäsineiden käyttö on viimeisen vuosikymmenen kuluessa vähentynyt luonnonkumikäsineisiin liittyvän allergian vuoksi. Nykyisin tutkimuskäsineinä käytetään pääasiassa PVC-muovista valmistettuja vinyyliekäsineitä.

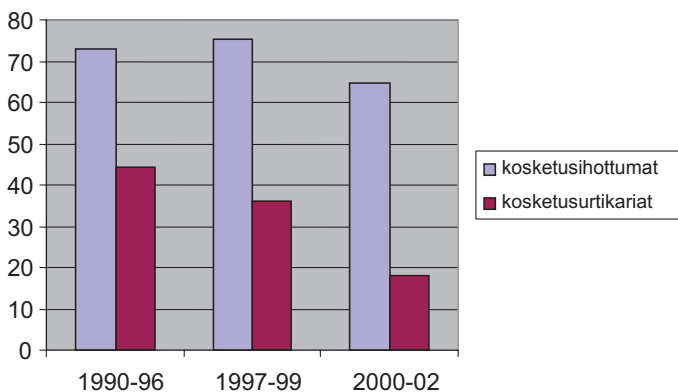
## Terveysvaikutukset

Kumi-allergiaa syntyy kumin valmistuksessa ja valmiiden kumituotteiden käytössä. Kumi voi aiheuttaa kahdenlaista ihoallergiaa: allergista kosketusihottumaa (kumikemikaalit sekä luonnonkumia että synteettistä kumia sisältävissä tuotteissa) ja kosketusurtikariaa (luonnonkumiproteiinit vain luonnonkumia sisältävissä tuotteissa). Luonnonkumiproteiinit voivat aiheuttaa ihoallergian lisäksi myös allergista silmien sidekalvotulehdusta ja hengitystieallergiaa.

Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitetaan vuosittain 60–75 kumikemikaalien aiheuttamaa allergista kosketusihottumaa (kuva 41). Vuosina 1990–2002 eli 13 vuoden aikana rekisteriin ilmoitettiin



Kuva 40. Kumituotteiden valmistuksessa työskentelevien määrät sukupuolen mukaan vuosina 2000–2003



Kuva 41. Työperäiset kumikemikaalien aiheuttamat allergiset kosketusihottumatapaukset ja luonnonkumin aiheuttamat allergiset kosketusurtikariatapaukset vuotta kohden vuosina 1990–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)

yhteensä 473 luonnonkumin aiheuttamaa kosketusurtikariaa- tai proteiinikosketusihottumaa eli keskimäärin noin 36 tapausa vuodessa. Vuosittaiset tapausmäärät ovat kuitenkin vähentyneet alle puoleen kyseisenä aikana. Lukumääräisesti eniten työperäisiä luonnonkumin aiheuttamaa kosketusurtikariaa potevat sairaanhoitajat, hammashoitajat, lääkärit, perushoitajat, siivoojat ja hammaslääkärit.

#### *Kumikemikaalit*

Useimmiten kumiallergisen kosketusihottuman syy on valmis kumituote ja aiheuttajina siihen sisältyvät kumikemikaalit, tavallisesti kiihdyttimet, kuten tiuraami-, ditiokarbamaatti-, bentsotiatsoli- ja tioureayhdisteet. Antioksidanteista allergiaa aiheuttavat yleensä p-fenyleenidiamiini johdannaiset, joita tumman värin takia voidaan käyttää yleensä vain mustassa teollisessa kumissa. Niitä ei siten yleensä käytetä käsi-neissä ja saappaissa. Koska kumikemikaaleja tarvitaan kaikenlaisten kumituotteiden valmistukseen, niiden aiheuttaman allergisen kosketusihottuman voi saada sekä luonnonkumista että synteettisestä kumista valmistetusta tuotteesta. Käsineet ovat tärkein syy kumikosketusihottumaan. Työperäistä allergista kumikosketusihottumaa voivat aiheuttaa myös hengityksensuojaimen kasvo-osat, kumisaappaat, kumilenkit ja sormikumit. Kumi haurastuu vanhetessaan, erityisesti auringonvalon vaikutuksesta. Kumin haurastuminen ja ihon hikoilu helpottavat herkistävien aineiden irtoamista kumista ja edistävät ihottuman syntyä.

#### *Luonnonkumin proteiinit*

Kumipuusta saatavan luonnonkumilateksin proteiinien aiheuttama kumiurtikaria (lateksiallergia) on tunnetuin ja tutkituin kosketusurtikaria. Sen tavallisin työperäinen aiheuttaja on luonnonkumista valmistettu käsine, tavallisimmin tutkimus- tai leikkauskäsine. Sitä voivat aiheuttaa myös muut luonnonkumista valmistetut tuotteet (sairauden- ja terveydenhoidossa tarvittavat letkut, maskit ja muut kumivälineet) tai sitä sisältävät tuotteet (kirjekuori-, tekstiili- ja kenkäliimat).

Ammateittain luonnonkumin aiheuttaman työperäisen kosketusurtikarian ilmaantuvutta eli tapausmäärinä 10 000 työllistä kohden on selvitetty Suomessa viimeksi vuosina 1991–1996 (taulukko 42).

*Taulukko 42. Luonnonkumin aiheuttaman kosketusurtikarian tapausmäärät ja ilmaantuvuus 10 000 työllistä kohden vuodessa vuosina 1991–1996 (Tilastokeskuksen ammattiluokitus vuodelta 1987)*

ammatti- luokka	ammatti	tapauksia	ilmaantuvuus
0	TEKNINEN, TIETEELLINEN, LAINOPILLINEN, HUMANISTINEN JA TAITEELLINEN TYÖ	12	0,06
012	laborantit, laboratorioapulaiset	7	1,0
1	TERVEYDENHUOLTO, SOSIAALIALAN TYÖ	198	1,3
10	terveyden- ja sairaanhoitotyö	132	1,8
101	lääkärit	31	3,9
103	sairaanhoitajat	56	2,2
106	apuhoitajat, lääkintävahtimestarit	23	1,4
12	hammashoitoalan työ	56	9,3
121	hammaslääkärit	16	6,0
122	hammashoitajat	40	11,8
2	HALLINTO- JA TOIMISTOTYÖ	2	0,01
3	KAUPALLINEN TYÖ	1	0,01
4	MAA- JA METSÄTALOUSTYÖ, KALASTUS	8	0,1
5	KULJETUS- JA LIIKENNETYÖ	1	0,01
6/7/8	TEOLLINEN TYÖ, KONEENHOITO, KAIVOS- JA LOUHINTATYÖ SEKÄ RAKENNUSTYÖ	26	0,1
9	PALVELUTYÖ YM.	36	0,3
942	siivoojat ym.	19	0,5
0-9	KAIKKI AMMATIT	288	0,2

Luonnonkumin aiheuttamia kosketusurtikarioita ilmeni eniten hammashoitajilla eli 11,8 tapausta 10 000 työllistä kohden vuodessa. Hammaslääkäreillä vastaava luku oli 6,0, lääkäreillä 3,9 ja sairaanhoitajilla 2,2. Laboranteilla luku oli 1,0, siivoojilla 0,5 ja kaikissa ammateissa 0,2. Hammashoitajilla näitä luonnonkumin aiheuttamia ihoallergioita ilmeni peräti 50 kertaa enemmän kuin kaikissa ammateissa keskimäärin. Nykyisin uusia tapauksia ilmaantuu noin puolet 1990-luvun alkuun verrattuna. Erityisesti tapaukset ovat vähentyneet terveyden- ja sairaanhoitotyössä. Vähentymisen ei ole yhtä selvää hammashoitoalalla ja hammashoitajilla, vaan hammaslääkäreillä on edelleen selvästi suurin riski sairastua. Siivoojilla on runsaasta luonnonkumisten suojakäsineiden käytöstä huolimatta todettu vähän kumiurtikariaa.

## Riskien hallinta

Tietoja luonnonkumista valmistettujen tutkimus- ja leikkauskäsineiden allergeenipitoisuuksista saa Lääkelaitoksen julkaisuista (markkinavalvontatutkimukset). Uusien herkistymisten määrä on vähentynyt merkittävästi 1990-luvun alkuun verrattuna, kun työhön valitaan vain luonnonkumikäsineitä, joiden allergeenipitoisuus on pieni (alle 10 AU/ml). Luonnonkumiallerginen pystyy mahdollisesti käyttämään vähänallergeenisia käsineitä ilman iho-oireita. Luonnonkumille herkistynyt voi myös selviytyä ilman oireita käyttämällä muovisia aluskäsineitä luonnonkumikäsineen alla tai luonnonkumikäsineitä, joissa on allergeeneilta suojaava muovipinnoitus käsineen sisäpuolella. Jos vaihtoehto on käytettävissä, suositellaan kuitenkin yleensä luonnonkumiallergiselle henkilölle luonnonkumittomia käsineitä eli synteettisestä kumista tai muovista valmistettuja käsineitä.

Luonnonkumin aiheuttamaa kosketusurtikarian, nuhan ja astman riskiä voidaan vähentää myös käyttämällä puuterittomia (powder-free) luonnonkumikäsineitä, koska näistä työpaikan ilmaan ei pääse yhtä paljon luonnonkumin allergeeneja kuin puuterillisista käsineistä.

Euroopan komissio on vuonna 2000 julkaissut luonnonkumiallergiaa käsittelevän, terveydenhuollon tuotteita koskevan lausunnon. Asiaa kehitetään parhaillaan sekä erikseen EU-tasolla että yhteistyössä kansainvälisellä tasolla. CEN:n (European Committee for Standardization) alainen standardointikomitea ja ISO:n (International Organization for Standardization) työryhmä pyrkivät yhteiseen kansainväliseen standardiin terveydenhuollon tuotteiden (ensisijainen kohde suojakäsineet) sisältämien luonnonkumiallergeenien, niiden mittausmenetelmien ja myöhemmin myös raja-arvojen suhteen. Työhön osallistuu suomalaisia asiantuntijoita ja mahdollisesti myöhemmin otetaan käyttöön Suomessa kehitetty, spesifinen luonnonkumiallergeenien mittausmenetelmä.

## Suosituksukset

- Työssä tulisi käyttää muovista tai synteettisestä kumista valmistettuja tai puuterittomia luonnonkumista valmistettuja tutkimus- ja leikkauskäsineitä, joissa on vähän proteiini-peräisiä allergeeneja. Myös muiden luonnonkumia sisältävien tuotteiden kuin kertakäyttöisten tutkimus- ja leikkauskäsineiden proteiiniallergeenien pitoisuutta tulisi seurata ja valita mieluiten käyttöön tuotteet, joissa allergeeneja on vähän. Näiden toimenpiteiden seurauksena myös luonnonkumiallergiastaan tietämättömien potilaiden riski saada voimakkaita allergisia reaktioita hoitotoimenpiteiden yhteydessä vähenisi.
- Synteettisestä kumista ja muovista valmistetut käsineet, työkalun kahvat ja kädensijat ym. eivät sisällä luonnonkumilateksia eivätkä näin ollen aiheuta kumiurtikariaa. Ensisijaisesti tulee käyttää muovista tai synteettisestä kumista ja valmistettuja suojakäsineitä. Myös aluskäsineiden käyttö vähentää allergiavaaraa.

## Lähteitä

Allmers H, Schmengler J, John S M: Decreasing incidence of occupational contact urticaria caused by natural rubber latex allergy in German health care workers. *J Allergy Clin Immunol* 2004;114:347–351.

Belsito D V: Rubber chemicals. In: *Condensed Handbook of occupational dermatology*. Ed. by L Kanerva et al. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2004, 427–449.

Cullinan P, Tarlo S, Nemery B: The prevention of occupational asthma. *Eur Respir J* 2003;22:853–860.

Estlander T, Jolanki R: Allergic contact dermatitis from rubber and plastic gloves. In: *Protective gloves for occupational use*. Ed. by A Boman et al. 2nd ed. CRC Press Inc., Boca Raton, USA 2005, 127–144.

Jolanki R, Estlander T, Alanko K et al.: Incidence rates of occupational contact urticaria caused by natural rubber latex. *Contact Dermatitis* 1999;40:329–331.

Luonnonkumikäsineiden markkinavalvontatutkimus. TLT-INFO 1/2003, Lääkelaitos, Helsinki.

Palosuo T, Alenius H, Turjanmaa K: Quantitation of latex allergens. *Methods* 2002;27:52–58.

Scientific Committee on Medical Products and Medical Devices. Opinion on Natural Rubber Latex Allergy. ([http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scmp/out\\_31\\_en.pdf](http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scmp/out_31_en.pdf))

## 4.13 Eräitä syöpää aiheuttavia ja lisääntymiselle vaarallisia kemikaaleja

Tiina Santonen, Marja-Liisa Lindbohm, Pirjo Heikkilä, Anja Saalo

### Johdanto

Tässä kappaleessa käsitellään sellaisia merkittäviä syöpävaarallisia ja lisääntymiselle vaarallisia aineita, joita ei käsitellä muualla tässä selvityksessä. Merkittäviksi syöpävaarallisiksi ja lisääntymiselle vaarallisiksi kemikaaleiksi katsotaan tässä ne kemikaalit, joiden syöpä- tai lisääntymisvaarallisuudesta on riittävää näyttöä ja joilla on teollista tai muutoin laajamittaista käyttöä Suomessa ja joille myös mahdollisesti merkittävästi altistutaan. Riittävää näyttöä aineiden vaaraominaisuuksista katsotaan olevan sellaisilla kemikaaleilla, jotka

- EU on luokitellut syöpävaarallisuusluokkaan 1 tai 2 ja ne on merkitty vaaralausekkeilla R45 (aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa) tai R49 (aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa hengitettynä)
- EU on luokitellut lisääntymisvaarallisuusluokkaan 1 tai 2 ja ne on merkitty vaaralausekkeilla R60 (voi heikentää hedelmällisyyttä) tai R61 (vaarallista sikiölle)
- IARC:n luokituksen perusteella ovat syöpävaarallisia tai todennäköisesti syöpää aiheuttavia ihmisessä (luokka 1 tai 2A).

Näitä EU:n ryhmien 1 ja 2 syöpävaarallisia ja lisääntymisriskille vaarallisia aineita ei saa olla yleiseen kulutukseen myytävissä tuotteissa (VNa 610/2000). Lisääntymisvaarallisten kemikaalien osalta on otettu huomioon myös Suomessa työministeriön päätöksessä (1044/1991) lisääntymisriskille tai sikiölle vaarallisiksi katsotut aineet tai aineryhmät.

Työministeriön päätös (838/1993) syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista aineista ja sen aineluetteloa täydentävä STM:n asetus (1232/2000) sisältävät yhteensä 169 syöpävaaralliseksi katsottua ainetta tai aineryhmiä, joille työssään altistuneet tulee ilmoittaa Työterveyslaitoksen ylläpitämään ASA-rekisteriin. Lisäksi siihen ilmoitetaan ympäristön tupakansavulle työssään altistuvat henkilöt. Merkittävistä syöpävaarallisista aineista vuoden 2002 ASA-rekisteristä puuttuvat kvartsi, puupöly ja formaldehydi. Puupölyistä tammen ja pyökin muodostama pöly on lisätty vuoden 2004 ASA-aineluetteloon (STMa 1014/2003 Tmp:n 838/1993 liitteen muuttamisesta).

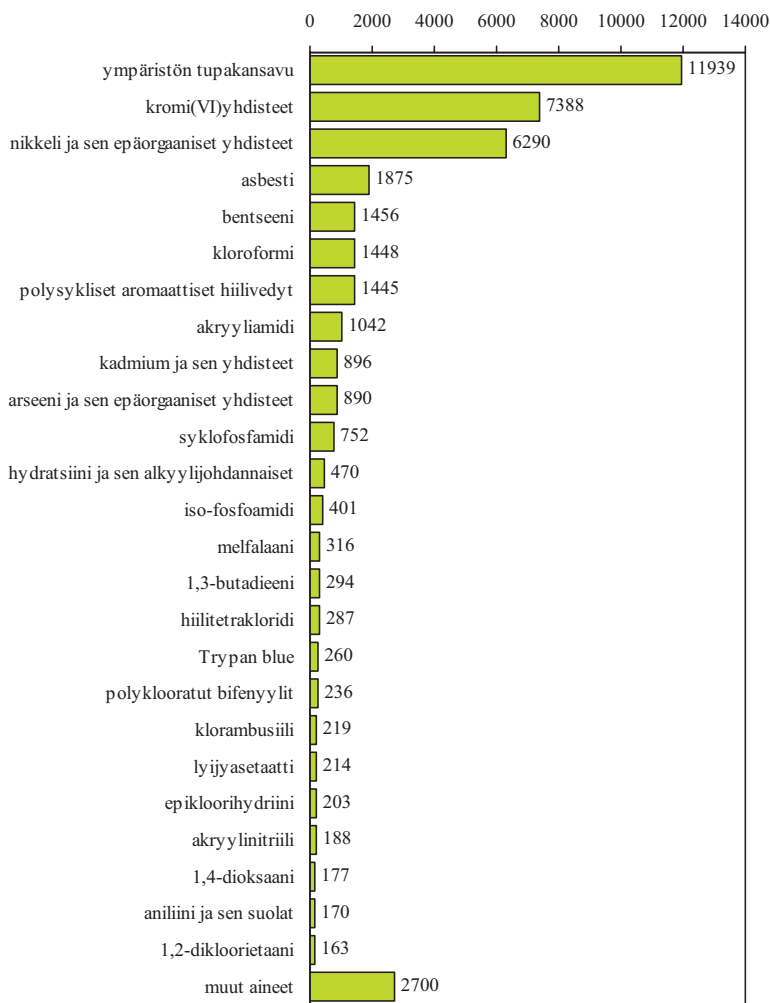
Merkittävimpiä syöpävaarallisia ja lisääntymiselle vaarallisia kemikaaleja valittaessa on ASA-rekisteristä saatuja tietoja käytetty hyväksi arvioitaessa eri karsinogeenisille eli syöpää aiheuttaville aineille altistumisen laajuutta Suomessa. Kuvasta 42 näkyvät ASA-rekisterin pohjalta tavallisimmat työpaikoilla esiintyvät ASA-velvollisuuden piiriin kuuluvat kemikaalit. Näistä on käsitelty tämän selvityksen muissa luvuissa *karsinogeeniset metallit*, kuten kuudenarvoinen kromi, nikkeli, kadmium, arseni ja lyijy-yhdisteet, PAH-yhdisteet, asbesti ja PCB-yhdisteet (ks. kappaleet 4.5 Metallit, 4.9 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt, 6.1 Asbesti ja 6.3 Polyklooratut bifenyylit, PCB). Myös *kvartsi, puupöly ja formaldehydi* käsitellään muualla tässä selvityksessä (ks. kappaleet 4.1 Kvartsipöly, 4.4 Puupöly, 4.11.1 Formaldehydi). Näitä aineita ei käsitellä tässä luvussa, vaan niiden osalta viitataan edellä mainittuihin erillisiin lukuihin.

Käsittelyn ulkopuolelle on myös jätetty aineet, joiden teollinen käyttö tai niille altistuminen teollisuudessa on vähäistä Suomessa. Niille saatetaan kuitenkin altistua esimerkiksi tutkimuslaboratoriossa ja ASA-rekisteriin saattaa olla ilmoitettu useita niille altistuneita. Näitä ovat esimerkiksi Trypan blue (väriaine solujen värjäämiseen, altistuneita ASA:ssa 260), aniliini (altistuneita ASA:ssa 170, pääasiassa tutkimuslaboratorioista) tai 1,4-dioksaani. Näiden kemikaalien jättäminen tämän käsittelyn ulkopuolelle ei tarkoita sitä, etteikö myös tutkimuslaboratoriossa voida altistua merkittävästi karsinogeenisille (tai lisääntymiselle vaarallisille) yhdisteille. Monien aineiden osalta tieto altistumistasoista tutkimuslaboratorioissa on kuitenkin hyvin vähäistä tai olematonta. Tähän vaikuttaa myös se, että yhdisteiden kirjo ja käyttötavat eri tutkimuslaboratorioiden välillä ovat usein hyvin erilaiset. Monia aineita (esim. tietyt solujen värjäykseen tarkoitetut väriaineet) käytetään hyvin pieniä määriä, jolloin altistuminen jää käytännössä hyvin pieneksi. Ongelma on kuitenkin se, että samassa laboratoriossa saatetaan käyttää samanaikaisesti useita eri karsinogeneja (tai lisääntymiselle vaarallisia aineita).



Edellä mainituilla kriteereillä valitut tässä luvussa käsiteltävät merkittävimmät syöpävaaralliset aineet tai aineryhmät ovat *ympäristön tupakansavu, bentseeni, akryyliamidi, 1,3-butadieeni, hydratsiini, akryylnitriili, solunsalpaajat, karsinogeeniset epoksidit, vinylikloridi sekä karsinogeeniset klooratut hiilivedyt* (pitäen sisällään myös kolme sellaista yhdistettä, joista karsinogeenisuusnäyttö on heikompaa). Työperäisten sairauksien rekisterin mukaan vain harva näistä aineista on aiheuttanut tai on epäilty aiheuttaneen ammattisyöpiä Suomessa. Maininta ilmoitetuista taudeista löytyy niistä aineista, joista ammattisyöpiä on ilmoitettu Työperäisten sairauksien rekisteriin. Muutoin ammattitautien puuttumista ei mainita erikseen. On kuitenkin huomattava, että työperäisen syövän diagnosointi (syy-seuraussuhteen osoittaminen) on usein varsin vaikeaa, joten osa työperäisen altistumisen vaikutuksista syöpäsairastavuuteen jää todennäköisesti ammattitautitilastojen ulkopuolelle.

Muulla tässä selvityksessä käsitellään myös monia lisääntymisriskille vaarallisiksi katsottuja aineita, kuten *lyijyä, elohopeaa, mangaania, liuotinaineita, lisääntymiselle vaarallisia torjunta-aineita ja hiili-monoksidia* (ks. kappaleet 4.5 Metallit, 4.6 Orgaaniset liuottimet ja moottoripolttoaineet, 4.10 Kaasumaisia yhdisteitä ja 5.3 Torjunta-aineet). Valtioneuvoston asetuksen (1335/2004) mukaan syöpävaaralliseksi EU:ssa ja Suomessa luokitellut aineet katsotaan myös lisääntymisriskille vaaraa aiheuttaviksi. Tässä kappaleessa käsitellään seuraavat erityisesti lisääntymisriskille vaarallisiksi arvioidut aineet tai



Kuva 42. ASA-rekisteriin ilmoitetut yleisimmät 25 ainetta tai aineryhmää (Saalo ym. 2004)

aineryhmät: *lisääntymiselle vaaralliset fialaatiit, lisääntymiselle haitalliset glykolieetterit, anestesiakaasut, rikkihiili, boorihappo ja boraatit sekä formamidi, n,n-dimetyyliformamidi ja n-metyyli-2-pyrrolidoni.*

Terveysvaikutusten osalta keskitytään tässä nimenomaan syöpävaarallisiin ja lisääntymisterveydelle vaarallisiin ominaisuuksiin, eikä näiden kemikaalien mahdollisia muita terveyshaittoja käsitellä laajemmin tässä yhteydessä.

#### 4.13.1 Ympäristön tupakansavu

##### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Ympäristön tupakansavu koostuu hiukkasista, aerosoleista ja kaasuista. Kaikkiaan tupakansavusta on tunnistettu yli 4 000 yhdistettä, joista yli sata on ihmiselle haitallisia. Hiukkasiin sitoutuneita yhdisteitä ovat mm. epäorgaaniset suolat, emäkset, sterolit, rasvahapot ja styreeni. Merkittävimpiä kaasumaisia yhdisteitä ovat hiilimonoksidi (häkä), hiilidioksidi, typen oksidit, hiilivedyt sekä erilaiset orgaaniset emäkset, kuten nikotiini. Tupakansavussa on yli 40 syöpävaaralliseksi luokiteltua yhdistettä.

##### **Altistuminen työssä**

Vuonna 1997 satunnaisesti tai jatkuvasti tupakansavulle altistuneita arvioitiin olleen haastattelututkimusten perusteella noin 340 000 eli 16 % työllisistä. Vähintään 25 % työajasta altistui 4 % eli noin 93 000. Altistuneiden määrä on vähentynyt 1990-luvun puolivälissä annettujen säädösten seurauksena. Työterveyslaitoksen vuonna 2003 tekemän haastattelututkimuksen mukaan 25–64-ikäisistä työssä käyvistä 12 % altistui työssään muiden tupakoinnista johtuvalle savulle (Piirainen ym. 2003). Vähintään tunnin ilmoitti altistuvansa 3 % työssä käyvistä, joten noin 70 000 altistui työssään muiden tupakoinnista johtuvalle tupakansavulle vähintään tunnin päivässä vuonna 2003. Kansanterveyslaitoksen kyselytutkimuksen mukaan työpaikallaan päivittäin tupakansavulle vähintään tunnin ajan altistuneiden osuus oli suurempi, 6 % 15–64-vuotiaista vuonna 2003 (Helakorpi ym. 2003). Useimmiten tupakansavussa työskennellään ravitsemus- ja majoitusalaalla (40 %) sekä rakennusalaalla (35 %).

Ympäristön tupakansavulle työssään altistuneet tulee ilmoittaa ASA-rekisteriin, jos he ovat altistuneet vähintään 2–4 tuntia päivässä ja vähintään 40 työpäivän ajan vuodessa. Näin työssään altistuviksi ilmoitettiin vuonna 2002 noin 12 000 henkilöä. Suurin ympäristön tupakansavulle altistuneiden ammattiryhmä oli tarjoilijat. Tarjoilijoiden ja muiden ravintolatyöntekijöiden lisäksi tupakansavulle altistuivat ASA-rekisterin mukaan esimerkiksi kahviloiden ja huoltamoiden työntekijät, pelinhoitajat, vahtimestarit, vastaanottovirkailijat, järjestyksenvalvojat, vanginvartijat ja siivoojat.

Ympäristön tupakansavulle arvioidaan altistuvan hotelli- ja ravintola-alalla 44–50 % työntekijöistä eli noin 30 000 henkilöä. Ravintolatyössä tupakansavulle altistuminen väheni hitaasti vuosina 1999–2003. Tupakansavulle altistumattomien ravintola-alan työntekijöiden määrä kasvoi 34 %:sta 41 %:iin. Samaan aikaan yli neljä tuntia eli puolet työvuorostaan tupakansavulle altistuvien määrä väheni 46 %:sta 31 %:iin. Tupakansavun pitoisuusmittausten mukaan tupakansavun määrä nikotiinilla mitattuna väheni ravintoloissa vuosina 1999–2004 tasosta 14 µg/m<sup>3</sup> tasolle 11 µg/m<sup>3</sup>. Suurimmat pitoisuudet on mitattu yökerhoista ja pubeista, joissa pitoisuudet laskivat tasolta 24–20 µg/m<sup>3</sup> tasolle 11–16 µg/m<sup>3</sup>. Ruokaravintoloissa pitoisuudet ovat olleet koko ajan pieniä (1,3–0,6 µg/m<sup>3</sup>). Ravintoloissa tehdyt mittaukset ovat toisaalta osoittaneet, että myös savuttomalla alueella työskentelevät altistuvat usein tupakansavulle joutuessaan joko alueelle kulkeutuneesta savusta tai työntekijän kulkureitistä tupakointialueen läpi.

##### **Syöpävaarallisuus ja vaikutukset lisääntymisterveysteen**

Valtioneuvoston päätöksen (1153/1999) mukaan ympäristön tupakansavu luokitellaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttavaksi tekijäksi. Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) on luokitellut sen ihmiselle

syöpää aiheuttavaksi (luokka 1). Vuonna 2000 tehdyn arvion mukaan sen hetkinen altistumistaso aiheuttaisi Suomessa tulevaisuudessa noin 1 %:n kaikista keuhkosyövistä eli keskimäärin 10–30 tapausa vuodessa. Näistä 1–3 olisi peräisin työstä, valtaosin ravintola-alan työstä. Ympäristön tupakansavu lisää myös sydän- ja verisuonitautiriskiä, mikä viimeaikaisten tutkimustulosten perusteella näyttäisi olevan vielä syöpäriskiä merkityksellisempi.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen (1155/1999) mukaan ympäristön tupakansavu katsotaan sikiön kehitykselle ja raskaudelle vaaraa aiheuttavaksi tekijäksi. Naisen altistumisen ympäristön tupakansavulle raskauden aikana on havaittu pienentävän lapsen syntymäpainoa. Voimakas altistuminen saattaa myös lisätä keskenmenon tai ennenaikaisen synnytyksen vaaraa. Valtioneuvoston päätöksen (1153/1999) mukaan raskaana olevia naisia ei saa käyttää työhön, jossa altistutaan ympäristön tupakansavulle.

## Riskien hallinta

Tupakkalain 12 §:n mukaan tupakointi on kielletty työyhteisöjen yhteisissä ja yleisissä sekä asiakkaille tarkoitetuissa sisätiloissa. Niissä työyhteisön tiloissa, joissa tupakointi ei ole kielletty, työnantaja on velvollinen kieltämään tupakoinnin tai rajoittamaan sitä siten, etteivät työntekijät tahattomasti altistu tupakansavulle. Tupakointimahdollisuus tulee järjestää työpaikalla siten, ettei tupakansavu pääse kulkeutumaan tupakointialueelta työpaikan savuttomiin sisätiloihin. Ravintoloissa tupakansavulle altistuminen minimoidaan tilojen ja toiminnan suunnittelun sekä tarvittaessa rakenneratkaisujen ja ilmanvaihdon tehostamisen avulla.

Raskaana olevan työntekijän altistuminen estetään siirtämällä työntekijä toisiin työtehtäviin, joissa ei altistuta tupakansavulle. Jos esimerkiksi ravintola on niin pieni, ettei siinä tupakkalain mukaan tarvitse olla erillistä savutonta osastoa, erityisäitiysvapaa on perusteltu.

Vuonna 2000 voimaan tullut tupakkalaki ei ole ravintola-alalla toiminut toivotulla tavalla. Selvitysten mukaan altistuminen tupakansavulle on vähentynyt hyvin hitaasti. Erityisesti yökerhojen, tanssiraivintoloiden ja pienten pubien työntekijät altistuvat tupakansavulle edelleen yleisesti ja ajoittain voimakkaasti. STM:n asettaman selvitysmiehen uuden ehdotuksen mukaan tehokkaimmin työntekijöiden altistumisen ehkäisy toteutuisi joko kieltämällä tupakointi kokonaan kaikissa ravintoloissa tai kieltämällä se ravintoloiden asiakastiloissa. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa ravintoloitsija voisi sallia tupakoinnin, jos tupakointia varten on osoitettavissa erillinen tupakointitila, jonne ei ole tarjoilua.

## Lähteitä

Helakorpi S, Patja K, Prättälä R ym.: Suomalaisen aikuisväestön terveyskäyttäytyminen ja terveys, kevät 2003. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B 17/2003. Helsinki 2003.

Kauppinen T, Virtanen S: Exposure to environmental tobacco smoke in Finland in 2000. *Scand J Work Environ Health* 2002;28(Suppl. 2):7–15.

Kemiallisten aineiden terveysvaaran arviointineuvosto (Kata). Tieteellinen perustelukatsaus ympäristön tupakansavun terveyshaitoista. Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2000:11. Helsinki 2001. (<http://www.occuphealth.fi/tt/yts>)

Kuusimäki L, Vainiotalo S, Peltonen K: Tavoitteena savuton työpaikka: ravintolatyöntekijöiden altistuminen tupakansavulle. Työsuojelurahaston loppuraportti 100304. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

Lindbohm M-L, Sallmén M, Taskinen H: Effects of exposure to environmental tobacco smoke on reproductive health. *Scand J Work Environ Health* 2002;28(Suppl. 2):84–96.

Olkkonen S, Moilanen K, Ylä-Outinen A, Pulkkinen R-L: The national report on working conditions in hotels & restaurants in Finland. Finnish Institute of Occupational Health, Lappeenranta 2003.

Piirainen H, Hirvonen M, Elo A-L ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus 2003. Taulukkoraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

Reijula K: Ravintoloita koskevan tupakkalain toteutuminen Suomessa. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistio 2004:15. Helsinki 2004.

Reijula K, Gröndahl L, Heloma A ym: Savuttomaan ravintolaan. Työterveyslaitos, Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2000.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

#### 4.13.2 Bentseeni

##### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Bentseeniä ( $C_2H_6$ ) muodostuu pyrolyysituotteena metallurgisen koksauksen yhteydessä. Suomen ainoa koksaaamo ei erota prosessissa syntyvästä kivihiilitervasta bentseeniä. Suomessa ei ole ollut kivihiilitervan tislauslaitoksia kaupunkikaasun valmistuksen lopettamisen (1970-luvun alussa) jälkeen.

Bentseeniä on valmistettu Porvoon jalostamolla vuodesta 1978 lähtien maaöljystä. Yksikön suunnittelukapasiteetti on 100 000 tonnia vuodessa. Bentseeni käytetään kumeenin valmistukseen (Riistama ym. 2003).

Moottoribensiini sisältää bentseeniä, jonka pitoisuus bensiinissä on alentunut 1970-luvun lopusta lähtien. Bentseenipitoisuus oli eri bensiinilaaduissa 4–7 til.-% 1970-luvun lopulla ja 2–5 til.-% 1980-luvun taitteessa. 1980-luvun aikana sen pitoisuus laski ja on ollut alle 1 til.-% vuodesta 1994 alkaen, jolloin ns. reformoitu bensiini tuli markkinoille. Suomessa valmistetusta bensiinistä menee vientiin noin puolet. Kotimaassa käytetystä bensiinistä (1,85 milj. tn/v) tuonnin osuus on viime aikoina ollut 10–20 %.

Bentseeniä muodostuu pyrolyysituotteena korkeissa lämpötiloissa orgaanisista materiaaleista mm. tulipaloissa ja kumin vulkanoinnissa.

Bentseeniä tuotiin 1 998 tonnia vuonna 2003 (Tuontitilasto 2003). Suomen kautta kuljetettiin Venäjältä Kotkan satamaan 15 623 tonnia bentseeniä vuonna 2003 (Paavo Raunu VR, suullinen tiedonanto). Laboratoriot käyttävät bentseeniä synteettisiin ja analyttisiin tarkoituksiin.

Bentseenin suurin sallittu pitoisuus työpaikan ilmassa on 3,25 mg/m<sup>3</sup> (VNp 716/2000). Bentseenin aineenvaihduntatuotteen, virtsan mukonihapon (U-MUKON) altistumattomien viiteraja on 0,5 µmol/l ja toimenpideraja 14 µmol/l (Työterveyslaitos 2005). Jos elimistöön kulkeutunutta bentseeniä mitataan verestä, altistumattomien viiteraja on 5 nmol/l ja toimenpideraja 50 nmol/l. Bentseeni imeytyy elimistöön helposti myös ihon kautta.

##### **Altistuminen työssä**

Vuonna 2002 ASA-rekisteriin ilmoitettiin 1 594 työntekijää seuraavilta toimialoilta: koksaaamo (150–200 työntekijää), bentseenin ja sen reaktiotuotteiden valmistus sekä bensiinin valmistus ja lastaus öljyjalostamolla (300–350), kuljetus ja kauppa (150–250), moottoreiden korjaus (100–200) sekä ympäristönhuolto (100–150) (Saalo ym. 2004). Laboratorio- tai asiantuntijatehtävissä toimi noin 300–350 ASA-rekisteriin ilmoitettua henkilöä.

Metallurgisen koksen valmistuksessa muodostuu sivutuotteena kivihiilitervaa, joka sisältää runsaasti aromaattisia hiilivetyjä. Bentseenipitoisuus työntekijöiden hengitysvyöhykkeellä on ollut keskimäärin 0,1 mg/m<sup>3</sup> (Pyy ym. 1997).

Bentseenilaitoksen työntekijöiden altistumistasoista bentseenin ja bensiinin valmistuksessa ei Työterveyslaitoksessa ole mittaustietoja 1990–2000-luvuilta.

Moottoripolttoaineille altistutaan niiden kuljetuksen yhteydessä (lastaus ja purku). Jakeluketjussa altistuvista suurin ryhmä on säiliöautonkuljettajat (n. 500), rautatie- ja laivakuljetuksissa altistuvia on vähemmän (alle 50). Siirtyminen lastauksessa alatyöntöön on merkittävästi vähentänyt altistumista bensiini- ja bentseenihöyryille. Myös kaasujen talteenottojärjestelmät vähentävät oleellisesti altistumista edellyttäen, että järjestelmiä käytetään oikein huoltoasemilla purkaustilanteissa. Reformoidun bensiinin (bentseenipitoisuus alle 1 til.-%) käyttöönoton seurauksena vuonna 1994 polttoaineille altistuvien työntekijöiden bentseenille altistuminen pieneni. Kaikkiaan jakeluketjussa arvioidaan altistuvan bensiinihöyryille noin 2 000–3 000 henkilöä. Säiliöauton kuljettajat lastaavat ja tyhjentävät kuormia 1–3 kertaa työpäivän aikana ja työvaihe kestää 10–20 minuutti (Pfäffli ja Anttila 1991). Työvaiheen aikaiseen altistumistasoon vaikuttavat merkittävästi työmenetelmät ja sääolot. Bensiinin lastauksessa ja purussa keskimääräinen 8 tunnin altistumistaso bentseenille (0,1 mg/m<sup>3</sup>) on selvästi alle nykyisen raja-arvon (Vainiotalo ja Ruonakangas 1999).

Huoltokorjaamotyössä työskentelee noin 8 000 mekaanikkoa ja moottorinkorjaajaa, joista osa voi altistua bensiinin hiilivedyille ja bentseenille sekä hengitysteitse että ihon kautta. Altistavia työvaiheita ovat esimerkiksi bensiinimoottoreiden polttoainepumppujen korjaus ja suodattimien vaihto, joissa työntekijöiden veren bentseenipitoisuudeksi mitattiin 3–6 nmol/l (Laitinen ym. 1994). Yhden auton moottorin huolto kestää noin 15–30 minuuttia.

Huoltoasemilla altistuvien osuus on viime vuosina pienentynyt korjaus- ja huoltotyön vähenemisen vuoksi. Myös muun huoltoasemahenkilöstön määrä on pienentynyt, sillä huolto- ja jakeluasemien määrä on vähentynyt viimeisen 20 vuoden aikana noin 40 %. Automaattiasemien määrä on vastaavasti kasvanut. Vuonna 2003 vain 3 % bensiinistä myytiin palveluperiaatteella. Huoltoaseman alueella työskentelevä altistuu kuitenkin pienille bensiinipitoisuuksille. Ilman bentseenipitoisuus pumppualueella on noin 0,01 mg/m<sup>3</sup> (Vainiotalo ym. 1999). Bensiinille ja bentseenille altistuvia pienempiä työntekijäryhmiä ovat esimerkiksi huoltoasemien pumpunkorjaajat, mittareita tarkastavat vakaajat sekä säiliöiden huolto- ja puhdistustyöntekijät. Jos näiden töiden aikana ilmanvaihto ei ole tehokasta ja henkilönsuojaimet hyviä, altistuminen bentseenille ilman ja ihon kautta voi olla liiallista.

Bentseenille voidaan altistua myös ongelmajätteiden käsittelyssä ja bensiinillä saastuneen maan puhdistuksessa.

Vuosina 2001–2003 tehtiin Työterveyslaitoksen biomonitorointilaboratoriossa yhteensä 130 virtsan mukonihappomääritystä, joiden vuotuiset keskiarvot olivat 1,2–3,0 µmol/l.

## **Bentseenin syöpävaarallisuus**

Useiden epidemiologisten tutkimusten mukaan bentseeni aiheuttaa leukemiaa ihmisillä. Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) ja EU ovat molemmat luokitelleet bentseenin syöpävaarallisuusluokkaan 1. Epidemiologisissa tutkimuksissa, joissa syöpäriski on todettu, altistumistasot ovat olleet selvästi korkeampia kuin nykyinen raja-arvo. Bentseeni katsotaan kuitenkin genotoksiseksi karsinogeeniksi eli perimämyrkylliseksi syöpää aiheuttavaksi aineeksi, jonka vaikutuksille ei ole kynnsarvoa. Siten jo alhaisetkin, alle raja-arvon olevat altistumiset voivat lisätä syöpäriskiä (EU 2002). EU:n riskinarviointiraportti suosittelee bentseenille luokkaa 2 mutageenisuutensa osalta suku- ja somaattisissa soluissa todettujen perimämyrkyllisten vaikutusten perusteella.

Bentseenin epäillään aiheuttaneen Suomessa kaksi leukemiatapausta, toinen vuonna 1979 ja toinen vuonna 1986 (Työperäisten sairauksien rekisteri), mutta tapausten hyväksymisestä ammattitaudiksi ei ole tietoa.

## **Riskien hallinta**

Altistuminen bentseenille voi olla liiallista joidenkin huoltotöiden aikana, kuten säiliöiden puhdistuksissa tai onnettomuustilanteissa. Säiliöiden puhdistusten ja muiden huoltotöiden suunnittelussa on otettava huomioon työkohteen ilmanvaihdon järjestäminen ja riittävä henkilökohtainen suojautuminen. Käsiteltäessä bentseeniä sisältäviä valmisteita työkohteessa tulee aina olla hyvä yleisilmanvaihto ja kohdepoisto. Kaikkea ihokosketusta bentseeniä sisältävien valmisteiden kanssa tulee välttää.

Altistumista bentseenille ei tunneta kattavasti työpaikkojen ja ryhmätason vaaran arviointia varten esimerkiksi erilaisissa huoltotöissä. ASA-rekisteriin ilmoitettiin vuonna 2002 bentseenille altistuneiksi 1 456 työntekijää. Kuitenkin altistumistasoja seurattiin vuonna 2003 vain noin 60 henkilöltä biomonitoroinnilla ja ilman bentseenipitoisuusmäärytyksiä on tehty lähinnä alakohtaisissa tutkimuksissa. Altistumista bentseenille voidaan selvittää mittauksilla ilmasta tai biomonitoroinnilla. Ilmasta tehtävillä mittauksilla voidaan selvittää eri työvaiheiden aikana vallinneita pitoisuuksia ja suunnata torjuntatoimet kohteisiin, joissa voidaan altistua suurille liuotinpitoisuuksille. Biomonitoroinnin etu on kuitenkin se, että tulos kuvaa elimistöön joutuneen liuotinnainen määrää ottaen huomioon kaikki imeytymisreitit, kuten iho ja hengitystiet. Se on myös ainoa keino selvittää henkilökohtaisen suojautumisen toimivuutta. Bentseenialtistumisen ensisijainen biomonitorointimenetelmä on virtsan mukonihapon määrittäminen. Veren bentseenipitoisuus sopii käytettäväksi hengitystiealtistumisen mittarina.

EU:ssa ja Suomessa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit luetaan valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä tehtävissä, joihin sisältyy altistumista näille aineille.

Bentseeniä ei saa käyttää yleiseen kulutukseen myytäväksi tarkoitetuissa kemikaaleissa (VNa 610/2000).

ILO:n bentseenikonvention (No. 136) nojalla bentseenin käyttö mm. liuottimena on kielletty paitsi suljetuissa prosesseissa. Moottoribensiinissä saa olla bentseeniä enintään 1 til.-% valtioneuvoston päätöksen (1271/2000) mukaan.

## Lähteitä

EU: Risk Assessment Report for Benzene. European Communities. Draft 13.5.2002.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Laitinen J, Kangas J et al.: Short time exposure to benzene and gasoline at garages. *Chemosphere* 1994;28:197–205.

Pfäffli P, Anttila A: Bentseeni. *Altisteet työssä 23*. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.

Pyy L, Mäkelä M ym.: Kemiallinen altistuminen koksaamossa. *Työ ja ihminen* 1997;11(4):217–228.

Riistama K, Laitinen J, Vuori M: Suomen kemianteollisuus. *Chemas Oy*, Helsinki 2003.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. *Työterveyslaitos*, Helsinki 2004.

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Vainiotalo S, Peltonen Y, Ruonakangas A, Pfäffli P: Customer exposure to MTBE, TAME, C<sub>6</sub> alkyl methyl ethers, and benzene during gasoline refueling. *Environ Health Perspect* 1999;107:133–140.

Vainiotalo S, Ruonakangas A: Tank truck driver exposure to vapors from oxygenated or reformulated gasolines during loading and unloading. *Am Ind Hyg Assoc J* 1999;60(4):518–525.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 2003). *Työterveyslaitos*, Helsinki. (julkaisematon)

Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto *Ammattitaudit*. *Työterveyslaitos*, Helsinki.

### 4.13.3 Akryyliamidi

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

Akryyliamidia ei valmisteta Suomessa, joten kaikki akryyliamidi on tuontitavaraa. Valtaosa akryyliamidista tulee teollisuuskäyttöön 50 %:na vesiliuksena. Lähes kaikki maahan tuotu akryyliamidi käytetään polyakryyliamidien valmistukseen. Kemiran Vaasan tehtaat on Pohjoismaiden ainoa polyakryyliamidien valmistaja. Tehdas käyttää jatkuvatoimista UV-polymerointimenetelmää ja tuottaa jauhemaisia polyakryyliamideja. Tuotevalikoimassa on noin 25 erityyppistä polyakryyliamidia, jotka ovat suurelta osin kotimaisen tuotekehityksen tulosta. Noin puolet tuotannosta viedään ulkomaille.

Suomeen tuotiin akryyliamidia 3 251 tonnia vuonna 2001 ja 3 600 tonnia vuonna 2002 sekä 4 120 tonnia vuonna 2003. Käytössä on 20 akryyliamidia sisältävää tuotetta (STTV 2003).

Suomessa akryyliamidista valmistettuja polyakryyliamideja käytetään mm. apuaineena hienojakoisten kiinteiden aineiden erotuksessa jäte- ja talousvesistä sekä paperin valmistuksessa retentio- ja suotautumisapuaineina.

Laboratorioissa akryyliamidia käytetään polyakryyliamidigeelin valmistamiseen.

#### Altistuminen työssä

Akryyliamidia vapautuu polyakryyliamidin valmistuksessa sekä akryyliamidi- ja N-metyliakryyliamidipohjaisista tuotteista. Akryyliamidimonomeeripitoisuudet polyakryyliamidissa saavat olla maksimissaan 0,1 % (w/w) ja joissain käyttötarkoituksissa (esim. juomaveden käsittely) 0,025 %.

Vuonna 2002 ASA-rekisteriin ilmoitettiin 1 042 akryyliamidille altistunutta työntekijää. Heistä suurin osa eli 939 altistunutta työskenteli tutkimuksessa, kehittämisessä ja koulutuksessa. Kemikaalien ja kemiallisten tuotteiden valmistuksessa altistui 91 työntekijää, joista suurin osa oli prosessinhoitajia. Altistuneiden lukumäärä kasvoi melko tasaisesti vuoteen 2000 asti, minkä jälkeen määrä on pysynyt melko vakiona. Kasvu keskittyy tutkimuksen ja koulutuksen toimialoille.

Vuosina 2001–2003 tehtiin kolme työilman akryyliamidipitoisuusmittausta kemiallisten tuotteiden valmistuksessa. Mittaustulokset olivat 0,002–0,06 mg/m<sup>3</sup>, joten ne kaikki olivat alle akryyliamidin HTP<sub>8h</sub>-arvon 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Akryyliamidi imeytyy ihon läpi.

Laboratorioissa polyakryyliamidigeelien valmistuksessa käytetään tavallisimmin akryyliamidiliuosta. Käyttömäärät ovat yleensä pieniä, eikä akryyliamidi haihdu helposti. Kun huolehditaan käsien riittävästä suojaamisesta, jää altistuminen näissä tehtävissä todennäköisesti pieneksi. Jos kuitenkin akryyliamidikäyttöliuokset tehdään laboratorioissa akryyliamidijauheesta, altistuminen voi olla suurempaa. Mittaustietoa akryyliamidille altistumisesta laboratorioissa ei Suomesta ole.

#### Akryyliamidin syöpä- ja lisääntymisvaarallisuus

Akryyliamidi on eläinkokeissa mutageeninen ja karsinogeeninen, mutta epidemiologista näyttöä sen syöpävaarallisuudesta ei ole. IARC on luokitellut akryyliamidin luokkaan 2A eli todennäköisesti syöpää aiheuttavaksi. EU:ssa se on luokiteltu syöpävaarallisuusluokkaan 2 (R45 aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa), mutageenisuusluokkaan 2 (R46 saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita) ja lisääntymisvaarallisuusluokkaan 3 (R62 voi mahdollisesti heikentää hedelmällisyyttä).

#### Riskien hallinta

Akryyliamidin aiheuttamien riskien hallinta perustuu altistumisen minimoimiseen teknisin keinoin niin vähäiseksi, kuin se käytännössä on mahdollista. Koska akryyliamidi on genotoksinen karsinogeeni, sille ei nykytiedon valossa ole mahdollista asettaa kynnystasoa, jonka alapuolella ei ole minkäänlaista riskiä. Polyakryyliamidin valmistuksessa pitoisuudet ilmassa pystytään pitämään pieninä suljetulla järjestelmällä. Ylimääräistä altistumista voivat kuitenkin aiheuttaa erityisesti tilanteet, joissa joudutaan puuttumaan prosessiin esimerkiksi lastauksen, huollon tai näytteidenoton aikana. Altistumista tulisi seurata säännöllisesti työhygienisin mittauksin, ja erityistä huomiota tulisi kiinnittää riskitilanteisiin. Laboratorioissa polyak-

ryyliamidigeelien valmistuksessa altistumista voidaan vähentää käyttämällä valmiita akryyliamidikäyttöliuoksia jauhemaisen akryyliamidin sijasta ja käsien suojaamisella. Biomonitorointimenetelmää akryyliamidialtistumisen seurantaan ei tällä hetkellä ole Suomessa käytössä.

EU:ssa ja Suomessa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit luetaan valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä tehtävissä, joihin sisältyy altistumista näille aineille.

## Lähteitä

EU: Risk Assessment Report for Acrylamide. European Communities, 2002.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

OVA-ohjeet. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. Akryyliamidi. Työterveyslaitos, Helsinki 2004. (<http://www.ttl.fi/internet/ova/akryamid.html>)

Riistama K, Laitinen J, Vuori M: Suomen kemianteollisuus. Chemas Oy, Helsinki 2003.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Suomessa markkinoilla ja käytössä olevat kemikaalit tuoterekisterin mukaan. Luonnos 15.10.2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v.1994–2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

### 4.13.4 1,3-Butadieeni

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

1,3-Butadieenia (CAS 106-99-0) käytetään erityisesti kumi- ja muoviteollisuudessa styreenibutadieenikumin (SBR) ja -lateksin, polybutadieenikumin, nitrilikumin/lateksin, akrylonitriili-butadieeni-styreenimuovin (ABS), adiponitriilin ja kloropreenin valmistuksessa. Suomessa on yksi 1,3-butadieenin valmistaja (Borealis Oy), jonka vuosittainen butadieenin tuotantokapasiteetti on 25 000 tonnia. Suomessa tuotettu butadieeni markkinoidaan kotimaahan styreeni-butadieenilateksien (SB-lateksien) valmistukseen. Suomessa on neljä styreeni-butadieenilateksien valmistajaa. SB-latekseja käytetään Suomessa pääasiassa paperi- ja pigmentteollisuuden sideaineina. 1,3-Butadieenia esiintyy myös tupakan savussa ja polttoaineissa. Sitä syntyy epätäydellisen palamisen sivutuotteena, ja esimerkiksi liikenteen pakokaasut sisältävät 1,3-butadieenia.

Suomessa tuotetun 1,3-butadieenin lisäksi sitä tuotiin maahan noin 42 300 tonnia vuonna 2003 (Tuontitilasto 2003). Vuosina 2001–2003 oli Suomessa markkinoilla ja käytössä 1,3-butadieenia yhteensä 27 700–78 500 tonnia vuodessa (STTV 2003). Se on viime vuosina ollut tonnimäärältään 5.–7. yleisin Suomessa käytössä oleva syöpävaarallinen aine.



## Altistuminen työssä

1,3-Butadieenille työssään altistuviksi ilmoitettiin ASA-rekisteriin vuonna 2002 yhteensä 295 henkilöä. Pääosa näistä oli kemianteollisuuden prosessinhoitajia (n. 40 %), seuraavaksi tulevat laborantit ym. (n. 20 %) ja kemian prosessitekniiikan asiantuntijat (18 %). 1,3-Butadieenille altistuneiksi ilmoitettujen määrä on kasvanut kaksinkertaiseksi viimeisen kymmenen vuoden aikana. Osittain kasvu saattaa johtua ilmoittamisaktiiviteetin kohentumisesta, mutta esimerkiksi vuosien 2001–2002 välinen lisäys selittyy pitkälti uuden SB-lateksitehtaan avaamisella Suomeen.

Altistumista 1,3-butadieenille sen valmistuksessa ja butadieeni-styreenilateksin valmistuksessa on selvitetty Työterveyslaitoksen hankeessa vuosina 1997–1998 eli juuri kun 1,3-butadieenin HTP-arvo laskettiin Suomessa 1 ppm:n tasolle (Anttinen-Klemetti ja Peltonen 1999). Hankkeessa tehdyistä 1 002 henkilökohtaisesta ilman 1,3-butadieenimittauksesta 1 ppm:n HTP-arvo ylittyi vain 25 kertaa. SB-lateksin tuotannossa butadieeni-pitoisuudet jäivät 70 %:ssa alle määrittäysrajan (0,013 ppm), 27 %:ssa pitoisuudet olivat 0,013–1 ppm ja 3 %:ssa ne ylittivät HTP-arvon. Suurimmat ylitykset olivat 11–21 ppm ja osa ylityksistä johtui letkun irtoamisesta kemikaalin purku- tai lastausvaiheessa. 1,3-Butadieenin tuotannossa pitoisuudet olivat suurimmassa osassa (69 %) näytteistä 0,013–1 ppm, 28 % näytteistä jäi alle määrittäysrajan ja 3 % ylitti HTP-arvon. HTP-arvon ylityksistä kaikki pitoisuudet jäivät alle 5 ppm:n. Hankkeessa raportoidut pitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin EU:n 1,3-butadieenista tekemässä riskinarvioidokumentissa raportoidut pitoisuudet ilmassa (EU 2002). Butadieenimonomeerin vapautuminen butadieenipolymeereista on hyvin vähäistä, joten siihen liittyvät riskit ovat hyvin pienet.

### 1,3-Butadieenin syöpävaarallisuus

1,3-Butadieeni on genotoksinen karsinogeeni, jonka syöpävaarallisuudesta on näyttöä sekä eläinkokeista että epidemiologisista tutkimuksista. IARC on luokitellut sen syöpävaarallisuusluokkaan 2A (todennäköisesti syöpää aiheuttava). EU:ssa se on syöpävaarallisuusluokassa 1 ja mutageenisuusluokassa 2. EU:n syöpävaarallisuusluokitus perustuu epidemiologisista tutkimuksista saatuun näyttöön 1,3-butadieenialtistumisen ja lymfohematopoettisten syöpien, erityisesti leukemian välisestä yhteydestä. Annos-vastesuhdetta näiden tutkimusten perusteella ei kuitenkaan ole mahdollista arvioida.

### Riskien hallinta

1,3-Butadieenin aiheuttamien riskien hallinta perustuu altistumisen minimoimiseen teknisin keinoin niin vähäiseksi, kuin se käytännössä on mahdollista. Altistavimpia työvaiheita ovat yleensä purku- ja lastausilanteet sekä putkistojen ja venttiilien korjaustilanteet prosessin aikana. Näihin tulee erityisesti kiinnittää huomiota. Altistumista tulee seurata työhygieenisin mittauksin, ja altistumisen seurantaan on Työterveyslaitoksessa kehitteillä myös proteiinisitoutumistuotteisiin perustuva biomonitorointimenetelmä. Koska 1,3-butadieeni on genotoksinen karsinogeeni, sille ei nykytiedon valossa ole mahdollista asettaa kynnystasoa, jonka alapuolella ei ole minkäänlaista riskiä.

EU:ssa ja Suomessa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit luetaan valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaohjeituksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä tehtävissä, joihin sisältyy altistumista näille aineille.

### Lähteitä

Anttinen-Klemetti T, Peltonen K: 1,3-Butadieeni tuotannossa ja teollisessa käytössä. Työsuojelurahaston loppuraportti 96035. Työterveyslaitos, Helsinki 1999.

EU: Risk Assessment Report for 1,3-Butadiene. Vol. 20. European Communities, 2002.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Riistama K, Laitinen J, Vuori M: Suomen kemianteollisuus. Chemas Oy, Helsinki 2003.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Suomessa markkinoilla ja käytössä olevat kemikaalit tuoterekisterin mukaan. Luonnos 15.10.2004.

#### 4.13.5 Hydratsiini

##### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Hydratsiinia käytetään Suomessa edelleen hapenpoistoon ja korroosionestoaineena voimalaitosten höyry-vesikiirroissa ja kaukolämpövedessä. ASA-rekisterin mukaan 15 voimalaa käytti hydratsiinia vuonna 2002 ja viimeisen viiden vuoden aikana hydratsiinia käyttäneiden voimaloiden määrä ei ole muuttunut. Hydratsiinia lisätään vesikiertoihin 15–35 %:sena liuoksena, vuotuinen käyttömäärä on ollut 150–4 500 kg/voimala. Lisäksi hydratsiinia ja sen yhdisteitä käytetään ei-rautametallien valmistuksessa ja laboratorioissa.

Suomessa oli markkinoilla yhdeksän hydratsiinia sisältävää valmistetta vuonna 2003 ja kaikkien valmisteiden käyttötarkoitus oli hapenpoisto tai korroosionesto (STTV 2004). Hydratsiinia tuotiin Suomeen 175,5 tonnia vuonna 2003 (Tuontitilasto 2003). STTV:n vuoden 2003 tietojen mukaan hydratsiinia tuotiin valmisteissa 64 tonnia.

##### **Altistuminen työssä**

Hydratsiinille altistui 470 työntekijää vuonna 2002 (Saalo ym. 2004). Näistä toimialalla sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto työskenteli 108 työntekijää, ympäristöhuollossa 110 ja ei-rautametallien valmistuksessa 46. Yleisimmät ammatit, joissa altistuttiin hydratsiinille, olivat eri alojen asiantuntijoita (253 henkilöä) ja prosessinhoitajia (61). ASA-rekisteriin ilmoitettujen lukumäärä ei ole olennaisesti muuttunut viimeisen kymmenen vuoden aikana.

Hydratsiinille altistui voimalaitoksissa noin 500 työntekijää 1980-luvulla (Kauppinen ym. 1987). Uusia selvityksiä ei ole tehty, mutta ASA-rekisteriin ilmoitettiin vuonna 2002 noin puolet vähemmän työntekijöitä sähkö-, kaasu- ja lämpöhuollosta kuin 1980-luvun puolivälissä.

Altistumistasoista on mittaustuloksia hyvin vähän. Aluetyöterveyslaitokset ovat mitanneet ilman hydratsiinipitoisuutta kahdessa voimalaitoksessa vuosina 1994–2003. Toisessa ilman hydratsiinipitoisuus oli alle 0,01 mg/m<sup>3</sup> ja toisessa 7,5 mg/m<sup>3</sup>. Suuri pitoisuus ilmassa mitattiin onnettomuustilanteessa, jossa hydratsiiniliuosta roiskui lattialle. Hydratsiinin HTP-arvo on 0,13 mg/m<sup>3</sup>. Hydratsiini imeytyy elimistöön helposti myös ihon kautta, ja roiskeista saatu altistuminen voi olla jopa merkittävämpi kuin hengityksen kautta saatu annos.

##### **Hydratsiinin syöpävaarallisuus**

EU on luokitellut hydratsiinin syöpävaarallisuusluokkaan 2. IARC on luokitellut hydratsiinin mahdollisesti ihmisessä syöpää aiheuttavaksi luokkaan 2B. Luokitukset perustuvat eläinkokeissa havaittuihin kasvaimiin ja vaikutus välittyi todennäköisesti genotoksisella mekanismilla.

##### **Riskien hallinta**

Altistumista hydratsiinille ja sen yhdisteille voidaan vähentää korvaamalla ne muilla vähemmän terveydelle haitallisilla aineilla. Kaikkea ihokosketusta hydratsiinin kanssa tulee välttää, koko kehon iho ja kädet on suojattava huolellisesti roiskeilta. Koska hydratsiini on todennäköisesti genotoksinen karsinogeeni, tulee sille altistuminen minimoida niin vähiin kuin käytännössä on mahdollista.

EU:ssa ja Suomessa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit luetaan valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä tehtävissä, joihin sisältyy altistumista näille aineille.

Hydratsiinia käytetään merkittäviä määriä (yli tonni/v) yli kymmenessä sähkö- ja lämpövoimalassa sekä ei-rautametallien valmistuksessa. Altistumisesta on kuitenkin puutteellisesti tietoa. Riskinarviointia varten altistumistasoa tulisi selvittää ilma- ja ihomittauksilla, koska hydratsiinille ei ole biomonitorointimenetelmää.

## Lähteitä

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Kauppinen T, Alko J, Lindroos L: Voimalaitostyöntekijöiden altistuminen hydratsiinille. Työ ja ihminen 1987;1:46–56.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

### 4.13.6 Akryyliniiriili

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

Akryyliniiriiliä käytetään pääasiassa akryyli- ja modakryylikuitujen, ABS ja styreeni-akryyli-sekapolymerien sekä niriilikumin valmistuksessa. Suomessa akryyliniiriiliä käytetään lähinnä paperinpäällystyslateksien valmistuksessa suljetuissa järjestelmissä. Akryyliniiriiliä ei tuoteta Suomessa, mutta sitä tuotiin vuonna 2003 noin 5 050 tonnia (Tuontitilasto 2003).

#### Altistuminen työssä

Vuonna 2002 ASA-rekisteriin ilmoitettiin 188 akryyliniiriilille altistuvaa henkilöä, joista pääosa työskentelee lateksiteollisuudessa. Myös elektroniikkateollisuudesta on ilmoitettu altistuvia työntekijöitä. Työhygieenisten altistumismittausten rekisterin mukaan tehtiin työhygieenisia mittauksia vuosina 1994–2000 muoviaineiden valmistuksessa (lateksiteollisuudesta). Mitatut pitoisuudet olivat keskimäärin 0,05 mg/m<sup>3</sup> ja suurimmat yksittäiset pitoisuudet 0,16 ja 0,11 mg/m<sup>3</sup> (n = 23). Akryyliniiriilin HTP-arvo on 2 ppm (4,4 mg/m<sup>3</sup>). Nämä Suomessa mitatut pitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin EU:n akryyliniiriilistä tekevässä riskinarvioidokumentissa raportoidut pitoisuudet ilmassa akryyliniiriilin valmistuksesta ja käytöstä eri Euroopan maissa (EU 2004). Altistumisesta elektroniikkateollisuudessa ei Työterveyslaitoksessa ole tietoa.

#### Akryyliniiriilin syöpävaarallisuus

Akryyliniiriili on EU:ssa luokiteltu syöpävaarallisuusluokkaan 2 sen eläinkokeissa todettujen syöpävaarallisten vaikutusten perusteella. Se on *in vitro* heikosti mutageeninen, mutta *in vivo* -testeissä se ei aiheuttanut positiivisia tuloksia. Se kuitenkin metaboloituu genotoksiseksi epoksidimetaboliitiksi elimis-

tössä. Kun otetaan huomioon eläinkokeissa useissa elimissä (mm. aivoissa) havaitut tuumorivasteet ja metabolia DNA-reaktiiviseksi epoksidiksi, tulee akryylinitriiliä pitää genotoksisena karsinogeenina, jolle ei voi asettaa kynnsarvoa, jonka alapuolella ei ole riskiä. Useista tehdyistä epidemiologisista tutkimuksista ei ole selkeää näyttöä akryylinitriilialtistumisen ja syövän välisestä yhteydestä, vaikka erityisesti vanhemmissa tutkimuksissa altistumistasot ovat todennäköisesti olleet korkeita verrattuna nykytasoihin. Tämä viittaa siihen, että akryylinitriilin aiheuttama syöpäriski työntekijöillä nykyisillä altistumistasoilla on pieni.

### **Riskien hallinta**

Akryylinitriilin aiheuttamien riskien hallinta perustuu altistumisen minimoimiseen teknisin keinoin niin alas kuin se käytännössä on mahdollista. Syöpäriski yllä mainituissa mittauksissa todetuilla akryylinitriilipitoisuuksilla on todennäköisesti pieni, mutta sitä ei voida kuitenkaan täysin pois sulkea. Vaikka altistuminen normaalisti kuitenkin olisi vähäistä, työpaikoilla tulee kiinnittää huomiota erityisesti tilanteisiin, joissa joudutaan puuttumaan normaaliin prosessin kulkuun esimerkiksi huoltojen tai korjausten yhteydessä.

EU:ssa ja Suomessa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit luetaan valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä tehtävissä, joihin sisältyy altistumista näille aineille.

### **Lähteitä**

EU: Risk Assessment Report for Acrylonitrile. Vol. 32. European Communities, 2004.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Riistama K, Laitinen J, Vuori M: Suomen kemianteollisuus. Chemas Oy, Helsinki 2003.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

## **4.13.7 Solunsalpaajat**

### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Solunsalpaajia käytetään syövän lääkkeellisessä hoidossa erityisesti keskussairaaloissa, mutta myös aluesairaaloissa ja joissain tapauksissa myös kotisairaanhoidossa. Joitakin solunsalpaajia käytetään myös immunosuppressiivisina hoitoina esimerkiksi autoimmuunitautien, kuten reuman, hoidossa (erityisesti metotrekssaatti). Tällöin ne annostellaan pääasiassa terveyskeskuksissa tai kotisairaanhoidossa. Pharmaca Fennican mukaan Suomessa markkinoilla olevat solunsalpaajat ovat taulukossa 43. Solunsalpaajien käyttö on syövän yleistymisen ja hoitomahdollisuuksien paranemisen seurauksena lisääntymässä. Kolmesta yliopistollisesta keskussairaalaasta saatujen tietojen mukaan tavallisimmin käytettäviä solunsalpaajia tällä hetkellä ovat fluorourasiili, gemsitabiini, syklofosfamidi, etoposidi, doketakseli, dokso- ja epirubisiini, sisplatiini sekä sytarabiini.

Taulukko 43. *Pharmaca Fennica* mukaan Suomessa markkinoilla olevat solunsalpaajat ja niiden karsinogeenisuusluokitus IARC:n mukaan (ei sisällä erityisluvulla myytäviä valmisteita)

alkyloivat aineet	IARC	sytotoksiset antibiootit	IARC	antimetaboliitit	IARC
melfalaani	1	doksorubisiini	2A	<i>puriiinianalogit</i>	
dakarbatsiini	2B	bleomysiini	2B	atsatiopriini	1
estramustiini	–	daktinomysiini	3	fludarabiini	–
ifosfamidi	3	daunorubisiini	2B	kladribiini	–
syklofosfamidi	1	epirubisiini	–	<i>pyrimidiinianalogit</i>	
klorambusiili	1	mitomysiini	2B	sytarabiini	–
temotsolimidi	–	idarubisiini	–	fluorourasiili	3
				gemsitabiini	–
mitoosin estäjät	IARC	platinajohdokset	IARC	karmofuuri	–
vindesiini	–	karboplatiini	–	tegafuuri	–
vinorelbiini	–	sisplatiini	2A	kapesitabiini	–
vinkristiini	3			<i>foolihappoanalogit</i>	
vinblastiini	3	podofylliinitoksiinit	IARC	metotreksaatti	3
paklitakseli	–	etoposidi	2A	raltitreksemi	–
doketakseli	–			hydroksiurea	3
		topoisomeraasiestäjät	IARC		
		tepotekaani	–		
		irinotekaani	–		

– ei luokitusta

### Altistuminen työssä

Solunsalpaajille voi altistua niiden valmistuksessa lääketeollisuudessa, käytettäessä niitä syövän hoidossa sairaaloissa tai solunsalpaajajätteiden käsittelyssä. ASA-rekisteriin ilmoitettiin vuonna 2002 yhteensä 404 ifosfamidille, 219 klorambusiilille, 316 melfalaanille ja 756 syklofosfamidille altistuvaa työntekijää. Suurin osa näistä oli sairaanhoitajia (30–45 %) ja naisia (54–84 %). Farmaseutit ja kemianteollisuuden prosessinhoitajat ovat toiseksi ja kolmanneksi suurin altistuneiksi ilmoitettujen ryhmä. Kemianteollisuuden prosessihoitajat koostuvat ongelmajätteiden käsittelyssä työskentelevistä työntekijöistä paitsi syklofosfamidin osalta, jossa on mukana myös muutama (alle 10) lääketeollisuudessa työskentelevä. Muita pienempiä altistuneiksi ilmoitettuja työntekijäryhmiä ovat mm. perushoitajat, apteekkien lääketyöntekijät, laborantit, teollisuuskoneasentajat ja -korjaajat sekä kemianteollisuuden prosessitekniikan asiantuntijat. Altistuneiksi ilmoitettujen kokonaismäärät ovat viimeisen 10 vuoden aikana pysyneet lähes tasaisina, joskin syklo- ja ifosfamidin määrä on lisääntynyt.

Altistumistasoista Suomen lääketeollisuudessa ei ole mitaustietoa 1990–2000-luvuilta. Altistumista apteekki- ja hoitotyössä on selvitetty vastikään Työterveyslaitoksen, HUS lääkehuollon/HYKS apteekin ja HYKS:n syöpätautien osaamiskeskuksen yhteistyönä tehdyssä tutkimuksessa (Hämeilä ym. 2003). Siinä altistumista selvitettiin HYKS:n apteekissa sekä Syöpätautien osaamiskeskuksen vuode- ja päivähoito-osastoilla pyyhintämittauksin, ilmanäyttein, suojakäsineinäyttein ja biologisin mittauksin. Merkkiaineina käytettiin syklo- ja ifosfamidia, jotka kuuluvat tavallisimmin käytettyihin solunsalpaajiin. Pyyhintänäytteiden perusteella havaittiin, että pieniä solunsalpaajajäämiä pääsee leviämään työympäristöön sekä apteekissa että hoito-osastoilla. Ilmanäytteissä ei solunsalpaajia todettu. Solunsalpaajia käsiteltäessä (erityisesti niitä laimennettaessa) niitä pääsee myös suojakäsineiden sisäpuolelle, ellei suojakäsineitä vaihdeta riittävän usein tai ne rikkoutuvat. Sisäinen altistuminen näyttäisi kuitenkin jäävän pieneksi: biologisissa mitauksissa ei kenelläkään solunsalpaajia käsittelevällä työntekijällä todettu solunsalpaajajäämiä virtsassa.

### Solunsalpaajien syöpävaarallisuus

Taulukossa 43 on IARC:n luokitus eräiden markkinoilla olevien solunsalpaajien syöpävaarallisuudesta. Näiden lisäksi IARC on luokitellut ns. MOPP-yhdistelmä lääkehoidon ja muut alkyloivia aineita sisältävät syöpälääkehoidot luokkaan 1. Näyttö solunsalpaajien syöpävaarallisuudesta perustuu potilailla todet-

tuihin sekundaarisyöpätapauksiin tai eläinkokeisiin. Epidemiologisista tutkimuksista ei ole selkeää näyttöä työperäisen matalatasoisen solunsalpaajien käsittelyn ja syöpäsairastavuuden välisestä yhteydestä. Toisaalta on näyttöä työperäisen solunsalpaajille altistumisen ja esimerkiksi perifeerisen veren lymfosyyteissä esiintyvien kromosomivaurioiden välisestä yhteydestä tilanteissa, joissa suojautuminen on ollut puutteellista. Koska monet solunsalpaajat ovat genotoksisia, niille ei voida nykytiedon valossa osoittaa kynnsarvoa, jonka alapuolella ei syöpäriskiä ole. Tämän vuoksi niille altistuminen tulee minimoida mahdollisimman vähäiseksi.

### **Riskien hallinta**

Edellä mainittu sytostaattialtistumista selvittävä tutkimus osoitti riskien hallinnan solunsalpaajatyössä olevan mahdollista, jos pidetään kiinni riittävästä ohjeistuksesta ja hyvistä työtavoista. Työterveyslaitos on tutkimuksen pohjalta laatimassa valtakunnallista ohjeistusta solunsalpaajien käsittelyyn apteekki- ja hoitotyössä. Tavoite on auttaa työntekijöitä minimoimaan solunsalpaajatyöhön liittyvät mahdolliset riskit myös maamme muissa sytostaattihoitoja antavissa sairaaloissa. Solunsalpaaja-altistumista voidaan arvioida työhygienisin ja biomonitorointimittauksin, joita suositellaan tehtäväksi erityisesti, jos epäillään työhygieniassa olevan puutteita.

Sytostaattiset lääkkeaineet kuuluvat valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) lueteltuihin sikiölle vaaraa aiheuttaviin tekijöihin. Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan raskaana olevien ei tule työskennellä tehtävissä, joihin liittyy vaara näiden lääkkeaineiden imeytymisestä elimistöön.

### **Lähteitä**

Hämeilä M, Aaltonen K, Santonen T ym.: Altistuminen solunsalpaajille apteekki- ja hoitotyössä. Työsuojelurahaston loppuraportti 100063. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 2003.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

## **4.13.8 Karsinogeeniset epoksidit**

### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Epikloorihydriini, etyleenioksidi ja propyleenioksidi ovat pienimolekyyllisiä, karsinogeenisiä epoksideja.

Suomeen tuotiin epikloorihydriiniä 18 439 tonnia vuonna 2001 ja 4 501 tonnia vuonna 2002 sekä 4 418 tonnia vuonna 2003 (STTV 2003). Käytössä oli yhdeksän epikloorihydriiniä sisältävää tuotetta vuonna 2003. Epikloorihydriiniä käytetään prosessireagenssina, paperikemikaalien, lääkkeaineiden ja hartsiain valmistuksessa sekä kationointireagenssin raaka-aineena. Raisio Chemicals tuottaa yhteensä 1 500 tonnia vuodessa kationisen tärkkelyksen tuotannossa tarvittavia kemikaaleja, joita valmistetaan epikloorihydriinistä ja trimetyyliamiinista.

Suomessa on käytössä kolme 100 %:sta etyleenioksidituotetta (STTV 2003). Lisäksi useasta tuotteesta löytyy pieniä määriä etyleenioksidia. Etyleenioksidia tuotiin Suomeen yksi tonni vuonna 2001 ja 2002 sekä neljä tonnia vuonna 2003. Etyleenioksidin ja hiilidioksidin seosta käytetään terveydenhuollon laitteiden ja tarvikkeiden sterilointiin. Etyleenioksidia sisältäviä tuotteita käytetään pesuaineissa, kemiantollisuudessa ja laboratoriokemikaaleissa. Etyleenioksidia käsitellään myös kappaleessa 5.4 Pesuaineet.

Kemikaalirekisterin tuoterekisterin mukaan Suomessa on kaksi laboratoriokemikaalina käytettävää 100 %:sta propyleenioksidituotetta. Pieniä määriä propyleenioksidia sisältäviä tuotteita käytetään mm. lääkeaineiden valmistuksessa, lentokoneteollisuuden raaka-aineissa ja huuhteluaineissa.

### Altistuminen työssä

Epikloorihydriinille ilmoitettiin vuonna 2002 ASA-rekisteriin 203 altistunutta työntekijää: kemistejä, opettajia ja laborantteja tutkimuksesta ja koulutuksesta, prosessinhoitajia kemiallisten tuotteiden valmistuksesta ja jätehuollosta sekä sairaanhoitajia ja biologeja terveydenhuollosta. Altistuneiden määrä kasvoi 1990-luvun taitteeseen, minkä jälkeen määrä alkoi vähentyä saavuttaen tasankovaiheen 2000-luvulla. Vähennys oli suurin kemiallisten tuotteiden valmistuksessa. Vuosina 1994–2000 on tehty kaksi epikloorihydriinimittausta koneiden valmistuksessa, kolme kemiallisten tuotteiden valmistuksessa ja kahdeksan paperin ja kartongin valmistuksessa. Kaikki olivat alle määritysrajan. Epikloorihydriinin  $HTP_{sh}$ -arvo on  $1,9 \text{ mg/m}^3$ . Epikloorihydriini imeytyy ihon läpi.

Etyleenioksidille altistuneeksi ilmoitettiin vuonna 2002 ASA-rekisteriin 133 työntekijää: 127 terveydenhuoltoalan sairaanhoitajaa, välinehuoltajaa ja siivoojaa, kuusi laboranttia sekä yksi lankavärjäämön koneenhoitaja. Välinehuollon työntekijät voivat altistua etyleenioksidille lähinnä tavaroiden autoklaavista purkamisen aikana. Vuosina 1994–2000 tehtiin etyleenioksidimittauksia steriloinnin aikana viidessä sairaalassa. Välinehuoltajien hengitysvyöhykkeellä pitoisuus oli  $0,05\text{--}0,72 \text{ mg/m}^3$ . Sterilisaattorin avausvaiheessa pitoisuus voi hetkellisesti olla kuitenkin suuri. Vuosina 2001–2004 kahdella työpaikalla autoklaavin avauksessa ja tarvikkeiden siirrossa mitatut pitoisuudet olivat  $< 0,03\text{--}3,6 \text{ mg/m}^3$ . Etyleenioksidin  $HTP_{sh}$ -arvo on  $1,8 \text{ mg/m}^3$ .

Propyleenioksidille altistuneita ilmoitettiin ASA-rekisteriin 16 kemistiä, opettajaa, laboranttia ja laboratoriohoitajaa tutkimuksen, koulutuksen, terveydenhuollon ja lääkeaineiden valmistuksen toimialoilta vuonna 2002. Propyleenioksidimittauksia ei ole tehty. Propyleenioksidin  $HTP_{sh}$ -arvo on  $12 \text{ mg/m}^3$ . Propyleenioksidi imeytyy ihon läpi.

### Epoksidien syöpä- ja lisääntymisvaarallisuus

Epikloorihydriinin IARC on luokitellut luokkaan 2A eli todennäköisesti syöpää aiheuttavaksi ihmisessä. EU:ssa se on syöpävaarallisuusluokassa 2 (R45 aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa). Epikloorihydriinin karsinogeeniset vaikutukset välittyvät todennäköisesti genotoksisella mekanismilla.

Etyleenioksidin on todettu epidemiologisissa tutkimuksissa ja eläinkokeissa aiheuttavan syöpää ja perimämuutoksia. IARC on luokitellut sen ihmisessä syöpää aiheuttavaksi aineeksi (luokka 1). EU:ssa se on syöpävaarallisuusluokassa 2 (R45 aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa) ja mutageenisuusluokassa 2 (R46 saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita).

Myös propyleenioksidi on todennäköinen genotoksinen karsinogeeni. IARC on luokitellut propyleenioksidin luokkaan 2B eli mahdollisesti ihmisessä syöpää aiheuttavaksi aineeksi. EU:ssa se on syöpävaarallisuusluokassa 2 (R45 aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa) ja mutageenisuusluokassa 2 (R46 saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita).

### Riskien hallinta

Epoksidien aiheuttamien riskien hallinta perustuu altistumisen minimoimiseen teknisin keinoin niin vähäiseksi kuin käytännössä on mahdollista. Koska epoksidit ovat genotoksisia karsinogeneja, niille ei nykytiedon valossa ole mahdollista asettaa kynnystasoa, jonka alapuolella ei ole minkäänlaista riskiä.

Työterveyslaitoksessa tehtyjen mittausten mukaan näyttää siltä, että normaalitilanteissa epikloorihydriinin pitoisuudet ilmassa pystytään teollisuudessa pitämään pieninä. Mitattavia pitoisuuksia saattaa kuitenkin syntyä joissakin erityistilanteissa, esimerkiksi kun joudutaan puuttumaan prosessin kulkuun. Etyleenioksidin osalta riskejä steriloinnissa voidaan vähentää käyttämällä modernia autoklaavitekniikkaa ja tunnistamalla mahdollisesti altistavat työvaiheet (autoklaavin avaus), vähentämällä oleskelua autoklaavin läheisyydessä näissä tilanteissa ja ilmanvaihtoratkaisuin. Altistumista tulee seurata työhygieenisin mittauksin. Karsinogeenisille epoksideille ei ole biomonitorointimenetelmää tällä hetkellä käytössä Suomessa.

EU:ssa ja Suomessa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit luetaan valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä tehtävissä, joihin sisältyy altistumista näille aineille.

## Lähteitä

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Kansainväliset kemikaalikortit. Propyleenioksidi. Maaliskuu 1995.

OVA-ohjeet. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. Epikloorihydriini. Työterveyslaitos, Helsinki 2004. (<http://www.ttl.fi/internet/ova/epiklorh.html>)

OVA-ohjeet. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. Etyleenioksidi. Työterveyslaitos, Helsinki 2004. (<http://www.ttl.fi/internet/ova/etyloks.html>)

Riistama K, Laitinen J, Vuori M: Suomen kemianteollisuus. Chemas Oy, Helsinki 2003.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Suomessa markkinoilla ja käytössä olevat kemikaalit tuoterekisterin mukaan. Luonnos 15.10.2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 1994–2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

### 4.13.9 Vinyylikloridi

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

Vinyylikloridi (VCM) on väritön kaasu, joka kuljetetaan nesteytettyinä paineen alaisena. VCM:a ei ole valmistettu Suomessa vuoden 1981 jälkeen. VCM:a käytetään polyvinyylidikloridimuovin (PVC) raaka-aineena. Suomessa yksi tehdas valmistaa PVC-muovia ja lukuisat muovialan yritykset valmistavat PVC:sta tuotteita.

Vinyylidikloridin sitova työilmän raja-arvo on 7,7 mg/m<sup>3</sup> eli 3 ppm (VNp 716/2000).

#### Altistuminen työssä

Vinyylidikloridille altistutaan PVC:n tuotannossa ja tuotantolaitoksen huoltotöissä, maahantuonnin yhteydessä ja laboratorioissa. PVC-muovin monomeerin eli VCM:n pitoisuus PVC-muovissa on nykyisin niin pieni, että PVC:n käsittelyssä ja työstössä altistumistasot ovat olleet alle mittausten menetelmien toteamisrajan. Myös klooratuilla hiilivedyillä saastuneen maan käsittelyssä voidaan altistua vinyylidikloridille, sillä klooratut hiilivetyliuottimet hajoavat maaperässä muodostaen pieniä määriä vinyylidikloridia.

ASA-rekisteriin ilmoitettiin 90 vinyylidikloridille altistunutta työntekijää vuonna 2002. Heistä 54 työskenteli PVC:n tuotannossa sekä loput ympäristöalan konsulttiyrityksissä ja laboratorioissa.

PVC:n tuotannossa työntekijöiden hengitysvyöhykkeillä mitattujen (n. 7 tunnin näytteet) VCM-pitoisuuksien keskiluku oli 0,1 ppm (n = 43) 1990-luvun alkupuolella ja vaihteluväli < 0,1–10 ppm



(Neste Oy, 1993). Lyhytaikaisesti, altistavimpien työvaiheiden aikana, ilman VCM-pitoisuuden mittaus- tulosten mediaani oli 0,6–22 ppm.

### **Vinyylikloridin syöpävaarallisuus**

IARC:n arvion mukaan vinyylikloridi on syöpää aiheuttava ihmisessä (luokka 1). Epidemiologisissa tutkimuksissa sen on todettu aiheuttavan harvinaista maksasyöpää (hemangiosarkoomaa) ja mahdollisesti myös muita syöpiä. Myös EU on luokitellut vinyylikloridin syöpävaarallisuusluokkaan 1. Sen vaikutus välittyy todennäköisesti genotoksisella mekanismilla.

### **Riskien hallinta**

PVC:n valmistuksessa työntekijöiden työpäivän aikainen altistumistaso on ollut alle 10 % raja-arvosta. Koska vinyylikloridi kuitenkin on genotoksinen karsinogeeni, sille ei nykytiedon valossa voida asettaa kynnystasoa, jonka alapuolella ei ole minkäänlaista riskiä. Altistuminen tulee vähentää teknisin keinoin niin vähäiseksi kuin käytännössä on mahdollista. Altistuminen voi olla merkittävää onnettomuustilanteissa.

EU:ssa ja Suomessa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit luetaan valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan raskausa olevan ei tule työskennellä tehtävissä, joihin sisältyy altistumista näille aineille.

### **Lähteitä**

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Laitinen, J, Kangas J, Pekari K, Liesivuori J: Short time exposure to benzene and gasoline at garages. *Chemosphere* 1994;28(1):197–205.

Pfäffli P, Anttila A: Bentseeni. *Altisteet työssä* 23. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.

Pyy L, Mäkelä M, Hakala E ym.: Kemiallinen altistuminen kokaamossa. *Työ ja ihminen* 1997;11(4):217–228.

Riistama K, Laitinen J, Vuori M: Suomen kemianteollisuus. Chemas Oy, Helsinki 2003.

Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

Työhygieeniset ilman vinyylikloridipitoisuusmittaukset PVC-laitoksella 1982–1993. Tutkimusraportti 93025T. Neste Oy, Ympäristöhygieniä, 1993.

Vainiotalo S, Peltonen Y, Ruonakangas A, Pfäffli P: Customer exposure to MTBE, TAME, C6 alkyl methyl ethers, and benzene during gasoline refueling. *Environ Health Perspect* 1999;107(2):133–140.

Vainiotalo S, Ruonakangas A: Tank truck driver exposure to vapors from oxygenated or reformulated gasolines during loading and unloading. *Am Ind Hyg Assoc J* 1999;60(4):518–525.

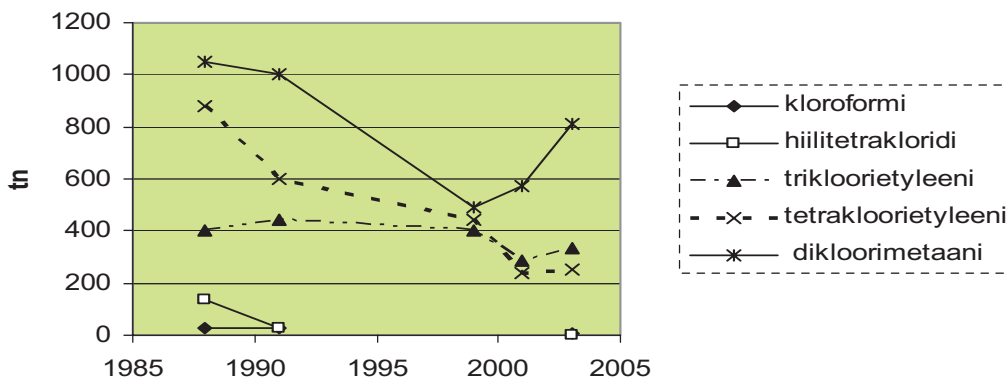
#### 4.13.10 Karsinogeenisiksi epäillyt klooratut hiilivetyliuottimet

##### Käyttö ja esiintyminen työssä

Karsinogeenisia tai karsinogeenisiksi epäiltyjä kloorattuja hiilivetyliuottimia ovat trikloorietyleeni, tetra-kloorietyleeni eli perkloorietyleeni, dikloorimetaani eli metyleenikloridi, kloroformi, hiilitetrakloridi ja 1,2-dikloorietaani. ASA-rekisteristä löytyy altistuneita myös mm. 1,1,2,2-tetrakloorietaanille, jonka osalta karsinogeenisuusnäyttö on kuitenkin heikompaa. Sitä ei ole luokiteltu karsinogeeniseksi EU:ssa, ja IARC:n mukaan se kuuluu luokkaan 3 (ei luokiteltavissa).

Suomessa ei valmisteta kloorattuja liuottimia. Kuitenkin Suomessa valmistettiin vuonna 2003 tuotteita, joissa kloorattuja hiilivetyliuottimia oli käytetty seuraavasti: metyleenikloridia 52 tonnia, trikloorietyleeniä kaksi tonnia ja tetrakloorietyleeniä 132 tonnia (STTV 2003). Kloorattujen hiilivetyjen käyttö on vähentynyt 1990-luvun alusta. Tullitilaston mukaiset tuontimäärät viimeisen 15 vuoden aikana näkyvät kuvassa 43. Siinä olevien aineiden lisäksi tuotiin maahan kloroformia 7,2 tonnia, hiilitetrakloridia 377 kg, 1,2-dikloorietaania 130 kg ja muita tyydyttyneitä kloorattuja hiilivetyjä, joihin tetrakloorietaani kuuluu, 578 kg vuonna 2003 (Tuontitilasto 2003). STTV:n mukaan 1,2-dikloorietaania sisältäviä tuotteita (4–5 kpl) tuotiin maahan 21 540 tonnia vuonna 2002 ja 2 000 tonnia vuonna 2003.

Palamattomuuden ja hyvän orgaanisten aineiden liuotuskyvyn vuoksi kloorattuja hiilivetyliuottimia käytetään uutto-, puhdistus- ja pesuaineina. Kun 1,1,1-trikloorietaani poistui teollisesta käytöstä ympäristövaikutustensa takia, sitä on metallien rasvanpoistossa korvattu osittain trikloorietyleenillä, joka on terveydelle haitallisempi kuin 1,1,1-trikloorietaani. Trikloorietyleenin pääasiallinen käyttökohde on metallien rasvan poisto. Tetrakloorietyleeniä käytetään vaatteiden, kankaiden ja turkisten kemiallisen pesun lisäksi jonkin verran esimerkiksi muoviteollisuudessa pesu- ja puhdistusaineena. Dikloorimetaania käytetään mm. lääketeollisuudessa, liuottimena bitumilaboratorioissa, maalinpoistoaineissa ja pesuaineissa. Dikloorimetaania sisältäviä maalinpoistoaineita ei enää valmisteta Suomessa. 1,2-Dikloorietaania käytetään muoviaineiden valmistuksessa, ja se on ollut lisäaineena lyijy-yhdisteistä sisältävissä bensiineissä. Tällaisia bensiinejä ei enää valmisteta Suomessa, mutta niitä tuodaan maahan ja niistä haihtuville yhdisteille voidaan altistua esimerkiksi lastaustöissä. Klooratuilla hiilivedyillä saastunut maa voi sisältää monia kloorattuja hiilivetyjä ja myös yhdisteitä, jotka muodostuvat hajoamistuotteina lähtöaineista. Saastuneen maan käsittely ja maanäytteitä tutkivien laboratorioiden määrä on lisääntynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana. Hiilitetrakloridia, kloroformia ja tetrakloorietaania käytetään nykyisin pääosin vain tutkimus- ja laboratoriotöissä.



Kuva 43. Karsinogeenisten kloorattujen hiilivetyliuottimien tuonti vuosina 1988–2003, tonnia (Tuontitilasto 2003)

## Altistuminen työssä

Karsinogeenisille tai karsinogeenisiksi epäillyille kloorihiilivetyliuottimille altistuu nykyisin noin 3 000 työntekijää (FINJEM 2003). Klooratuille hiilivedyille altistavia töitä tai työpaikkoja ovat mm. metallien rasvanpoisto, lääketeollisuus, maalinpoisto, muovituotteiden painanta, painojen telojen pesu, silkkipainot, polyuretaanivalutyöt, kemialliset pesulat, ongelmajätteiden käsittely, saastuneiden maa-ainesten käsittely, liuottimien regenerointilaitokset, ioninvaihtohartsin valmistus, bensiinin lastaus ja laboratoriot. Altistuneiden työntekijöiden lukumäärä on vähentynyt noin puoleen 1990-luvun alun tilanteesta.

Aluetyöterveyslaitosten vuosina 1994–2003 tekemien palvelumittausten (n = 187) mukaan metyleenikloridin mittaustuloksista 4 % ylitti HTP<sub>sh</sub>-arvon. Nämä suuret pitoisuudet mitattiin lääketeollisuudessa, metallin liimauksessa ja maalin poistossa. Tuloksista 9 % ylitti pitoisuuden 0,5 kertaa HTP<sub>sh</sub>-arvo. Metyleenikloridia käytetään maalinpoistossa nykyisin vähemmän kuin 10 vuotta sitten, eikä sitä sisältäviä maalinpoistoaineita enää valmisteta Suomessa. Bitumilaboratorioista ei ole mittaustuloksia. Metyleenikloridia käytetään myös polyuretaanituotteiden valmistuksessa muottiöljyjen ohenteina ja pesuaineina. Polyuretaanituotteiden valmistuksessa kaikki Työterveyslaitoksen vuosina 1994–2003 mitaamat ilman metyleenikloridipitoisuudet olivat alle puolet HTP<sub>sh</sub>-arvosta (n = 46) (Heikkilä ja Saalo 2005).

Yleisimmin rasvan poistoon käytettävä kloorattu hiilivety on trikloorietyleeni, mutta sen käytön yleisyydestä ei ole arvioita. Myös dikloorimetaania käytetään metallien pesuun. Aluetyöterveyslaitosten palvelumittausten mukaan höyrypesualtaiden vieressä tai niiden ympäristössä vuosina 1994–2003 mitattua (n = 43) ilman trikloorietyleenipitoisuuksista 12 % ylitti HTP-arvon ja 23 % puolet HTP-arvosta. Biomonitorointimittausten mukaan trikloorietyleenille altistumisen taso oli vuonna 2003 keskimäärin alle puolet toimenpiderajasta, mutta biomonitorointituloksissa (taulukko 44) oli myös korkeita tuloksia. Altistumistasot voivat olla korkeita höyrypesualtaiden huollon aikana, mutta näistä tilanteista ei ole mittaustuloksia.

Tekstiilien kemiallista pesua tekevät pesulat, tekstiilitehtaat ja nahka-alan yritykset. Kemiallisissa pesuloissa työskentelee noin 1 000 työntekijää. Veren tetrakloorietyleenimääritykset oli vuonna 2003 tehty pääosin pesulatyöntekijöiltä (taulukko 44). Tulosten mukaan veren tetrakloorietyleenipitoisuus oli keskimäärin selvästi alle puolet biomonitoroinnin toimenpiderajasta. Pesuloiden ilman tetrakloorietyleenipitoisuudet ovat olleet samaa tasoa kuin biomonitorointitulokset: vuosina 1994–2003 (n = 12) keskiarvopitoisuus oli 16 mg/m<sup>3</sup> eli 23 % HTP-arvosta. Lyhytaikaisia HTP-arvon ylityksiä voi olla pesukoneiden avauksen, laitevikojen ja huoltotöiden yhteydessä. Tekstiili- ja nahkateollisuudessa altistuvista ei ole arvioita.

Liuottimien regeneroinnissa, hävittämisessä ja niillä saastuneiden maiden puhdistuksessa altistuu klooratuille hiilivedyille arviolta 100–200 henkilöä. Altistumistilanteista ja -tasoista on vähän mittaustuloksia, Aluetyöterveyslaitosten palvelumittausten mukaan ongelmajätteiden käsittelyssä on ollut tilanteita, joissa ilman tetrakloorietyleenipitoisuus on ylittänyt HTP-arvon.

Taulukko 44. Kloorattujen hiilivetyjen työpaikan ilman HTP-arvot sekä biomonitoroinnin raja-arvot ja tulokset (Hirvonen ja Valkonen 2004)

aine	HTP <sub>sh</sub> <sup>1</sup> , mg/m <sup>3</sup>	biomonitorointi, mitattu aine	altistumattomien viiteraja	toimenpideraja	keskiarvo (lkm) ja suurin arvo v. 2003
trikloorietyleeni	160	virtsan trikloorietikkahappo	50 µmol/l	360 µmol/l	98 µmol/l (21), 955 µmol/l
tetrakloorietyleeni	70	veren tetrakloori- etyleeni	0,1 µmol/l	1,2 µmol/l	0,2 µmol/l (41), 0,9 µmol/l
dikloorimetaani	350	häkähemoglobiini	1,5 %	5,0 %	3 % (9); 6,7 %
kloroformi <sup>1</sup>	10				
hiilitetrakloridi <sup>1</sup>	6,3				
1,2-dikloorietaani	41				
1,1,2,2- tetrakloorietaani <sup>1</sup>	7				

<sup>1</sup> HTP-arvot 2005: huomautus "iho"

Edellä mainittujen töiden lisäksi Työhygieenisten altistumismittausten rekisterin mukaan (v. 1994–2003) kloorattujen hiilivetyjen pitoisuus työilmassa voi olla suuri, yli 50 % HTP-arvosta, esimerkiksi metallin liimauksessa, telojen pesussa ja muovituotteiden painannassa.

Työministeriön päätöksen (838/1993) ja STM:n asetuksen (1232/2000) mukaan syöpävaarallisiksi on luokiteltu kloroformi, hiilitetrakloridi, 1,2-dikloorietaani ja 1,1,2,2-tetrakloorietaani. Näille aineille altistuneet työntekijät tulee ilmoittaa ASA-rekisteriin. Sen mukaan kloroformille altistui 1 448 henkilöä, hiilitetrakloridille 287, 1,2-dikloorietaanille 159 ja 1,1,2,2-tetrakloorietaanille 65 vuonna 2002. Kloroformille ja hiilitetrakloridille voidaan altistua laboratorio- ja tutkimustyön lisäksi mm. ongelmajätteiden käsittelyssä. 1,2-Dikloorietaanille altistuneiksi ilmoitettiin yhteensä 58 henkilöä, jotka olivat muoviaineen valmistajia, polttoaineen lastaajia sekä satamassa lastaus- ja purkutöitä tekeviä. 1,1,2,2-Tetrakloorietaania käytetään perhospyydysmyrkkynä.

Vuosina 1994–2003 kloroformin pitoisuutta työilmassa mitattiin 10 työpaikassa, jotka olivat uimahallin lisäksi laboratorioita ja tutkimuslaitoksia. Mittaustulosten keskiarvo oli 3,4 mg/m<sup>3</sup>, ja kuusi tulos ylitti 50 % HTP-arvosta (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri). Hiilitetrakloridia mitattiin vuosina 1994–2003 yhdessä laboratoriossa, jossa pitoisuus oli alle 20 % HTP:sta.

### **Kloorattujen hiilivetyliuottimien syöpävaarallisuus**

IARC:n arvion mukaan trikloorietyleenin ja tetrakloorietyleenin syöpävaarallisuudesta eläinkokeista on riittävä näyttö eli ne ovat todennäköisesti ihmisille syöpää aiheuttavia (luokka 2A). EU:ssa trikloorietyleenin on syöpävaarallisuusluokassa 2 (R45 aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa) ja mutageenisuusluokassa 3. Tetrakloorietyleenin kuuluu syöpävaarallisuusluokkaan 3 (R40). Hiilitetrakloridi, kloroformi, metyleenikloridi ja 1,2-dikloorietaani on IARC:ssa arvioitu luokkaan 2B eli mahdollisesti ihmisessä syöpää aiheuttaviksi aineiksi. EU:ssa ne kuuluvat syöpävaarallisuusluokkaan 3 (R40). 1,2-Dikloorietaanin osalta näyttö syöpävaarallisuudesta on riittävä EU:n syöpävaarallisuusluokkaan 2 (R45 aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa).

Trikloorietyleenin on siis tutkimusten perusteella genotoksinen karsinogeeni, jolle ei nykytiedon valossa voi asettaa kynnyisarvoa, jonka alapuolella riskiä ei ole. Myös viitteellistä epidemiologista näyttöä on trikloorietyleenille altistumisen ja munuaiskasvainten välisestä yhteydestä. Genotoksisista vaikutuksista on viitteitä myös 1,2-dikloorietaanin osalta. Tetrakloorietyleenin syöpää aiheuttavat mekanismit ovat epäselvemmät: se on ollut pääasiassa negatiivinen genotoksisuustesteissä. Myöskään hiilitetrakloridi ja kloroformi eivät ole osoittautuneet perimämyrkyllisiksi. Niiden eläinkokeissa todettu syöpävaarallisuus saattaa liittyä maksa- ja munuaistoksisuuteen, joten näiden löydösten merkitys pienillä annostasoilla on kyseenalainen. Metyleenikloridin hiirillä todettujen kasvainten merkitystä ihmisille vähentää sen erilainen metabolia hiirillä ihmisiin verrattuna. Näiden viimeksi mainittujen aineiden muut vaikutukset, kuten keskushermostovaikutukset, muodostavat todennäköisesti syöpävaaraa merkityksellisemmät riskit.

### **Riskien hallinta**

Merkittävälle, yli 50 % HTP-arvosta oleville, kloorattujen hiilivetyjen pitoisuuksille voidaan altistua mm. metallin rasvanpoistossa, maalinpoistossa sekä tekstiilien pesussa koneiden aukaisuvaiheiden ja huoltotilanteiden aikana. Erityisen voimakkaita altistumisia voi olla höyryesualtaiden huoltotilanteissa. Koska trikloorietyleenin on genotoksinen karsinogeeni, sille ei nykytiedon valossa ole mahdollista asettaa kynnystasoa, jonka alapuolella ei ole minkäänlaista riskiä. Altistuminen tulee vähentää teknisin keinoin niin vähäiseksi, kuin se käytännössä on mahdollista. Sama pätee myös 1,2-dikloorietaaniin. Altistuminen muille klooratuille hiilivetyliuottimille tulee teknisin keinoin pyrkiä pitämään ainakin alle 50 %:na HTP-arvosta. Ihokosketusta kloorattujen liuottimien kanssa tulee välttää.

Altistumisen laajuutta ja tasoa ei tunneta kattavasti työpaikkojen ja ryhmätason vaaran arviointia varten. Altistumista tulisi selvittää sekä ilmasta tehtyjen mittausten että biomonitoroinnin menetelmin. Mittaukset ilmasta kuvaavat työvaiheiden aikaisia pitoisuuksia ja biomonitorointitulokset työpäivän keskiarvoaltistumista.

Trikloorietyyleeniä käytävillä työpaikoilla tulisi selvittää aineen korvaavia vaihtoehtoja. Trikloorietyleenin HTP-arvo tulisi tarkistaa ottaen huomioon aineen syöpävaarallisuus.

EU:ssa ja Suomessa karsinogeenisiksi luokitellut kemikaalit (R40, R45, R49) luetaan valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) myös sikiölle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Erityisäitiysvapaaoheistuksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä tehtävissä, joihin sisältyy altistumista näille aineille.

## Lähteitä

Carbon tetrachloride. Environmental health criteria 208. World Health Organization, Geneva 1999.

EU: Risk Assessment Report for Trichloroethylene. Vol. 31. European Communities, 2004.

Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhdistusmittaukset 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 11. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Methylene chloride. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol 31. IARC, Lyon 1999.

IARC. Tetrachloroethylene, Trichloroethylene. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 36. IARC, Lyon 1995.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 1994–2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

### 4.13.11 Lisääntymiselle vaaralliset ftalaatit (dietyyliheksyyliftalaatti ja dibutyyliftalaatti)

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

Ftalaateista lisääntymiselle vaarallisiksi on EU:ssa luokiteltu di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti (DEHP, josta myös käytetään nimitystä di-sek-oktyyliftalaatti) ja dibutyyliftalaatti (DBP). DEHP:stä suurin osa (80–90 %) käytetään muovien pehmittiminä, mutta viime vuosina sen käyttö on vähentynyt ja sitä on korvattu erityisesti di-isononyyliftalaatilla (DINP) ja di-isodekyyliftalaatilla (DIDP). Ftalaattien määrä PVC:ssä on loppukäytöstä riippuen 15–60 %. Suomessa DEHP:tä on valmistettu Porvoon Neste Oy:n tehtailla, mutta ftaalihappojohdannaisten valmistus päättyi siellä 1990-luvulla. Tullitilastojen mukaan dioktyyli-ftalaatteja tuotiin vuonna 2003 maahan noin 2 255 tonnia, dibutyyliftalaatista sellaisenaan ei tullitilastoissa ole mainintaa (Tuontitilasto 2003). DBP on poistumassa käytöstä Suomen muovituoteteollisuudesta (suullinen tiedonanto, Vesa Kärhä, Muoviteollisuus ry), ja sen tuotanto ja käyttö on selkeästi vähentynyt myös EU:ssa. Syy tähän ovat sen fytotoksiset ominaisuudet ja huonommat tekniset ominaisuudet. Kokonaismäärä markkinoilla olevissa tuotteissa on ollut DEHP:n osalta 175–227 tonnia vuosina 2001–2002 ja DBP:n osalta 154–248 tonnia/vuosi vuosina 2001–2003 (STTV 2003).

Markkinoilla on 34 DEHP:tä sisältävää valmistetta (STTV 2003). Tähän kuuluvat sekä muovien pehmitintarkoituksiin käytettävä sellaisenaan myytävä DEHP että DEHP:tä sisältävät PVC-granulaatit. Muita vähäisempiä DEHP:n käyttötarkoituksia ovat mm. joissakin katalyyteissä, seripainoliuottimissa ja tiivisteissä. STTV:n mukaan markkinoilla on yhteensä 54 DBP:tä sisältävää tuotetta. DBP:n pääasiallinen käyttö on muualla kuin PVC:n pehmittimenä, suurimpia yksittäisiä käyttöjä ovat esimerkiksi PVAc (polyvinylacetate) emulsioliimat ja maalit (teollisuuden tiedonanto, Marja Vaahtio, Dynea). DBP:tä sisältävät tuotteet ovat maali- tai painovärituotteita, liimoja, hartseja, tiivisteitä, pinnoitteita tai metalliteollisuuden tuotteita (STTV 2003). DBP:tä ja DEHP:tä on käytetty myös kosmetiikkavalmisteissa, mutta tämä käyttö kiellettiin vuonna 2003. Tämä aiempi käyttö kosmetiikkateollisuudessa voi kuitenkin näkyä yllä esitellyissä tonnimäärissä vuosilta 2001–2003.

### **Altistuminen työssä**

Ftalaatteja ei enää valmisteta Suomessa. Ftalaatit voidaan sekoittaa PVC-muoviin joko muovituotetehtaissa tai ne voivat olla valmiiksi sekoitettuna muovituotetehtaille markkinoitavissa PVC-granulaattivalmisteissa. Muoviteollisuus ry:stä (Vesa Kärhä) saatujen tietojen mukaan muovituotetehtaat tekevät nykyään itse PVC-ftalaattisekoitteita vähemmän kuin esimerkiksi 10 vuotta sitten, mikä vähentänee ftalaatti-altistumista näillä työpaikoilla. Viimeisen kymmenen vuoden ajalta mittaustietoa löytyy Työhygieenisten altistumismittausten rekisteristä muovituotteiden valmistuksesta DEHP:n osalta, jonka pitoisuuksia on mitattu suulakepuristuksessa, rouhinnassa ja tiivisteiden hitsauksessa. Pitoisuudet ovat olleet pieniä eli  $\leq 0,03 \text{ mg/m}^3$ . Samoin jo 1980-luvun loppupuolella tehdyissä mittauksissa DEHP-pitoisuudet muovituotteiden työstössä olivat pieniä: keskimäärin  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . Suurimmillaan tällöin mitattiin  $1,1 \text{ mg/m}^3$  pitoisuuksia yksittäisissä työtehtävissä (muovimattojen kalanterointi). DBP:tä on mitattu puupinnan käsittelyssä puusepäntuotteiden valmistuksessa, jossa pitoisuudet ovat olleet luokkaa  $0,02 \text{ mg/m}^3$ . Altistumisesta DBP:lle mm. maali-, liima- ja painoväriteollisuudessa ei ole tietoa.

### **DBP:n ja DEHP:n lisääntymisvaarallisuus**

DBP:n ja DEHP:n lisääntymisvaarallisuus perustuu eläinkokeissa havaittuihin kehitysmyrkyllisyyden ja hedelmällisyysvaikutuksiin. DBP on luokiteltu EU:ssa lisääntymisvaarallisuusluokkaan 2 kehitysmyrkyllisyyden (R61 vaarallista sikiölle) ja lisääntymisvaarallisuusluokkaan 3 hedelmällisyysvaikutusten (R62 voi mahdollisesti heikentää hedelmällisyyttä) osalta. DEHP puolestaan kuuluu lisääntymisvaarallisuusluokkaan 2 sekä kehitysmyrkyllisten (R61 vaarallista sikiölle) että hedelmällisyysvaikutusten (R60 voi heikentää hedelmällisyyttä) osalta. Kaksi muuta yleisimmin käytössä olevaa ftalaattia (DINP, DIDP) eivät ole eläinkokeissa aiheuttaneet spesifisiä lisääntymisvaarallisia vaikutuksia tai ovat aiheuttaneet niitä vain hyvin suurilla annostasoilla.

DBP:n lisääntymisterveydelliset vaikutukset ovat tulleet esille sen verran suurilla annoksilla, että turvamarginaalit altistumisen ja lisääntymiselle vaarallisten annosten välillä nousevat yli 70-kertaisiksi jo  $5 \text{ mg/m}^3$ :n pitoisuuksilla ilmassa. Riskit työntekijöille lisääntymisvaikutuksille ovat siis todennäköisesti pienet tätä matalammilla altistumistasoilla, mutta paikalliset vaikutukset hengitysteissä ovat eläinkokeiden perusteella mahdollisia myös matalammilla altistumistasoilla.

DEHP:llä lisääntymisterveydellisiä vaikutuksia on havaittu rotilla matalammilla annostasoilla kuin DBP:llä. Altistuttaessa nykyisen HTP-arvon  $5 \text{ mg/m}^3$  tasolla turvamarginaalit jäävät pieniksi (alle 10) eikä riskiä voida sulkea pois. Kun mittauksissa havaitut pitoisuudet muovituotteiden työstössä ovat olleet kertaluokkia HTP-arvoa pienempiä, jäävät lisääntymisterveydelliset riskit näillä altistumistasoilla todennäköisesti olemattomiksi. Ftalaateille altistetuilla rotilla todetut maksakasvaimet välittyvät peroksisomiproliferaation kautta, eivätkä siten ole merkityksellisiä ihmiselle.

### **Riskien hallinta**

Riskien hallinta perustuu vaarallisten aineiden korvaamiseen vähemmän vaarallisilla aineilla tai altistumisen hallintaan. DEHP:n käyttö vähenee EU:n alueella, kun sitä on pyritty korvaamaan vähemmän haitallisilla DIDP:llä ja DINP:llä. DBP:n käyttö Euroopassa on vähentynyt selvästi, ja esimerkiksi Suomessa

siitä on pyritty pääsemään eroon muovituoteteollisuudessa (suullinen tiedonanto: Vesa Kärhä, Muoviteollisuus ry). Vaikka näiden aineiden käyttö onkin vähentynyt muovituoteteollisuudessa, markkinoilla on mm. monia erityisesti DBP:tä sisältäviä maali- ja liimatuotteita. Altistumistasoista näiden tuotteiden valmistuksessa tai käytössä ei Työterveyslaitoksessa ole tietoa. Jos käytön yhteydessä pääsee muodostumaan aerosoleja, saattaa altistuminen nousta merkittäväksikin erityisesti ajatellen paikallisia hengitystievaikutuksia, jotka eläinkokeiden perusteella tulevat esille lisääntymisvaikutuksia selkeästi matalammilla annostasoilla. DBP:lle ei ole Suomessa HTP-arvoa. Sen asettamista tulisi kuitenkin harkita, jos sen käyttö on niin laajaa kuin voi päätellä markkinoilla eri tuotteissa olevan kokonaismäärän perusteella. DEHP:n HTP-arvo Suomessa on 5 mg/m<sup>3</sup>. DEHP:n nykyinen HTP-arvo tulisi tarkistaa ottaen huomioon lisääntymisterveydelliset riskit.

## Lähteitä

EU: Risk Assessment Report for Bis(2-ethylhexyl)phthalate. Consolidated Final Report, September 2001.

EU: Risk Assessment Report for Dibutylphthalate. Vol 29. European Communities, 2004.

EU: Risk Assessment Report for Di-isodecylphthalate. Vol 36. European Communities, 2003.

EU: Risk Assessment Report for Di-isononylphthalate. Vol 35. European Communities, 2003

EU: Vihreä kirja, PVC ja ympäristö. Bryssel 26.7.2000.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Riistama K, Laitinen J, Vuori M: Suomen kemianteollisuus. Chemas Oy, Helsinki 2003.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Suomessa markkinoilla ja käytössä olevat kemikaalit tuoterekisterin mukaan. Luonnos 15.10.2004.

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

### 4.13.12 Lisääntymisterveydelle haitalliset glykolieetterit ja niiden asetaatit

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

Glykolieetterit ja niiden asetaatit on ryhmä aineita, joita on alun perin käytetty korvaamaan aromaattisia hiilivetyjä. Glykolieettereitä ja niiden asetaatteja on käytetty yleisesti ohenteina maaleissa, painoväreissä, lakoissa, lattiavahoissa ja vahanpoistoaineissa. Glykolieettereitä sisältävät myös puhdistusaineet, tekstiilien ja nahan käsittelyaineet, suihkukoneiden polttoaineet ja siivekkeiden jäänestoaineet. Monet dispersio-maalit sisältävät muutamia prosentteja näitä yhdisteitä, jotka liukenevat sekä veteen että liuottimiin. Glykolieetterit haihtuvat ilmaan vähemmän kuin tavallisimmat alifaattiset ja aromaattiset hiilivetyliuottimet. Monet glykolieetterit imeytyvät helposti elimistöön myös ihon kautta.

Lisääntymisterveydelle haitallisiksi luokiteltuja glykolieettereitä on vielä muutamissa markkinoilla olevissa valmisteissa (taulukko 45). Näitä tuotteita käytetään edelleen pienessä osassa maaleja, lakkoja ja liimoja sekä pesuaineena ja joihinkin erikoistarkoituksiin. Esimerkiksi etyleeniglykolimonometyylietteeriä (EGEE) ja sen asetaattia (EGEEA) käytetään vielä seripainoissa ohenteina ja pesuaineina. Haitallisuus-

tensa vuoksi taulukossa 45 luetellut aineet on kuitenkin korvattu useissa tuotteissa muilla glykolieettereillä ja niiden asetaateilla, kuten etyleeniglykolimonobutyylieetterillä tai sen asetaattilla, propyleeniglykolieettereillä tai dipropyleeniglykolieettereillä.

Etyleeniglykoli- ja dietyleeniglykolimonometyyliettereitä tuotiin Suomeen vuonna 2003 yhteensä 35 tonnia ja butyyliettereitä 553 tonnia (Tuontitilasto 2003).

Etyleeniglykolimonometyylietterin ja sen asetaatin virtsasta mitattavan aineenvaihduntatuotteen etoksiikkahapon altistumattomien viiteraja on 0,1 mmol/mol kreatiniinia. Toimenpiderajaa ei ole asetettu.

## Altistuminen työssä

Koska etyleeniglykolin metyyli- ja etyylijohdannaisten HTP-arvot ovat pieniä, niitä käytettäessä pitoisuus työilmassa ylittää helposti HTP-arvon. Pitoisuus ilmassa ei myöskään yksin kuvaa työntekijän altistumista, koska nämä aineet imeytyvät helposti elimistöön ihon kautta. Koska glykolieetterit ovat usein yksi aineosa liuotinseoksissa, altistumista on tarpeen seurata sekä ilmasta tehtävillä pitoisuusmittauksilla, joilla saadaan tietoa altistumisesta liuotinseoksille, että mittaamalla aineenvaihduntatuotteiden pitoisuutta virtsasta, mikä kuvaa myös ihon kautta altistumista.

Työntekijöiden altistumistasosta lisääntymiselle myrkyllisille glykolieettereille 2000-luvulla on vain vähän tietoja Työterveyslaitoksessa. Mittaustuloksia ilmasta on yksi etyleeniglykolin metyyli- ja yksi etyyliettereille. Kumpikin ylitti HTP-arvon. Etyleeniglykolin etyylietterin tai sen asetaatin aineenvaihduntatuotteen pitoisuuden keskiarvo virtsassa oli 3,7 mmol/mol kreatiniinia (maksimi = 17, n = 18) vuonna 2002 ja 0,6 7 mmol/mol kreatiniinia (maksimi = < 2,6, n = 7) vuonna 2003 (Hirvonen ja Valkonen 2004). Altistumattomien viiteraja on 0,1 mmol/mol kreatiniinia, ja tutkimusten mukaan pitoisuus 30 mmol/mol kreatiniinia vastaa altistumista HTP-arvon tasoiselle pitoisuudelle ilmassa.

Taulukko 45. Markkinoilla olevien valmisteiden lukumäärä, joissa oli reprotoksisia glykolieettereitä tai niiden asetaatteja vuonna 2003 (STTV), tuonti valmisteissa ja näiden yhdisteiden HTP-arvot vuonna 2005

aine/lyhenne	CAS-numero	HTP <sub>8h</sub> , mg/m <sup>3</sup>	valmisteiden lukumäärä	tuonti valmisteissa, tonnia	valmisteiden käyttötarkoituksia
etyleeniglykolimonometyylietteri, EGME <sup>1</sup>	109-86-4	1,6	10	0	laboratoriokemikaali, liuotin 100 %, lääkeaineiden valmistus, graafisen alan tuote, maalit < 10 %
etyleeniglykolimonometyylietteriasetaatti, EGMEA <sup>1</sup>	110-49-6	2,5	0	0	
etyleeniglykolimonometyylietteri, EGEE <sup>1</sup>	110-80-5	7,5	6	200	laboratoriokemikaali, liuotin 100 %, lääkeaineiden valmistus
etyleeniglykolimonometyylietteriasetaatti, EGEEA <sup>1</sup>	111-15-9	11	17	34	painovärien ohennin ja pesuaine, 2 lakkaa, betonilattian pinnoite
etyleeniglykolidimetylietteri, EGDME	110-71-4		0	0	
dietyleeniglykolimonometyylietteri, DEGME	111-77-3		28	360	lattiavaha 1–5 %, kytkin- ja jarruneste, liuotin, polttoaineen lisäaine, pesuaine painoissa 20–80 %
dietyleeniglykolidimetylietteri, DEGDME	111-96-6		2	0	2-komponenttimaalin perusosan liuotin
trietyleeniglykolidimetylietteri, TEGDME	112-49-2		4		jarru- ja kytkinneste < 20 %

<sup>1</sup> HTP-arvot 2005: huomautus "iho"



## Glykolieettereiden lisääntymisvaarallisuus

Etyleeniglykolimonometrylieetteri (EGME), etyleeniglykolimonoetyylieetteri (EGEE) sekä niiden asetaatit (EGMEA, EGEEA), dietyleeniglykolidimetyylieetteri (DEGDME) ja etyleeniglykolidimetyylieetteri (EGDME) ovat eläinkokeiden perusteella osoittautuneet sekä kehitysmyrkyllisiksi aineiksi että haitallisiksi lisääntymiselle. Ne ovat EU:n lisääntymisvaarallisuusluokassa 2 sekä kehitysmyrkyllisten (R61 vaarallista sikiölle) että hedelmällisyysvaikutusten (R60 voi heikentää hedelmällisyyttä) osalta. Dietyleeniglykolimonometrylieetteri (DEGME) on eläinkoetulosten perusteella EU:n lisääntymisvaarallisuusluokassa 3 sikiövaikutustensa osalta. Trietyleeniglykolidimetyylieetteri (TEGDME) on lisääntymisvaarallisuusluokassa 2 kehitysmyrkyllisten ja lisääntymisvaarallisuusluokassa 3 hedelmällisyysvaikutustensa osalta.

Näistä edellä mainituista glykolieettereistä merkittävimmät Suomessa nykyisin käytössä olevat aineet ovat EGEE, EGEEA ja DEGME. EU:n riskinarviointiraportissa on arvioitu DEGME:n aiheuttamia riskejä sikiönkehitykselle. Vaikutuksia sikiönkehitykseen on eläinkokeissa havaittu annoksilla  $\geq 250$  mg/kg iholle annosteltuna. DEGME imeytyy erittäin hyvin ihon läpi ja iho muodostaakin tärkeimmän altistumisreitit sille (EU 2000). Riskialttiita ovat erityisesti työt, joissa ihoaltistumisen vaara on suuri, kuten käsin tehtävä DEGME:tä sisältävien tuotteiden levitys. EU:n riskinarvioidokumentin mukaan työtehtävissä, joissa ihokosketusta aineeseen ei pääse syntymään, merkittävää riskiä ei katsota muodostuvan ilmastamitatulla pitoisuuksilla, jotka ovat olleet keskimäärin tasoa  $20 \text{ mg/m}^3$  tai sen alle. Vaikutuksia lisääntymiseen ei ole DEGME:llä havaittu tai niitä on havaittu vain erittäin korkeilla annostasoilla. DEGME:lle ei tällä hetkellä ole Suomessa työhygieenistä raja-arvoa.

EGEE:n osalta vaikutuksia lisääntymiseen tai sikiönkehitykseen on eläinkokeissa havaittu yli  $270 \text{ mg/m}^3$ :n pitoisuuksilla ilmassa. Nykyisiä työhygieenisiä raja-arvoja asetettaessa nämä vaikutukset on otettu huomioon, mutta DEGME:n lailla myös EGEE ja EGEEA imeytyvät hyvin ihon läpi ja voivat sitä kautta johtaa merkittävään altistumiseen. EGME:stä on olemassa epidemiologisia tutkimuksia, joissa on todettu viitteitä lisääntyneestä riskistä keskenmenoihin, kuukautishäiriöihin ja alentuneeseen hedelmällisyyteen puolijohdeteollisuudessa altistuneilla naisilla.

### Riskien hallinta

Lisääntymisterveydelle haitalliset glykolieetterit ja niiden asetaatit tulee korvata turvallisemmilla glykolieettereillä tai niiden johdannaisilla. Näin on jo pitkälti tapahtunutkin.

Hengitystiealtistumista voidaan vähentää kohdepoistoilla ja hengityksensuojaimilla. Koska nämä glykolieetterit imeytyvät erityisen hyvin myös ihon välityksellä, ihon suojaamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Käsien lisäksi on suojattava myös muut kehon osat, jos altistava työ on valmisteen ruiskutusta tai työssä on roiskevaara.

### Lähteitä

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2002). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

EU: Risk Assessment Report for 2(2-Methoxyethoxy)ethanol. Vol. 1. European Communities, 2000.

Hirvonen A, Valkonen S: Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilastot 2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 11. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Laitinen J, Liesivuori J: Glykolyhdisteet: käyttö ja altistuminen eri työaloilla. Työsuojelurahaston loppuraportti 98383. Kuopion aluetöterveyslaitos, Kuopio.

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

#### 4.13.13 Anestesiakaasut

##### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Suomen sairaaloissa käytetään inhalaatioanestesia-aineina typpioksiduulia eli ilokaasua, halotaania, enfluraania, isofluraania, sevofluraania ja desfluraania. Näistä halotaania käytetään hyvin vähän. Eläinklinikoissa käytetään mm. halotaania ja isofluraania, mutta esimerkiksi koirien anestesoissa siirrytään yhä enemmän käyttämään nimenomaan isofluraania. Hammashoidossa käytetään ilokaasua.

##### **Altistuminen työssä**

Anestesiakaasuille altistuvia ammattiryhmiä ovat sairaaloiden ja eläinlääkäriasemien leikkaussaleissa ja heräämöissä työskentelevä henkilökunta, kättilöt sekä typpioksiduulia käyttävien hammaslääkäriasemien henkilökunta. Voimakkaammin sairaaloissa altistuvat anestesia- ja -hoitajat. Myös eläinlääkäreiden ja heitä avustavan henkilökunnan sekä hammaslääkäreiden ja hammashoitajien altistuminen voi olla suurta.

Halotaanin haitalliseksi tunnettu pitoisuus (HTP-arvo<sub>8h</sub>) on 1 ppm, typpioksiduulin 100 ppm ja fluraanien 10 ppm. Uuden valmisteilla olevan erityisäitiysvapaaohteen mukaan raskaana olevan työntekijän ei tulisi altistua halotaani- tai typpioksiduulipitoisuuksille, jotka ylittävät 10 % HTP<sub>8h</sub>-arvosta. Fluraanidisteille altistuminen ei saisi ylittää HTP-arvoa.

Vuosina 2001–2003 sairaaloissa tehdyistä 46:sta työilman typpioksiduulipitoisuusmittauksesta 9 % ylitti HTP-arvon ja 26 % ylitti raskauden ajalle suositellun arvon 10 ppm. Sevofluraanipitoisuuden 59 mittauksesta vain yksi ylitti HTP-arvon. Suuria pitoisuuksia on yleensä mitattu tilanteista, joissa potilaan uloshengityskaasujen poistoimuja ei ole ollut käytössä tai kaasunpoistolaitteissa on ollut teknisiä vikoja. Myös maskinukutusten aikana pitoisuudet ovat olleet suuria. Sen sijaan heräämöissä mitatut pitoisuudet ovat harvoin ylittäneet HTP-arvon. Vuosina 2001–2003 hammashoidossa 14:sta typpioksiduulin pitoisuusmittauksesta 86 % ylitti HTP-arvon. Eläinten leikkauksissa mitatut halotaanipitoisuudet ovat myös olleet suuria.

##### **Anestesiakaasujen vaikutukset lisääntymiserveen**

Anestesiakaasuille altistumisen työssä katsotaan aiheuttavan valtioneuvoston asetuksen (1335/2004) mukaan vaaraa perimälle, sikiölle tai lisääntymiselle. Eläinkokeissa halotaanilla ja typpioksiduulilla on havaittu sikiötoksisia tai teratogeenisiä eli epämuodostumia aiheuttavia vaikutuksia. Anestesiakaasuille työssä altistuneilla on todettu suurentunut keskenmenon riski useissa epidemiologisissa tutkimuksissa. Erityisesti voimakkaaseen altistumiseen typpioksiduulille on liittynyt suurentunut keskenmenoriski, alentunut hedelmällisyys ja lapsen alentunut syntymäpaino.

Isofluraani ja enfluraani eivät näytä olevan haitallisia sikiön kehitykselle hollantilaisen asiantuntijaryhmän eläinkokeisiin perustuvan arvion mukaan. Vain vähäisiä vaikutuksia sikiöiden painon kehitykseen on nähty altistettaessa emot anestesian aiheuttaville pitoisuuksille. Desfluraanin tai sevofluraanin sikiövaikutuksista ei ole julkaistua tietoa. Lääketehtaiden tuotetietojen perusteella sikiövaikutuksia koskevat eläinoketutkimukset eivät ole osoittaneet teratogeenisuutta. Emojen altistaminen toksisille desfluraanipitoisuuksille aiheutti alkiotoksisuutta, joka johtui todennäköisesti emoihin kohdistuvasta desfluraanin farmakologisesta vaikutuksesta.

##### **Riskien hallinta**

Anestesiakaasupitoisuuksia voidaan alentaa vähentämällä anestesia-laitteiden päästöjä ja tehostamalla kohdeilmanvaihdon toimintaa. Anestesiakaasuille altistumista tulisi seurata työhygieenisin mittauksin lisääntymiselle aiheutuvan vaaran ehkäisemiseksi. Erityisäitiysvapaaohteen mukaan työntekijä tulee siirtää raskauden ajaksi toisiin tehtäviin, jos raskauden ajalle suositeltu enimmäispitoisuus ylittyy.

## Lähteitä

Christiansen V, Kulmala I, Niemeläinen M: Anestesiakaasut lastensairaalan leikkaussalissa ja heräämössä ja niiden hallinta. VTT Automaatio, Tampere 1999.

Enflurane. Evaluation of the effects on reproduction, recommendation for classification. Committee for compounds toxic to reproduction. Gezondheidsraad 2002/12OSH.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Isoflurane. Evaluation of the effects on reproduction, recommendation for classification. Committee for compounds toxic to reproduction. Gezondheidsraad 2002/13OSH.

Lindbohm M-L, Taskinen H: Reproductive hazards in the workplace. In: Women and Health. Ed. by M B Goldman et al. Academic Press, San Diego 2000, 463–473.

Rantala K, Taskinen H, Rantanen S, Lindbohm M-L: Anestesiakaasut ja raskaana oleva työntekijä. Suomen Lääkärilehti 1993;48:667–671.

Taskinen H, Lindbohm M-L, Frilander H ym.: Ohjeet vaaran arvioimiseksi erityisäitiysvapaan tarvetta harkittaessa. Luonnos 2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

### 4.13.14 Rikkihiili

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

Rikkihiili on erittäin helposti haihtuva neste, joka myös syttyy erittäin helposti. Rikkihiiltä käytetään Suomessa pääasiassa tekokuituteollisuudessa valmistettaessa selluloosasta viskoosikuitua. Suomessa markkinoilla ja käytössä oli rikkihiiltä vuosittain noin 4 600–4 800 tonnia vuosina 2001–2003 (STTV 2003).

#### Altistuminen työssä

Rikkihiilelle altistuu Suomessa noin 250 työntekijää viskoosikuitujen ja makkarankuorina käytettävien tekosuolien tuotannossa. Pääasiassa altistutaan hengitysteitse, mutta rikkihiililinste imeytyy helposti myös ihon läpi.

Rikkihiilien sitova työhygieeninen raja-arvo on 20 ppm ja HTP<sub>sh</sub>-arvo on 5 ppm eli 16 mg/m<sup>3</sup>. Raskauden ajalle suositellaan raja-arvoa 0,5 ppm. Rikkihiilelle altistuminen voidaan arvioida määrittämällä virtsan 2-tiotiatsolidiini-4-karboksylihappo (TTCA). Altistumattomien viiteraja on 0,3 mmol/mol kreatiniinia ja toimenpideraja 2,0 mmol/mol kreatiniinia. Uuden valmisteilla olevan erityisäitiysvapaaoheen mukaan raskauden aikana suositellaan sovellettavaksi altistumattomien viitearvoa 0,3 mmol/mol kreatiniinia.

Työpaikoilla mitatut yleisilman rikkihiilipitoisuuden keskiarvot ovat Suomessa olleet 3–4 ppm ja suurimman pitoisuudet 8–9 ppm. Vuosina 1998–2002 Työterveyslaitos teki viisi työilman rikkihiilipitoisuusmittausta. Pitoisuudet eivät ylittäneet HTP-arvoa, yksi ylitti raskauden ajalle suositellun raja-arvon 0,5 ppm.

Virtsan TTCA-pitoisuusmittauksia tehtiin Työterveyslaitoksessa vuosina 2001–2003 yhteensä 744. Tuloksista 187 (25 %) ylitti altistumattomien viiterajan ja neljä mittausta ylitti toimenpiderajan. Keskimääräinen pitoisuus on laskenut vuosien 1993–2002 aikana (kuva 44).

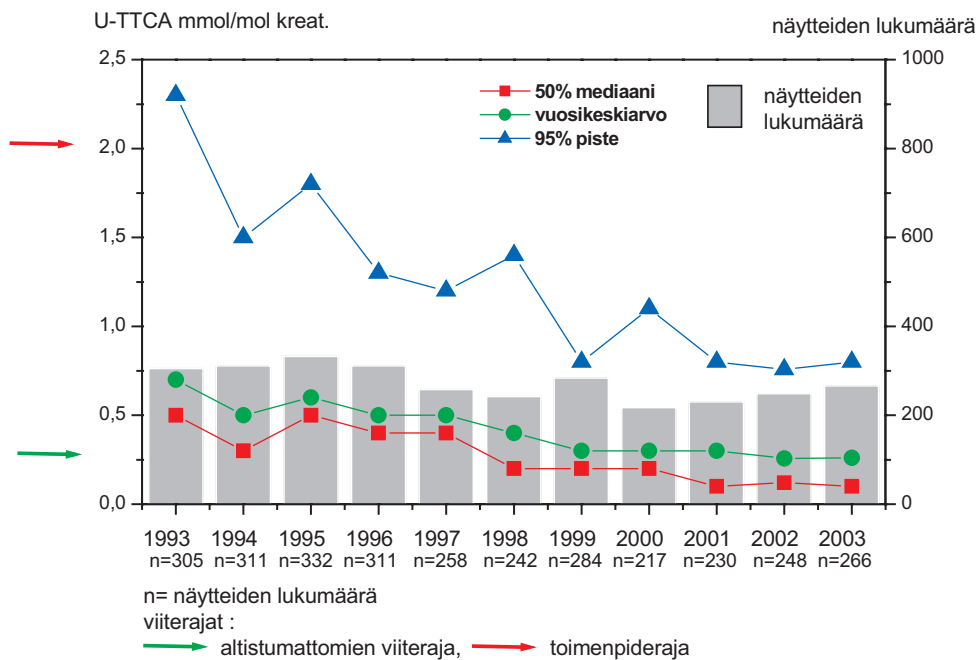
Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitettiin vuosina 1997–2002 yhteensä neljä rikkihiilen aiheuttamaa ammattitautitapausta.

### Rikkihiilen vaikutukset lisääntymisterveyteen

Rikkihiilialtistumisen työssä katsotaan aiheuttavan työministeriön päätöksen (1044/1991) mukaan vaaraa perimälle, sikiölle tai lisääntymiselle. Rikkihiili on lisääntymisterveysluokassa 3 (R62 voi mahdollisesti heikentää hedelmällisyyttä, R63 voi olla vaarallista sikiölle). Miehillä pitkäaikaiseen voimakkaaseen rikkihiilialtistumiseen on liitetty siittiöiden muodostuksen häiriöitä. Pienemmissä pitoisuuksissa ei ole todettu vaikutuksia siittiöiden muodostukseen, siittiöpitoisuuteen, niiden morfologiaan tai hedelmällisyyteen. Pienemmissä pitoisuuksissa on sen sijaan havaittu seksuaalisen toiminnan häiriöitä, kuten libidon alentumista ja impotenssia. Altistuneilla naisilla on raportoitu kuukautishäiriöitä. Eläinkokeissa on rikkihiilelle altistettujen jälkeläisillä todettu epämuodostumia.

### Riskien hallinta

Koska rikkihiili on erittäin helposti syttyvä myrkyllinen aine, sen käsittelyssä ja varastoinnissa tulee noudattaa annettuja ohjeita. Rikkihiilelle altistumisen pitää olla mahdollisimman vähäistä. Altistuminen vältetään teknisillä keinoilla (suljetut järjestelmät, tehokkaat kohdepoistot) ja henkilökohtaisella suojausmitalla (hengityksensuojain, suojavaatetus, suojakäsineet). Erityisäitiysvapaaohjeistuksen mukaan työntekijä tulee siirtää raskauden ajaksi toisiin tehtäviin, jos raskauden ajalle suositeltu enimmäispitoisuus ylittyy. Biologisten altistumismittausten perusteella rikkihiilialtistumisen seuranta näyttää olleen kattava.



Kuva 44. Virtsan TTCA-pitoisuusmittausten (U-TTCA) vuosittaiset pitoisuustasot 1993–2003 (Hirvonen ja Valkonen 2004)

## Lähteitä

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2001–2002). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 11. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

Kivistö H: Rikkihiili. Kirjassa: Kemikaalialtistumisen biomonitorointi. Toim. A Aitio, M Luotamo, M Kiilunen. Työterveyslaitos, Helsinki 1995.

OVA-ohjeet. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. Rikkihiili. Työterveyslaitos, Helsinki 2004. (<http://www.ttl.fi/internet/ova/index.html>) (päivitetty 28.2.2003)

STTV. Kemikaalirekisteri. Käyttömääräilmoitukset 2003. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Tuoterekisteriyksikkö, Helsinki. (julkaisematon)

Suomessa markkinoilla ja käytössä olevat kemikaalit tuoterekisterin mukaan. Luonnos 15.10.2004.

Tas S, Lauwerys R, Lison D: Occupational hazards for the male reproductive system. Crit Rev Toxicol 1996;26:261–307.

Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

### 4.13.15 Boorihappo ja boraatit

#### Käyttö ja esiintyminen työssä

Boorihappo ja booraksi eli dinatriumtetraboraatti dekahydraatti ovat tavallisimpia booriyhdisteitä. EU:ssa ne kuuluvat ns. HPV (high production volume) -kemikaaleihin. Suomessa boorihappoa ja boraatteja käytetään erityisesti puutavaran palon- ja homeenestoaineena sekä lannoitteina. Monet maalituotteet sekä pesu- ja puhdistusaineet sisältävät boorihappoa tai boraatteja. Selluvilla sisältää noin 20 % haihtumattomia booriyhdisteitä, joita käytetään siinä palon- ja homeenestoon. Suomessa on ainakin neljä selluvillaeristeitä valmistavaa yritystä. Tullitilastojen mukaan Suomeen tuotiin vuonna 2003 yli 5 000 tonnia boorioksideita tai boorihappoja (Tuontitilasto 2003).

#### Altistuminen työssä

Työperäisestä altistumisesta booriyhdisteille on vain hyvin vähän tietoa. Kirjallisuudessa altistumistietoa on lähinnä kaivostyöstä tai booraksin tuotannosta. Työhygieenisten altistumismittausten rekisteristä löytyy ainoastaan kaksi mittaustulosta, joissa on määritetty booria. Nämä ovat tehtävistä, joissa on käytetty boraattipitoista siveltävää puunsuoja-ainetta. Booripitoisuudet näissä tehtävissä olivat pieniä (0,07–0,12 mg/m<sup>3</sup>). Selluvillan valmistuksesta tai käytöstä ei ole mittaustuloksia. Altistumisen voidaan olettaa olevan suurempaa tehtävissä, joissa saattaa muodostua pölyä. On kuitenkin epävarmaa, onko altistuminen kuitenkaan tarpeeksi suurta aiheuttamaan riskiä.

#### Boorihapon ja boraattien lisääntymisvaarallisuus

Boorihappoa ja boraatteja ei ole tällä hetkellä luokiteltu EU:ssa, mutta EU-komission erityisasiantuntijaryhmä on vastikään ehdottanut niiden luokittelamista sikiönkehitykselle ja hedelmällisyydelle vaarallisiksi aineiksi. Luokitteluehdotus perustuu eläinkokeissa kolmella eri eläinlajilla todettuihin kehitysmyrkyllisiin ja hedelmällisyysvaikutuksiin. Näitä on havaittu eläimillä annostasoilla yli 60 mg/kg/vrk. Vaikka näiden aineiden vaikutuksista ihmisillä ei olekaan näyttöä, ei ole poissuljettua etteivätkö nämä vaikutuk-

set saattaisi olla mahdollisia myös ihmisillä liiallisessa altistumisessa. Boori imeytyy elimistöön hyvin hengitysteitse ja ruuansulatuskanavasta. Koska boorihappoa tai boraatteja ei ole tällä hetkellä luokiteltu EU:ssa lisääntymisvaaralliseksi, löytyy niitä myös yleiseen kulutukseen myytävistä tuotteista, kuten maa-leista.

### **Riskien hallinta**

Altistuminen booriyhdisteille tulee vähentää tasolle, jolla lisääntymisriskien riskejä voidaan pitää olemattomina. Ne tulee korvata vähemmän vaarallisilla aineilla niissä käyttökohteissa, joissa se on mahdollista. Tällä hetkellä tieto työperäisestä altistumisesta booriyhdisteille Suomessa on hyvin vähäistä, vaikka niitä tiedetään käytettävän laajasti. Työperäisten riskien arvioimiseksi ja mahdollisten hallintatoimien tarpeen arvioimiseksi altistuminen tulee arvioida etenkin niissä käyttökohteissa, joissa altistumisen voidaan olettaa olevan merkityksellisintä (aerosoleja saattaa muodostua). Boorihaposta ja booraksista on valmisteilla EU:n riskinarviot, joita ei kuitenkaan vielä ole saatavilla.

### **Lähteitä**

Moore J A: An assessment of boric acid and borax using the IEHR evaluative process for assessing human developmental and reproductive toxicity of agents. *Reprod Toxicol* 1997;11:123–160.

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

## **4.13.16 Formamidi, n-dimetyyli-formamidi ja n-metyyli-2-pyrrolidoni**

### **Käyttö ja esiintyminen työssä**

Formamidia käytetään liuottimena, raaka-aineena lääke- ja kemianteollisuudessa sekä laboratoriokemikaalina. Myös n,n-dimetyyli-formamidia (DMF) käytetään liuotintarkoituksissa, laboratoriokemikaalina ja lääkeaineiden valmistuksessa. Sitä löytyy yhteensä 17 markkinoilla olevasta tuotteesta, jotka ovat edellä mainittujen lisäksi lakkoja, päällystysaineita tai rasvan- ja maalinpoistoaineita (STTV 2003). Sitä on käytetty myös erään torjunta-aineen liuottimena. Formamidi oli vuosina 2001–2003 tonnimäärältään toiseksi yleisin markkinoilla oleva lisääntymisriskille vaarallinen (luokka 1 tai 2) aine, jonka määrä oli 3 001–3 902 tonnia/vuosi (STTV 2003). N,n-dimetyyli-formamidi on kyseisellä listalla sijoilla 3–6, ja sen määrä on ollut 191–1 365 tonnia/vuosi (pienin määrä viime vuodelta).

N-metyyli-2-pyrrolidonia käytetään liuottimena sekä maalin- ja töhrynpoistoaineissa. Markkinoilta löytyykin yli 200 n-metyyli-2-pyrrolidonia sisältävää tuotetta, joista pääosa on juuri näihin tarkoituksiin käytettäviä valmisteita (STTV 2003). Sitä sisältävät myös esimerkiksi jotkin rikkakasvien torjuntaan käytettävät valmisteet.

### **Altistuminen työssä**

Työhygieenisten altistumismittausten rekisterissä ei ole mittaustietoa altistumistasoista käytettäessä formamidia tai DMF:ää. Formamidin HTP-arvo on 10 ppm (19 mg/m<sup>3</sup>). Dimetyyli-formamidin HTP-arvo oli 10 ppm (30 mg/m<sup>3</sup>), mutta se laski vuoden 2005 HTP-luettelossa 5 ppm:ään. DMF imeytyy erityisen hyvin myös ihon läpi. Myöskään n-metyyli-2-pyrrolidonille altistumisesta ei ole mittaustietoa Työterveyslaitoksessa. Altistumista on arvioitu käytettäessä sitä sisältäviä töhrynpoistoaineita graffitien poistos-

sa. Pitoisuudet ilmassa olivat noin  $6,5 \text{ mg/m}^3$ , joka vastaa kirjallisuudessa kuvattuja vastaavissa tehtävissä mitattuja pitoisuuksia. Käytettäessä n-metyyli-2-pyrrolidonia sisältäviä tuotteita huonosti tuuletetuissa tiloissa pitoisuudet voivat nousta suuremmiksikin.

### **Formamidin, n,n-dimetyyliformamidin ja n-metyyli-2-pyrrolidinin lisääntymisvaarallisuus**

Formamidi ja n,n-dimetyyliformamidi ovat EU:n lisääntymisterveysluokassa 2 sikiövaarallisten vaikutustensa takia. Formamidilla näitä vaikutuksia on todettu kaneilla annoksilla  $80 \text{ mg/kg/vrk}$ . NOAEL (no observed adverse effect level) näille vaikutuksille on kaneilla ollut  $23 \text{ mg/kg}$ . Altistuttaessa HTP-pitoisuutta vastaaville annoksille saadaan turvamarginaaliksi työntekijän altistumisen ja eläimillä havaittujen sikiövaikutuksia aiheuttavien annosten välille noin 10. N,n-dimetyyliformamidi on siis EU:n lisääntymisterveysluokassa 2 sikiövaikutustensa osalta. Kuitenkin uusimpien kehitysmyrkyllisyyskokeiden mukaan vaikutukset näyttäisivät tulevan vasta annoksilla, jotka ovat aiheuttaneet vaikutuksia myös emoissa ja jotka ovat selkeästi suurempia kuin maksatoksisia vaikutuksia eläinkokeissa aiheuttaneet annokset. Lieviä maksavaikutuksia on ihmisillä todettu jo HTP-arvoa lähellä olevilla annostasoilla.

N-metyyli-2-pyrrolidoni on aiheuttanut eläinkokeissa sikiötoksisia vaikutuksia annostasoilla  $250 \text{ mg/kg}$  suun kautta annettuna. Sitä on EU:ssa esitetty luokkaan 2 sikiövaarallisten vaikutusten osalta. Verrattaessa graffitinpoistotyössä todennäköisten pitoisuuksien ilmassa ( $6,5 \text{ mg/m}^3$ ) aiheuttamaa altistumista annoksiin, jotka ovat aiheuttaneet kehitysmyrkyllisiä vaikutuksia eläinkokeissa, nousevat turvarajat suuriksi ja riskit ovat todennäköisesti merkityksettömät. Suuremmilla, lähellä nykyistä HTP-tasoa ( $100 \text{ mg/m}^3$ ), olevilla pitoisuuksilla ei riskiä kuitenkaan voida sulkea pois.

### **Riskien hallinta**

Riskien hallinta perustuu näiden aineiden korvaamiseen vähemmän vaarallisilla niissä käyttökohteissa, joissa se on mahdollista. Raskauden tai raskauden suunnittelun aikana altistuminen on minimoitava tasolle, jossa riskiä ei ole. Erityisäitiyslomaohjeistuksen mukaisesti liuotinaineille altistuminen raskauden tai raskauden suunnittelun aikana ei saisi ylittää 10 %:a HTP-arvosta. Tätä ohjetta noudattaen riskit sikiölle jäävät myös näiden aineiden osalta vähäisiksi. Altistumista näille aineille tulisi seurata työhygieenisin mittauksin. Tällä hetkellä näyttäisi siltä, että näiden aineiden työhygieeninen seuranta on vähäistä verrattuna siihen, kuinka paljon näitä aineita sisältäviä tuotteita löytyy markkinoilta. DMF:n maksatoksiset vaikutukset saattavat olla kriittisempiä kuin kehitystoksiset vaikutukset. Koska DMF imeytyy erityisen hyvin ihon läpi, ihon suojaaminen on ensisijaisen tärkeää.

### **Lähteitä**

DECOS: Formamide and dimethylformamide: health-based recommended occupational exposure limit. Report of the Dutch Expert Committee on Occupational Standards. Hague 1995.

HTP-arvot 2002. Työsuojelusäädöksiä 3. Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto, Kemian työsuojeluneuvottelukunta, Tampere 2002.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

N,n-dimethylformamide. Concise international chemical assessment document. Vol. 31. World Health Organization, Geneva 2001.

Paananen ym.: Kemialliset riskit graffitinpoistossa. Työ ja ihminen 2004;(4).

Tuontitilasto 2003. Tullihallitus, Helsinki 2004.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

#### 4.13.17 Yleiset suositukset: syöpää aiheuttavat ja lisääntymiselle vaaralliset kemikaalit

Tässä annettavat yleiset suositukset koskevat ainoastaan tässä kappaleessa käsiteltyjä syöpävaarallisia tai lisääntymiselle vaarallisia aineita. Tämän selvityksen muissa kappaleissa kuvataan altistumista ja annetaan yleisiä suosituksia muille merkittävälle syöpävaarallisille ja lisääntymisterveydelle vaarallisille aineille, kuten syöpävaaralliset metallit, PAH-yhdisteet, asbesti, puupöly, kvartsi, formaldehydi, PCB-yhdisteet sekä lisääntymiselle vaaralliset metallit, liuotinaineet, pestisidit ja hiilimonoksidit.

Nykyinen tupakkalaki ei ole kyennyt vähentämään työntekijöiden ympäristön tupakansavulle altistumista Suomessa niin tehokkaasti kuin sen olisi toivonut tekevän. Ympäristön tupakansavulle altistumisesta ja sen ehkäisystä on tehty vastikään selvitys, joka ehdottaa tupakoinnin kieltämistä ravintoloissa kokonaan tai ainakin ravintoloiden asiakastiloissa.

Bentseeni, akryyliamidi, 1,3-butadieeni, hydratsiini, akryylnitriili, monet solunsalpaajat, pienimolekyyliset epoksidit (etyleeni- ja propyleenioksidi sekä epikloorihydriini), vinyylikloridi, trikloorietyleeni ja 1,2-dikloorietaani ovat ns. genotoksisia karsinogeeniä eli perimämyrkkyllisiä syöpää aiheuttavia aineita. Niille ei nykytiedon valossa ole mahdollista asettaa altistumisrajoja, jonka alapuolella minkäänlaista syöpäriskiä ei olisi. Tämän takia niille altistuminen tulee minimoida niin vähäiseksi kuin vain teknisesti on käytännössä mahdollista. Paras keino minimoida näille altistuminen on poistaa niille altistuminen kokonaan esimerkiksi korvaamalla ne vähemmän vaarallisilla aineilla niissä käyttötarkoituksissa, joissa se on mahdollista. Esimerkiksi hydratsiinille on olemassa korvaavia aineita käytettäviksi höyryvesikierto- ja kaukolämpövesijärjestelmissä. Monien muiden tässä kappaleessa käsiteltyjen aineiden osalta ei ole näkyvissä, että niitä voitaisiin lähiaikoina korvata tai poistaa kokonaan käytöstä. Siksi näiden osalta tulee panostaa työntekijöiden altistumisen valvontaan ja minimointiin. Altistumisen valvontaa helpottaa se, jos aineen käyttö on rajoittunut vain tiettyihin käyttökohteisiin, kuten esimerkiksi 1,3-butadieeni ja erityisesti vinyylikloridi.

Käytännössä monien näiden hyvin tunnettujen karsinogeenien altistumistasot normaalitilanteissa ovat työhygieenisissä mittauksissa olleet suhteellisen matalia, joten terveysriskit näille aineille altistumisesta ovat todennäköisesti pienet. Kuitenkin altistuminen saattaa olla tilapäisesti hyvinkin merkittävää monissa erityistilanteissa, kuten esimerkiksi lastaus-, purku- ja huolto- tai korjaustilanteissa. Kiinnittäen erityistä huomiota juuri riskialttiisiin tilanteisiin altistumista tulee seurata joko työhygieenisin tai biologisin menetelmin ja pyrkiä altistumisen minimointiin. Yleisesti ottaen monien näiden aineiden osalta altistumista olisi tarpeen seurata nykyistä enemmän. Huomiota kiinnittää epäsuhta esimerkiksi bentseeni altistuviksi ilmoitettujen määrän ja biomonitorointimittausten määrän välillä. ASA-rekisteriin ilmoitettiin vuonna 2002 bentseenille altistuneiksi 1 456 työntekijää. Kuitenkin altistumistasoja seurattiin vuonna 2003 vain noin 60 henkilöltä biomonitoroinnilla ja ilman bentseenipitoisuusmäärittäyksiä on tehty lähinnä alakohtaisissa tutkimuksissa. Tämä kuvastaa joko sitä, että mahdollista altistumista ei seurata tai sitä, että ASA-rekisteriin ilmoitetaan myös sellaisia työntekijöitä, joiden altistuminen on vähäistä eikä altistumista sen takia seurata mittauksin. Suurimmalta osin kyse lienee kuitenkin ensin mainitusta vaihtoehdosta.

Uudet herkäät altistumisen biomarkkerit (esim. proteiiniadduktit) ovat mahdollinen apuväline seurattaessa työilman pienten pitoisuuksien aiheuttamaa altistumista. Tällä hetkellä Työterveyslaitoksessa on kehitteillä proteiiniaddukteihin perustuva biomonitorointimenetelmä 1,3-butadieenille. Samankaltaista menetelmää on mahdollista soveltaa myös muiden samankaltaisten aineiden (esim. karsinogeenisten, pienimolekyylisten epoksidien) altistumisen monitorointiin.

Edellisten lisäksi erityishuomiota tulisi kiinnittää aineisiin, jotka on vastikään todettu karsinogeenisiksi ja joita käytetään teollisuudessa laajamittaisesti myös pienellä ja keskisuurella sektorilla, jossa riskien hallinta ei yllä suurten yritysten tasolle. Tässä kappaleessa käsitellyistä aineista esille nousee trikloorietyleeni, joka on genotoksinen karsinogeeni. Sille ei siten ole mahdollista asettaa kynnysarvoa, jonka alapuolella riskiä ei ole. 1990-luvulla metallien rasvanpoistossa käytettiin laajalti 1,1,1-trikloorietaania, mutta otsonikerrokseen aiheutuneiden vaikutusten vuoksi sen käyttö kiellettiin, ja nykyisin sen on ainakin osittain jälleen korvannut trikloorietyleeni. Sen HTP<sub>8h</sub>-arvo on 30 ppm (160 mg/m<sup>3</sup>), joka on esimerkiksi suurempi kuin tetrakloorietyleenin, kloroformin tai hiilitetrakloridin HTP-arvot. Monissa tilanteissa



(esim. metallien rasvanpoistossa) tämäkin arvo saattaa ylittyä tai pitoisuudet ilmassa ovat olleet lähellä HTP-arvoa. Erityisesti tulisi miettiä vaihtoehtoja trikloorietyleenin korvaamiseksi muilla vähemmän haitallisilla aineilla. Myös HTP-arvon uudelleenarviointia tulisi harkita syöpävaarallisuuden valossa.

Lisääntymisvaarallisten glykolieettereiden käyttö on viime aikoina vähentynyt, kun niitä on pitkälti korvattu vähemmän haitallisilla glykolieettereillä. Tämän kehityksen jatkumisesta tulisi kuitenkin huolehtia, sillä näitä aineita käytetään vielä tietyissä käyttötarkoituksissa ja altistuminen saattaa joissain tilanteissa ylittää työhygieniset raja-arvot. Myös lisääntymisriskille haitallisia ftalaatteja on pyritty muovituoteteollisuudessa korvaamaan muilla haitattomammilla ftalaateilla. DEHP:tä käytetään kuitenkin edelleen vielä paljon muovituoteteollisuudessa. DPB:tä käytetään muissa tarkoituksissa, joista altistumistieto on puutteellista. Riskien hallinnan parantamiseksi DBP:lle tulisi harkita HTP-arvon asettamista ja DEHP:n nykyinen HTP-arvo tulisi tarkistaa ottaen huomioon lisääntymisriskit.

Anestesiakaasuista erityisesti typpioksiduulille altistumiseen hammashoitoloissa ja sairaaloissa sekä halotaanialtistumiseen eläinanestesioiden yhteydessä tulisi kiinnittää huomiota ja altistumista seurata nykyistä enemmän. Eläinanestesoissa isofluraani on ainakin osittain korvaamassa halotaanianestesiaa, mikä on hyvä asia työntekijöiden lisääntymisriskien kannalta. Rikkihiilialtistumista kyetään seuraamaan biologisin altistumismittauksin. Niitä onkin viime vuosina tehty kiitettävästi, ja altistumistasoissa on näkynyt laskeva suunta viimeisen kymmenen vuoden aikana.

Altistumistieto on hyvin puutteellista formamidin, n,n-dimetyyliformamidin sekä uusien vastikään lisääntymisriskille vaarallisiksi todettujen n-metyyli-2-pyrrolidonin ja booriyhdisteiden osalta. Erityisesti altistuminen booriyhdisteille eri käyttökohteissa tulisi selvittää ja asettaa näille aineille lisääntymisriskille vaaralliset ominaisuudet huomioivat työhygieniset raja-arvot. Koska booriyhdisteitä ei ole vielä luokiteltu EU:ssa lisääntymisriskille vaarallisiksi, niitä ei ole tällä hetkellä otettu huomioon esimerkiksi erityisäitiyslomasäädöksissä.

## Yhteenvedo käytössä olevista kemikaaleista (taulukko I A ja I B)

Toimittanut Marika Lehtola

Kaikkia kemikaaleja ei voida jakaa vain yhteen kemikaaliryhmään kuuluvaksi, joten kemikaali voidaan mainita useammassa kohdassa. Lukutiedoissa voi esiintyä eroja selvityksen teksteihin verrattuna (muista tällöin tarkistaa lähde tai arvio). Taulukoissa voi olla myös sellaista lisätietoa, jota ei ole mainittu selvityksen teksteissä.

Taulukko I A. Käytössä olevien kemikaalien tuotanto tai käyttö (↑ = lisääntyä, ↓ = vähenee, ↑↓ = pysyy ennallaan), tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä, tärkeimmät terveyshaitat tai syöpävaarallisuus ja lisääntymisvaarallisuus, keskeisiä tiedonaukkoja sekä tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset. Tässä viimeisessä sarakekeässä tarkastellaan keinoja, joita voidaan käyttää ilmanvaihtoteknisten (yleisilmanvaihto, kohdepoistot, kotelointi) parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi, sekä muita tärkeitä huomioon otettavia asioita

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
mineraalipölyt kvartsi		kaivos-, louhinta-, kivi- ja rakennustyö, valimotyö, savi- ja kivituohteiden valmistus, hiekkapuhallus ja hionta	pölykeuhkosairaus eli silikoosi, erityisesti silikoosipotilailla lisääntynyt keuhkosyöpäriski		työolojen valvonta, työntekijöiden terveyssuranta, aineiden korvaaminen muilla tuotteilla, pölyttömien työmenetelmien ja työkalujen käyttöönotto
synteettiset mineraalikulidut	↑	rakennusteollisuus, mineraalivillojen tuotanto	ärsyttää hengitysteitä, silmiä ja ihoa, osa keraamisista kuiduista aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa hengitettynä		keraamisille kuituille kuitupitoisuuden raja-arvon asettaminen, biomonitorointimenetelmän validointi (nenähuuhtelumenetelmä)
<b>orgaaniset pölyt</b>					
jauhapöly	altistuvien määrä vähenee	elintarviketeollisuus (leipomot)	allerginen nuha ja astma, silmätulehdukset, kosketusurtikaria, proteiinikosketusihottuma	prosessien apuaineiden mm. entsyymien terveysvaikutuksia ei tunneta	työympäristön järjestys ja siisteys, toimintatavat, HTP-arvon tarkistaminen
kasvipöly	altistuvien määrä vähenee	maatalous	ks. jauhopöly		työympäristön järjestys ja siisteys, toimintatavat

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
eläinpöly	altistuvien määrä vähenee	maatalous (kotieläintalous), eläinlääkärit, koe-eläinten hoitajat	ks. <i>jauhöpöly</i>		ks. <i>kasvipöly</i>
endotoksiinit	↑↓	maatalous, jätteala, <i>metalliteollisuuden leikkuneesteet ks. taulukko II A</i>	krooninen bronkiitti, kuumeoireilu (ODTS), allerginen nuha, astma, iho-oireet		ks. <i>kasvipöly, työstönesteiden puhtauden varmistaminen ks. leikkuneesteet taulukko II A</i>
puupöly	↑↓	puutoimialat, rakentaminen, massa- ja paperiteollisuus, metalliteollisuus	hengitystiehaitat, astma, ihottumat, nenäsyöpä, kovapuupölyt syöpävaarallisia (IARC)	ei tarvittavaa luotettavaa tietoa oireiden ja puupöly-altistumisen annos-vaste-suhteista, vaikutusten arviointia vaikeuttaa seka-altistuminen	HTP-arvon tarkistaminen, prosessitekniset muutokset, tammi- ja pyökkipölylle altistuvien ilmoittaminen ASA-rekisteriin vuoden 2005 alusta
<b>metallit</b>				onko HTP-arvoja asetettaessa huomioitu merkittävänä altistumistienä pölyn joutuminen käsistä huulille tai suuhun?	terveysperusteisten ja hyviin työtapoihin perustuvien toimenpiderajojen asettaminen, normiston luominen saatuneen maan ja ongelmajätteiden käsittelyyn, vaaroista tiedottaminen
alumiini	↑	kuljetusvälineiden ja säiliöiden valmistus, rakennusteollisuus, alumiinin työstäminen (MIG-hitsaus ja terminen alumiiniruisutus)	yksittäisiä tapauksia, joilla todettu erilaisia keuhkoihin liittyviä terveyshaittoja, myrkyllistä hermokuudokselle	altistumisen merkitys hermoston terveydelle edelleen epäselvä	suojaautuminen esim. puhaltavalla hitsausnaamarilla, tutkitaan altistumista mittaamalla virtsan alumiinipitoisuus, HTP-arvon tarkistaminen

arseeni		erityisesti kuparimetallien tuotanto (Cu, Ni, Zn), puunkyllästysaineiden valmistus ja käyttö, elektronikan arseeniseosteiden valmistus ja käsittely ongelmajätteiden käsittely, saastuneen maan käsittely	↑↓	erilaisia pitkäaikaisen altistumisen aiheuttamia haittoja, kuten ruuansulatuskanavan kasvaimet ja ihomuutokset, keuhkosyöpä, aiheuttaa vaaraa raskaudelle, eräät yhdisteet kuuluvat syöpä-sairauden vaaraa aiheuttavien aineiden sekä raskaudelle tai sikiön kehitykselle vaaraa aiheuttavien aineiden luetteloon	arseenin käyttömääristä ei tarkkaa tietoa, ei selvyyttä aiheuttaako ihosyöpää	altistumisen seuranta biomonitoroinnilla, riskialtista työntekijää ei saa käyttää altistavaan työhön, kyllästeiden käytön rajoittaminen, käsien pesu ja sen tärkeystä tiedottaminen myös ulkopuolisille alihankkijoiden työntekijöille
elohopea		kloorialkaliteollisuus, sähköteollisuus, ongelmajätteiden käsittely, sähköelektroniiikkaronun käsittely	↓	kertyy elimistöön (munuaiset ja aivot), pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa maksa-, munuais-, keuhko- ja hermostovaurioita, elohopea ja sen yhdisteet kuuluvat perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon	asuinrakennusten korjausrakentamisesta ja purkutystä ei altistumistietoja, sähköelektroniikkaronun käsittely	työolojen valvonta, työntekijöiden terveysseuranta, annettu useita erityismääräyksiä, uudet työmenetelmät kloorialkaliteollisuudessa, metallisen elohopean välitön poisto pinoilta
kadmium		kadmiointi, pintojen käsittely, sulatto- ja sulatustyöntekijät, valimotyöntekijät, hitsaajat ja kaasuleikkaajat, koneenkorjaajat, ongelmajätteiden käsittely, sähköelektroniikkaronun käsittely, väriainien sulatus, lasitteiden käsittely (tupakointi)	↑	kertyy elimistöön (maksa ja munuaiset), munuaisvaurio, kemiallinen keuhkokuume, voi aiheuttaa kroonisia keuhkosairauksia ja mahdollisesti keuhkosyöpää, voi lisätä osteoporoosia	epätarkka yhteys työpaikan ilman ja työntekijöiden virtsan kadmium-pitoisuuksien välillä	huomioitava käsien pesu, puhaltavat hengityksensuojaimet, HTP-arvon tarkistaminen, lisääntymiselle vaarallisiin ja perimää vaurioittaviin aineisiin luokittelu meneillään EU:ssa

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (Ilmanvaihtoteknisten paramnusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
koboltti	↑	kemikaaliteollisuus, pulverinvalmistajat, kovametalliterien hioijat, kobolttipinnoittajat (hitsaus) (tupakointi)	astma, allerginen nuha, ja kosketusihottuma, kovametalipöly-keuhkosairaus, kardiomyopatia, kohonnut keuhkosyöpäriski	tupakoinnin määrän vaikutus altistumattomien henkilöiden virtsan kobolttipitoisuuteen	huomioitava käsién pesu, puhaltavat hengityksensuojaimet, hitsausrobottien hyödyntäminen, altistumisen seuranta
kromi	↑	kaarihitsausprosessit, ohut- ja paksulevy- sekä konepaja- ja rakennusmetallitoita tekivät, koneasentajat, hitsaajat, kaasuleikkaajat ja -polttajat, kromiparkittujen nahkakäsineiden käyttäjät	ärsytysohottuma, allerginen ihottuma, kromihaavaumat, astmaattisia reaktioita, keuhkosyöpä, nenän sivuontelon syöpä, kromaattit aiheuttavat syöpäsairauden vaaraa ja kuuluvat perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon, kromioksikloridi aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa hengitettynä sekä vaurioittaa perimää	kromin eri yhdisteiden imeytyminen elimistöön erilaisista ja virtsamääritysten tulosten arvioinnin helpottamiseksi tulisiikin asettaa useampia toimenpiderajaja nykyisten kahden lisäksi	huomioitava käsién pesu, kromin käyttörajoitus auton osissa, CCA-kyllästeiden käyttörajoitus, vastaavia rajoitteita suunnitella muuhun teollisuuteen, HTP-arvon tarkistaminen
lyijy	↑	valimotyöntekijät, sulatto- ja sulatusuuni-työntekijät, hitsaajat, kaasuleikkaajat, koneen- ja moottorin-korjaajat, muovityöntekijät, elektroniikka- ja teleasentajat, konepaja- ja rakennusmetallityöntekijät	kerääntyy luustoon, hemisyynteesin häiriöt, äkilliset tai pitkäaikaiset lyijymyrkytykset, aiheuttaa vaaraa raskaudelle, eräät lyijy-yhdisteet aiheuttavat syöpäsairauden vaaraa, lyijy ja sen epäorgaaniset yhdisteet kuuluvat lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon		huomioitava käsién pesu, altistumisen seuranta, toimenpiderajan tarkistaminen EU:n (SCoEL) muutosehdotuksen mukaiseksi

mangaani		↑↓	ruostumattoman teräksen valmistajat, ruostumattoman teräksen ja mangaaniteräksen manganit ja hioijat	syövyttää ylempiä hengitysteitä, ihoa, silmiä ja limakalvoja, nesteeseen kertyminen keuhkoihin, ärsyttää kudoksia, neurologisia vaikutuksia	virtsamääritysten tuloksiin vaikuttavat henkiön nauttima ravinto sekä aterioinnin ja näytteenoton välinen aika, vähän tietoa altistumisen tasosta ja seurannasta	selvitetään mangaanin työperäinen osuus, käsien pesu, puhaltavat hengityksensuojaimet, hitsausrobottien hyödyntäminen
nikkeli		↑	elektrolyytissä puhdistuksessa työskentelevät, koneasentajat, ruostumattoman, haponkestävän tai erikoisteräksen työstössä hitsausta ja levysepäntöitä tekevät	allerginen kosketusihottuma, astma, keuhkokuume, keuhkosityöpä, nenäsyöpä, nikkeli ja sen epäorgaaniset yhdisteet luokiteltu syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviksi, nikkeliyhdisteitä luokiteltu myös syöpää aiheuttavia, perimää vaurioittavia ja lisääntymiselle vaarallisia aineita koskevassa uudessa asetuksessa (VNa 623/2004)	nikkelin eri yhdisteiden imeytyminen elimistöön erilaisista ja virtsamääritysten tulosten arvioinnin helpottamiseksi tulisiikin asettaa useampia toimenpiderajoja nykyisten kahden lisäksi	niukkaliukoille yhdisteille turvallisen pitoisuustason asettaminen, käsien pesu, puhaltavat hengityksensuojaimet, hitsausrobottien hyödyntäminen
sinkki		↑	sinkin ja sinkkipitoisten metallien sulatus, hitsaus ja juotto, metalliseosten valmistus, sinkkipitoisten aineiden valu, polttoleikkaus ja hionta, sinkitys	sinkkidioksidihuuroidut voivat aiheuttaa äkillisen metallikuumeen, sinkkikloridi voi ärsyttää ja syövyttää ihoa, silmiä, nenää, hengitystiehyteitä ja keuhkoja, myrkytys	biomonitointi: ei osoitettu varmuudella työperäisen altistumisen johtavan selvään sinkkipitoisuuden kohoamiseen virtsassa	altistumista seurattava määräajoin (vaikutukset äkillisiä), toimenpiderajan asettaminen, altisteen korvaaminen muulla vaihtoehdolla

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
orgaaniset liuottimet ja moolttoaineet					
alifaattiset hiilivetyliuottimet	↑↓	talonrakennus, maalien, lakkojen, painovärien ja liimojen valmistus, maalaus, lakkaus, painot, pesu	höyryt voivat ärsyttää silmän sidekalvoa, nenän ja nielun limakalvoja sekä hengitysteitä, ärsytykosketusihottuma, höyryjen hengittäminen vaikuttaa hermostoon, pitkäaikainen altistuminen höyryille voi vahingoittaa hermostoa ja aiheuttaa kroonisen luotin-	työtehtävä- ja toimialakohtaisia keskimääräisiä altistumistasoja tunnetaan huonosti, erityisesti pientyöpaikoilta vähän mittaustietoa	altistumisen arviointi, riskinarviointi, korvaaminen vähemmän haihtuvalla tai vaarallisella aineella, hyvät käyttöohjeet ja opastus, oikean käsinemateriaalin valinta, suojaimen oikea säilytys ja huolto, etyleeniglykoleettereiden ja niiden asetaattien korvaaminen, raskauden aikaisen altistumisen välttäminen ja seuranta, HTP-arvot yleisimmin käytetyille liuottimille (esim. TAME, glykoleetterit sekä niiden asetaatit)
aromaattiset hiilivedyt (ei styreeniä)	↑↓	talonrakennus, maalien, lakkojen, painovärien ja liimojen valmistus, maalaus, lakkaus, painot, pesu	myrkytyksen, näköhäiriöt, yksittäisillä liuottimilla voi olla myös muita vaikutuksia, kuten karsinogeenisuus (syöpäsairauden vaaraa aiheuttavat bentseeni, trikloorietyleeni ja 1,2-dikloorietaani, syöpäsairauden vaaraa epäillään aiheuttavan: kloroformi, hiilitetrakloridi, metyleenikloridi ja tetrakloorietyleeni) ja vaikutukset lisääntymis-		
oksygenoidut hiilivetyliuottimet (ei metanolia)	↑	talonrakennus, maalien, lakkojen, painovärien ja liimojen valmistus, maalaus, lakkaus, painot, siivous	terveyteen (esim. etoksietyylietteri ja sen asetaatit perimälle vaarallisia ja voivat heikentää hedelmällisyyttä)		
klooratut hiilivetyliuottimet	↓	metallien liimaus, maalinhoito ja rasvanpoisto, tekstiilien kemiallinen pesu, lääketeollisuus, laboratoriot, ongelmajätteiden keräys ja käsittely			
bensiini dieselöljy	↑	tuotanto, kuljetus (lastaus ja purku), ajoneuvojen korjaus, tuotantoprosessien huoltotehtävät			

<b>styreeni</b>		↑	lujitemuoviteollisuus, veneiden valmistus, muovityöntekijät	ärsyttää ylähengitysteiden limakalvoja, silmiä ja ihoa, ärsytykosketusihottuma, päänsärky, huonovointisuus, alentaa korkeiden äänien havaitsemiskykyä, voi aiheuttaa keskushermoston toiminnan häiriöitä, genotoksinen	epäillään liittyvän vertamuodostavan kudoksen syöpiin	suljetummat ja automaattisemmat työmenetelmät, kokonaisvaltainen biomonitointi tärkeää selvittäessä parannustarpeita ja minimoitaessa riskejä
<b>muovit</b>		↑↓	muoviteollisuus, myös materiaalin hitsaus ja polttoleikkaukset	voi ärsyttää silmien, nenän ja hengitysteiden limakalvoja sekä ihoa, metyyli-isoosyanaatti aiheuttaa keuhkofibroosiin johtavaa keuhkotulehdusta	muovin tyyppi ja sen sisältämät lisäaineet eivät aina tiedossa, onko menetelmässä aina huomioitu riittävä lämmön tuotto polymeerin ja lisäaineiden hajottamiseen	oikeat työmenetelmät, lämpöhajoamistuotteista saatava lisää tietoa, luotettavia määritysmenetelmiä tulisi kehittää ilmassa esiintyvillä radikaaleilla sekä muille lyhytikäisille väliaineille
<b>PAH</b>		↑↓	koksaamot, puun kreesoottikyllästys, valimot, kivihiilipien, -tervan ja maaöljy-pohjajisten tuotteiden käsittely, pakokaasualtistuminen, palomiehet	voi ärsyttää hengitysteitä, ihoa ja silmiä, PAH-yhdisteet luokiteltu syöpävaaralliseksi, kuuluvat perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon	paljonko tapahtuu altistumista käsien kautta suuhun, pitoisuudet ilmassa eivät yksinään kuvaa altistumista	prosessit, työmenetelmät, korvaaminen vähemmän vaarallisella aineella, käsien pesu, eräiden yhdisteiden HTP-arvojen asettaminen tai tarkistaminen, biomonitoinnin toimenpiderajan asettaminen
<b>kaasumaisia yhdisteitä</b>						
haihtuvat rikkiyhdisteet		↑↓	rikkihappoteollisuus, raakaöljyn jalostus, metallitehtaat, sulfaattiseluloosan valmistus, maan-, metsän- ja puutarhanviljelijät, "jätevesien käsittely"	ärsyttää nenää, kurkkua, silmiä, limakalvoja ja hengitysteitä, krooninen keuhkoputkentulehdus, ns. kaasusilmä, vaikuttaa hermostoon	rikkivedyn krooniset vaikutukset kiistanalaisia	tuotantolaitosten oikea suunnittelu (laitteistojen sijoittelussa tuotantotiloissa huomioitava päästölähteet ja työntekijät), automaatio, vuotojen minimoiminen



altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten paramausten ja henkilönsuojainten lisäksi)
kloori ja klooridioksidi	↓	kloorikemikaalien valmistus, sellun valkaisu, pintavesilaitokset	ärsyttää ja syövyttää silmiä, nenää, kurkkua ja ihoa, krooninen keuhkoputkentulehdus, keuhkopöhö onnettomuusilanteissa, RADS-oireyhtymä, kloorivety myrkyllistä	hetkelliset altistumiset suurille pitoisuuksille, todelliset ammattitapaukset diagnoosikäytännön puutteiden vuoksi	lyhytaikaisten altistumishuippujen leikkaaminen teknisin toimenpitein, suojautumalla oikein, työntekijöiden opastaminen, suuronnettomuusvaarojen huomioiminen
otsoni	↑↓	hitaajat, vuotojen seurauksena vesilaitoksilla ja selluloosatehtailla	ärsyttää silmiä, nenää ja hengitysteitä, kudospaisumat, sidekudoksen liikkasvu, hengitysteiden limakalvojen tulehtuminen, keuhkojen vakava tulehdusreaktio, keuhkoödeema	otsonia tuottavien ilmanpuhdistimien otsonipäästövirtoja tutkittu vähän, ei tarpeeksi tietoa otsonin ja sisäilman epäpuhtauksien reaktioissa syntyvistä yhdisteistä	alipaineistaminen, säännölliset huollot, otsonia tuottavien ilmanpuhdistuslaitteiden käyttöä sisäilman laadun parantamiseksi tulisi välttää (automaattiset kytkentälaitteet, monitorointi)
hiilimonoksidi	↑↓	metallialia (hitsaus, valimo, koksas), moottoriajoneuvojen, työkoneiden ym. kuljettajat	estää hapen kulkeutumista kudoksiin, hengenahdistus, päänsärky, pahoinvointi, tajunnan menetyt, luokiteltu sikiölle vaaralliseksi ja kuuluu perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon		tunnistettava erityisesti pienteollisuudessa prosessit, joissa vapautumista työympäristöön tapahtuu, koneiden säännölliset huollot, vähäpäästöisten vaihtoehtojen kehittäminen, tupakkasäädökset
typen oksidit (typpioksidit ja typpidioksidi)	↑↓	hitsaus, polttoleikkaus, kaivos- ja tunnelityö, pakokaasut (taksikuskit, autonasentajat, katsastusmiehet ja parkkipirkot), lannoitteellisuus	vaikuttaa alempiin hengitysteihin ja keuhkojen toimintaan, toksinen keuhkoödeema	typpioksidille ja -dioksidille altistutaan samanaikaisesti, mutta mittaus tuloksissa ei aina eritellä eri raja-arvon omaavia oksideja, lisääntymisterveyden vaikutuksista ei tutkimustietoa, onko typpioksidin terveysvaikutuksista riittävästi tietoa sen HTP-arvon alentamiseksi?	hitsauksessa mahdollisimman pieni poltin, polttoväli ja asetyleenin tilalla polttokaasuna esim. propani, muiden kuumenusmenetelmien käyttö, oikeantyyppiset hengityksensuojaimet

<p><b>hengitystie-herkistäjät</b></p> <p>formaldehydi</p>		<p>huonekalutyöntekijät, puulevytyöntekijät, maalarit, lakkaajat, lattiatyöntekijät, valimotyöntekijät, teollisuusompelijat, työntekijät ureaformaldehydi-tehtaissa, palomiehet, altistumista myös toimistotyössä ja kotona</p>	<p>ärsyttää nenää, kurkkua ja silmiä, hengitysteiden herkistyminen, myös allerginen kosketusihottuma, aiheuttaa syöpää (IARC)</p>	<p>astmasta ei näyttää tai toisaalta mahdollisesti ali-diagnosoitu, MDF- ja HDF-levyjen emissioita ja merkitystä ei tunneta kunnolla</p>	<p>yleisesti korvaaminen muilla tuotteilla, happokovettuvien lakkojen käytön vähentäminen tai kokonaan lopettaminen, tuotteisiin tulisi merkitä paremmin myös pienet pitoisuudet (alle 100 ppm), uudempien puulevyjen aiheuttamaa altistumista tulisi selvittää</p>
<p>happo-anhydritit</p>	<p>↑</p>	<p>polyesterihartsin valmistus, muovituotteiden laminointi, kesto-muovin polymeerointi, sähkö- ja elektroniikka-teollisuudessa epoksihartsin käyttö, telakkateollisuudessa laivan kansien kuumennus, maali- ja painoväriteollisuus</p>	<p>ärsyttää limakalvoja, nenäverenvuoto, astma, nuha, allerginen silmän sidekalvon tulehdus, keuhkosairaus-anemia-syndrooma, myös ärsytykosketus-ihottuma, kosketusurtikaria</p>	<p>perimärykkyllisyydestä tai vaikutuksista lisääntymis-terveyteen ei ole tietoa</p>	<p>altistumisen tunnistaminen ja riskinarviointi, opastus, työn mahdollinen eristäminen muusta toiminnasta, automatisointi, kaikille happoanhydrideille HTP-arvon asettaminen, joidenkin käyttö mahdollisesti luvanvaraiseksi</p>
<p>isosyanaatit</p>	<p>↓</p>	<p>polyuretaanimaalin ruiskutus, vaahtomuovin valmistus ja työstö, kaukoliämpöputkien hitsaus, kipsaajat</p>	<p>ärsyttävät hengitysteitä ja silmiä, herkistävät hengitysteitä (astma), kemiallinen keuhkoputken-tulehdus ja keuhkotulehdus (TDI), myös herkistävät ihoa (allerginen kosketus-ihottuma ja kosketusurtikaria)</p>	<p>herkistymisen kynnyksarvoa ei tunneta, HDI-isosyanaattien perimärykkyllisyydestä, mutageenisuudesta tai syöpävaarallisuudesta ei ole tietoa</p>	<p>herkistymisen kynnyksarvoa tulisi tutkia, työhygieenisten ohjeraja-arvojen alentamista tulisi harkita, erityisesti korjaamo-omistajien ja automaalarien opastus tulee huomioida</p>

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten paramnusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
ihoa herkistäviä aineita			allerginen kosketusihottuma tai allerginen kosketusurtikaria		
akrylaatit ja metakrylaatit		erityisesti hammashoitajat, -lääkärit ja -teknikot, jonkin verran myös putkityöntekijät, koneasentajat, konepaja- ja metallituotteiden kokoojat, sähkö- ja teleteknisten tuotteiden kokoojat sekä optikot (ruuvilukitteet ja pikaliimat), UV-valolla kovettavien akrylaattimaalien, -lakkojen ja -liimojen sekä -painovärien käsittelijät ja akryylipohjaisten lattia- ym. pintoitteiden levittäjät, kosmetologit ja manikyristit (rakennekynsien valmistus ja tekokynsien liimaus)	voivat lisäksi ärsyttää ihoa, hengityselimiä ja limakalvoja, ärsytykosketusihottuma, voivat aiheuttaa jonkin verran hengitystieyliherkkyyttä ja hermostollisia oireita, huumavaa vaikutus		suojakäsineiden oikea käyttö ja materiaali, työhön opastus, käyttöturvallisuustiedotteet luotettaviksi ja ajan tasalle, tiedotettava allergiavaarasta, hammashoitotyössä tulisi estää ihokosketus kovettumattomiin muovimateriaaleihin
epoksihartsit, reaktiiviset ohenteet ja kovettimet	↑	maalaus- ja talonrakennustyö, sähkö- ja elektroniikkatuotteiden kokoamistyö	lisäksi allerginen astma ja nuha, kovettimet ja lämpöhajoamistuotteet voivat ärsyttää ihon lisäksi silmiä, nenää ja hengitysteitä		suojakäsineiden oikea materiaali (PE/EVOH/PE, esim. 4H), oikea hengityksensuojain (tyyppi P3A2), työtapojen suunnittelu, allergiavaaroista tiedottaminen erityisesti rakennusallalla

kumi ja kumi-kemikaalit		kumiteollisuus, renkaiden, jalkineiden ja pinnoitusmateriaalien valmistus, valmiin kumituotteen, kuten käsiineen käyttö (esim. hammashoitajat, -lääkärit, sairaanhoitajat ja siivoajat)	sekä allerginen kosketushoittuma (kumin valmistus ja kaikki kumituotteet) että kosketusurtikaria (lateksiallergia, luonnonkumin proteiinit)	luonnonkumin aiheuttaman kosketusurtikarian ilmaantuvuutta selvitetty Suomessa viimeksi v. 1991–1996	luonnonkumiallergiiset: käytetään muovista tai synteettisestä kumista valmistettuja tai puuterittomia luonnonkumista valmistettuja tutkimus- ja leikkauskäsitteitä, joissa vähän proteiiniperäisiä allergeeneja, kehitteillä kansainvälinen standardi kumikemikaaliallergiesten tulee välttää ihokosketusta kaikille kumituotteille
<p><b>Muita merkittäviä syöpävaarallisia ja lisääntymiselle vaarallisia aineita, joita ei ole mainittu aiemmin tässä taulukossa EU:ssa ja Suomessa syöpävaaralliseksi luokitellut aineet katsotaan myös lisääntymisterveydelle vaaraa aiheuttavaksi (VNa 1335/2004). Erityisäitysvapaaohjeistuksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä sellaisissa tehtävissä, joihin liittyy altistumista näille aineille.</b></p>					
<b>altiste</b>	<b>tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)</b>	<b>tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä</b>	<b>tärkeimmät terveyshaitat sekä syöpävaarallisuus ja lisääntymisvaarallisuus</b>	<b>keskeisiä tiedonaukkoja</b>	<b>tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)</b>
tupakansavu	↓	ravitsemus- ja majoitusala, rakennusala	Suomessa luokiteltu syöpävaaralliseksi ja lisääntymiselle sekä raskaudelle vaaraa aiheuttavaksi, lisää sydän- ja verisuonitautien riskiä		tupakkalaki, kiellot ja rajoitukset työntekijöiden tahattoman altistumisen estämiseksi
bentseeni	↓	metallurginen koksaus, bentseenin valmistus, bensiinin valmistus ja kuljetus, moottoreiden korjaus, ongelmajätteiden käsittely, saastuneen maan kunnostus, palomiehet	aiheuttaa syöpä sairauden vaaraa ja kuuluu perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon, leukemia, allerginen kosketushoittuma	altistumistasoja ei tunneta kattavasti esim. huoltotöissä	kaikkea ihokosketusta tulee välttää, altistumisen seuraaminen ilmamittauksilla ja biomonitoirinnilla (ei saa käyttää yleiseen kulutukseen myytäväksi tarkoitetuissa kemikaaleissa)

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat sekä syöpävaarallisuus ja lisääntymisvaarallisuus	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilösuojainten lisäksi)
akryyliamidi	↑	polyakryylamidin valmistus, tutkimus, kehitys, koulutus	aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa ja kuuluu perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon	ei mittaustietoa altistumisesta laboratorioissa	altistumisen seuraaminen mittauksilla
1,3-butadieeni	↑↓	butadieenin valmistus ja styreeni-butadieenilateksin valmistus	genotoksinen, mutageeninen, leukemia		kiinnitettävä huomiota altistavimpiin työvaiheisiin
hydratsiini	↓	voimalaitokset, ympäristönhuolto	aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa ja kuuluu perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon, genotoksinen	altistumistasoista vähän mittaustuloksia	yhdisteen korvaaminen
akrylnitriili	↑	lateksiteollisuus, elektroniikkateollisuus	aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa ja kuuluu perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon, genotoksinen	ei tietoa altistumisesta elektroniikka-teollisuudessa	huomioidaan mahdollinen altistuminen normaalista poikkeavissa tilanteissa, kuten huoltojen ja korjausten yhteydessä
solunsalpaajat	↑	sairaanhoidajat, farmaseutit, kemianteollisuuden prosessinhoitajat (ongelmajätteiden käsittely)	genotoksisia karsinogeenisiä		ohjeistus ja työtavat, ihon suojaus, valtakunnallista ohjeistusta apteekki- ja hoitotyössä laaditaan parhailaan

karsinogeeniset epoksidit	epikloori- hydriini ↓	kemistit, opettajat, laborantit, prosessinhoitajat, sairaanhoitajat, biologit	epikloorihydriini sekä etyleeni- ja propyleenioksidi aiheuttavat syöpäsairauden vaaraa ja kuuluvat perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon, allerginen kosketusihottuma	ei tehty mittauksia propyleenioksidille	altistavien työvaiheiden tunnistaminen
	etyleeni- oksidi ↑	sairaanhoitajat, välinehuoltajat, siivoojat			
vinyylidikloridi	↓	PVC:n tuotanto, klooratuilla hiilivedyillä saastuneen maan käsitteleminen	todettu aiheuttavan harvinaista maksasyöpää, genotoksinen		altistuminen voi olla merkittävää onnettomuustilanteissa
karsinogeeniseksi epäillyt klooratut hiilivetyliuottimet (trikloorietyleeni, perikloorietyleeni, metyleenidikloridi, kloroformi, hiilitetrakloridi, 1,2-dikloorietaani, 1,1,2,2-tetrakloori- etaani)	↓	metallien rasvanpoisto, metallien liimaus, lääketeollisuus, maalipoisto, polyuretaanivaluot, muovituotteiden painanta, kemiallinen pesu, ongelmajätteiden käsitteleminen, saastuneen maan kunnostus	trikloorietyleeni aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa ja kuuluu perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon syöpäsairauden vaaraa epäillään aiheuttavan: kloroformi, hiilitetrakloridi, 1,2-dikloorietaani, perikloorietyleeni, metyleenidikloridi	altistumisen laajuutta ja tasoa ei tunneta kattavasti vaaran arviointia varten, trikloorietyleenin käytön yleisyydestä rasvan poistossa ei ole arvioita, perikloorietyleenille altistuvista tekstiili- ja nahkateollisuudessa ei ole arviota	altistumisen selvittäminen, aineiden korvaaminen
<b>Muita erityisesti lisääntymisröydelle vaaralliseksi arvioituja aineita ja aineryhmiä, joita ei ole mainittu aiemmin tässä taulukossa</b>					
lisääntymiselle vaaralliset ftalaattit (DEHP, DBP)	↓	muovituotteiden valmistus ja työstö, puupinnan käsittely puusepäntuotteiden valmistuksessa	DEHP, DBP: vaarallista sikiölle ja voi heikentää hedelmällisyyttä allerginen kosketusihottuma	ei tietoa altistumisesta DBP:lle mm. maali-, liima- ja painoväri-teollisuudessa	korvaaminen vähemmän vaarallisilla aineilla (esim. DIDP ja DINP), DEHP:n nykyinen HTP-arvo tulisi tarkistaa, DBP:n HTP-arvon asettamista tulisi harkita

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat sekä syöpävaarallisuus ja lisääntymisvaarallisuus	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
lisääntymis-terveydelle haitalliset glykoleetterit ja niiden asetaatit	↓	käytetään ohenteina muutamissa maaleissa, lakoissa, liimoissa ja pesuaineissa	EGEE, EGEEA: vaarallista sikiölle ja voi heikentää hedelmällisyyttä DEGME: voi olla vaarallista sikiölle	vähän tietoa altistumistasoista 2000-luvulta	huomioitava aineiden hyvä imeytymiskyky ihon läpi, korvaaminen turvallisemmilla glykoleettereillä ja niiden johdannaisilla
anestesiakaasut (typpioksiduuli, halotaani, enfluraani, isofluraani, sevofluraani, defluraani)	↑	sairaaloiden anestesiälääkärin ja hoitajat, eläinlääkärit ja heitä avustava henkilökuunta, hammaslääkärit ja heitä avustava henkilökuunta	Suomessa luokiteltu raskaana olevan ja sikiön terveydelle vaaraa aiheuttavaksi	vähän tietoa altistumistasoista, erityisesti eläinlääkäri- ja hammaslääkäriasemilla	haitallisimpien aineiden korvaaminen vähemmän haitallisilla, biomonitointi (typpioksiduuli, sevofluraani), iv-anestesian hyväksi käyttö
riikkihiili	↑↓	viskoosikuitujen tuotanto, makkarankuorina käytettävien tekosuolien tuotanto	kuuluu perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle työssä vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon		biomonitointi
boorihappo ja boraatit	↑	selluvillan valmistus, boraattipitoisen puunsuoja-aineen käyttö	EU:ssa ehdotettu luokittelua sikiönkehitykselle ja hedelmällisyydelle vaaralliseksi	altistumisesta hyvin vähän tietoa	korvaaminen vähemmän vaarallisilla aineilla, valmisteilla EU:n riskinarviot
formamidi, n,n-dimetyyliformamidi, n-metyyli-2-pyrrolidoni	↑	käytetään liuottimena, maalin- ja tönrynpoitossa, raaka-aineena lääke- ja kemianteollisuudessa, laboratorio-kemikaalina, torjunta-aineissa	formamidi ja DMF vaarallista sikiölle	ei mittaustietoa altistumistasoista, DMF:n maksatoksisen vaikutusten kriittisyys verrattuna kehitystoksisuuteen	korvaaminen vähemmän vaarallisilla aineilla

Taulukko I.B. Käytössä oleville kemikaaleille työssä (pääasiassa hengitysteitse) altistuvat ja yli 10 % HTP-arvosta altistuvat vuosittain, altistumisen suunta eri ajanjaksoina, TFSR:iin ilmoitetut ammattitautitapaukset, (syöpä- ja lisääntymisvaarallisia aineista ASA-rekisteriin ilmoitetut työntekijät) ja biomonitoitointi (– = ei tilastoida tai ei tarkkaa tietoa, x = biomonitoitoinnille ei olemassa mittausten tuloja)

altiste	työssä altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	työssä yli 10 % HTP-arvosta altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	HTP <sub>8h</sub> :n ylittäneitä mittauksia %:na eri ajanjaksoina <sup>2</sup>	ilmoitetut ammattitautitapaukset v. 2002 <sup>3</sup>	biomonitoitointi <sup>4</sup> (henkilöä / v. 2004)
<b>mineraalipölyt</b>					
kvartsi	63 800	40 500	alveolijae 31 % v. 1994–1998 7 % v. 1999–2003	7	x
synteettiset mineraalikuudit	14 200	4 700	6 % v. 1994–2003	4	biomonitoitointimenetelmä kehitteillä
<b>orgaaniset pölyt</b>					
jauhopöly	8 900	7 200	26 % v. 1994–1998 13 % v. 1999–2003	jauhot, viljat ja rehut 123	–
kasvipöly	72 500	14 100 <sup>7</sup>	ei omaa HTP-arvoa	55	–
eläinpöly	63 200	900 <sup>7</sup>	ei omaa HTP-arvoa	124	menetelmä huonepöly- ja varastopunkkeille sekä eläinpeiteille kuten kissa, koira, lehmä ja hevonen (IgE-luokan vasta-aine)
endotoksiinit	arvio noin 70 000	–	HTP-arvoa ei määritetty	–	x
puupöly	65 000 <sup>8</sup> kovapuupöly 46 000 <sup>8</sup>	40 000 <sup>8</sup> kovapuupöly 5 000 <sup>8</sup>	4 % v. 1994–1998 2 % v. 1999–2003	puulajit 27	x



altiste	työssä altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	työssä yli 10 % HTP-arvosta altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	HTP <sub>8h</sub> :n ylittäneitä mittauksia %:na eri ajanjaksoina <sup>2</sup>	ilmoitetut ammattitautitapaukset v. 2002 <sup>3</sup>	biomonitorointi <sup>4</sup> (henkilöä / v. 2004)
<b>metallit</b>					
alumiini	arvioltaa noin 10 000 (hitsaus ja hionta, korundi ja alumiinioksidi hiontalajikoissa, pulverinvalmistus, valimotyö)	-	hitsaushuurut 10 % v. 1994-1998 24 % v. 1999-2003	-	532 (U-AI) 13 (S-AI)*
arseeni	1 300	700	4 % v. 1994-1998 21 % v. 1999-2003	2	553 (U-As-i)
elohopea	130-200 <sup>5</sup>	-	2 % v. 1994-1998 12 % v. 1999-2003	2	91 (B-Hg-i) 122 (U-Hg)
kadmium	1 200	200	hengittävää jae 10 % v. 1994-1998 0 % v. 1999-2003	2	233 (B-Cd) 263 (U-Cd)
koboltti	1 500 <sup>5</sup>	-	12 % v. 1994-1998 31 % v. 1999-2003	5	160 (U-Co)
kromi	26 600 lisäksi ihoaltistuminen (mm. nahkatuotteet)	1 000	kromaattit 2 % v. 1994-1998 2 % v. 1999-2003 (II, III)-yhdisteet 1 % v. 1994-1998 4 % v. 1999-2003	16	1 186 (U-Cr) 1 (B-Cr)
lyijy	4 500 <sup>5</sup>	2 900	25 % v. 1994-1998 (raja-arvo) 25 % v. 1999-2003 (raja-arvo)	5	730 (B-Pb)
mangaani	10 000 <sup>5</sup>	-	6 % v. 1994-1998 3 % v. 1999-2003	-	9 (B-Mn) 2 (U-Mn)

nikkeli	29 400 lisäksi ihoaltistuminen (mm. kolikot, työkalut ja muut esineet)	60	nikkeliyhdisteet 7 % v. 1994–1998 9 % v. 1999–2003	38	528 (U-Ni)
sinkki	500 <sup>5</sup>	-	sinkkioksidihuurut 2 % v. 1994–1998 5 % v. 1999–2003	2	51 (U-Zn)
<b>orgaaniset liuottimet ja moottoripolttoaineet</b>			liuotinaineiden yhteispitoisuus 12 % v. 1994–1998 13 % v. 1999–2003	ihotaudit 28 muut 24	
alifaattiset ja alisykliset hiilivetyliuottimet	7 600 <sup>5</sup>	1 600 <sup>5</sup>	heksaani 11 % v. 1994–1998 5 % v. 1999–2003 sykloheksaani 3 % v. 1994–2003 liuotinbenssiini kp > 110 °C, arom. < 1 % 2 % v. 1994–1998 8 % v. 1999–2003	-	heksaani 29 (U-HD)* sykloheksaani x
aromaattiset hiilivetyliuottimet (ei styreeniä)	7 600 <sup>5</sup>	3 000 <sup>5</sup>	tolueneeni 1 % v. 1994–1998 5 % v. 1999–2003 ksyleenit 7 % v. 1994–1998 5 % v. 1999–2003 liuotinbenssiini kp > 110 °C, arom. 1–20 % 1 % v. 1994–1998 0 % v. 1999–2003	-	tolueneeni 116 (B-Tolu) ksyleenit 129 (U-MetHippA)

altiste	työssä altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	työssä yli 10 % HTP-arvosta altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	HTP <sub>8h</sub> :n ylittäneitä mittauksia %:na eri ajanjaksoina <sup>2</sup>	ilmoitetut ammattitautitapaukset v. 2002 <sup>3</sup>	biomonitorointi <sup>4</sup> (henkilöä / v. 2004)
klooratut hiilivetyliuottimet	3 000 <sup>5</sup>	-	<p>metyylenikloridi 4 % v. 1994–1998 3 % v. 1999–2003</p> <p>trikloorietyyleeni 11 % v. 1994–1998 20 % v. 1999–2003</p> <p>perkloorietyyleeni 8 % v. 1994–1998 0 % v. 1999–2003</p>	-	<p>metyylenikloridin biomonitorointi: 58 (B-Hb-CO), joista suurin osa vain häälle altistuneita</p> <p>trikloorietyyleeni 24 (U-TCA)*</p> <p>perkloorietyyleeni 61 (B-PerkIET)</p>
oksygenoidut hiilivetyliuottimet (ei metanolia ja etanolia)	11 000 <sup>5</sup>	9 000 <sup>5</sup>	<p>etyyliasettaatti &lt; 1 % v. 1994–1998 2 % v. 1999–2003</p> <p>metyyliketoni 1 % v. 1994–1998 6 % v. 1999–2003</p> <p>propanolit 2 % v. 1994–1998 2 % v. 1999–2003</p> <p>liuotinbenssiini kp &gt; 110 °C, arom. &lt; 1 % 2 % v. 1994–1998 8 % v. 1999–2003</p> <p>metoksipropanoli 2 % v. 1994–1998 &lt; 1 % v. 1999–2003</p> <p>etoksietyyliasettaatti 16 % v. 1994–2003</p>	-	<p>etyyliasettaatti 1 (U-ETAS)*</p> <p>metyyliketoni 2 (U-MEK)*</p> <p>2-etoksietanoli tai sen asetaatti 7 (U-EAA)*</p> <p>2-butoksietanoli tai sen asetaatti 2 (U-BAA)*</p> <p>2-(2-etoksoetoksi)-etanoli 1 (U-EAAA)*</p> <p>2-(2-metoksoetoksi)-etanoli 1 (U-MEAA)*</p> <p>etyleeniglykoli 6 (U-Etgly)*</p> <p>propyleeniglykoli 8 (U-Progly)*</p>

moottoribensiini	5 500	1 600 (käytetty bentseeniin raja-arvoa)	bentseeni (sitova raja- arvo) 3 % v. 1994–1998 5 % v. 1999–2003	bentseeni 2	ei omaa biomonito- rointimenetelmää bentseeni 103 (U-MUKON) 31 (B-Bents)
<b>styreeni</b>	3 500 <sup>5</sup>	–	17 % v. 1994–1998 7 % v. 1999–2003	–	676 (U-MAPGA)
<b>muovit (lämpöhajoamiseen liittyvät tiedot puuttuvat)</b>	synteettinen polymeeripöly 4 000	synteettinen polymeeripöly 2 300	hartsit- ja muovipöly 6 % v. 1994–2003	muovit ja tekohartsit sekä näiden valmistuksessa käytetyt aineet 57	–
<b>PAH</b>	207 000 <sup>5</sup>	–	–	ammattitaueteja ei liene todettu, koska työpaikoilla altistutaan PAH:eja sisältävälle seoksille	pyreeni 108 (U-Pyr) naftaleeni 56 (U-Naftol)
<b>kaasumaisia yhdisteitä</b>					
haihtuvat rikkiyhdisteet	52 100	–	rikkidioksidi 3 % v. 1994–1998 0 % v. 1999–2003 rikkivety 2 % v. 1994–1998 13 % v. 1999–2003	rikkidioksidi 1	x
kloori ja klooridioksidi	1 200 <sup>5</sup>	–	kloori 13 % v. 1994–2003	kloori 3	x
otsoni	–	–	38 % v. 1994–1998 29 % v. 1999–2003	–	x
hiilimonoksidi	107 400	46 900	13 % v. 1994–1998 16 % v. 1999–2003	3	58 (B-Hb-CO)

altiste	työssä altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	työssä yli 10 % altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	HTP <sub>8h</sub> :n ylittäneitä mittauksia %-na eri ajanjaksoina <sup>2</sup>	ilmoitetut ammattitautitapaukset v. 2002 <sup>3</sup>	biomonitorointi <sup>4</sup> (henkilöä / v. 2004)
typen oksidit (typpioksidit ja typpidioksidit)	10 000 <sup>5</sup>	1 000	typpioksidit 0 % v. 1994–1998 0 % v. 1999–2003 typpidioksidit 5 % v. 1994–1998 3 % v. 1999–2003	–	x
<b>hengitystieherkistäjät</b>					
formaldehydi	13 900 lisäksi ihoaltistuminen (mm. tuotteet, joissa formaldehydi tai sen vapauttaja säilytteenä)	8 400	12 % v. 1994–1998 18 % v. 1999–2003	18	x
happoanhydritit	6 500 <sup>5</sup>	–	MA 86 % v. 1994–2003 PA 7 % v. 1994–2003 MTHPA, HHPA 0 % v. 1994–2003	astroja 0–3 <sup>5</sup> nuhia 1–7 <sup>5</sup> ihotauteja 1–5 <sup>5</sup>	x
isosyanaatti	1 000	30	4 % v. 1994–1998 (HTP <sub>15min</sub> ) 8 % v. 1999–2003 (HTP <sub>15min</sub> )	11	menetelmä tolueeni- ja metyleenidifenyyli-diisosyanaateille (U-TDA ja U-MDA), Työterveyslaitoksessa on kehitteillä isosyanaatille proteliniisitoutumis- tuotteisiin perustuva biomonitorointimenetelmä

iho herkistäviä aineita				allerginen kosketus- ihottuma 330 allerginen proteiinikosketus- ihottuma tai kosketusurtikaria 115	
akrylaatit ja metakrylaatit	10 500 (= hammashoitajat, -tekniikot ja -lääkärit) (ihoaltistuminen) lisäksi muita ammattiryhmiä	-	2-HEMA 0 % v. 1994–2003 MMA 2 % v. 1994–2003	allerginen kosketusihottuma 23	x
epoksihartsi, reaktiiviset ohenteet ja kovettimet	3 000 <sup>5</sup> (ihoaltistuminen)	-	hartsi- ja muovipöly 6 % v. 1994–2003	allerginen kosketusihottuma 28	x
kumi ja kumikemikaalit	1 600 <sup>5</sup>	-	-	proteiinikosketus- ihottuma tai kosketusurtikaria: luonnonkumi- proteiinit 9 allerginen kosketusihottuma: kumikemikaalit 60	x

<b>Muita merkittäviä syöpävaarallisia ja lisääntymiselle vaarallisia aineita, joita ei ole mainittu aiemmin tässä taulukossa EU:ssa ja Suomessa syöpävaaralliseksi luokitellut aineet katsotaan myös lisääntymissterveydelle vaaraa aiheuttavaksi (VNa 1335/2004). Erityisäitysvapaaohjeistuksen mukaan raskaana olevan ei tule työskennellä sellaisissa tehtävissä, joihin liittyy alitumista näille aineille.</b>						
<b>altiste</b>	<b>työssä altistuvia vuosittain<sup>1</sup></b>	<b>työssä yli 10 % HTP-arvosta altistuvia vuosittain<sup>1</sup></b>	<b>HTP<sub>8h</sub>:n ylittäneitä mittauksia %:na eri ajanjaksoina<sup>2</sup></b>	<b>ASA-rekisteriin ilmoitetut v. 2002<sup>6</sup></b>	<b>biomonitorointi<sup>4</sup> (henkiötä / v. 2004)</b>	
tupakansavu	103 500 (passiivinen)	-	-	11 939	7 (U-Cot)*	
bentseeni	-	-	ks. orgaaniset liuottimet	1 594	ks. orgaaniset liuottimet	
akryyliamidi	-	-	-	1 042	x	
1,3-butadieeni	-	-	-	295	Työterveyslaitoksessa on kehitteillä proteiinisisäytymis-tuotteisiin perustuva biomonitorointi-menetelmä	
hydratsiini	-	-	-	470	x	
akryyliinitriili	-	-	0 % v. 1994–2003	188	x	
solunsalpaajat	-	-	-	ifosfamidi 404 klorambusiili 219 melfalaani 316 syklofosfamidi 756	tutkimusnäytteitä 38 (U-syklofosfamidi, U-ifosfamidi) <sup>9</sup>	
karsinogeeniset epoksidit	-	-	etyleenioksidi 11 % v. 1994–2003	epikloorihydriini 203 etyleenioksidi 133 propyleenioksidi 16	x	
vinyylikloridi	-	-	-	90	x	
karsinogeenisiksi epäillyt hiilivetyliuottimet	hiilivetyliuottimia käsitelty aikaisemmin tässä taulukossa		kloroformi 9 % v. 1994–2003	kloroformi 1 448 hiilitetrakloridi 287 1,2-dikloorietaani 159 1,1,2,2-tetraklloori-etaani 65	menetelmä metyleenikloridille, trikloorietyleenille ja perkloorietyleenille, ks. hiilivetyliuottimet	

Muita erityisesti lisääntymisriskille vaaralliseksi arvioituja aineita ja aineryhmiä, joita ei ole mainittu aiemmin tässä taulukossa						
lisääntymiselle vaaralliset ftalaatit	-	-	-	-	-	x
lisääntymiselle haitalliset glykoleetterit ja niiden asetaatit (DEHP, DBP)	-	-	-	-	-	etyleeniglykolimono-etyyleetteri 7 (U-EAA)* dietyleeniglykoli-monometyyleetteri 1 (U-MEA)*
anestesiakaasut (typpioksiduuli, halotaani, enfluraani, isofluraani, sevofluraani, defluraani)	-	-	-	typpioksiduuli 14 % v. 1994–1998 14 % v. 1999–2003	-	biomonitorointi- menetelmä kehittyneillä typpioksiduulille ja sevofluraanille
riikkihiili	-	-	-	-	-	262 (U-TTCA)
boorihappo ja boraatit	-	-	-	-	-	x
formamidi ja n,n-dimetyyli-formamidi, n-metyyli-2-pyrrolidoni	-	-	-	-	-	x

<sup>1</sup> FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2001–2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

<sup>2</sup> Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset v. 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

<sup>3</sup> Riihimäki H, Kurppa K, Karjalainen A ym.: Ammattitaudit 2002. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

<sup>4</sup> Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2004. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 15. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

<sup>5</sup> tieto poimittu tästä selvityksestä

<sup>6</sup> Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

<sup>7</sup> verrattu orgaanisen pölyn HTP-arvoon 5 mg/m<sup>3</sup>

<sup>8</sup> WOODOX-tietokanta, Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

<sup>9</sup> Hämeilä M, Aaltonen K, Santonen T ym.: Altistuminen solunsalpaajille apteekki- ja hoitotyössä. Työsuojelurahasto, Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

\*palveluanalytiikan biomonitorointianalyysien lukumäärä (ei henkilöiden lukumäärä)



# 5 Tuotteita

## 5.1 Biosidit

Sirpa Pennanen

### Käyttö ja esiintyminen työssä

Biosidit voivat olla kemiallisia tai biologisia valmisteita tai tehoaineita. Biosidivalmisteella tarkoitetaan yhtä tai useampaa tehoainetta sisältävää valmistetta, joka on käyttäjälle toimitettavassa muodossa. Se kemiallisesti tai biologisesti tuhoaa, torjuu tai tekee haitattomaksi vahingollisia eliöitä, estää niiden vaikutusta tai rajoittaa muulla tavoin niiden esiintymistä. Biosidit jaetaan neljään pääryhmään:

- desinfiointiaineet ja yleiset biosidivalmisteet
- säilytysaineet
- tuholaisentorjunta-aineet
- muut biosidit.

EU:n biosididirektiivin (98/8/EY) soveltamisalaan kuuluu 23 erilaista valmisteryhmää (taulukko 46). Biosideiksi ei luokitella torjunta-aineita, lääkkeitä tai kosmetiikkaa.

Biosididirektiivi (98/8/EY) edellyttää, että markkinoilla olevat biosidit ovat hyväksytyjä direktiivin periaatteiden mukaisesti. Direktiivin voimaan tulon jälkeen kaikki uusia tehoaineita sisältävät valmisteet on pitänyt hyväksyttävä ennen markkinoille luovuttamista. Niitä tehoaineita, jotka olivat markkinoilla direktiivin tullessa voimaan, koskevat siirtymäajan menettelyt, jolloin valmisteet hyväksytään vaiheittain 10

Taulukko 46. Biosidivalmisteiden pääryhmät ja valmisteryhmät

pääryhmä	valmisteryhmä
I desinfiointiaineet ja yleiset biosidivalmisteet	1. ihmisen hygienian hoitoon tarkoitetut biosidivalmisteet
	2. yksityisten ja julkisten terveydenhuollon tilojen desinfiointiaineet sekä muut biosidivalmisteet
	3. eläinten hygienian hoitoon käytettävät biosidivalmisteet
	4. desinfiointiaineet tiloihin, joissa on elintarvikkeita tai rehuja
	5. juomaveden desinfiointiaineet
II säilytysaineet	6. suljetuissa astioissa käytettävät säilytysaineet
	7. pintasäilytysaineet
	8. puunsuoja-aineet
	9. kuitujen, nahan, kumin ja polymeeristen materiaalien säilytysaineet
	10. rakennustuotteiden säilytysaineet
	11. nestejäähdytyksessä ja prosessijärjestelmissä käytettävät säilytysaineet
	12. limanestoaineet
III tuholaisentorjunta	13. metallintyöstönesteiden säilytysaineet
	14. jyrsijämyrkyt
	15. lintumyrkyt
	16. nilviäismyrkyt
	17. kalamyrkyt
	18. hyönteis- ja punkkimyrkyt sekä muiden niveljalkaisten torjuntaan käytetyt valmisteet
	19. karkotteet ja houkutteet
IV muut biosidivalmisteet	20. elintarvike- ja rehuvaraston säilytysaineet
	21. kiinnittymisenestoaineet (antifouling-valmisteet)
	22. ruumiiden säilytykseen ja eläinten täyttämiseen käytettävät nesteet
	23. muiden selkärankaisten torjuntaan käytettävät valmisteet

vuoden kuluessa 13.5.2010 mennessä. Biosididirektiivin mukaisista hyväksymismenettelyistä vastaa Suomen ympäristökeskus (SYKE) yhdessä Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskuksen (STTV) kanssa. Hyväksymisen yhteydessä voidaan antaa käytönrajoituksia kemikaalien aiheuttamien ympäristö- ja terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Suomessa on aikaisemmin ollut kansalliset hyväksymismenettelyt puunsuoja-aineille, paperiteollisuuden limantorjunta-aineille, kiinnittymisenestoaineille sekä hyönteismyrkyille, -karkotteille ja -houkutteilille. Lisäksi tietyt elintarviketeollisuudessa käytettävät hygieniavalmistet ovat edellyttäneet rekisteröinnin.

Biosidejä käytetään laajasti ihmisten ja eläinten terveydelle haitallisten eliöiden torjunnassa sekä teollisuudessa, erilaisissa laitoksissa että kotitaloudessa. Suomessa on tällä hetkellä markkinoilla yhteensä 113 puunsuoja- ja limantorjuntakemikaalia. Lisäksi on rekisteröity 86 maalin tavoin käytettävää puunsuoja-kemikaalia. Kiinnittymisenestoaineita (antifouling-valmisteita) on markkinoilla 32 ja hyönteiskarkotteita 66. Suomessa markkinoilla olevissa biosidivalmisteissa arvioidaan olevan 300 tehoainetta. EU:ssa markkinoilla on noin 955 tehoainetta, joista noin 560 ainetta poistuu markkinoilta biosidikäytöstä 1.9.2006. Noin 400 tehoainetta käsitellään EU:n markkinoilla olevien tehoaineiden arviointiohjelmassa.

Kyllästetty puu sisältää kyllästysaineena tavallisimmin kreosootia sekä kromia, kuparia ja arseenia sisältävää CCA-suolaa. Kreosoottiöljy on kivihiilitervan tisle, joka on tehokas mutta myrkyllinen puunsuoja-kemikaali. Sillä kyllästetään mm. ratapölkkyjä ja pylväitä. Kreosoottiöljy koostuu sadoista orgaanisista aineista, joista noin 85 % on polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH). PAH-yhdisteet (mm. asenafteni, antraeeni, fenantreeni, pyreeni) liukenevat yleisesti ottaen niukasti veteen ja niillä on taipumuksia kiinnittyä partikkeleiden pinnalle. Kreosootilla kyllästetty puutavara on tarkoitettu ammattikäyttöön. Nykyisin kreosootilla kyllästettyä puuta saa käyttää vain pysyvästi maaperään koskettavissa avojohtorakennelmissa ja ratapölkkyinä sekä silloissa tai muissa vastaavissa kantavissa ulkorakenteissa. Kreosootilla käsitellyn puun käyttö sisätiloissa, puutarhakalusteissa ja leikkikentillä on kielletty. Lisäksi valmisteiden bentso[a]-pyreenipitoisuus on rajoitettu 0,005 %:iin. CCA-kyllästeitä myydään tiheinä ja pastoina, jotka laimennetaan kyllästämöillä. Vesipohjainen CCA-kylläste sisältää pääasiassa kupariarsenaattia ja kuparidikromaattia. CCA-kyllästeitä saa käyttää vain teollisessa painekyllästyksessä ja puu on tarkoitettu käytettäväksi jatkuvassa maa- tai vesikosketuksessa olevissa rakenteissa ja pylväissä. CCA-kyllästetty puu on tarkoitettu ammattikäyttöön, eikä sitä saa luovuttaa kuluttajille eikä käyttää kotitalouksissa ja asuinalueilla. Painekyllästetty puutavara ja siitä tehdyt tuotteet ovat jätteenä ongelmajätettä. Pelkillä kuparisuoloilla kyllästetyllä puulla on korvattu CCA-kyllästeitä.

Lastuamismesteet (leikkuunesteet) ovat yleisimpiä voitelu- ja jäähdytysaineita, ja niitä käytetään lastuamisen lisäksi leikkaamisessa ja muovauksessa. Lastuamismesteitä käytetään monissa metallin jatkokäsitteilytyöpaikoissa tuhansia litroja vuodessa. Vettä sisältäviin lastuamismesteisiin muodostuu aina bakteeri- ja sienikantoja, joiden kasvun vuoksi niihin lisätään lisäaineina biosidejä. Yleisin biosidi leikkuunesteissä metallintyöstössä on 1,3,5-trietanoli-1,3,5-triatsiini, joka hajoaa formaldehydiksi.

Antifouling- eli kiinnittymisenestovalmiste on veneissä ja muissa aluksissa sekä vedenalaisissa rakenteissa käytettävä biosidivalmiste. Valmistetta käytetään torjumaan mikrobien sekä kehittyneempien kasvi- ja eläinlajien muodostaman kasvuston tarttumista aluksiin, vesiviljelylaitteisiin tai muihin vedessä käytettäviin rakenteisiin. Huvivenekäyttöön markkinoidussa antifouling-valmisteessa käytetään tehoaineena ennen kaikkea kupariyhdisteitä (dikuparioksidi, kuparitisyanaatti). Joissakin maaleissa käytetään myös orgaanisia yhdisteitä (sinkkipyritioni, diklofluanidi, zinebi) tehostamaan levien kiinnittymisen estämistä. Suurissa aluksissa (yli 25 m) on viime aikoihin saakka käytetty edellisten tehoaineiden lisäksi orgaanisia tinayhdisteitä (tributyylitinafluoridi, tributyylitinaoksidi, tributyylitinametakrylaatti). Orgaanisten tinayhdisteiden käyttö maaleissa loppui 1.1.2003 valtioneuvoston päätöksellä (kansainvälinen merenkulkujärjestön IMO sopimus).

Kuntien ja teollisuuden vesilaitoksella klooriyhdisteitä, kuten klooridioksidi, käytetään yhä enemmän desinfiointiaineena. Terveydenhuollossa bakteereita tappavia aineita eli desinfektioaineita (esim. glutaraldehydi) käytetään tauteja aiheuttavien bakteerien torjuntaan.

## Altistuminen työssä

Biosideille altistutaan hyvin erilaisissa työympäristöissä ja kotitaloudessa. Työntekijät ja kuluttajat altistuvat pääasiassa biosideille ihon kautta ja hengitysteitse. Kuluttaja voi epäsuorasti altistua myös ruuansulatuksen kautta ruuan ja juomaveden mukana. Altistuminen biosidisille valmisteille on teollisuudessa mahdollista käytettäessä valmistetta mm. maalina sekä muulloin näytteenotto- ja huoltotehtävissä sekä ainetta purettaessa ja lastattaessa. Säilytysaineiden käyttö on yleensä suljettua.

Desinfiointiaineiden herkistävälle glutaaraldehydille riskiryhmässä ovat työntekijät, jotka työskentelevät terveydenhuollossa, paperinvalmistuksessa tai siivoojina. Vuonna 2002 Suomessa oli yli 62 000 siivoojaa. Talousveden raakaveden desinfiointiaineena käytetyille biosideille altistuvat kaikki kuluttajat.

Metalliteollisuus työllistää noin 130 000 henkilöä. Metallintyöstössä metallityöntekijät altistuvat veden laimennetuille leikkuuneste-emulsioille, joka sisältää formaldehydiä. Antifouling-valmisteille altistuvat työntekijät maalatessaan valmisteella veneenpohjia ja muita vedenalaisia rakenteita.

2000-luvun alussa rakennetuilla uusilla sahoilla työntekijät työskentelevät pääasiassa valvomoissa, jolloin he altistuvat haitallisille yhdisteille aikaisempaa vähemmän. Edelleen altistutaan kuitenkin valvontakerrosten aikana sekä häiriötilanteiden ja kunnossapidon aikana. Puuteollisuudessa vuosina 1995–2001 syöpävaarallisista aineista olivat ASA-rekisterin perusteella tärkeimpiä kromi(VI)-yhdisteet, arseeni, PAH-yhdisteet, nikkeli ja asbesti. CAREX-tietokannan tietojen perusteella Suomessa vuonna 2000 syöpää aiheuttaville tekijöille altistuvia työntekijöitä oli 23 000 puuteollisuudessa, joka työllisti vuonna 2001 noin 34 000 työntekijää.

Puutavaran kyllästämisen yhteydessä voi työntekijä altistua hengittämällä haihtuvaa kreosoottijäädettä ja siten PAH-yhdisteitä. Lisäksi voidaan altistua työstettäessä kyllästettyä puuta ja ihon kautta käsiteltäessä äskettäin kyllästettyä puuta. Kivihiilipikettä (kreosootti, kreosoottijäädettä, kreosoottipikettä) on käytetty kosteuden- ja vedeneristeenä vanhoissa rakennuksissa, kuten kellarikerrosten lattiarakenteissa, muuratuissa seinissä ja tiilisaumoissa. Kun vanhoja rakenteita puretaan, työntekijät altistuvat pölylle, jossa on kivihiilitervaa.

CCA-kyllästeen arseeni-, kromi- ja kupariyhdisteet eivät ole haihtuvia. Kyllästyslaitoksessa työntekijät voivat altistua kyllästesumuille (käyttöliuoksen valmistuksessa, sylintereiden ja säiliöiden puhdistuksessa, kyllästysylinterin suuluukun avauksessa) ja kyllästämöiden ilmassa voi olla kyllästetyn puun pinnalta irtoavaa pölyä. Arsenille altistuu Suomessa noin 900–1 200 työntekijää. Biomonitorointimittausten mukaan arseenialtistuminen lisääntyi noin kaksinkertaiseksi vuosina 2001–2002 verrattuna vuosiin 1994–1997 puun suolakyllästyksessä (Biomonitorointimittausten rekisteri, Oulun alueterveyslaitos). Keskimääräinen arseenipitoisuus lisääntyi tarkastelujakson aikana 27 nmol/l:sta 59 nmol/l:aan. Toimipiderrajan ylittäneiden työntekijöiden määrä kasvoi vuosittain, ja heitä oli kahdeksan vuonna 2002. Myös suurimmat mitatut pitoisuudet kasvoivat 170 nmol/l:sta 291 nmol/l:aan.

## Terveyshaitat

Useat biosidivalmisteet ovat terveydelle ja ympäristölle vaarallisia. Toisista biosideista ei tunneta juuri mitään haittoja normaalissa käytössä. Nykyisin käytössä olevien tehoaineiden turvallisuus ja tehokkuus on tarkoitettu arvioida perusteellisesti 10 vuoden siirtymäajan kuluessa (Biosidirektiivi 98/8/EY).

Kyllästetty puu voi sisältää kreosoottia tai CCA:ta (kromi-kupari-arseeniyhdisteitä). Kyllästetyn puun käyttö on nykyisin rajoitettu lainsäädännöllä. CCA-kyllästeet ovat myrkyllisiä ihon kautta ja nieltynä. Ne ärsyttävät voimakkaasti ihoa ja silmiä sekä toistuvassa altistumisessa myös hengitysteitä. Ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä. CCA-kyllästeen sisältämä arseenipentoksidi on todettu ihmisellä syöpää aiheuttavaksi aineeksi. Pitkäaikaisesta arseenialtistumisesta voi seurata ihomuutoksia, jotka voivat kehittyä ihosyöväksi. Epäorgaaninen arseenipöly ilmassa lisää keuhkosyövän riskiä. Myös kromitrioksidin on todettu hengitettynä aiheuttavan ihmisellä keuhkosyöpää. Koe-eläintutkimuksissa kuusiarvoinen kromi muuttuu suurelta osin kolmiarvoiseksi, jonka vaikutukset terveyteen ovat vähäisemmät. Sen ei ole todettu aiheuttavan syöpää, mutta se on haitallista hengitettynä ja ärsyttää ihoa. Kreosoottijäädettä ärsyttää ihoa, silmiä ja hengityselimiä. Etenkin auringonvalossa se voi aiheuttaa allergisen ihoreaktion. Pitkäaikainen tai suurille pitoisuuksille altistuminen voi aiheuttaa mm. syöpää ja perimän muutoksia.

Leikkuunesteiden sisältämät biosidit ärsyttävät silmiä ja hengitysteitä sekä ovat voimakkaita allergeeneja.

Työperäisten sairauksien rekisterin perusteella leikkuunesteiden tavallisimpana terveysvaikutuksena voidaan pitää ihottumia. Suurin osa näistä on ärsytysihottumia, mutta jotkut työntekijät voivat saada myös allergista kosketusihottumaa leikkuunesteistä. Ärsytys- ja allerginen ihottuma esiintyvät pääasiassa niillä alueilla, jotka ovat kosketuksissa nesteeseen. Jos työpaikan ilmassa on suuria pitoisuuksia leikkuunestesumua, myös hengitysteitse pääsee työntekijään haitallisia aineita. Tällöin seurauksena voi olla nuhaa, astmantaippisia oireita ja kuumeilua.

Lyhytaikainen altistuminen antifouling-valmisteelle voi ärsyttää hengitysteitä ja silmiä. Huurujen hengittäminen voi aiheuttaa metallikuumeen. Pitkäaikainen ja toistuva ihokosketus voi aiheuttaa ihotulehduksen ja ihon herkistymisen. Aineelle altistumisesta voi seurata vaikutuksia keskushermostoon (zinebi).

Ihoa herkistäviä biosidejä on myös desinfiointiaineissa (glutaraldehydi), puunsuoja-aineissa ja antimikrobiologisissa aineissa. Hengityselinsairauksille herkistäviä aineita löytyy säilytysaineista. Ammattiastman aiheuttajaksi terveydenhoidossa on ilmoitettu desinfiointiaineet (kloramiini-T, glutaraldehydi) ja metallityössä leikkuunesteet.

Juomaveden desinfiointimenetelmällä (kloorauksella) saattaa olla merkitystä väestön syöpäsairastavuuden kannalta, vaikka vaikutus lienee vähäinen.

## Riskien hallinta

Koska biosidit ovat torjuttaville myrkyllisiä, ne saattavat ympäristöön päästessään olla haitallisia myös muille eliöille. Siksi biosideille on vastaava hyväksymismenettely kuin maataloudessa käytettäville torjunta-aineille. Hyväksymisen yhteydessä voidaan antaa käytön rajoituksia kemikaalien aiheuttamien terveys- ja ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi. Suomessa ennakkohyväksymismenettelyt ovat aiemmin kattaneet joitain biosidivalmisteryhmiä, kuten puunsuoja- ja limantorjuntakemikaalit sekä antifouling-valmisteet. Näille valmisteille onkin jo asetettu käytön rajoituksia. Muut biosidit tulevat hyväksymismenettelyn piiriin vaiheittain lähivuosina.

Kyllästetyn puun ja antifouling-valmisteiden käyttöä on nykyisin rajoitettu lainsäädännöllä, mikä vähentää altistuvien määrää. Koska useat biosidit ovat terveydelle ja ympäristölle haitallisia, korvaavia tuotteita kehitetään koko ajan. Direktiivin vaativat menettelyt aiheuttavat sen, että siirtymäkauden jälkeen EU:n markkinoilla ja käytössä on huomattavasti nykyistä vähemmän biosiditehoaineita ja -valmisteita. Biosidivalmisteiden määrä saattaa koko EU:n alueella myös vähentyä, mutta toisaalta direktiivin mukainen vastavuoroinen hyväksymisen tunnustaminen helpottaa merkittävästi valmisteen pääsyä eri jäsenvaltioiden markkinoille. Suomen markkinoille saattaa siten päätyä merkittävästi enemmän biosidivalmisteita kuin nykyään. Ensimmäiset tehoaineiden hyväksymispäätökset tehtäneen vuonna 2006.

## Lähteitä

ASA (v. 1995–2001). Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

Biosididirektiivi 98/8/EY. (<http://www.vyh.fi/ympsuo/kemik/biosidir.htm>)

CEREX-tietokanta. International Information System on Occupational Exposure to Carcinogens. Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Euroopan kemikaaliviraston (ECB) internet-sivut. (<http://ecb.jrc.it/biocides/>)

Euroopan komission ympäristöpääosaston internet-sivut: <http://europa.eu.int/comm/environment/biocides/index.htm>

FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Kansainväliset kemikaalikortit. (<http://www.ttl.fi/kemikaaliturvallisuus>)

Kemikaalilaki (744/1989).

Komission asetus (1896/2000) (review regulation). Ks. Official Journal of the European Communities L 288, Vol. 438, September 2000.

Laki kemikaalilain muuttamisesta (1198/1999).

Nurmi E: Biosididirektiivi – uusia valmisteryhmiä ennakkohyväksynnän piiriin. Kasvinsuojelulehti 2000;2:80–83.

OVA-ohjeet. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. Työterveyslaitos, Helsinki 2004. (<http://www.ttl.fi/internet/ova/index.html>)

Suojauskemikaaliasetus (123/1994).

SYKE. Luettelo sallituista antifouling-valmisteista (15.2.2005):  
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=31076&lan=fi>.

Torjunta-ainelaki (1199/1999).

Valtioneuvoston asetus biosidivalmisteista (466/2000).

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. (<http://www.ymparisto.fi>)

Ympäristöministeriön päätös suojauskemikaalien ennakkohyväksymis- ja ilmoitusmenettelystä (256/1994).

## 5.2 Leikkuunesteet

Markku Linnainmaa, Katri Suuronen

### Käyttö ja esiintyminen

Leikkuu- eli lastuamisteitä käytetään teollisuudessa yleisesti metallikappaleita työstettäessä, esimerkiksi sorvattaessa, jyrättäessä, porattaessa ja hiottaessa. Niiden tehtäviä ovat voitelu, jäähdyttäminen ja metallihiukkasten kuljetus pois työstökohdasta. Leikkuunesteiden koostumus vaihtelee paljon niiden käyttötarkoituksen mukaan ja myös muuttuu käytön aikana.

Leikkuunesteet ovat joko täysöljyjä tai vettä sisältäviä emulsioita, joista jälkimmäisten käyttö on selvästi yleisempää. Täysöljyt ovat mineraali- tai kasviöljyjä, joissa on erilaisia nesteiden ominaisuuksia parantavia lisäaineita, kuten paineensietokykyä lisääviä aineita ja ruosteenestoaineita. Leikkuuneste-emulsioiden perusaine on öljy, joko synteettinen, mineraali- tai kasviöljy. Niihin on sekoitettu lisäaineita, mm. emulgaattoreita ja ruosteen-, hapettumisen- ja vaahdonestoaineita sekä biosidejä eli mikrobien kasvua estäviä aineita. Synteettiset nesteet eivät sisällä mineraali- tai kasviöljyjä, jotka kyseisissä tuotteissa on korvattu esimerkiksi synteettisillä rasvahapoilla ja saippuoilla.

Leikkuunesteille altistuvilla työntekijöillä esiintyviä terveyshaittoja voivat aiheuttavat paitsi leikkuunesteiden aineosat, myös nesteisiin työstön yhteydessä joutuneet raskasmetallit ja muut epäpuhtaudet tai emulsioissa kasvavat mikrobit. Täysöljyissä mikrobit eivät juuri kasva, koska ne eivät sisällä vettä. Leikkuuneste-emulsioiden koostumus on monimutkainen ja ne saastuvat helposti bakteereista, joten ne voivat sisältää lukuisia sekä mikrobi- että kemikaaliperäisiä haitallisia altisteita.

Yksi yleisimmistä leikkuuneste-emulsioissa käytettävistä säilytteistä on formaldehydiä vapauttava triatsiini, mutta leikkuunesteet saattavat sisältää monia muitakin biosidejä. Niistä huolimatta nesteet kontaminoituvat helposti mikrobeista ja niistä syntyvistä endotoksiineista. Vastasekoitetussa leikkuuneste-emulsiossa on yleensä enemmän biosidiä kuin käytetyssä nesteessä, koska ajan ja mikrobitoiminnan seurauksena biosidipitoisuus pienenee. Leikkuunesteen saastumiseen mikrobeilla vaikuttaa nesteen koostumuksen lisäksi mm. nesteen vaihtovälin pituus, koneen riittämätön puhdistaminen nesteen vaihdon yhteydessä ja nesteeseen joutuvat epäpuhtaudet.

### Altistuminen työssä

Tärkein leikkuunesteille altistuva ammattiryhmä on metallin jatkokäsittelyteollisuudessa työskentelevät metallintyöstäjät. Koneellista metallintyöstöä edustavia ammatteja ovat mm. koneistaja, koneenasettaja, sorvaaja, hioja, jyräjä ja työkaluntekijä. Metallintyöstäjiä on ollut 1990-luvun alusta 2000-luvulle noin 14 000–20 000 ja tällä hetkellä heitä on noin 19 000. Suurin osa metallintyöstäjistä altistuu leikkuunesteille kokopäiväisesti. Leikkuunesteille altistuvien työntekijöiden määrä pysynee lähivuosina nykyisellä tasolla.

Tärkeimmät kohde-elimet ovat iho ja hengitystiet. Iho altistuu työstössä syntyville nesteroiseille ja nesteistä märille kappaleille. Hengitysteitse työntekijät altistuvat ilmaan vapautuvalle leikkuuneste-aerosolille, jolle voivat passiivisesti altistua myös muut metallin jatkokäsittelyteollisuudessa työskentelevät ammattiryhmät.

Leikkuuneste-emulsiolle ei ole HTP-arvoa. Altistumista voidaan kuitenkin arvioida käyttämällä nesteistä yleisesti vapautuvien aineosien, kuten formaldehydin ( $\text{HTP}_{8h} = 0,37 \text{ mg/m}^3$ ), etanoliamiinin ( $\text{HTP}_{8h} = 2,5 \text{ mg/m}^3$ ) ja öljysumun ( $\text{HTP}_{8h} = 5 \text{ mg/m}^3$ ) HTP-arvoja. Valtaosa työntekijöistä altistuu näiden aineiden HTP-arvoja pienemmille pitoisuuksille. Pitoisuudet työpaikkojen ilmassa ovat olleet viimeaikaisissa mittauksissa (kahdeksan yrityksen keskiarvot vuodelta 2003, julkaisematon tieto) noin kymmenesosa formaldehydin ja alle kymmenesosa etanoliamiinin ja öljysumun HTP-arvoista. Aikaisemmassa suomalaisessa tutkimuksessa yhdeksän työpaikan ilmasta mitatut formaldehydipitoisuudet olivat keskimäärin 15 % ja suurimmillaan noin 65 % HTP-arvosta (Linnainmaa ym. 2003).

Alankomaissa asiantuntijaryhmä on ehdottanut endotoksiineille terveysperusteista ohjearvoa 50 EU/m<sup>3</sup> (EU = Endotoxin Unit, endotoksiinisyksikkö), joka suomalaisten tutkimusten mukaan ylittyy

usein erityisesti telahionnassa ja sorvauksessa (Linnainmaa ym. 2003). Tällä hetkellä Alankomaissa voimassa oleva raja-arvo on 200 EU/m<sup>3</sup>.

Altistumisen suuruuteen vaikuttavat leikkuunesteen ikä ja laatu, koneiden kotelointi ja kohdepoistot, työstötapa, työstettävän kappaleen koko ja muoto, kierrosnopeudet, yhden kappaleen työstöön käytettävä aika, paineilman käyttö kappaleiden puhdistamiseen sekä työntekijöiden suojautuminen. Altistuminen saattaa olla merkittävää koteloinnista huolimatta, jos koteloa avataan usein ja nopeasti kappaleen työstön loputtua tai työstettyjen kappaleiden puhdistukseen käytetään paineilmaa.

Äskettäin valmistuneessa tutkimuksessa havaittiin koneistushallien ilmassa formaldehydin ja etanoliamiinin lisäksi pieniä pitoisuuksia muita herkistäviä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC), kuten tyyppi- ja terpeeniyhdisteitä, glyksaalia ja muita aldehydeja. Ilmanäytteistä löydettiin myös ärsyttäviä fenoleja, heksaanihappoja ja alkoholieettereitä (Suuronen ym. 2005).

## **Terveyshaitat**

Leikkuunesteet aiheuttavat mm. ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytysoireita sekä allergista ihottumaa, nuhaa ja jopa astmaa. Ammattitaudeista yleisimpiä ovat allerginen kosketusihottuma ja ärsytyskosketusihottuma, joita leikkuunesteiden aiheuttamina todetaan Suomessa noin 30 tapausta vuosittain. Suurin osa ammatti-ihotaudeista johtuu leikkuunesteiden aineosista (Pryce ym. 1989). Allergista kosketusihottumaa ovat aiheuttaneet esimerkiksi formaldehydi ja formaldehydinvapauttajat, mäntyhartsi eli kolofoni, etanoliamiini ja kookosrasvahappoyhdisteet.

Hengitystieoireita voi esiintyä jo huomattavasti HTP-arvoja pienemmissä pitoisuuksissa. Epidemiologisten tutkimusten mukaan erilaiset hengitysteiden ärsytysoireet ovat yleisiä leikkuunesteerosoleille altistuneilla työntekijöillä, mutta spesifiset ammattitautit ja -nuhat ovat harvinaisia. Leikkuunesteiden aiheuttamia hengitystieallergioita on todettu viimeisten kymmenen vuoden aikana yhteensä alle kymmenen tapausta. Niiden aiheuttajina olivat mm. etanoliamiinit ja endotoksiinit. Ulkomaisissa epidemiologisissa tutkimuksissa metallintyöstäjillä on todettu myös allergista alveoliittia, mutta Suomessa se on hyvin harvinainen (Zacharisen ym. 1998).

Tutkimusten perusteella on viitteitä siitä, että veteen sekoittamattomat, ns. suorat leikkuuöljyt, voivat lisätä iho-, kurkunpää-, peräsuoli- ja haimasyöpäriskiä (Calvert ym. 1998). Syöpäriski on liitetty tutkimuksissa ennen 1970-lukua käytettyihin työstönesteisiin, jotka sisälsivät mm. PAH-yhdisteitä (IARC 1983) ja nitrosoamiineja (IARC 1978). Lastuamiskeinot eivät todennäköisesti aiheuta nykyään merkittävää syöpävaaraa, koska leikkuunesteet eivät enää juuri sisällä näitä yhdisteitä ja koska altistuminen on vähentynyt työhygieenisten parannusten myötä viime vuosikymmeninä.

## **Riskien hallinta**

Työntekijöiden altistumisen vähentämiseksi leikkuunesteitä sisältävät koneet tulisi koteloida ja varustaa tehokkailla kohdepoistoilla. Metalliteollisuudessa on yleisesti käytössä mekaanisilla tai sähkösuodattimilla varustettuja kierrätysilmalaitteita, jotka suodattavat tehokkaasti endotoksiinia. Suositeltavampaa on kuitenkin johtaa poistoilma suoraan ulos, koska leikkuunesteerosolissa on monia muita haitallisia aineosia, joita suodattimet eivät välttämättä poista riittävän tehokkaasti. Lisäksi jotkut sähkösuodattimet saattavat tuottaa ilmaan haitallisen määrän otsonia.

Leikkuunesteessä pitäisi koko ajan olla riittävästi biosidia, jotta nesteen bakteerikasvu pysyy kurissa eikä endotoksiinipitoisuus nouse liian suureksi. Jos biosidina on triatsiini, sen pitoisuus nesteessä tulisi olla koko ajan yli 500 ppm. Jos biosidia lisätään jo mikrobikontaminoituneeseen leikkuunesteeseen, saattaa nesteen endotoksiinipitoisuus nousta liian suureksi. Biosidia ei myöskään saa lisätä liikaa, koska tällöin työntekijät saattavat altistua haitallisessa määrin joko suoraan biosidille tai siitä vapautuvalle formaldehydille.

Nesteiden käytössäoloaikoja tulisi monilla työpaikoilla lyhentää. Pahimmillaan leikkuunestettä ei vaihdeta ollenkaan, vaan tarvittaessa lisätään uutta leikkuunestettä tai vettä entisen sekaan. Myös nesteiden laatua tulisi seurata nykyistä paremmin. Yleensä työpaikoilla seurataan vain nesteen pH:ta ja taitekerointia, jonka perusteella voidaan laskea nesteen väkevyys. Joillakin työpaikoilla seurataan lisäksi nesteen

kokonaisbakteeripitoisuutta pikakasvatustesteillä. Paras menetelmä nesteiden mikrobiologisen laadun seurantaan on kuitenkin nesteen endotoksiinipitoisuuden mittaaminen. Sekä nesteen että ilman endotoksiinipitoisuuksia tulisi mitata nykyistä enemmän.

Myös ihon suojaukseen ja henkilökohtaiseen hygieniaan tulee kiinnittää huomiota, koska leikkuunesteet sisältävät useita ihoa ärsyttäviä ja herkistäviä kemikaaleja. Nesteiden käsittelyä paljain käsin tulisi välttää mahdollisimman paljon ja leikkuunesteiden pääsy iholle tulisi estää. Tarvittaessa tulisi käyttää sopivia suojakäsineitä. Leikkuunesteillä kontaminoituneet vaatteet pitää vaihtaa uusiin mahdollisimman nopeasti.

Erityisesti leikkuunesteiden aiheuttamien haittojen torjuntaan ja altistumisen vähentämiseen liittyvää tutkimusta tulisi edelleen jatkaa. Olisi tärkeää kehittää mm. kenttäkelpoinen leikkuunesteiden puhdistusmenetelmä, jonka avulla voitaisiin paitsi vähentää työntekijöiden altistumista, myös pidentää nesteiden käyttöaikaa ja pienentää jätehuoltokustannuksia.

## Lähteitä

Calvert G M, Ward E, Schnorr T M, Fine L J: Cancer risks among workers exposed to metalworking fluids: a systematic review. *Am J Ind Med* 1998;33:282–292.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Polynuclear aromatic compounds. Part 1: chemical, environmental and experimental data. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 32. IARC, Lyon 1983.

IARC. Some N-nitroso compounds. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 17. IARC, Lyon 1978.

Laitinen S, Linnainmaa M, Laitinen J et al.: Endotoxins and IgG antibodies as indicators of occupational exposure to the microbial contaminants of metal-working fluids. *Int Arch Occup Environ Health* 1999;72:443–450.

Linnainmaa M, Kiviranta H, Laitinen J, Laitinen S: Control of workers' exposure to airborne endotoxins and formaldehyde during the use of metalworking fluids. *Am Ind Hyg Assoc J* 2003;64:496–500.

Pryce D W, White J, English J S, Rycroft R J: Soluble oil dermatitis: A review. *J Soc Occup Med* 1989;39:93–98.

Suuronen K, Tuomi T, Alanko K ym.: Metallintyöstäjien työperäiset iho- ja hengitystiesairaudet. Työsuojelurahaston loppuraportti 102118. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

Zacharisen M C, Kadambi A R, Schlueter D P et al.: The spectrum of respiratory disease associated with exposure to metal working fluids. *J Occup Environ Med* 1998;40:640–647.



## 5.3 Torjunta-aineet

Juhani Kangas, Milja Mäkinen, Jyrki Liesivuori

### Tuotanto ja käyttö

Torjunta-aineella tarkoitetaan kasvitautien, tuhoeläinten ja rikkaruohojen torjuntaan samoin kuin kasvun säätämiseen tai kasvien hävittämiseen tarkoitettua valmistetta. Nykylainsäädännössä varsinaisia torjunta-aineita ovat nimenomaan maa-, metsä- ja puutarhataloudessa käytettävät kasvinsuojeluaineet. Muita torjunta-aineita säädellään biosidilainsäädännöllä. Torjunta-aineita käytetään peltoviljelyssä, asunnoissa, varastoissa, kotieläinsuojissa, kasvihuoneissa ja puutarhoissa (taulukko 47).

Torjunta-aineiden käyttömäärät ovat Suomessa 1990-luvun puolivälistä lähtien pitkän vähenevän suunnan jälkeen jälleen joka vuosi nousseet, ja nykyisin torjunta-ainetta käytetään tehoaineiksi laskettuna noin 1 700 tonnia vuodessa. Määrällisesti ylivoimaisesti eniten käytetään rikkakasvien torjunta-aineita. Kansainvälisesti tarkasteltuna torjunta-aineita käytetään Suomessa, kuten muissakin Pohjoismaissa, huomattavasti vähemmän kuin muissa EU-maissa. Kaksi kolmasosaa Suomessa myydyistä torjunta-aineista on perinteisesti ollut herbisidejä, joiden myynnin määrä seuraa maassamme viljaviljelyn pinta-alaa (kuva 45). Eniten käytettyjä torjunta-aineita ovat fenoksihapot ja glyfosaatti.

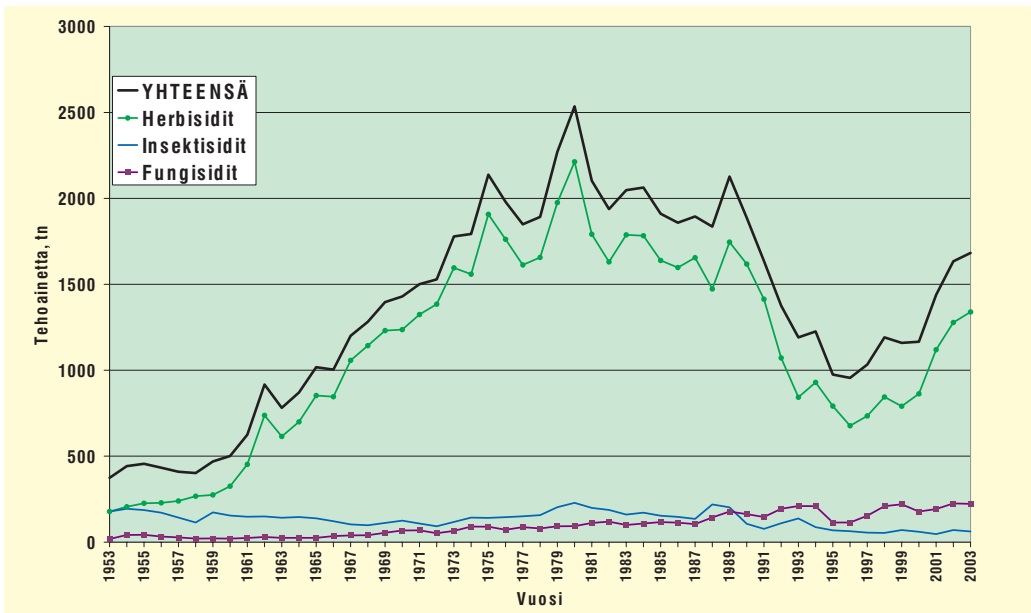
Torjunta-aineiksi rekisteröityjä tehoaineita on Suomessa käytössä 180 (Torjunta-aineet 2004). Torjunta-aineiden tehoaine muokataan yleensä tehtaissa kauppavalmisteeksi, joka useimmiten laimennetaan käyttötilanteessa haluttuun käyttöväkevyyteen ruiskuteliuokseksi. Kauppavalmiste on olomuodoltaan nestemäinen tai kiinteä (jauhe, rae, tabletti). Se voi liueta laimennusnesteeseen tai sekoittua siihen suspensioksi tai emulsioksi. Valmiste koostuu tavallisesti seuraavista aineosista:

- tehoaine on valmisteen vaikuttava aineosa, jonka määrä vaihtelee lähes 100 %:sta alle 1 %:iin. Väkeviä valmisteita ovat mm. ruiskutejauheet (15–80 %). Tehoaineita voi olla myös useita
- kantaja-aine, joka voi olla nestemäinen liuotin (esim. vesi tai orgaaninen liuotin) tai kiinteä aine (kaoliini, talkki, savi ym.)
- pinta-aktiivinen aine eli emulgaattori, jonka avulla tehoaine saadaan tasaisesti jakautumaan liuottimeen
- lisäaineet, kuten stabilisaattorit, värit, tehonlisääjät ja valmisteen haihtuvuutta säätelevät aineet.

Kiinteitä valmisteita ovat ruiskutejauheet, pölytteet, ruiskutesuolat, sirotteet ja rakeet, savupanokset, kärytteet, syötit, kaasutteet ja tabletit. Nestemäisiä valmisteita ovat vesiliuokset, orgaaniset liuokset, emulsiot, suspensiot ja aerosolit.

Taulukko 47. Torjunta-ainevalmisteiden lukumäärä käyttötarkoituksen mukaisissa torjunta-aineryhmissä (Torjunta-aineet 2004)

torjunta-aineryhmä	lukumäärä
hyönteiskarkotteet (repellentit)	73
kasvitautien torjunta-aineet (fungisidit)	64
kasvunsäätteet	3
rikkakasvien torjunta-aineet (herbisidit)	113
tuhoeläinten torjunta, sisätilat (insektisidit, akarisidit, nematisidit, rodentisidit, molluskisidit)	80
tuhoeläinten torjunta, viljelykasvit	41
tuhoeläinten torjunta, sisätilat ja viljelykasvit	9
tuhoeläinten torjunta, viljelykasvit ja kasvitautien torjunta-aineet	1
valmisteita yhteensä	394



Kuva 45. Torjunta-aineiden myynti tehoaineeksi laskettuna Suomessa vuosina 1953–2003 (Savela ja Hynninen 2004)

## Altistuminen työssä

Torjunta-aineille voivat altistua työssään työntekijät, jotka ovat mukana torjunta-aineen kehittämisessä, valmistamisessa, pakkaamisessa ja varastoinnissa tai torjunta-aineen annostelussa, sekoituksessa ja astioiden käsittelyssä sekä varsinaisessa levityksessä. Lisäksi lähinnä kasvihuoneissa työskentelevät henkilöt voivat altistua torjunta-aineella käsitellyn kasvuston hoidossa, sadonkorjuussa ja lajittelussa. Torjunta-aineita (ja nykyinsäädännön mukaisia biosidejä) käytetään paitsi maa- ja puutarhataloudessa (avomaaviljely, kasvihuoneet, sienimöt) myös jonkin verran metsätaloudessa (taimiharhat, kantokäsittelyt, taimikonhoito) sekä viherrakentamisessa (puistojen, golfkenttien, hautausmaiden hoito). Myös mehiläishoitajat käyttävät torjunta-aineita. Niille voivat altistua myös maa-, puutarha- tai metsätaloutta opiskelevat, kasvintar kastajat, kasvinsuojeluruiskujen testaajat ja jätealan työntekijät. Lisäksi toimii desinfektoreita, jotka torjuvat tuholaisia asunnoista, varastoista ym. tiloista. Puunjalostusteollisuudessa voidaan valmistaa torjunta-ainetta sisältävää tai käyttää torjunta-aineella käsiteltyä puutavaraa. Suomessa on myös jonkin verran torjunta-aineiden teollista tuotantoa.

Torjunta-aineiden levitysurakointi on viime vuosina lisääntynyt maatalouden sivuelinkeinona. Urakointityötä tekevät altistuvat merkittävästi enemmän kuin tavallinen viljelijä, joka ei välttämättä kasvukauden aikana joudu ruiskuttamaan aineita kuin muutamia kertoja. Työterveys ja maatalous Suomessa 2004 -hankkeen alustavien tulosten mukaan noin 11 % viljelijöistä harjoittaa sivuelinkeinonaan torjunta-aineiden levitysurakointia.

Torjunta-aineille altistuu työssään nykyisin arviolta 55 000–60 000 henkilöä. Suurin altistuvien ammattiryhmä on noin 45 000 maanviljelijää. Kauppapuutarhoissa ja puistotöissä altistuu ehkä 6 000. Maanviljelijöiden altistuminen on yleensä satunnaista, lukuun ottamatta levitysurakointia tekeviä. Sen sijaan kukkapuutarhoissa altistuminen voi toistua säännöllisesti.

Ruiskuteliuosta valmistettaessa torjunta-aineet sekoitetaan tavallisimmin veteen, jolloin roiskeiden aiheuttama ihon kontaminoituminen on merkittävin altistumistapa. Jauhemaisia valmisteita laimennettaessa valmistepölylle saatetaan altistua myös hengitysteitse.

Ruiskutuksessa voidaan altistua torjunta-ainesumun hengittämisestä tai iholle suoraan tai vaatteille joutuneista roiskeista. Altistua voidaan niin ikään ruiskutuslaitteiston korjaus- ja huoltotyössä sekä hävittäessä käytettyjä pakkauksia.

Kasvihuoneissa, varsinkin leikkokasvien käsittelyssä torjunta-aineruiskutusten jälkeen, työntekijöillä on riski altistua ihon kautta kasveilla olevista torjunta-ainejäämistä. Täten altistuu merkittävästi noin 3 000 työntekijää. Kasvihuonetyössä torjunta-ainepitoisuudet ovat joissakin tapauksissa ylittäneet HTP-arvot torjunta-aineiden levityksen aikana, erityisesti kaasutteita käytettäessä (esim. pirimikarbi). Myös rikkityksen yhteydessä aerosolipitoisuudet nousevat tasolle, joka ärsyttää silmiä ja ylähengitysteitä.

Maatalouden peltoviljelyssä altistutaan torjunta-aineille selvästi vähemmän kuin kasvihuonetyössä erilaisten työskentelyolojen vuoksi. Metsätaloudessa torjunta-aineille altistutaan huomattavasti vähemmän kuin maataloudessa. Vuosittain myydyistä torjunta-aineista alle 1 % käytetään metsätaloudessa.

Torjunta-aine voi päästä elimistöön ruuansulatuskanavan kautta, hengitysteitse ja ihon läpi. Useille torjunta-aineille työntekijä altistuu pääasiassa ihon kautta. Eniten altistuvia ihoalueita ovat kädet, ranteet, käsivarret, pää ja reidet. Varsinkin monet kasvihuoneissa käytettävät tuohohönteisten torjunta-aineet imeytyvät hyvin helposti ihon läpi. Myös rikkakasvien torjunta-aineista klooratut fenoksihapot imeytyvät ihon läpi.

## **Terveyshaitat**

Suurinta osaa valmisteista ei ole luokiteltu haitalliseksi sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (624/2001). Tuotteista on luokiteltu haitalliseksi 131, ärsyttäväksi 62, myrkylliseksi seitsemän, erittäin myrkylliseksi viisi ja syövyttäväksi kaksi. Erityistutkinto vaaditaan seitsemän valmisteen hankkimiseksi ja käyttämiseksi. Aineiden yhteisvaikutuksista tai pitkäaikaisvaikutuksista on useimmiten varsin vähän tietoa.

Iho-oireet ovat tavallisin torjunta-aineiden aiheuttama välitön terveyshaitta. Kyseessä voi olla toksinen ärsytysreaktio tai herkistyminen jollekin torjunta-ainelle. Allergisia ihoreaktioita ovat aiheuttaneet mm. ditiokarbamaatit (esim. mankotsebi) ja pyretriinit. Ne voivat etenkin väkevinä liuoksina ärsyttää ihoa ja limakalvoja. Synteettisten pyretroidien (esim. deltametriini, sypermetriini) aiheuttamat, aineiden neurotoksisuudesta johtuvat iho-oireet ilmenevät ihon kihelmöintinä ja kirvelynä. Useat muutkin torjunta-aineet voivat satunnaisesti aiheuttaa iho-oireita samoin kuin kantaja-aineina käytettävät orgaaniset liuottimet.

Äkillisiä myrkytyksiä voivat aiheuttaa mm. eräät myrkyllisimmät orgaaniset fosforiyhdisteet (esim. dimetoaatti ja atsinfossimetyyli) ja karbamaatit (esim. metiokarbi, pirimikarbi). Myrkytyksiä on syntynyt mm. aineiden imeytyttyä ihon kautta elimistöön. Orgaanisten fosforiyhdisteiden aiheuttamat myrkytys-oireet voivat alkaa muutaman tunnin kuluessa voimakkaasta altistumisesta. Yleensä vaikutus kuitenkin kertyy toistuvien altistumiskertojen seurauksena ja oireet ilmenevät, kun koliiniesteraasientsyymien estyminen on saavuttanut tietyn tason. Karbamaattien toksiset vaikutukset ovat yleensä hyvin voimakkaita, mutta nopeasti ohimeneviä eikä koliiniesteraasien estyminen voimistu toistuvassakaan altistumisessa. Herkästi pölyävät valmisteet, kuten ruiskutejauheet, saattavat aiheuttaa hengitystieoireita ihmisille, joilla on taipumusta hengitysteiden ärsytys- ja yliherkkyysoireisiin.

Tiedot torjunta-aineiden käyttöön liittyvistä pitkäaikaisvaikutuksista ovat varsin puutteellisia. Tiedot perustuvat lähinnä yksittäisiin tutkimuksiin ja havaintoihin, joiden perusteella on vaikea muodostaa kokonaiskuvaa. Monille torjunta-aineille altistuneiden työntekijäryhmien ja verrokkiryhmien välillä on kyläkin todettu eroja epidemiologisissa tutkimuksissa. Esimerkiksi eräiden torjunta-aineiden käytöllä saattaa tutkimusten mukaan olla yhteyttä tiettyjen pahanlaatuisten kasvaimien esiintymiseen maanviljelijöillä. Suomalaisten maanviljelijöiden syöpäriskiä torjunta-aineet eivät ole lisänneet. Joidenkin orgaanisten fosforiyhdisteiden on kuvattu aiheuttaneen altistuneille pysyviä hermostovaurioita. Kuitenkaan Suomessa käytössä olevien aineiden ei ole havaittu aiheuttaneen edellä mainittuja haittoja. Suomessa on selvitetty torjunta-aineiden altistumisen vaikutuksia lisääntymiserveytyteen. Kasvihuoneissa työskentelevillä miehillä on todettu lievää hedelmällisyyden lasku, joka liittyy pyretruideihin, eräisiin orgaanisiin fosforiyhdisteisiin ja karbamaatteihin. Hormonienkaltaisia vaikutuksia on todettu ainakin seuraavilla torjunta-aineilla: benomyyli, endosulfaani, metoksikloori ja mankotsebi.

Osa rekisteröidyistä torjunta-ainevalmisteista sisältää tehoaineita, jotka on luokiteltu viranomaisraportoinneissa mahdollisesti ihmisillä syöpää aiheuttaviksi (luokka 3): kresoksiimimetyyli eli Candit ja Men-

tor, fluatsinami eli Epok 600 EC ja Shirlan, iprodioni eli Rovral-valmisteet, daminotsidi eli B-Nine SP, linuroni eli Afalon-neste ja simatsiini eli Simatsin-neste. Mahdollisesti mutageeninen (luokka 3) on tirami eli Tirama 50. Mahdollisesti lisääntymisriskin aiheuttavia (luokka 3) ovat ioksiniili eli Totril ja kinoklamiini eli Mogeton WP. Ditiokarbamaattien aineenvaihduntatuote ja joissakin valmisteissa epäpuhtautena esiintyvä etyleenitiourea on vaarallista sikiölle (lisääntymisriskiluokka 2).

Työterveyshuollossa on mahdollisuus tutkia biomonitoimalla altistumista joillekin torjunta-aineille. Yleisin tutkimus on organofosfaattialtistumisen arvioimiseksi tehtävä veren asetyyli- ja pseudokoliiniesteriaktiivisuusmääritys. Viime vuosina vakavia altistumistilanteita on sattunut vuosittain vain muutamia.

### Ammattitaudit ja työtapaturmat

Työperäisten sairauksien rekisteriin maatalouteen liittyviltä toimialoilta ilmoitetaan nykyään vajaa 800 ammattitautitapausta vuodessa (taulukko 48). Näistä yli kolmasosan aiheuttavat kemialliset tekijät. Torjunta-aineiden aiheuttamia ammattitauteja on viime vuosikymmenellä ollut vain 17 tapausta, joista vain kolme on ilmoitettu viimeisen viiden vuoden aikana.

Ilmoitetuista ammattitaukeista neljä oli rikkakasvien, neljä hyönteisten ja kaksi kasvitautien torjunta-aineiden aiheuttamia. Lopuissa tapauksissa oli aiheuttajaksi ilmoitettu torjunta-aine. Yleisimmät todetut haitat olivat myrkytys- tai hengitystieoireita. Verrattuna edelliseen vuosikymmeneen on torjunta-aineiden aiheuttamien ammattitautien määrä vähentynyt kolmasosaan. Maataloudessa on viime vuosina sattunut noin 8 000 työtaturmaa, josta torjunta-aineiden aiheuttamia tapaturmia on ollut vuosittain 1–2. Tuoreen tutkimuksen mukaan torjunta-aineisiin liittyy kuitenkin useampia tapaturmia ja mahdollisia ammattitauteja, kuin on raportoitu. Lisäksi torjunta-ainetapaturmia sattuu kotitarveviljelyssä (Mäkinen ym. 2004).

### Riskien hallinta

Torjunta-aineet ovat siis käytännössä pienehkö riskitekijä suhteessa muihin työterveys- ja turvallisuusriskeihin, joita maanviljelijän työssä esiintyy. Torjunta-aineiden aiheuttamat ammattitaudit ovat vähentyneet selvästi. Syitä myönteiseen kehitykseen ovat mm. haitallisimpien aineiden poistuminen markkinoilta, turvallisempien formulaattien käyttöönotto, koulutus ja tiedonvälitys sekä työterveyshuollon toiminta. Toisaalta torjunta-aineet ovat muuttuneet sekä kemialliselta koostumukseltaan että vaikutustavaltaan aikaisemmista. Tämän vuoksi on entistä vaikeampaa ennakoita ja arvioida niiden mahdollisia haittoja kemiallisten ryhmien perusteella. Ajan tasalla pysyminen niin työpaikoilla kuin työterveyshuollossa edellyttää jatkuvaa tieteellisten julkaisujen seurainta, mikä taas ei käytännössä ole mahdollista.

Torjunta-aineiden tehoaineet käyvät läpi monivaiheisen hyväksymisjärjestelmän ennen markkinoille pääsyä EU:ssa. Rekisteröinnissä kiinnitetään huomiota valmisteen biologiseen tehoon sekä terveys- (työntekijät, kuluttajat yms.) ja ympäristövaikutuksiin. Työntekijöiden altistumisen arvioinneissa mallinnuksella on merkittävä osuus. Torjunta-aineet ovat olleet edelläkävijä mallinnuksen kehittämisessä. Mallinnuksen ansiosta altistumisarviot ovat hyvin jäsenneiltyjä ja johdonmukaisia ja eri altistumismahdollisuuksien ja aineiden vertailu helpottuu. Tästä on selkeästi hyötyä riskinhallintakeinoja suunniteltaessa. Valmisteet hyväksytään erikseen kansallisessa lupamenettelyssä. Samalla laaditaan käyttöohjeet, myyntipäällystekstit ja käyttöturvallisuustiedotteet. Rekisteröimättömälle valmisteelle voidaan kuitenkin myöntää erillinen lupa tutkimus- ja koetoimintaa varten. Näiden valmisteiden työhygienisiä ominaisuuksia ei

Taulukko 48. Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitetut torjunta-aineiden aiheuttamat ammattitaudit vuosina 1993–2000 (Riihimäki ym. 2003)

toimiala	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	yhteensä
maatalous	3	2	3	1	–	–	–	1	–	–	10
puutarha	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
muut	–	–	1	–	–	–	–	1	–	–	2
yhteensä	3	2	4	1	0	0	0	2	–	–	12

yleensä ole arvioitu Suomen olosuhteissa. Koetoimintalupa-aineiden käyttäjistä ja heidän altistumisestaan ei ole tietoa.

Ns. pienannosaineet (esim. tablettimuotoon formuloidut torjunta-ainevalmisteet) ovat käyttäjälle perinteisiä valmisteita turvallisempia, koska niitä sekoitettaessa ja laimennettaessa altistumisriski pienee merkittävästi. Myös erilaiset uudet pakkaustavat (esim. ns. liukopussit) ovat parantaneet valmisteiden työhygieenisii ominaisuuksia. Henkilönsuojaimet ovat myös parantuneet viime vuosikymmeninä. Esimerkiksi kasvihuonetyössä on tyypillistä käyttää moottoroituja hengityksensuojaimia. Myös kemikaaleja läpäisemättömiä käsinemateriaaleja käytetään.

EU:n ympäristötukiehtojen mukaisesti kasvinsuojeluruiskut on testattava sekä ruiskuttajan on käytävä koulutus ja suoritettava tutkinto viiden vuoden välein. Levityslaitteiston kunto vaikuttaa suuresti altistumiseen. Koulutuksessa annetaan jonkin verran tietoa myös torjunta-aineiden käyttöturvallisuudesta. Kaikkein haitallisimpien aineiden ostamiseen ja käyttämiseen vaaditaan erityistutkinto (vuoden 2004 alussa seitsemän valmistetta).

### **Kehitysnäkymät**

Torjunta-aineiden käytön voidaan ennustaa lisääntyvän lähitulevaisuudessa. Tähän johtavat mm. muutokset viljelymenetelmissä ja mahdollisesti myös ilmastomuutos. Suurin osa perinteisistä viljelijöistä altistuu jatkossa kuitenkin entistä vähemmän torjunta-aineille, koska peltotyöt (myös torjunta-aineiden levitys) ulkoistetaan yhä enemmän erityisille urakoijille. Heidän altistumisensa vastaavasti kasvaa voimakkaasti.

Työterveysalan tutkimuksen ja siten myös työterveyshuollon on vaikea pysyä ajan tasalla riskinarviointimenetelmissä, koska uusia tehoainemolekyylejä kehitetään koko ajan ja vanhoja aineita poistuu vastaavasti markkinoilta. Uudet aineet eivät yleensä kuulu enää perinteisiin tehoaineryhmiin, joille on biologiset monitorointimenetelmät. Nykyään tehoaineet ovat yksittäisiä yhdisteitä. On vaikea ennustaa, mitkä aineet saavuttavat laajan käyttäjäkunnan, jolloin uusien biomonitorointimenetelmien kehittäminen olisi järkevää.

### **Lähteitä**

Blair A, Zahm S H: Cancer among farmers. *Occup Med* 1991;6(3).

Riihimäki H, Kurppa K, Karjalainen A ym.: *Ammattitaudit 2002*. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

Kristensen P, Andersen A, Irgens L M et al.: Incidence and risk factors of cancer among men and women in Norwegian agriculture. *Scand J Work Environ Health* 1996;22:14–26.

Laakkonen O, Kangas J, Riihimäki V ym.: *Torjunta-aineet*. Työterveyslaitos, Helsinki 1984.

Mata-vahingot. MELA tilastot. Aikasarjat. 2002.

Mäkinen M, Lampinen T, Tammelin M ym.: Torjunta-ainemyrkytykset Suomessa – Yhteydenotot Myrkytystietokeskukseen kesällä 2002. *Suomen Lääkärilehti* 2004;59(27–29):2689–2695.

Sallmén M, Liesivuori J, Taskinen H et al.: Time to Pregnancy among the Wives of Greenhouse Workers. *Scand J Work Environ Health* 2003;29(2):85–93.

Savela M-L, Hynninen E-L: Slower growth in pesticide sales. *Kemia-Kemi* 2004;31(6):57–59.

Torjunta-aineet 2004. Luettelo rekisterissä olevista torjunta-aineista ja niiden käyttöä koskevista ehdoista. Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK), Helsinki 2004.

## 5.4 Pesuaineet

Kaarina Rantala, Ritva Degerth

### Käyttö

Pesuaineet ovat kemiallisia tuotteita, joiden koostumus vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Niitä käytetään monilla aloilla, kuten elintarviketeollisuudessa pintojen ja laitteistojen puhdistukseen sekä pakkausten sterilointiin, ravintoloissa kone- ja käsitiskissä, pesuloissa tekstiilien kemialliseen ja vesipesuun, terveydenhuollossa pintojen ja välineiden puhdistukseen ja sterilointiin sekä kaikkien työalojen kiinteistönhoidossa. Tässä yhteydessä ei käsitellä hygieniatuotteita (esim. ihon puhdistukseen käytettäviä pesuaineita) eikä kotitaloudessa käytettäviä tuotteita. Taulukossa 49 on pesuainetyyppejä ja niiden käyttöalueita.

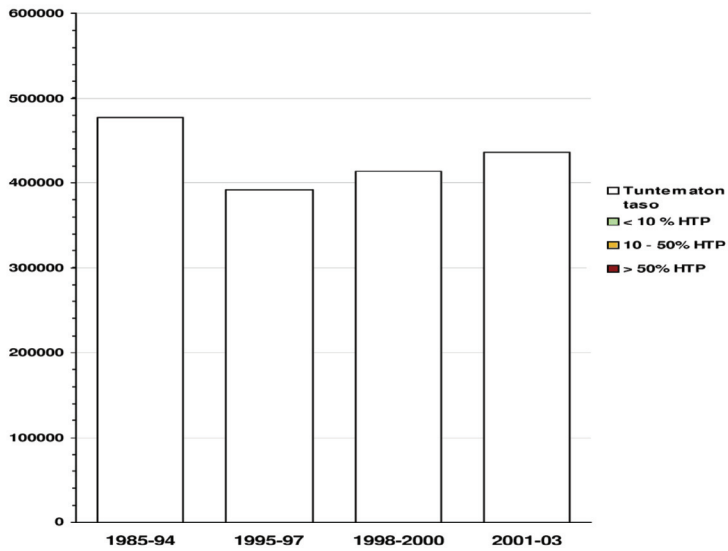
### Altistuminen työssä

Suomessa pesuaineille työssä arvioidaan altistuvan yhteensä yli 400 000 työntekijää (kuva 46). Yleisintä altistuminen on terveydenhuolto-alan ammateissa, siivousalalla, keittiötyössä ja maataloudessa (kuva 47). Terveydenhuoltoalalla käytetään siivoustyössä tavanomaisten emäksisten, happamien ja neutraalien vesi-

Taulukko 49. Pesuainetyypit, niiden sisältämiä yhdisteitä ja tuotteiden käyttöalueita

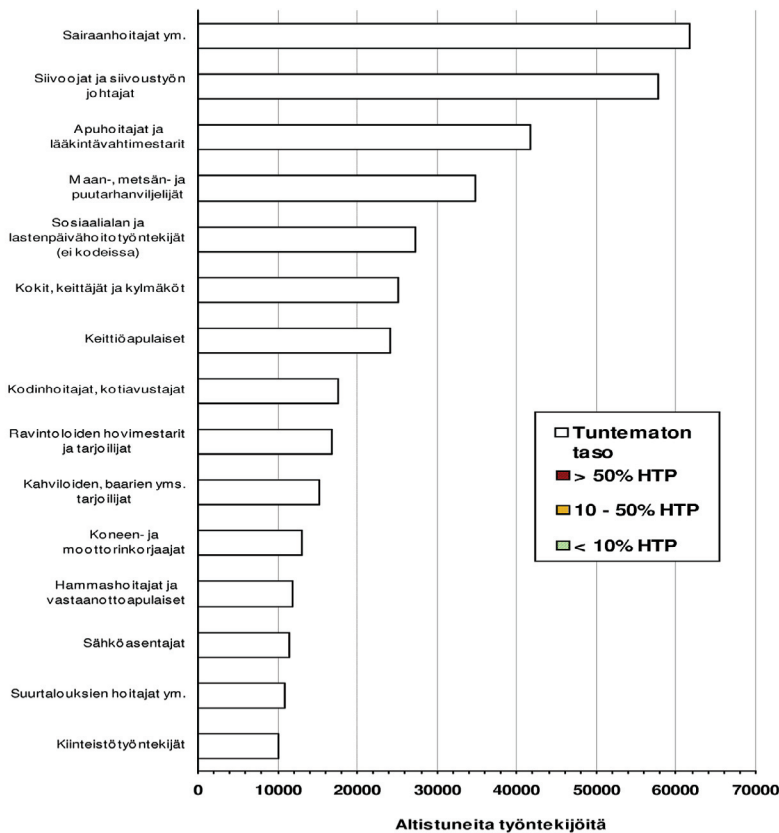
tuoteryhmä	tuotteen sisältämiä yhdisteitä	käyttöalueita
<b>pesuaineet</b>		
emäksiset pesuaineet pH 7–11 ja vahvasti emäksiset pesuaineet pH 11–14	natriumhydroksidi kaliumhydroksidi trinatriumfosfaatti natriummetasilikaatti dikaliummetasilikaatti ammoniakki	rasvan ja öljylian poisto, vahanpoisto, saniteettitiloissa saippuajäämien poisto, konetiskiaaineet, uunin puhdistusaineet, pyykinpesuaineet, teollisuuden prosessipesuaineet
neutraalit pesuaineet pH 6–7	anioniaktiiviset ja ionittomat tensidit	siivousaineet, käsitiskiaaineet
happamat pesuaineet pH 2–5,9 ja vahvasti happamat pesuaineet pH 0–1,9	sitruunahappo etikkahappo oksaalihappo peretikkahappo fosforihappo typpihappo rikkihappo	kalkki- ja mineraalisuostumien poistoon saniteettitilojen pesuaineissa ja teollisuuden prosessipesuaineissa mm. elintarviketeollisuudessa
liuotinpesuaineet	liuotinbensiini	teollisuuspesuaineet
	isopropanoli, etanoli, glykolieetterit	lasinpesuaineet, pintojen puhdistus, vahanpoisto
	tetrakloorietyleeni	tekstiilien kemiallinen pesu
<b>desinfektio ja sterilointiaineet</b>		
klooripitoiset	natriumhypokloriitti kloramiini-T	saniteetti- ja keittiötilojen pintojen desinfiiva puhdistus, terveydenhuollossa pintojen desinfektio, eritetahra- ja välinedesinfektio
kvaternääriset ammoniumyhdisteet (kvatit)	kationiaktiiviset tensidit	terveydenhuollossa pintojen desinfektio
aldehydit	glutaarialdehydi formaldehydi	terveydenhuollossa välinedesinfektio ja sterilointi
vetyperoksi peretikkahappo		elintarvikepakkausten sterilointi, pyykin desinfiointi terveydenhuollossa, välinesterilointi
etyleenioksidi		sairaaloissa välinesterilointi

### Altistuneita työntekijöitä



Lähde: Työterveyslaitoksen  
FINJEM-altistumistietojärjestelmä

Kuva 46. Pesuaineille työssä altistuneiden määrät vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)



Lähde: Työterveyslaitoksen  
FINJEM-altistumistietojärjestelmä

Kuva 47. Pesuaineille altistuneet ammateittain vuosina 2001–2003

pojkaisten pesuaineiden ohella useita mikrobien tuhoamiseen tarkoitettuja desinfektio- ja sterilointiaineita. Työhygieenisii mittauksia on tehty sterilointityössä, jossa on mitattu etyleenioksidia ja glutaarialdehydiä sekä formaldehydiä.

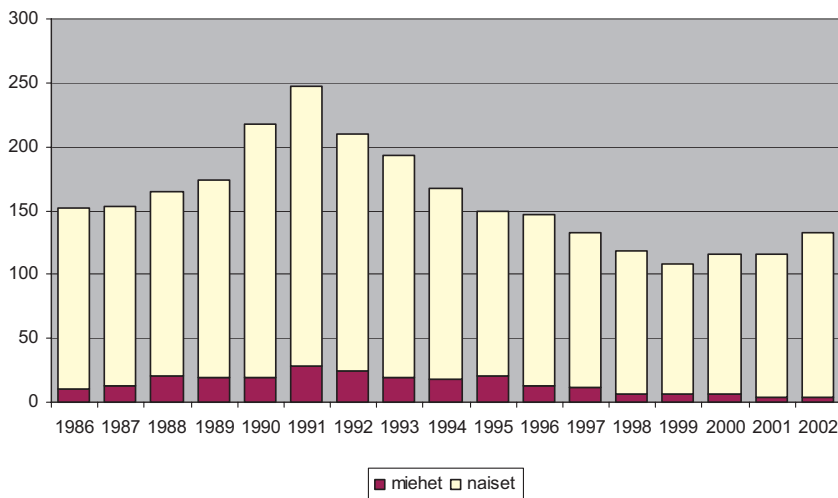
Etyleenioksidi on erittäin palovaarallinen syöpäsairauden vaaraa aiheuttava aine, jonka haitalliseksi tunnettu pitoisuus  $HTP_{8h}$  on  $1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  eli  $1,8 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

ASA-rekisteriin vuosina 1986–2002 tehdyt ilmoitukset etyleenioksidille altistuneista ilmenevät kuvasta 48. Vuonna 2002 ilmoitettiin terveydenhuoltoalan ammateissa yhteensä 126 etyleenioksidialtistumista. Välinehuollon työntekijät voivat altistua etyleenioksidille lähinnä tavaroiden autoklaavista purkamisen aikana. Vuosina 1986–1990 etyleenioksidia on mitattu 17 välinehuoltoyksikössä, kuudessa kohteessa etyleenioksidia ei todettu, muissa tunnin keskimääräiset pitoisuudet olivat  $< 0,03\text{--}0,5 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ . Kahdessa kohteessa, joissa epäiltiin laitteistovuotoja, hetkellisesti pitoisuudet ylittivät HTP-tason (Rantanen 1995). Vuotojen ohella huoltohenkilöstö on voinut hetkellisesti altistua suurille pitoisuuksille etyleenioksidia ja freonia sisältävien painepullojen ja letkujen käsittelyssä. 1990-luvun puolivälissä freonien käyttö kiellettiin ympäristönsuojeluyksististä ja freonia sisältävien seosten käytöstä luovuttiin. Nykyisin etyleenioksidia käytetään hiilidioksidin sekoitettuna tai käytössä on autoklaaveja. Niihin syötetään 100 %:nen etyleenioksidi pienistä kertakäyttöpatruunoista, jotka puhkaistaan automaattisesti suljetun autoklaavin sisällä, eikä altistumista siis tapahdu. Tällaista autoklaavisterilointiprosessissa vuonna 2002 tehdyissä mittauksissa etyleenioksidipitoisuudet työntekijän hengitysvyöhykkeellä autoklaavin avauksen ja tavaroiden purkamisen aikana olivat  $< 0,03\text{--}0,07 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri).

Formaldehydi on pistävän hajuinen herkistävä aine, jonka  $HTP_{8h}$ -arvo on  $0,3 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  eli  $0,37 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Välineiden steriloinnissa on mitattu formaldehydipitoisuuksia  $0,04\text{--}0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$  (Heikkilä ym. 1991). Glutaarialdehydi on ärsyttävä ja herkistävä aine, jonka hetkellinen  $HTP_{15min}$ -arvo on  $0,1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  eli  $0,42 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Endoskooppien pesukoneiden ympäristössä on vuosina 2002–2004 mitattu glutaarialdehydin pitoisuuksia  $0,04\text{--}0,06 \text{ mg}/\text{m}^3$  ja laitehäiriöiden aikana hyvin suuria pitoisuuksia tasoltaan  $1,2 \text{ mg}/\text{m}^3$  (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri).

Vetyperoksidi on hapettava, ärsyttävä aine, jonka  $HTP_{8h}$ -arvo on  $1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  eli  $1,4 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Vetyperoksidille voi altistua elintarviketeollisuuden aseptisissa pakkaustyössä, kun pakkausten pintoja desinfioidaan vetyperoksidilla. Vetyperoksidipitoisuudet voivat olla yli 50 % HTP-tasosta, jos työpisteessä ei ole riittävää ilmanvaihtoa.

Vesipesuloissa annostellaan pesuaineliuokset pesukoneisiin yleensä automaattisesti koneteista tai tynnyreistä ja jauheet mäntäpumpulla. Automaattisessa annostelussa työntekijä ei altistu pesuaineelle. Pyykin valkaisu ja desinfiointi vetyperoksidille ja peretikkahapolle altistuminen hengitysteitse on epä-



Kuva 48. ASA-rekisteriin ilmoitetut etyleenioksidille altistuneet vuosina 1986–2002



todennäköistä, koska kemikaalin lisäys on automaattista ja tapahtuu suljetussa järjestelmässä. Klooratuista yhdisteistä tekstiilien valkaisuaineena käytetään natriumhypokloriittiliuosta, joka on syövyttävää ja voi kehittää myrkyllistä kaasua hapon kanssa. Klooriyhdisteitä on korvattu vetyperoksidin, etikkahapon ja peretikkahapon seoksella.

Elintarviketeollisuudessa maitotuotteiden jäämien poistamiseen käytetään emäksiä pesuaineita. Voimakkaat emäkset syövyttävät ihoa, joten ne eivät sovi käsin tehtävään pesuun. Ravintoloissa ja suurkeittiöissä konetiskiaineiden käytössä kuumasta vesiliuoksesta vapautuva emäksinen höyry voi ärsyttää hengitysteitä. Konetiskiaineet voivat sisältää pienen määrän allergisoivaa proteaasientsyymiä. Ne syövyttävät ja ärsyttävät ihoa eivätkä sovellu käsin tehtävään pesuun.

Tetrakloorietyleenille eli perkloorietyleenille kemiallisissa pesuloissa altistuu noin 300–400 henkilöä. Suomessa on noin 4 000 pesulatyöntekijää, joista noin 1 000 työskentelee kemiallisissa pesuloissa. Tetrakloorietyleenin HTP<sub>8h</sub>-arvo on 10 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> eli 70 mg/m<sup>3</sup>. Lyhytaikaisia HTP-arvon ylityksiä voi esiintyä pesukoneiden avauksen sekä laitevikojen ja huoltotöiden yhteydessä (Degerth ym. 1999, Räsänen ym. 1996).

Vahanpoistoon käytetyt tuotteet voivat sisältää bentsyylialkoholia, 2-(2-butoksietoksi)etanolia ja etanoli-amiinia. Vahvasti emäksiset tuotteet sisältävät emäksien lisäksi yleensä useampaa liuotinta, kuten etanolia, isopropanolia ja glykolyhdisteitä, joista yleisimmin käytettyjä ovat 2-(2-butoksietoksi)etanoli ja 2-fenoksi-etanoli. Yhdisteiden ilmasta mitatut pitoisuudet ovat olleet pieniä. Koska glykolieetterit imeytyvät helposti ihon läpi, niille suositellaan altistumismittausta biologisista näytteistä (Laitinen ja Liesivuori 2003).

## **Terveyshaitat**

Pesuaineiden käytön yhteydessä työntekijän ihoa rasittaa märkyys, suojäkäsineiden käyttö sekä happamien ja emäksisten pesuaineiden ja etenkin bakteereja tappavien ja desinfioivien yhdisteiden (kuten formaldehydi tai glutaarialdehydi) pääsy iholle. Jatkuvassa altistumisessa voi aiheutua ammatti-ihottuman riski. Ihon syöpymistä voi esiintyä emäksisten tai happaman pesuaineen manuaalisessa käytössä tai kemikaalin päästessä iholle onnettomuustilanteissa.

Tekstiilien valkaisuaineista vetyperoksidiliuos syövyttää ihoa, jos sitä pääsee iholle esimerkiksi virheellisesti tehtävän säiliön vaihdon yhteydessä. Ihoaltistumisessa 10 % liuos on voimakkaasti ärsyttävä ja yli 30 % liuos ihoa syövyttävä.

Vuonna 2002 ilmoitettiin Työperäisten sairauksien rekisteriin 59 pesuaineiden, kuusi desinfiointiainneiden, 44 määrän työn ja 30 likaisen työn aiheuttamaa ammatti-ihotautia (Ammattitaudit v. 1990–2002). Pesuaineiden aiheuttamien ammatti-ihotautien määrä näyttää vähenevän: vuosina 1990–1996 niiden määrä laski 222:sta 137:ään ja vuosina 1997–2002 edelleen 83:sta 58:aan. Pesuaineiden aiheuttamia ammatti-ihotauteja esiintyi vuonna 2002 mm. terveydenhuolto- ja sosiaalipalveluissa, maataloudessa, elintarvikkeiden ja juomien valmistuksessa sekä kiinteistöalan palveluissa.

Tetrakloorietyleenin on helposti haihtuva ja palamaton neste. Sen höyryille altistuminen aiheuttaa pahoinvointia, päänsärkyä, iho- ja silmä-ärsytystä sekä voimakkaassa altistumisessa hermosto-, maksa- ja munuaisvaurioita.

Formaldehydin ja glutaarialdehydin höyryt ovat ärsyttäviä ja voivat aiheuttaa herkistymistä. Glutaarialdehydi on aiheuttanut vuosittain ammattitautteina 1–4 allergista kosketusihottumaa ja yksittäisiä allergisia hengitysteiden ammattitauteja, astmoja ja nuhia. Tekstiilien valkaisuaineista vetyperoksidin laimeat liuokset (3–5 %) ärsyttävät silmiä ja limakalvoja. Hengitysteiden ärsytystä ilmenee pitoisuudessa 10 mg/m<sup>3</sup>. Jatkuvasta vetyperoksidille altistumisesta (2–3 mg/m<sup>3</sup>, 8 tunnin painotettuna keskiarvona) on aiheutunut silmien ja hengitysteiden ärsytystä, päänsärkyä sekä hajuaistin väliaikaista katoamista.

Vahanpoistoaineiden amiinit ärsyttävät hengitysteitä ja voivat aiheuttaa astmaattisia reaktioita. Glykolieetterit voivat imeytyä elimistöön sekä hengitysteitse että ihon läpi. Ne aiheuttavat liuotinaineille tyypillisiä oireita, kuten ärsytystä, väsymystä, keskittymisvaikeuksia ja muistihäiriöitä. Joillakin glykolieettereillä saattaa olla vaikutuksia perimään, sikiöön tai lisääntymisterveyteen. Ilmasta mitatut amiini-

pitoisuudet ovat olleet pieniä, usein alle mittausmenetelmän määrittämissä rajoissa. Liuottimien pitoisuudet ovat olleet muutamia milligrammoja, yhteispitoisuus alle 10 % HTP-arvosta.

## Riskien hallinta

Pesuaineiden käyttöön liittyvät yleisimmät ongelmat ovat iho-oireet ja ihottumat, joita voidaan ehkäistä esimerkiksi käyttämällä tarkoituksenmukaisia tuotteita, suojaamalla iho oikeanlaisella suojainmateriaalilla ja rajoittamalla herkistävien tuotteiden käyttöä. Aineiden käyttöohjeet, tuoteselosteet ja käyttöturvallisuustiedotteet tulee olla työntekijöiden käytettävissä.

Koska vesipohjaiset pesuaineet joutuvat käytön jälkeen jätevesiin, lisääntynyt ympäristötietoisuus on kasvattanut paineita korvata ympäristölle ja usein myös tuotteen käyttäjälle haitallisia yhdisteitä vähemmän haitallisilla. Ympäristöystävällisiä pesuaineita on nykyisin paljon. Ympäristöystävällisiä pesuaineita saa käyttää vain suljetuissa järjestelmissä (VNa 596/2004). Etenkin klooria sisältävien yhdisteiden käyttö on kielletty tai niiden määrää on rajoitettu ympäristömerkin saaneissa tuotteissa. Fosfaattien käyttö tekstiilien pesuaineissa vähenee niiden vesistöjä rehevöittävästä ominaisuudesta ja niitä korvataan zeoliiteilla ja entsyymeillä. Uusia lisäaineita, kuten akrylaattipolymeerejä, kehitetään parantamaan pesuaineiden koostumusta siten, että täyteaineiden määrää (natriumsulfaatti) voidaan vähentää.

Tekstiilien kemiallinen pesu pysynee tekniikaltaan ennallaan, ja tetrakloorietyleenille voidaan altistua etenkin laitevikojen ja vuotojen yhteydessä. Tekstiilien kuivausajan tulee olla riittävän pitkä ennen koneen tyhjennystä. Työtilojen riittävällä ilmanvaihdolla ja laitteiden säännöllisellä huollolla minimoidaan altistumista. Tetrakloorietyleeniä on yritetty korvata liuotinbensiinillä, mutta sen käyttö ei ole yleistynyt.

Haihtuvien, hapettavien tuotteiden (etylenioksidi, vetyperoksidi, peretikkahappo) käytön yhteydessä on tunnettava riskitekijät ja niiden hallinta (palovaara, tapaturmavaara). Yli 30 %:inen vetyperoksidiliuos on hapettavaa. Se saattaa sytyttää syttymisherkät materiaalit ja aiheuttaa tulipalon hajotessaan epäpuhtauksien vaikutuksesta nopeasti hapeksi ja vesihöyryksi.

Hapettavien tuotteiden käsittelyssä työntekijöillä tulee olla riittävät tiedot kemikaalien ominaisuuksista. Tulipalovaara on otettava huomioon kuljetuksen, varastoinnin, materiaalivalintojen ja käytön yhteydessä. Erittäin tulenarkaa ja syöpäsairauden vaaraa aiheuttavaa etylenioksidia ei ole vielä pystytty korvaamaan sairaaloiden välinesteriloinnissa. Vetyperoksidin ja peretikkahapon käyttö lisääntyy valkaisu- ja desinfioinnissa, ja niillä korvataan etenkin ympäristölle haitallisia klooriyhdisteitä. Elintarviketeollisuudessa pakkausten desinfiointitekniikan ja työtilojen riittävän ilmanvaihdon avulla vetyperoksidipitoisuus voidaan pitää hyväksyttävällä tasolla.

Aineiden käyttö suljetuissa järjestelmissä ja työn helpottaminen koneiden avulla vähentää samalla altistumista pesuaineille. Aineiden käyttömääriä voidaan pienentää korottamalla vesiliuoksen lämpötilaa, mikä tehostaa pesua. Glutaarialdehydiä ja formaldehydiä tulee käyttää vain suljetuissa pesulaitteissa tiloissa, joissa on tehokas ilmanvaihto ja tarvittaessa kohdepoisto (esim. vetokaappi). Työhygieeniset mittaukset ovat välinehuoltotyössä edelleen tarpeen turvallisen työskentely-ympäristön varmistamiseksi.

Lattioiden vahanpoistoaineita ja vahoja kehitetään jatkuvasti ja tuotteiden koostumusta muutetaan, joten käytössä tulee olla ajan tasalla olevat käyttöturvallisuustiedotteet. Altistuminen vahanpoistoaineista vapautuville yhdisteille voidaan pitää alhaisena huolehtimalla työskentelytilan riittävästä ilmanvaihdosta ja ihon suojauksesta.

Vesihöyryn käyttö lisääntyy teollisuudessa. Höyrypesulaitteiden käytössä tulee varmistua palovammojen ja sähkötapaturmien riskien ehkäisystä.

## Lähteitä

Ammattitaudit (v. 1990–2002). Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

ASA (v. 1986–2002). Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

- Degerth R., Tamsi-Joensuu A, Silvo K: Pyykkäriin kemikaalivaarat hallintaan. Opas kemiallisille pesuloille. Työterveyslaitos, Helsinki 1999.
- Heikkilä P, Priha E, Savela A: Formaldehydi. Altisteet työssä 14. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.
- Hellsten S (toim.): Uudistuva laitoshuolto. Opas sairaala- ja laitospulaistyöhön. Suomen Kuntaliitto, Helsinki 1996.
- HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.
- Hydrogen peroxide. European Union Risk Assessment Report, Final Report 2003. European Communities, Finland.
- Laitinen J, Liesivuori J: Harvima Cleaners' exposure to alkoxyalcohols in simultaneous exposure to different solvents. In: Book of Abstracts of First World Congress on Work-Related and Environmental Allergy (1st WOREAL); 2003 July 9–12; Helsinki. Abstract book, 104.
- Rantanen S: Työhygieniä välinehuollossa. Suomen Sairaalahygienialehti 1995;13:36–38
- Räsänen L, Leisio K, Raatikainen M ym.: Ilman laadun hallinta kemiallisessa pesussa. Työsuojelurahaston loppuraportti 94314. Työsuojelurahasto, Helsinki 1996.
- Santasalo L (toim.): Välineiden sterilointi terveydenhuollossa. Sairaanhoidtajien Koulutussäätiö, Vammala 1995.
- Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (v. 2002–2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

## 5.5 Tekstiili- ja nahkatuotteet

*Eero Priha, Hannu Riipinen*

### Tekstiilit

Suomen tekstiiliteollisuus on nykyisin pitkälle erikoistunutta ja käytettävät kemikaalit riippuvat paljolti valmistettavista tuotteista. Suomessa on viisi suurempaa tekstiilivärjäämää ja -viimeistämää. Lisäksi tehdään painovärjäästä lukuisissa yrityksissä. Sen sijaan ompeleva teollisuus on paljon vähentynyt Suomessa tuotannon siirtyessä halvemmän kustannustason maihin. Tekstiili- ja vaatusteollisuus työllistää vajaa 20 000 henkilöä.

Värjäämissä ja viimeistämöissä käytettävät tekstiilikemikaalit voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään:

- peruskemikaalit (esim. orgaaniset hapot, emäkset, vetyperoksidi)
- väriaineet (tekstiilivärit ja pigmenttivärit)
- viimeistysaineet (esim. siliivyyss- ja palosuojausaineet).

Määrällisesti eniten käytetään peruskemikaaleja. Valkaisussa käytetään nykyisin pääasiassa vetyperoksidia, kun kloorivalkaisusta on paljolti luovuttu. Peruskemikaalien haitat liittyvät lähinnä niiden ärsyttävyyteen ja syövyttävyyteen. Roiskeet voivat aiheuttaa vahvoina liuoksina jopa syöpymävammoja iholla.

### Tekstiilivärit

Pääosa Suomessa käytettävistä kankaista tuodaan maahamme muualta, joten niiden sisältämien väriaineiden koostumuksesta ei ole tarkkaa tietoa. Tekstiiliväriaineita on lukumäärältään paljon. Käytettävät väriaineet riippuvat mm. kuidun ja kankaan laadusta, haluttavasta värisävystä ja sen ominaisuuksista. 1980-luvulla tehdyn tutkimuksen mukaan Suomessa oli tekstiilivärjäämissä käytössä noin 1 800 tekstiiliväriä (kauppanimeä). Tekstiilivärejä on kahta perustyyppiä: kuituun sitoutuvia varsinaisia tekstiilivärejä ja sideaineen avulla kankaaseen sidottavia pigmenttivärejä, jotka levitetään kankaaseen silkkipainomenetelmällä.

Syöpövaarallisten aineiden luetteloon (TMp 838/1993) kuuluu runsaasti tekstiiliväriaineita (mm. CI Acid Blue 9, CI Basic Red 9, CI Direct Red 28, CI Solvent Yellow 34 jne.) ja niiden raaka-aineita (Aalto ym. 1994). Viime vuosina luetteloon on lisätty ryhmät bentsidiinipohjaiset väriaineet ja o-toluidiinipohjaiset väriaineet sekä CI Disperse Blue 1 (STMp 1232/2000). ASA-rekisteriin kyseisille aineille altistuvia on ilmoitettu kuitenkin vähän, ja syöpövaarallisten väriaineiden korvaamisesta on erittäin niukasti tietoja. Altistuneita on ollut vähittäiskaupan, tutkimus- ja kehittämistoiminnan, koulutuksen ja terveydenhuollon aloilla. Huomattavaa on, että altistuneita ei ole ilmoitettu varsinaisesta tekstiili- ja vaatusteollisuudesta. Ainoita syöpövaarallisia aineita, joille työntekijöitä on ilmoitettu altistuneiksi, ovat vuonna 2001 olleet kromi(VI)-yhdisteet, etyleenioksidi ja hiilitetrakloridi.

Eurooppalainen väriaineteollisuus on tietävästi luopunut karsinogeenisena pidettävien tekstiiliväriaineiden tuotannosta. On kuitenkin viitteitä siitä, että syöpövaaraa aiheuttavia, bentsidiinipitoisia väriaineita on valmistettu ja käytetty eräissä Aasian maissa vielä 1990-luvulla. Niitä ovat valmistaneet osin länsimaiset yritykset. Nytemmin on kuitenkin mm. Intiaan luotu ympäristömerkintäjärjestelmiä, jotka eivät hyväksy tiettyjen vaarallisten väriaineiden käyttöä.

Äskettäin EU on kieltänyt käyttämästä sellaisia tekstiili- ja nahkaväriaineita, jotka vapauttavat tiettyjä aromaattisia amiineja yli 30 ppm:n pitoisuuden tuotteeseen (VNä 694/2003, komission direktiivit 2002/61/EY ja 2003/3/EY). Lainsäädäntö lähtee siitä, ettei karsinogeenisia aromaattisia amiineja saa tuotteissa olla yli määrärajan. Lainsäädäntö ei siis suoraan kiellä atsoväriaineita, ja ne ovat edelleenkin hyvin yleisesti käytetty tekstiiliväriaineiden ryhmä.

Espanjassa ilmeni 1990-luvun alussa paha Acramin FWN -nimisen kemikaalin aiheuttama keuhkotulehdusepidemia, joka johti jopa kuuden työntekijän kuolemaan ja yli 70 sairastumiseen. Työntekijät ruiskuttivat puutteellisissa työtiloissa tekstiiliväriä silkkipainomenetelmällä tekstiileihin. Lähes kaikki sairastuneet ja kuolleet olivat nuoria naisia. Aiheuttavaa ainetta ei varmuudella tiedetä, mutta todennäköi-

simpänä syynä pidetään Acramin FWN -polymeeria ja sen lähtöaineita (dietyleenitriamiini, adipiinihappo). Olennainen tekijä lienee ollut, että käytetyssä ilmaruiskumenetelmässä muodostui hienojakoista sumua, joka tunkeutui työntekijöiden keuhkoihin. Sama tai vastaava saksalaisen yrityksen valmistama kemikaali lienee ollut myös Suomen markkinoilla, mutta sitä ei tiettävästi ole levitetty ilmaruiskulla.

Painovärjäyksessä Suomessa käytetään pääosin vesiohenteisia painovärejä. Viime aikoina painovärjäykseen on tullut uusia menetelmiä, kuten mustesuihkupaino.

## Viimeistysaineet

Tekstiilejä viimeistellään monin tavoin niiden käyttöominaisuuksien parantamiseksi. Yleisesti luonnonkuituja (selluloosa, villa, pellava jne.) käsitellään enemmän. Tärkeimmät viimeistyskäsittelyt ovat:

- stabilointi- ja siliävyyskäsittely (selluloosatekstiilit)
- palosuojauskäsittely
- lianhylkivyyksikäsittely
- antistaattinen käsittely
- vedenhylkivyyksikäsittely
- pehmenyskäsittely
- antimikrobinen, homeenesto- ja koinestokäsittelyt.

Useita käsittelyjä voidaan yhdistää, jolloin päästään vähemmällä käsittelykerroilla.

Tekstiilejä voidaan palosuojata eri tavoin. Useat suolat (erityisesti typpi- ja fosforipitoiset) toimivat palosuoja-aineina hyvin, mutta ne lähtevät pois tekstiileistä pesun yhteydessä. Pysyvät palosuoja-aineet sitoutuvat kuituun kemiallisesti tai palosuoja-aine voidaan sitoa tekstiiliin sideaineen avulla. Palosuoja-aineiden mahdolliset terveyshaitat ovat aiheuttaneet keskustelua, ja joitakin aineita on aikanaan jouduttu vetämään pois markkinoilta. Tällainen oli mm. Fyrol 76, joka todettiin syöpävaaraa aiheuttavaksi 1970-luvulla (Tris-episodi).

Polybromatut bifenyyliit on todettu PCB:n tavoin elimistöön keräytyviksi ja eri tavoin terveydelle haitallisiksi. Niiden käytöstä luovuttiin pääasiassa jo 1970-luvulla. Viime aikoina on kiinnitetty huomiota bromattuihin palonestoaineisiin, erityisesti polybromattuihin difenyyliettereihin (PBDE). Niiden katsotaan voivan muodostaa palossa polykloorattuja dioksiineja ja furaaneja, jotka keräytyvät myös jossain määrin ihmiselimistöön. Niiden käytöstä ollaan luopumassa EU-maissa.

Suomessa käytetään selluloosatekstiilien pysyvään palosuojaukseen nykyisin lähinnä Proban-nimistä palonestoainetta, joka on kemialliselta koostumukseltaan tetrakis(hydroksimetyyli)-fosfoniumsuola. WHO:n alaisen syöväntutkimuslaitoksen (IARC 1998) arvioinnin mukaan niiden karsinogeenisuudesta on epävarmaa eläinkoenäyttöä. Epidemiologisia tutkimuksia ei ole, joten tällä hetkellä ne kuuluvat luokkaan 3 (ei luokiteltavissa karsinogeenisuuden suhteen).

Eräisiin palosuojaus (mm. Pyrovatex, Proban)- ja siliävyyskäsittelyihin on liittynyt formaldehydiongelman. Altistua voidaan sekä varsinaisen siliävyys- tai palosuojauskäsittelyn aikana että myöhemmin tekstiilin käytön yhteydessä. Formaldehydipitoisuudet ovat selvästi pienentyneet 1980- ja 1990-luvulla, kun uudet formaldehydivapaat tai vähän formaldehydia vapauttavat selluloosatekstiilien stabilointi- ja siliävyysaineet ovat tulleet käyttöön. Suomi rajoitti tekstiilien formaldehydipitoisuuksia ensimmäisenä maana Euroopassa jo 1980-luvulla (KTMa 210/1988). Ilmeisesti tämä säännös on paljolti vaikuttanut siihen, että Suomessa valmistettavissa ja Suomeen tuotavissa tekstiileissä entistä harvemmin tavataan suuria formaldehydipitoisuuksia. Formaldehydi on aiheuttanut tekstiiliteollisuudessa jonkin verran allergista kosketusihottumaa ja hengitysteiden herkistymistä.

Antimikrobisten aineiden käyttö tekstiiliin viimeistyskäsittelyihin on vähentynyt viime vuosina. Pentakloorifenolilauraattista homeenestoaineena on tiettävästi luovuttu. Aiemmin käytettiin koinestoon yleisesti naftaleenia ja sitä oli myös eräistä maista tuoduissa tekstiileissä. Kointorjuntaan on käytetty viime vuosina yleisimmin aromaattisia sulfonamidihdisteitä.

Puuvillan viljelyssä on käytetty erilaisia torjunta-aineita ja defoliantteja, joilla poistetaan puuvillasta lehtiä ennen koneellista poimintaa. Niiden esiintyminen valmiissa tuotteissa ei ole täysin selvillä. Todenäköistä kuitenkin on, että ne poistuvat suurelta osin mm. erilaisten märkäkäsittelyvaiheiden aikana.

## Nahkatuotteet

Raakanahkoja ja vuotia käsitellään kemikaaleilla niiden säilyvyyden parantamiseksi. Tärkeimpiä kemikaaleja alalla ovat natriumkloridi (vuotien säilöntä), kromisulfaatti (parkitusaine), kalsiumhydroksidi (kalkitus), rikkihappo (kalkinpoisto, piklaus), natriumsulfidi (karvanpoisto) sekä väri- ja viimeistysaineet. Erilaisia kemikaaleja kuluu arviolta noin 15–40 kg/100 kg raakanahkaa. Kuluttajat voivat altistua nahkakemikaaleille lähinnä ihon kautta. He altistuvat kemikaaleille huomattavasti vähemmän kuin nahka-alan työntekijät. Eniten haittoja kuluttajille ovat aiheuttaneet nahasta irtoavat kromiyhdisteet, vaikka nahan parkitukseen käytettävää kromisulfaattia (kolmiarvoinen kromiyhdiste) ei pidetäkään voimakkaana herkistäjänä. Haittojen epäillään aiheutuvan kuudenarvoisen kromin jäämistä nahassa, vaikkei tästä olekaan selvää näyttöä. Kromia irtoaa nahasta mm. hien vaikutuksesta (käsineet, kengät jne.). Parkitukseen ja jälkikäsitelyyn mahdollisesti käytettävä formaldehydi aiheuttaa käytännössä kuluttajille vain harvoin haittoja.

Kontaktiilmoissa tartuntaa parantavana aineena käytettävä p-tert. butyyliifenoliformaldehydi (PTBP-F) -hartsi on tunnettu ihon herkistäjä. Se sisältyy standarditestarjoihin ihotautipoliklinikoilla. Väriaineet ovat vain harvoin aiheuttaneet terveyshaittoja kuluttajille. Haitat ovat liittyneet useimmiten atsoväreihin tai niiden valmistuksessa käytettäviin raaka-aineisiin, jotka ovat aiheuttaneet kosketusihottumaa. Erityisesti varottavia ovat vuorittomat jalkineet, käsineet ja kellonhihnat.

Nahkatuotteiden biosidijäämiin on kiinnitetty huomiota Saksassa, mutta tarkempaa tietoa määristä ja mahdollisista terveyshaitoista ei ole lääketieteellisestä ja toksikologisesta kirjallisuudesta. Sen sijaan äskettäin on todettu nahan kosteussuojaukseen käytettävän sumutteen aiheuttavan toksisia keuhkoreaktioita ja sairastumista (Von Essen 1996, Wright ja Lee 1986). Kyseessä oli fluoropolymeeriä sisältävä sumute, jonka liuottimena ja ponneaineena käytettiin erilaisia hiilivetyjä. Tuotteiden käytön on kuvattu aiheuttaneen yli 40 kemiallista keuhkotulehdustapausta Kanadassa ja Yhdysvalloissa. Sveitsissä oli epidemialuonteinen tilanne vuosina 2002–2003, kun nämä kosteudensuoja-aineet aiheuttivat noin 150 keuhkosairautta. Aineita käyttävät sekä kuluttajat että teollisuus. Edellä olevasta ei voida päätellä, onko ratkaisevaa kemikaalien koostumus vai esiintyminen aerosolimuodossa. Oletettavasti molemmilla on merkitystä.

## Ammattitaudit ja työhygieeniset selvitykset

Vuonna 2002 sairastui hengitystieallergioihin toimialalla tekstiili-, vaate-, nahkatuotteiden ja jalkineiden valmistus viisi työntekijää, joista yksi hengityselinten syöpään (Riihimäki ym. 2003). Ammattitautin luokiteltuna tekstiili-, ompelu- ja nahkatyössä sairastui seitsemän. Ero johtunee siitä, että muillakin toimialoilla työskentelee kyseisen ammatin edustajia. Tilastot eivät anna tarkkaa tietoa taustalla olleista kemiallisista tekijöistä. Kyseisissä ammattiteissa syntyi 12 ammatti-ihotautia, joissa aiheuttajana ovat mm. väriaineet ja tekstiilit.

Työhygieeniset lausunnot -tietokannassa on vuosilta 2001–2004 vain muutamia kemiallisia tekijöitä koskevia selvityksiä kyseiseltä toimialalta. Ne kaikki koskivat erikoistuotteita, kuten erikoishuopien ja suodatinkankaiden valmistusta, joten tyypillistä tekstiiliteollisuutta on mittauksin selvitetty vähän tai ei lainkaan. Mitatut aineet olivat amiineja, isosyanaatteja, liuottimia ja pölyjä.

## Suosituksukset

- Tekstiileissä esiintyviä väriaineita tulisi niiden mahdollisen syöpä- ja ihottumariskin vuoksi selvittää tarkemmin. Tämä toiminta sopii kankaiden maahantuonnin osalta Tullilaboratoriolle ja työperäisen altistumisen osalta Työterveyslaitokselle. Nykyisin tietämys tekstiilien sisältämistä väriaineista on hyvin puutteellista.
- Uusia tekstiilikemikaaleja ja menetelmiä sekä niiden terveyshaittoja tulisi selvittää niin, että työperäiset sairaudet tulevat esiin ja ne voidaan ennakoida niin, että terveysongelmia ei syntyisi. Näistä varoitettava esimerkki on sairastumistapaukset Espanjassa (Acramin-tuote) ja Sveitsissä (kosteudensuoja-aineet).
- Erilaiset sumutettavat nahan ja tekstiilien suoja-aineet ovat aiheuttaneet keuhkotulehduksia ja oireita useissa maissa. Tiedossamme ei ole, käytetäänkö näitä samoja tai vastaavia tuotteita myös Suomessa. Niiden mahdollinen markkinoillaolo tulisi selvittää ja huolehtia siitä, että niissä on riittävät varoitukset terveyshaitoista ja käyttöohjeet. Myös monet muut aineet saattavat olla suurina aerosolipitoisuuksina terveydelle haitallisia, joten myös tämän näkökulman selvittäminen on tärkeää.

## Lähteitä

- Aalto A, Priha E, Schimberg R ym.: Tekstiilivärien terveysvaikutukset. Työolot 79. Työterveyslaitos, Työministeriö, Helsinki 1994.
- Ala-Karvia M, Priha E, Uitti J: Kemiallinen altistuminen ja työterveys jalkineiteollisuudessa. Työterveyslääkäri 1997;15:385–389.
- IARC. Re-evaluation of some organic chemicals. Hydrazine and hydrogen peroxide. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 71. IARC, Lyon 1998. (<http://monographs.iarc.fr/htdocs/monographs/vol48/48-05.htm>)
- Kauppinen T ym.: ASA-rekisterin vaikutukset työpaikoilla ja rekisteriin ilmoitettujen työntekijöiden syöpävaara. Loppuraportti. Työterveyslaitos, Syöpärekisteri, Helsinki 1999.
- Moya C, Anto J M, Taylor N J M: Outbreak of organising pneumonia in textile printing sprayers. Lancet 1994;344:498–502.
- Priha E: Are textile formaldehyde regulations reasonable? Experiences from Finnish textile and clothing industries. Regul Toxicol Pharmacol 1995;22:243–249.
- Priha E: Tekstiilikemikaalien aiheuttamat terveyshaitat kuluttajille. Suomen Lääkärilehti 1992;47:1973–1976.
- Priha E, Ahonen I, Helpiölä P: Antimikrobiset ja carrier-aineet tekstiileissä. Kuluttaja-asiain osaston julkaisuja 21. Elinkeinohallitus, Helsinki 1989.
- Priha E, Schimberg R, Uitti J: Nahkatuotteiden sisältämien kemikaalien haitat. Julkaisu 27/96. Kuluttajavirasto, Helsinki 1996.
- Priha E, Vuorinen R, Schimberg R: Tekstiilien viimeistysaineet. Työolot 65. Työterveyslaitos, Helsinki 1988.
- Riihimäki H, Kurppa K, Karjalainen A ym.: Ammattitaudit 2002. Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitetut uudet tapaukset. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.
- Ryynänen T, Kallonen R, Ahonen E: Palosuojaajat tekstiilit – ominaisuudet ja käyttö. VTT:n tiedotteita 2116. Espoo 2001.
- Sole A, Cordero P J, Morales P et al.: Epidemic outbreak of interstitial lung disease in aerographics textile workers – the "Ardystil syndrome": a first year follow up. Thorax 1996;51:94–95.
- Työhygieniset lausunnot -tietokanta (v. 2001–2004). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)
- Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2001. Syöpävaarallisille aineille ja menetelmille altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Katsauksia 146. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.
- Vernez D, Bruzzi R, Tomicic C et al.: Modelling of exposure to waterproofing agents for an epidemiological study of acute respiratory diseases. Arboretenschap 2004 /2 Supplement. Exposure assessment in a changing environment, June 16–18, 2004a, Utrecht.
- Vernez D, Droz P O, Lazor-Blanchet C, Jaque S: Characterizing emission and breathing zone concentrations following exposure cases to waterproofing spray mists. J Occup Environ Hyg 2004b;1:582–592.
- Von Essen S: Reformulated leather protectors: safer for the ozone than for the public. Clin Toxicol 1996;34:25–26.
- Wright G M, Lee A: Alveolitis after use of a leather impregnation spray. Brit Med J 1986;292:727–728.

## 5.6 Kolikot, työkalut, muut esineet (nikkeli)

Riitta Jolanki, Kristiina Alanko

### Käyttö ja esiintyminen työssä

Noin puolet nikkeli tuotannosta käytetään ruostumattoman teräksen valmistamiseen. Nikkeliä (Ni) käytetään paljon myös metalliseoksiin ja -pinnoitteisiin sekä kemiallisiin yhdisteisiin. Nikkelin kokonaistuotannosta arviolta 4 % menee rahakolikoiden valmistukseen.

Tavallisen ruostumattoman teräksen sisältämä nikkeli on niin tiukasti sitoutunut, ettei se yleensä aiheuta kosketusihottumaa eli -ekseemaa nikkeliallergisillekaan. Poikkeuksena on rikki pitoinen ruostumaton teräs (rikkipitoisuus yli 0,1 %), joka voi aiheuttaa nikkeliallergiaa pitkäaikaisessa kosketuksessa ihoon ja josta nikkelin vapautuminen voidaan osoittaa dimetyylyglyoksiimitestillä. Eniten nikkeliä vapauttavat metalliesineet, jotka on pinnoitettu nikkelillä eli niklattu tai valmistettu nikkelillä seostetusta metallista.

#### Kolikot

Yhden ja kahden euron kolikot on valmistettu nikkelillä seostetuista metalleista. Ennen euromääräisiin raihoihin siirtymistä nikkeliä oli kaikissa viidessä suomalaisessa kolikossa (taulukko 50).

#### Työkalut

Työkalut valmistetaan yleensä ruostumattomasta teräksestä, mutta todennäköisesti jonkin verran myös nikkelillä seostetuista metalleista. Työkaluissa on usein myös niklattuja osia.

1990-luvun lopussa tutkittiin Ruotsissa markkinoilla olleista työvälineistä vapautuvan nikkelin määrää. Tutkimus käsitti yhteensä 565 työvälinettä, jotka olivat ei-sähkökäyttöisiä käsityökaluja, joissa oli normaalikäytössä ihoa vasten pitkäaikaiseen tai toistuvaan kosketukseen joutuvia metalliosia. Dimetyylyglyoksiimitestillä nikkeliä voitiin osoittaa vapautuvan 27 %:sta työvälineistä.

*Muut esineet (soittimet, toimisto- ja ompelutarvikkeet sekä vaatetuksen niitit, soljet, napit ja vetoketjut ym.)*

Nikkeliä iholle vapautuvassa muodossa sisältävät usein jousisoittimien ja puhaltimien metalliosat sekä toimistotarvikkeista esimerkiksi kynät ja mapit. Koruja ja vaatetuksen niittien, solkien, nappien, vetoketjujen ym. sisältämän nikkelin pitoisuutta tai näistä vapautuvan nikkelin määrää on rajoitettu EU:n Nikkelidirektiiveillä (94/27/EC, joka on toimeenpantu valtioneuvoston päätöksellä 2/2000, sekä em. direktiivin liitteen muutoksella 2004/96/EY, joka on toimeenpantu valtioneuvoston asetuksella 494/2005, ks. Riskien hallinta) tasolle, jonka pitäisi olla turvallinen käyttäjälleen.

### Altistuminen työssä

Taulukossa 51 on nikkelin aiheuttamat allergiset ammattikosketusihottumat vuosina 1993–2002 sukupuolen ja ammatin mukaan.

Taulukko 50. Markka- ja eurokolikoiden koostumus (Rahapaja Oy)

eurokolikoiden metalliseokset ja nikkelipitoisuudet	
1, 2 ja 5 senttiä	puhtaalla kuparilla pinnoitettua terästä
10, 20 ja 50 senttiä	nikkelitöntä Nordic gold -seosta
1 euron keskiosa ja 2 euron rengas	kuparinikkeliä (sis. 25 % nikkeliä)
1 euron rengas ja 2 euron keskiosa	sinkkipronssia (sis. 5 % nikkeliä)
vuosien 1990–1993 kolikoiden metalliseokset ja nikkelipitoisuudet	
10 ja 50 penniä	kuparinikkeliä (sis. 25 % nikkeliä)
1 ja 5 markkaa	alumiinipronssia (sis. 2 % nikkeliä)
10 markan ulko-osa	kuparinikkeliä (sis. 25 % nikkeliä)
10 markan keskiosa	alumiinipronssia (sis. 2 % nikkeliä)



Taulukko 51. Nikkelin aiheuttamat allergiset ammattikosketusihottumat vuosina 1993–2002 sukupuolen ja ammatin mukaan (Työperäisten sairauksien rekisteri)

sukupuoli/ammatti	tapauksia
<b>naiset</b>	
myyjät ja tuote-esittelijät	39
teollisuustuotteiden kokoonpanijat	26
toimistotyöntekijät	16
hovimestarit, tarjoilutyöntekijät	15
kampaajat, parturit, kosmetologit ym.	15
keittiöapulaiset	11
siivoojat	9
kutojat, vaatturit ym.	6
metallien teolliset päällystäjät ja viimeistelijät	5
tekstiili-, turkis- ja nahkatuotteiden teolliset valmistajat	5
muut ammatit	61
yhteensä	208
<b>miehet</b>	
koneasentajat ja koneenkorjaajat	9
hitsaajat, levysepät	7
hienomekaanikot	4
muovaajat ja keernantekijät	3
koneenasettajat ja koneistajat	3
muut ammatit	24
yhteensä	50

### Kolikot

Nestle ym. (2002) ovat osoittaneet, että yhden ja kahden euron kolikot aiheuttavat positiivisen ihotesti-reaktion nikkelille herkestyneille ja vapauttavat 240–320-kertaisesti enemmän nikkeliä kuin EU:n Nikkeli-direktiivin mukaan sallitaan. Teoreettisesti laskettuna useita mikrogrammoja nikkeliä voi siirtyä käsi-iholle käsiteltäessä eurokolikoita monta tuntia päivässä. Riskiammateissa nikkeli-altistumisen suhteen ovat mm. myymäläkassanhoitajat, tarjoilijat, kioski- ja lipunmyyjät sekä rahastajat. Näissä ammateissa työskentelevien määrää on vaikea arvioida, mutta todennäköisesti heitä on 30 000–60 000. Selvästi suurin osa altistuneista kuuluu suureen 57 000 työntekijän myyjien ja myymäläkassanhoitajien ammattiluokkaan (v. 2003 työvoimatilasto). Siihen kuuluivat kolikoita paljon käsittelevät kioskimyyjät ja myyjät, jotka eivät työssään käsittele rahoja ja joita lienee myyjistä suurin osa. Tavallinen kuluttaja ei pidä metallirahoja kädessään niin kauaa, että sillä olisi merkitystä.

### Työkalut

Lidén ym. (1998) arvioivat vuonna 1989, että Ruotsissa 12 % työvoimasta käyttää työssään säännöllisesti käsityökaluja, joissa on ihoa vasten kosketukseen joutuvia metalliosia. Tämän perusteella Suomessa on noin 280 000 vastaavaa työntekijää (työllisen työvoiman määrä 2,4 miljoonaa v. 2003). Suurimmat altistuvat ammattiryhmät ovat koneenasettajat, koneistajat ja työkaluntekijät; koneasentajat ja koneenkorjaajat; sähkö-, elektroniikka- ja tietoliikennelaitteiden asentajat ja korjaajat; sähkö- ja elektronisten laitteiden kokoonpanijat; rakennustyöntekijät ja kiinteistöhuoltomiehet. Naisvaltaisista aloista merkittävästi altistuivat parturit, kampaajat, kosmetologit ym., mutta nykyisin kampaamotyössä käytettävät työvälineet ovat yleensä ruostumatonta terästä eivätkä vapauta nikkeliä.

*Muut esineet (soittimet, toimisto- ja ompelutarvikkeet sekä vaatetuksen niitit, soljet, napit ja vetoketjut ym.)*

Lähes jokainen työntekijä altistuu jonkin verran työssään muille esineille, joissa on nikkeliä vapauttavia metalliosia. Altistuneiden osuuden arvioidaan olevan suurin ammattiryhmissä, joissa vuonna 2003 työs-

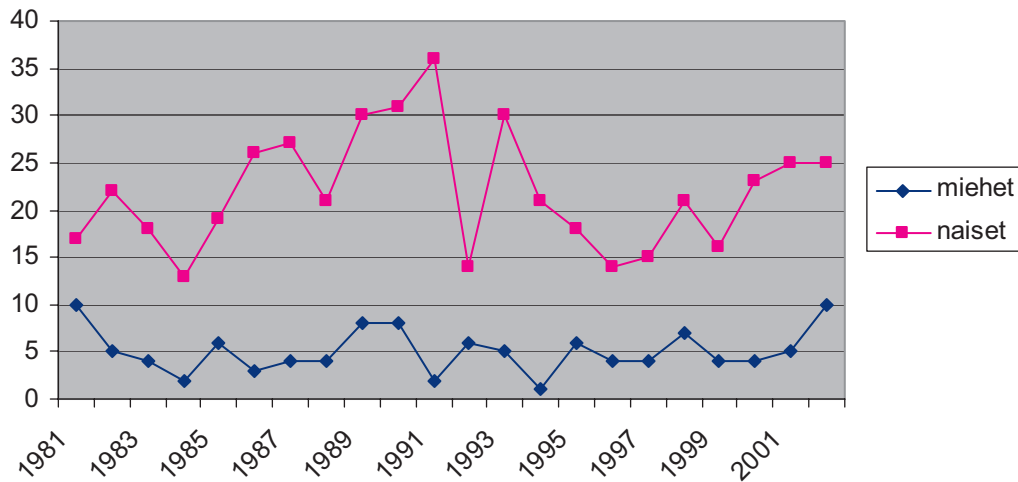
kenteli 142 633 toimistotyöntekijää, 2 560 muusikkoa ym., 2 075 ompelijaa ym. ja 1 847 askartelunohjaajaa ym. Toimistotyössä nikkeliä vapauttavia esineitä ovat kynät, mapit ym. sekä ompelutyössä mm. neulat ja sakset. Osa ompelijoista ja askartelunohjaajista käsittelee myös solkia, nappeja, vetoketjuja, koruja ym., joista vapautuvaa nikkelimäärää säädelään EU:n Nikkelidirektiivillä. Muusikoista jousisoittajien ja puhaltajien nikkeli-allergiariski on suurin.

### Terveyshaitat

Nikkeli herkistää ihoa sekä metallina että yhdisteinä. Nikkeli-allergia on yleisin ihokosketusallergia lähes koko maailmassa: 8–15 % naisista ja 1–3 % miehistä on nikkeli-allergisia. Nikkeli-allergia on nuorilla naisilla vielä yleisempää. Nikkeli-allergia lisää käsi-ihottuman riskiä, sillä nikkeli-allergisista 30–43 % saa käsi-ihottuman. Jos nikkeli-allergia ei ole, saa käsi-ihottuman 15–19 %. Nikkeli-allergian syy ovat useimmiten korut, erityisesti rei'ittämiskorut, joista vapautuu nikkeliä. Nikkeli-allergia johtuu useimmiten alkuperältään muusta kuin työstä. Nikkelin aiheuttamat ammatti-ihottumat lisääntyivät 1980-luvun lopussa, kun nykyinen ammattitautilaki (1343/1988) astui voimaan. Tällöin ammattitautina alettiin korvata myös muun kuin työperäisestä altistumisesta kehittyneen nikkeli-allergian paheneminen ihottumaksi työperäisestä nikkelikosketuksesta (ns. pahenema-ammattitauti) (kuva 49).

#### *Työterveyslaitoksessa tutkitut nikkelin aiheuttamat allergiset ammatti-ihotautitapaukset*

Työterveyslaitoksen ammatti-ihotautien poliklinikalla tutkitaan vain osa Suomen ammatti-ihotaudeista. Vuosina 1991–1999 siellä todettiin 28 uutta ammatti-ihotautitapausta, joissa nikkelin aiheuttama allerginen kosketusihottuma eli allerginen kosketusekseema oli tutkittavan päädiagnoosina. Allergisista kosketusihottumatapauksista 5,0 % oli nikkelin aiheuttamia. Yksitoista (39 %) tapauksista oli ns. pahenema-ammattitauteja eli ammatti-ihotautitutkimuksiin johtanut ihottuma aiheutui työperäisestä altistumisesta nikkelille, mutta kosketusallergia nikkeliä kohtaan oli alun perin syntynyt työn ulkopuolisessa altistumisessa. Naisia oli 24 (86 %). Nikkelin aiheuttamat kosketusihottumat syntyivät pääasiassa muussa kuin teollisuuden valmistustyössä, erityisesti hallinto- ja toimistotyössä (4 tapausta) sekä palvelutyössä (6 tapausta). Teollisuuden ammateista tapauksia ilmeni erityisesti sähkö- ja teleteknisten tuotteiden kokoojilla (4 tapausta) sekä konepaja- ja metallituotteiden kokoojilla (3 tapausta).



Kuva 49. Nikkelin aiheuttamat allergiset ammattikosketusihottumat vuosina 1981–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)

Suurimmalla osalla nikkeliallergisista ihottuman aiheutti metallimuodossa oleva nikkeli. Nikkelin aiheuttama allerginen kosketusihottuma johtui tavallisimmin työssä tarvittavien välineiden (kiintoavain, soljet ja sakset, kynsileikkurit, purkinavaaja, pihdit ja sivellin), sähkötarvikkeiden metalliosien (kaapelin pään metallisuojaus, ruuvit, nikkelilangat, metallilevyt ja komponentit), metallirahojen sekä koneiden ja laitteiden (mm. teippirullan pidike sekä painokoneen ja hoitolaitteen osat) käsittelystä (taulukko 52). Kahdessa tapauksessa aiheuttajana olivat käytetty lastuamisneste, ompelutarvikkeet (mm. neulat, veto- ketjut ja metallipidikkeet) ja toimistotarvikkeet. Tilinpidossa työskennelleellä toimistopäälliköllä aiheuttajia olivat kynät, liittimet ja sakset sekä puhelunvälittäjällä laskujen postitus- ja mapitustyössä liittimet ja mappien lukkolaitteet. Yksittäistapauksissa aiheuttajina olivat muut esineet, kuten avaimet, pullonkor- kit, viinimitat, verhonkiinnittimet, lautasenpidikkeet, astiat ja rahalipas. Kolmessa tapauksessa aiheutta- jana oli metallipöly ja yhdessä mineraalipöly. Kolmessa tapauksessa aiheuttajana oli metallikappaleiden tai -levyjen (esim. valuraudan, kuuma- ja sähkösinkityn sekä ruostumattoman ja nikkelipinnoitetun te- räksen) käsittely. Kahdeksassa tapauksessa työperäisen nikkeliallergian aiheuttajia oli useampia, mm. työ- välineet ja sähkötarvikkeiden osat.

Ei-työperäisestä, esimerkiksi korujen aiheuttamasta, nikkeliallergiasta on haittaa työssä käsiteltäessä esineitä, joissa on nikkeliä vapauttavia metalliosia (työkalut, kolikot ym.). Nikkeliallerginen saa helposti ihottumaa myös silloin, kun työhön liittyy palladiumaltistumista. Nikkeliallergiaan usein liittyvä käsi- ihottuma saattaa myös vaikeuttaa selviytymistä ihoa rasittavassa työssä.

## Riskien hallinta

### Nikkelidirektiivi

EU:n Suomessa 20.1.2000 voimaan tullut Nikkelidirektiivi (94/27/EC, VNp 2/2000) ja sen 1.9.2005 voimaan tullut muutos (2004/96/EY, VNa 494/2005) rajoittavat iholla pidettävien materiaalien nikkelipitoisuutta. Direktiivi kieltää myymästä tai luovuttamasta kuluttajille:

- nikkelipitoisia rei'ittämisskoruja, joiden nikkelipitoisuus on 0,2 µg/cm<sup>2</sup> tai suurempi
- materiaaleja, jotka voivat joutua suoraan tai pitkäaikaiseen ihokosketukseen (esim. silmälasinsangat, rannekellot, korut sekä vaatetuksen niitit, soljet, napit ja vetoketjut) ellei vapautuvan nikkelin määrä ole alle 0,5 µg/cm<sup>2</sup> viikossa
- tuotteita, joissa on nikkeliltä suojaava pinnoitus, ellei vapautuvan nikkelin määrä ole alle 0,5 µg/cm<sup>2</sup> viikossa kahden vuoden käyttöaikana.

Nikkelidirektiivi ei koske kolikoita, työkaluja, kädensijoja, avaimia ym., jotka myös joutuvat kosketuk- seen ihon kanssa mutta eivät yhtä pitkäaikaisesti kuin direktiivin säätelemät esineet. Nämä voivat aiheut- ta ja pahentaa nikkeliallergisten henkilöiden käsi-ihottumaa, mutta eivät aiheuta yhtä paljon herkisty- mistä.

Taulukko 52. Työterveyslaitoksen ammatti-ihotautien poliklinikalla vuosina 1991–1999 todetut uudet nikkelin aiheuttamat allergiset ammatti-ihotautitapaukset (28 henkilöä) aiheuttajan mukaan

aiheuttaja	tapauksia
työvälineet	6
sähkötarvikkeiden metalliosat	5
metallirahat	5
laitteiden ja koneiden osat	3
metallipöly	3
metallin käsittely	3
ompelutarvikkeet	2
toimistotarvikkeet	2
käytetty lastuamisneste	2
muut esineet (avaimet, pullonkorkit ja viinimitat, verhonkiinnittimet, lautasenpidikkeet, astiat, rahalipas)	5

Nikkelidirektiivillä on haluttu rajoittaa nikkeliä niissä tuotteissa, jotka ovat merkittävimpiä nikkeli-allergian aiheuttajia. Eniten nikkeli-allergiaa on todettu aiheutuvan ensiasennuskoruista, jotka on tarkoitettu pidettäväksi lävistetyissä korvavalehdissä ja muissa ihmiskehon osissa lävistyksen aiheuttaman haavauaman paranemisen aikaan. Siksi EU:n Nikkelidirektiivillä on säädetty näille rei'ittämiskoruille muita koruja tiukemmat vaatimukset nikkeli-pitoisuuden suhteen. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen tutkimuksissa on kuitenkin todettu lähes puolessa ensiasennuskoruista tai niiden osista sallittua, 0,05 %:n pitoisuutta suurempia nikkeli-pitoisuuksia. Tilanne oli vuonna 2003 jopa selvästi huonompi kuin direktiivin voimaantulon jälkeen vuosina 2000–2001. Tutkimuksen perusteella on todennäköistä, että markkinoilla on myös muita Nikkelidirektiivin säätelemiä tuotteita, jotka ovat sen vastaisia.

Maakohtaisten nikkeli-rajoitusten voimaantulon jälkeen nikkeli-allergisten osuus on vähentynyt ainakin Tanskassa ja Saksassa nuorilla 20–30 %. Tanskassa Nikkelidirektiivin toista kieltoa (vapautuvan nikkelin määrä alle 0,5 µg/cm<sup>2</sup> viikossa) vastaavat säädökset ovat olleet voimassa jo vuodesta 1989 lähtien. Sen jälkeen on tanskalaisissa tutkimuksissa todettu sekä uusien nikkeli-allergioiden että nikkeli-allergian aiheuttamien ihottumien merkittävä väheneminen. On odotettavissa, että EU:n direktiivi vähentää nikkeli-allergiaa myös muissa maissa.

### *Kolikkojen käsittely*

Tutkimuksissa on ristiriitaista tietoa siitä, aiheuttaako runsas kolikkojen käsittely nikkeli-allergista käsi-ihottumaa. Tuoreessa USA:laisessa tutkimuksessa ei todettu runsaan nikkeli-pitoisten kolikoiden käsittelyn aiheuttavan käsi-ihottumaa nikkeli-allergisille. Käytännössä sitä usein kuitenkin epäillään, ja harvinaisissa tapauksissa asia on osoitettu todennäköiseksi myös Työterveyslaitoksen potilasaineistossa. Siten olisi suositeltavaa, ettei kolikoissa olisi nikkeliä. Eurokolikoihin siirryttäessä keskusteltiin paljon nikkeliittömien kolikoiden käyttöönotosta, mutta asiasta ei päästy yksimielisyyteen. Suurin osa nikkeli-allergisista ei saa käsi-ihottumaa kolikoiden käsittelystä.

### **Suosituks**

- Nikkeli-allergia johtuu suurimmaksi osaksi muusta kuin työperäisestä altistumisesta. Ennaltaehkäisyssä on tärkeää noudattaa Nikkelidirektiiviä pitkäaikaista ihokosketusta aiheuttavien materiaalien, kuten korujen ja vaatetuksen metalliosien, suhteen.
- Olisi suositeltavaa laajentaa Nikkelidirektiivin kiellot (vapautuvan nikkelin määrä alle 0,5 µg/cm<sup>2</sup> viikossa ja pinnoitetuissa tuotteissa vapautuvan nikkelin määrä jää alle 0,5 µg/cm<sup>2</sup> viikossa kahden vuoden käyttöaikana) koskemaan myös työkaluja.

### **Lähteitä**

Haudrechy P, Mantout B, Frappaz A et al.: Nickel release from stainless steels. *Contact Dermatitis* 1997;37: 113–117.

Jensen C S, Lisby S, Baadsgaard O et al.: Decrease in nickel sensitization in a Danish schoolgirl population with ears pierced after implementation of nickel-exposure regulation. *Br J Dermatol* 2002; 146:636–642.

Johansen J, Menne T, Christophersen J et al.: Changes in the pattern of sensitization to common contact allergens in Denmark between 1985–86 and 1997–98, with a special view to the effect of preventive strategies. *Br J Dermatol* 2000;142:490–495.

Jolanki R, Kanervo K, Estlander T ym.: Kromin, nikkelin ja koboltin aiheuttama työperäinen allerginen kosketusihottuma. *Suomen Lääkärilehti* 2001;25–26:2765–2770.

Lidén C: Nickel. In: *Condensed Handbook of occupational dermatology*. Ed. by L Kanerva et al. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2004, 321–332.

Lidén C, Carter S: Nickel release from coins. *Contact Dermatitis* 2001;44:160–165.

Liden C, Rondell E, Skare L, Nalbanti A: Nickel release from tools on the Swedish market. *Contact Dermatitis* 1998;39:127–131.

Nestle F O, Speidel H, Speidel M O: Metallurgy: high nickel release from 1- and 2-euro coins. *Nature* 2002;419:132.

Pönkä A, Ekman A, Partanen M: Lävistyskorujen nikkelpitoisuudet – analyysituloksia ja kirjallisuuskatsaus lävistysten terveyshaittoihin. ([http://www.hel.fi/ymk/julkaisut/julkaisut2003/julkaisu12\\_03.pdf](http://www.hel.fi/ymk/julkaisut/julkaisut2003/julkaisu12_03.pdf))

Schnuch A, Uter W: Decrease in nickel allergy in Germany and regulatory interventions. *Contact Dermatitis* 2003;49:107–108.

Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

Zhai H, Chew A L, Bashir S J et al.: Provocative use test of nickel coins in nickel-sensitized subjects and controls. *Br J Dermatol* 2003;149:311–317.

## Yhteenvedo tuotteista (taulukko II A ja II B)

Toimittanut Marika Lehtola

Kaikkia kemikaaleja ei voida jakaa vain yhteen kemikaaliryhmään kuuluvaksi, joten kemikaali voidaan mainita useammassa kohdassa. Lukutiedoissa voi esiintyä eroja selvityksen teksteihin verrattuna (muista tällöin tarkistaa lähde tai arvio). Taulukoissa voi olla myös sellaista lisätietoa, jota ei ole mainittu selvityksen teksteissä.

Taulukko II A. Käytössä olevien tuotteiden tuotanto tai käyttö (↑ = lisääntyä, ↓ = vähenee, ↑↓ = pysyy ennallaan), tärkeimpiä altistavia toimialoja, työtehtäviä ja käyttötapoja, tärkeimmät terveyshaitat, keskeisiä tiedonaukkoja sekä tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset. Tässä viimeisessä sarakekeksä tarkasteillaan keinoja, joita voidaan käyttää ilmanvaihtoteknisten (yleisilmanvaihto, kohdepoistot, kotelointi) parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi, sekä muita tärkeitä huomioon otettavia asioita

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja, työtehtäviä ja käyttötapoja	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
<b>biosidit</b>	↑↓	terveydelle haitallisten eliöiden torjunta teollisuudessa, erilaisissa laitoksissa ja kotitaloudessa, desinfointiaineet, puunsuoja- ja limantorjuntakemikaalit, kiinnittymisenestoaineet (antifouling), hyönteiskarkotteet	ärsyttävät silmiä ja hengityselimiä, ärsytyskosketusihottuma, keuhkosityöpä, astma, leikkuneesteiden biosidit voivat aiheuttaa allergista kosketusihottumaa, kiinnittymisenestoaineet voivat aiheuttaa metallikuumeen, CCA-kyllästeet myrkyllisiä, CCA:n arseenipentoksidi aiheuttaa syöpää	-	käytön rajoittaminen, ennakkohyväksymismenettelyn käyttöönotto kaikille biosideille
<b>leikkuuneesteet</b>	↑↓	metallin jatkokäsittelyteollisuus (metallintyöstö)	silmien ja hengitysteiden ärsytys, allerginen kosketusihottuma, ärsytyskosketusihottuma, ns. suorat leikkuuöljyt voivat lisätä iho-, kurkunkäpää-, peräsuoli- ja haimasyöpärisiä, ks. endotoksiinit ja formaldehydi taulukosta I A	-	huomioitava käsien pesu, leikkuuneesteessä sopiva määrä biosidia endotoksiinipitoisuuden alentamiseksi, leikkuuneesteen laadun tarkastaminen ja käytössäoloajan lyhentäminen, kehitetään mm. kenttäkelpoinen leikkuuneesteiden puhdistusmenetelmä

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja, työtehtäviä ja käyttötapoja	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
<b>torjunta-aineet</b>	↑	maa-, metsä- ja puutarhatalous, levitysurakoijat, torjunta-aineiden tuotanto	allergiset ihoreaktiot, äkilliset myrkytykset, vaikutuksia lisääntymisterveYTEEN, osa tehoaineista mahdollisesti ihmiselle syöpää aiheuttavia, mutageenisia tai lisääntymis-terveyteen vaikuttavia	vaikutuksista ei tarkkaa tietoa aineiden kemiallisen koostumuksen ja vaikutustavan muuttumisen vuoksi, aineiden yhteisvaikutuksista ja pitkäaikaisvaikutuksista vähän tietoa, koostointilupa-aineiden käyttäjistä ja altistumisesta ei tietoa, urakoijien altistumisesta ei tietoa	aineiden muuttuminen hankaloittaa haittojen ennakointia ja arviointia, tehoaineiden ja valmisteliden hyväksymisjärjestelmä, kasvinsuojeluruiskujen testaus, erityistutkintovaatimus kaikkein haitallisimpien aineiden ostamiseen ja käyttämiseen
<b>pesuaineet</b>	↑↓	siivoustyö, terveydenhuoltoala ja välinehuolto, kemialliset pesulat ja tekstiilien pesu, maatalous ja elintarviketeollisuus	ärsytys (ärsytysihottuma), happojen ja emästen syövyttävyys, herkistävät aineet esim. formaldehydi ja glutaarialdehydi (allerginen kosketusihottuma), etyleenioksidin syöpäsairauden vaara, perkloorietyleenin ja glykolieetterien liuotinhaitat ja lisääntymisterveydelliset vaikutukset	-	tarkoituksenmukaisten tuotteiden käyttö, oikeanlaisen suojainmateriaalien käyttö, riittävät kemikaalitiedot hapettavia tuotteita käsiteltäessä, haitallisten yhdisteiden korvaaminen

<p><b>tekstiili- ja nahkatuotteet</b></p>	<p>↑↓</p>	<p>silkkipainomenetelmä, nahka-alan työntekijät, altistuneita vähittäiskaupan, tutkimus- ja kehittämistoiminnan, koulutuksen ja terveydenhuollon aloilla, altistuneita ei ilmoitettu tekstiili- ja vaatetus-teollisuudesta</p>	<p>keuhkotulehdus, monet tekstiilivärit syöpävaarallisia aineita, nahan parkitsemiseen käytettävät kromisuolat ja tekstiilivärit aiheuttavat allergista kosketusihottumaa</p>	<p>tekstiiliiteollisuudessa vähän mittauksia, tekstiilien sisältämistä väriaineista ja suoja-aineista ei tietoa, syöpävaarallisten tekstiilivärien väriaineiden korvaamisesta vähän tietoa</p>	<p>tekstiiliväreissä määräraja karsinogeenisille aromaattisille aineille (atsoväriaineet)</p>
<p><b>koliikit, työkalut, muut esineet (nikkeli)</b></p>	<p>↑↓</p>	<p>myymäläkassanhoitajat, tarjoilijat, kioski- ja lipunmyyjät, rahastajat, koneenasettajat, koneistajat, työkaluntyöntekijät, koneasentajat, koneenkorjaajat, sähkö-, elektroniikka- ja tietoliikennelaitteiden asentajat ja korjaajat, sähkö- ja elektronisten laitteiden kokoonpanijat, rakennustyöntekijät, kiinteistöhuoltomiehet, toimistotyöntekijät, muusikot, ompelijat, askartelunohjaajat</p>	<p>allerginen kosketusihottuma (käsi-ihottuma)</p>	<p>nikkeli-allergia aiheutuu yleensä muusta kuin kolloidien käsittelystä, suuri osa nikkeli-allergisista pystyy käsittelemään kolloikkoja saamatta käsi-ihottumaa, runsas kolloidien käsittely voi aiheuttaa voimakkaasti nikkeli-allergisille käsi-ihottumaa ja jopa aiheuttaa nikkeli-allergian</p>	<p>maakohtaiset nikkeli-rajoitukset, EU-nikkelidirektiivi, direktiivin laajentaminen työkaluihin suositeltavaa</p>



Taulukko II B. Käytössä oleville tuotteille työssä (pääasiassa hengitysteitse) altistuvat ja yli 10 % HTP-arvosta altistuvat vuosittain, altistumisen suunta eri ajanjaksoina, TPSR:iin ilmoitetut ammattitautitapaukset ja biomonitorointi (– = ei tilastoita tai ei tarkkaa tietoa, x = biomonitoroinnille ei olemassa mittausmenetelmää)

altiste	työssä altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	työssä yli 10 % HTP-arvosta altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	HTP <sub>8h</sub> :n ylittäneitä mittauksia %:na eri ajanjaksoina <sup>2</sup>	ilmoitetut ammattitautitapaukset v. 2002 <sup>3</sup>	biomonitorointi <sup>4</sup> (henkilöä / v. 2004)
<b>biosidit</b>	–	–	glutaarialdehydi 6 % v. 1994–1998 (hetkellinen) 3 % v. 1999–2003 (hetkellinen)	desinfiomisaineet ammatti-ihotauteja 6	triatsiini 0 (U-Triats) pyretroidit 31 (U-PBA)*
<b>leikkuunesteet</b>	19 000 <sup>5</sup>	–	ks. endotoksiinit ja formaldehydi taulukosta I B	–	leikkuunestepaneeli nesteyssä esiintyvillä mikrobeille (IgE- ja IgG-luokan vasta- aineet)
<b>torjunta-aineet</b>	fungisidit 25 000 herbisidit 37 800 insektisidit 6 100	–	–	–	glyfosaatti 1 (U-Glyfos)* klooratut fenoksihapot 1 (U-Fenoksihapot)* organofosfaatti- torjunta-aineet 536 (B-AKOLes ja B-PKOLes) pyretroidit ks. biosidit

<b>pesuaineet</b>	435 800	-	etyyleenioksidi 11 % v. 1994–2003 glutaarialdehydi 6 % v. 1994–1998 (hetkellinen) 3 % v. 1999–2003 (hetkellinen) ks. <i>biosidit</i>	pesuaineet ammatti-ihotauteja 59 allerginen astma 1  desinfiomisaineet ammatti-ihotauteja 6 ks. <i>biosidit</i>  ASA-tiedostossa 6 etyyleenioksidi 133 <sup>6</sup> (suurin osa terveyden- huoltoalalta)	-
<b>tekstiili- ja nahkatuotteet (sisältää tiedot vain pölylle altistumisesta)</b>	tekstiilipöly 32 500 nahkapöly 700	tekstiilipöly 3 700 nahkapöly 170	-	5 <sup>5</sup>	x
<b>koliikot, työkalut, muut esineet (nikkeli)</b>	<i>ks. nikkeliä koskevia tietoja taulukosta I B</i>				
	koliikot 30 000– 60 000 <sup>5</sup> työkalut 280 000 <sup>5</sup> muut 150 000 <sup>5</sup>	-	-	nikkeli ja sen yhdisteet allergisia kosketus- ihottumia 35	nikkeli-allergiaa tutkitaan epikutaanikokeella (lapputestillä)

<sup>1</sup> FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v. 2001–2003). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

<sup>2</sup> Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset v. 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

<sup>3</sup> Riihimäki H, Kurppa K, Karjalainen A ym.: Ammattitaudit 2002. Työterveyslaitos, Helsinki 2003

<sup>4</sup> Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2004. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 15. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

<sup>5</sup> tieto poimittu tästä selvityksestä

<sup>6</sup> Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

\*palveluanalytiikan biomonitorointianalyyysien lukumäärä (ei henkilöiden lukumäärä)

# 6 Käytöstä poistetut kemikaalit ja niistä vapautuvat yhdisteet

## 6.1 Asbesti

Antti Tossavainen

### Käyttö ja esiintyminen

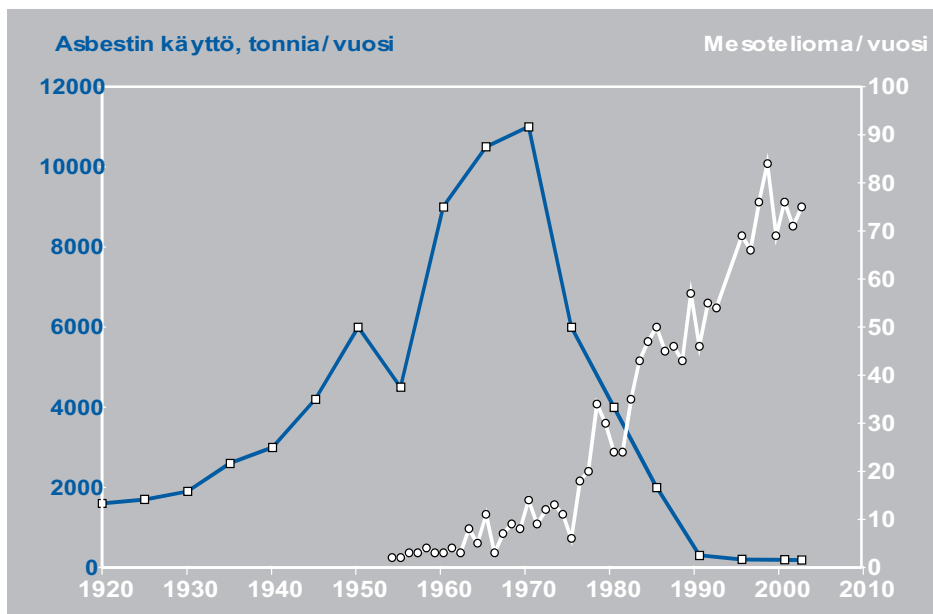
Asbestia käytettiin Suomessa vuosina 1918–1988 yhteensä 300 000 tonnia rakennusmateriaaleissa, koneissa, liikennevälineissä ja kuluttajatuotteissa. Asbestin kokonaiskäyttö oli 1970-luvun alussa yli 10 000 tonnia vuodessa, mutta se väheni muutamaankin sataan tonniin kotimaisen asbestituoteteollisuuden loputtua vuonna 1988 (kuva 50). Nykyinen käyttö koostuu pääasiassa kitkamateriaaleista ja tiivisteistä. Suomen rakennuskannassa on vielä yhteensä 2/3 kaikesta käytetystä asbestista eli noin 200 000 tonnia. Asbestituotteilla ei ole mitään uudelleenkäyttöä, joten rakennusten purkujätteet kuljetetaan kunnallisille kaatopaikoille.

Asbestipitoisia tuotteita ovat:

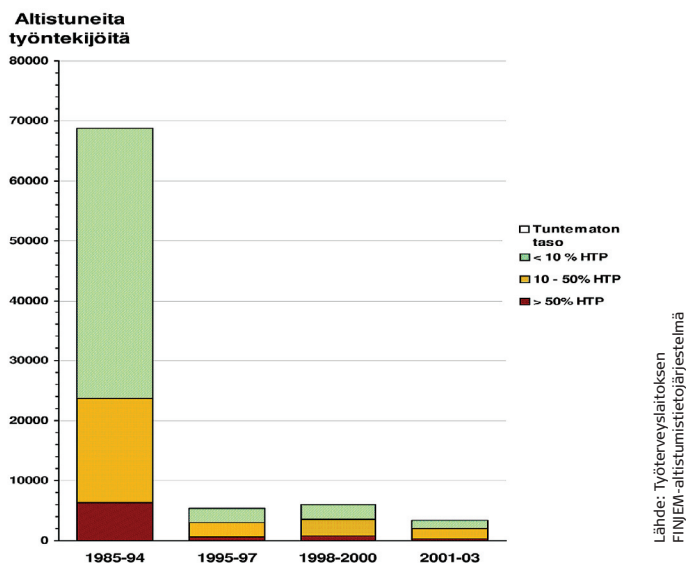
- asbestisementtiset rakennuslevyt, vesi- ja viemäriputket, ilmanvaihtokanavat
- asbestiruiskutukset, palo-, akustiikka- ja lämpöeristeet, asbestipahvit
- asbestitekstiilit (langat, punokset, kankaat)
- muovilattialaatat, lattiamassat ja -tasoitteet, kaakelilaastit
- bitumiliimat ja -kitit, julkisivumaalit
- putkitiivisteet, sähköeristeet
- jarru- ja kytkinmateriaalit.

### Altistuminen työssä

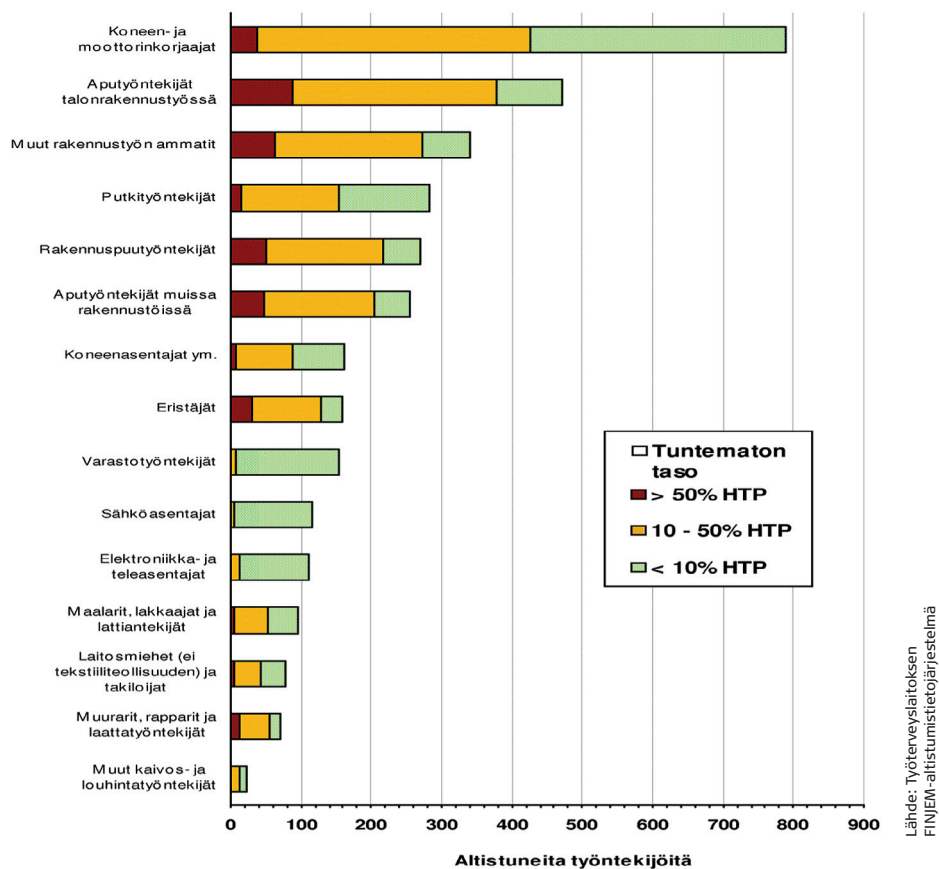
Vaikka asbestin uskäyttö on lähes loppunut, yli 3 000 työntekijää altistuu asbestipitoiselle pölylle korjausrakentamisessa ja huoltotöissä (kuva 51 ja 52).



Kuva 50. Asbestin käyttö ja mesoteliomatapaukset vuosina 1918–2002 (Työterveyslaitos, Syöpärekisteri)



Kuva 51. Altistuminen asbestille ajanjaksoittain vuosina 1985–2003 (kaikki ammatit)



Kuva 52. Altistuminen asbestille ammateittain vuosina 2001–2003

Vuonna 2002 ASA-rekisteriin ilmoitettiin yhteensä 1 875 asbestille altistunutta työntekijää, joista noin 600 toimi rakennusalalla (eristäjät, putkiasentajat, kirvesmiehet), 750 koneiden ja ajoneuvojen korjauksessa (asentajat, koneenhoitajat, koneistajat) sekä yli 500 työntekijää muissa työtehtävissä.

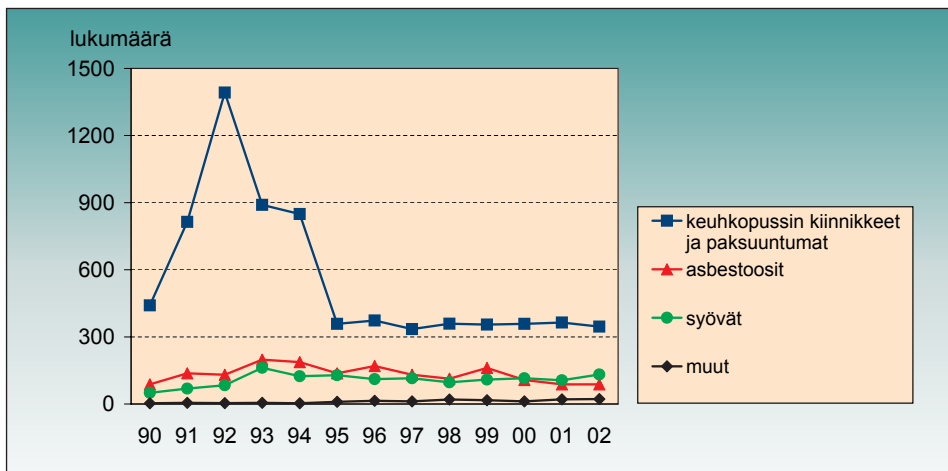
Vuosien 1994–1996 mittauksissa 74 työpaikalla olivat ilman asbestipitoisuudet keskimäärin 0,1 kuitua/cm<sup>3</sup> kaivoksissa, autokorjaamoissa, konepajoissa ja voimalaitoksissa sekä hengityksensuojaimen sisäpuolella asbestieristeiden purkutyössä. Varastoissa, toimistoissa ja asunnoissa tehdyissä mittauksissa pitoisuudet olivat yleensä alle 0,01 kuitua/cm<sup>3</sup>, mikä on myös vaadittu tilan puhtaustaso purkutöiden jälkeen (Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri).

Arviolta 200 000 työntekijää on altistunut työssään asbestille. Noin 13 % miehistä ja 0,8 % naisista on toiminut ammateissa, joissa asbestialtistuminen on ollut todennäköistä (Zitting ym. 1995). Keuhkokuudoksen asbestipitoisuus osoittaa työperäistä asbestialtistumista 20 %:lla miesväestöä (Karjalainen ym. 1994).

## Terveyshaitat

Työperäisten sairauksien rekisteriin ilmoitettiin vuonna 2002 yhteensä 588 asbestipölyn aiheuttamaa ammattitautia (kuva 53). Näistä yli puolet (346 tapausta) oli keuhkopussin paksuuntumia eli pleuraplakkeja. Asbestoosia oli 88 tapausta. Asbestin aiheuttamia syöpiä diagnosoitiin 132, joista oli mesotelioomia 46 ja keuhkosyöpiä 84. Kaikista Suomen mesotelioomatapauksista noin 50 % ilmoitetaan ammattitaudeiksi ja vastaavasti noin 4 % vuosittaisista keuhkosyöväistä on rekisteröity ammattitaudeiksi (ASA-rekisteri, Syöpärekisteri). Työterveyslaitos analysoi vuosittain asbestipitoisuuden yli 300 keuhkokudoksenäytteestä ammattitautidiagnostiikkaa varten.

Vain pieni osa asbestin aiheuttamista terveyshaitoista todetaan ammattitaudeiksi. Vuosina 1990–1992 Työterveyslaitos toteutti laajan asbestisairauksien seulontatutkimuksen, jossa todettiin keuhkofibroosia ja keuhkopussin muutoksia 22 %:lla talonrakennuksen ja telakkatyön ammateissa toimineista (Huuskonen ym. 1995). Työperäisen asbestialtistumisen seurauksena molemminpuoleisia pleuraplakkeja esiintyi väestössä yli 30 vuoden iässä 6,8 %:lla miehistä ja 2,0 %:lla naisista (Zitting ym. 1995). Asbestin aiheuttamia radiologisia keuhkolöydöksiä on siten havaittavissa yli 100 000 suomalaisella. Tämän kansainvälisesti erittäin korkean esiintyvyyden on aiheuttanut antofylliittiasbestin yleinen käyttö rakennusmateriaaleissa 1920-luvulta alkaen. Mesotelioomien ilmaantuvuus on Suomessa keskimääräistä teollisuusmaiden tasoa (Tossavainen 2004). Vuosina 1955–2004 mesotelioomaan kuoli yhteensä 1 500 henkilöä (kuva 50). Asbestisyöpiä esiintyi tänä aikana yhteensä 4 500 tapausta, kun asbestin aiheuttamien



Kuva 53. Asbestin aiheuttamat ammattitaudit vuosina 1990–2002 (Työperäisten sairauksien rekisteri)

keuhkosyöpien lukumäärä arvioidaan kaksinkertaiseksi mesotelioomiin verrattuna. Lähivuosina asbestisyöpien lukumäärän odotetaan vielä lisääntyvän nykyisestään, mikä tarkoittaa arviolta noin 200 tapausta vuosittain.

### **Riskien hallinta**

Asbestin käytöstä ja asbestityöstä on julkaistu säädöksiä vuodesta 1976 alkaen. Asetuksilla on määrätty eräiden asbestituotteiden ja työmenetelmien käytöstä, tuotteiden varoitusmerkinnöistä, asbestipurkutöistä, jätehuollosta ja työntekijöiden lääkärintarkastuksista (805/1976, 660/1978, 886/1987, 536/1988, 929/1988, 205/1989, 478/1989, 952/1989, 231/1990, 852/1992, 1072/1993, 1380/1994).

Euroopan Komission direktiivi (1999/77/EC) edellytti asbestin ja asbestipitoisten tuotteiden käyttökiellon toteuttamista Euroopan unionin jäsenmaissa 1.1.2005 mennessä. Direktiivi asbestityöstä (2003/18/EC) asettaa työpaikan ilman asbestipitoisuudelle raja-arvon 0,1 kuitua/cm<sup>3</sup>, joka tulee sisältyä kansalliseen lainsäädäntöön 15.4.2006 mennessä. Suomessa käyttökiellon poikkeukset poistuvat valtioneuvoston asetuksella (975/2004). Yli 15 vuotta aiemmin oli valtioneuvoston asettama Asbestikomitea esittänyt näitä samoja hallinnollisia toimenpiteitä toteutettavaksi Suomessa (Komiteanmietintö 1989:66).

Vuosina 1987–1992 Työterveyslaitos toteutti laajan kansallisen asbestiohjelman, joka vaikutti erittäin merkittävästi asbestituotteiden käyttöön, altistumisen vähentämiseen ja asbestisairauksien toteamiseen (taulukko 53). Työperäistä asbestialtistumista esiintyy nykyisin erityisesti rakennusten purkutöissä. Koska ammattitautien diagnostiikka ja asbestille altistuneiden työntekijöiden terveysseuranta on perusterveydenhuollossa hyvin puutteellista, Työterveyslaitos on esittänyt useissa yhteyksissä lääketieteellisen seurannan organisoimista järjestelmälliseksi toiminnaksi (Työterveyslaitos, Asbestisairauksien koordinaatioryhmä. Raportti 22.12.2003). Asbestialtistuneita on Työterveyslaitoksen potilastietojen, ammattitautien ja ASA-rekisterin perusteella noin 50 000 henkilöä.

### **Suosituks**

- Rakennusten purkutyöt tulee tehdä laajemmin luvanvaraisena ja paremmin valvottuna.
- Asbestille altistuneiden rekisteröinti, ammattitautien diagnostiikka, terveysseuranta ja kuntoutus tulee järjestää yhtenäiseksi ja järjestelmälliseksi.
- Hallinnolliset ja lainsäädännölliset viiveet asbestihaittojen ehkäisyssä tulee poistaa välittömästi.

### **Lähteitä**

ASA. Syöpäsairauden vaara aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri. Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

Asbestikomitean mietintö. Komiteanmietintö 1989:66. Työministeriö, Helsinki 1989.

Huuskonen M, Koskinen K, Tossavainen A et al.: Finnish Institute of Occupational Health, Asbestos Program 1987–1992. *Am J Ind Med* 1995;28:123–142.

Karjalainen A, Vanhala E, Karhunen P et al.: Asbestos exposure and pulmonary fiber concentration of 300 Finnish urban men. *Scand J Work Environ Health* 1994;20:34–41.

Suomen syöpärekisteri, Helsinki. (julkaisematon)

Tossavainen A: Global use of asbestos and the incidence of mesothelioma. *Int J Occup Environ Health* 2004;10:22–25.

Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri (THAM). Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

Työperäisten sairauksien rekisteri (TPSR). Vuosittainen tilasto Ammattitaudit. Työterveyslaitos, Helsinki.

Zitting A, Karjalainen A, Impivaara O ym.: Radiographic small lung opacities and pleural abnormalities as a consequence of asbestos exposure in an adult population. *Scand J Work Environ Health* 1995;21:470–477.

Taulukko 53. Työterveyslaitoksen asbestiohjelman vaikuttavuus

	tilanne v. 1986	tilanne v. 1992	tilanne v. 2003
<b>asbestin uusikäyttö</b>			
käyttökielto	krokidoliitti vuodesta 1977	kaikki asbestilajit eräin poikkeuksin 1993 alkaen	EU-direktiivi (1999) kieltää kaiken asbestin käytön 1.1.2005 alkaen
asbestituotteiden valmistus ja raaka-asbesti maahantuonti (tonni/v)	2 200	0	0
kokonaiskäyttö (tonnia/v)	2 500	300	10
<b>asbestipurkutyö</b>			
valvonta	ei luvanvaraistettu ja huonosti kontrolloitu	luvanvaraistettu ja kontrolloitu	luvanvaraistettu ja kontrolloitu
purkajien koulutus	ei	on	on
koulutettuja purkajia	alle 10	4 000	2 000
purku- ja kartoitustoiminnan liikevaihto (Meuro/v)	alle 1	25	20
asbestinäytteitä kartoituksista ja purkutyömailta (kpl/v)	770	7 000	5 000
työhygieeninen raja-arvo	2,0 k/cm <sup>3</sup>	0,5 k/cm <sup>3</sup>	0,3 k/cm <sup>3</sup> , ehdotettu 0,1 k/cm <sup>3</sup>
<b>diagnosoidut ammattitaudit vuosittain</b>			
asbestoosi	30	133	88 (v. 2002)
pleuramuutokset	0	1 390	346 (v. 2002)
syövät	5	83	132 (v. 2002)
<b>ammattitautidiagnostiikan laatu</b>			
ammattitautien korvauskäytäntö	lähinnä asbestoosia	syöpien osalta korvaussuosituksot ja keuhkopussimuutosten uusi rekisteröintikäytäntö	asbestisyövät korvataan hyväksytyjen altistuskriteerien pohjalta ja asbestisairaudet rekisteröidään. Samat korvauskriteerit asbestikeuhkosyövän osalta on otettu käyttöön myös Australiassa, Ranskassa, Belgiassa ja Saksassa
mesotelioomapaneeli	ei	on	on
pölykeuhkosairauksien asiantuntijaryhmiä (kpl)	1	5	5
keuhkokudoksen kuitumäärityksiä leikkauks- tai obduktionäytteistä (kpl/v)	alle 10	noin 100	300 (noin 15 % keuhkosyövistä)
tietokonetomografian (CT) käyttö diagnostiikassa	ei	HRCT asbestoosin erotusdiagnoosissa	asbestoosin osalta diagnostiset HRCT-kriteerit käytössä, CT tulossa ammattitautipotilaiden kliiniseen seurantaan. Keskustelua keuhkosyövän seulonnasta
<b>asbestille altistuneiden seuranta</b>			
asbestiammattitautien seuranta	vain asbestoosit seurannassa	kaikki asbestisairaudet seurannassa	seuranta puutteellista
altistuneiden seuranta	asbestityössä olevat seurannassa	asbestityössä olevat ja olleet seurannassa	seuranta puutteellista
seurannassa olevien määrä	TTL:lla joitakin satoja asbestoositapauksia	ainakin 20 000	5 000

## 6.2 Kloorifenolit

Lasse Lindroos

### Käyttö ja esiintyminen työssä

Kloorifenoleissa fenolin aromaattisen renkaan vetyatomeja on korvattu yhdestä viiteen klooriatomilla. Yhdisteryhmä havaittiin ensimmäisen kerran vuonna 1836 kloorattaessa kivihiilitervaa. Kloorifenolit ovat synteettisiä orgaanisia yhdisteitä, joita valmistetaan antamalla kloorin reagoida fenolin kanssa. Niitä sisältäviä valmisteita on maassamme käytetty erityisesti puunsuojauksessa. Yleisin kloorifenolivalmiste oli tuoreen sahatavaran sinistymisen estoon tarkoitettu Ky5-niminen valmiste. Se sisälsi tetra-, tri- ja penta-kloorifenolin natriumsuoloja. Sen valmistus päättyi 1980-luvun puolessa välissä. Nykyisin kloorifenoli-valmisteiden käyttö sinistymisen estoon sahoilla on kielletty.

Tetrakloorifenolia käytettiin 1990-luvulle asti liimoihin sekoitettavissa termiittimyrkyissä vaneriteollisuudessa. Nykyisin Suomessa käytettävät valmisteet eivät sisällä tetrakloorifenolia.

Sallittujen suojauskemikaalien luettelossa oli 1990-luvun alussa pentakloorifenolia sisältäviä valmisteita (mm. Pinotex Pohjustusaine 509-8000, Valtti-ruskea, Valtti-väritön), joiden käyttötarkoitus oli puutavaran suojaaminen sivelemällä, ruiskuttamalla tai upottamalla.

Muu kloorifenolien käyttö on niin ikään perustunut niiden laaja-alaiseen mikrobeja tuhoavaan vaikutukseen. Niitä on käytetty liimoissa, maaleissa, nahan käsittelyssä, rakennusmateriaaleissa, valokuvausliuksissa, tekstiileissä ja teollisuuden kiertovesijärjestelmissä. Kloorifenoleja hyödynnetään edelleen kaupallisesti kemiallisten synteisien lähtöaineina tai välituotteina, mutta ei tietävästi kuitenkaan Suomessa.

Viimeisimmässä luettelossa sallituista suojauskemikaaleista ei ole kloorifenoleja sisältäviä valmisteita. Valtioneuvoston päätös (143/2000) kieltää pentakloorifenolin markkinoille luovuttamisen ja käytön. Kielto koskee pentakloorifenolin lisäksi sen suoloja ja estereitä sekä niitä 0,1 painoprosenttia tai enemmän sisältäviä kemikaaleja.

### Altistuminen työssä

Yhtäältä sahatavaraa koskeva käyttökielto ja toisaalta vanerivalmistuksessa tetrakloorifenolin poistaminen yleisestä suojauskemikaalista ovat poistaneet altistumisen mekaanisessa metsäteollisuudessa.

Ammatillisesta altistumisesta pentakloorifenolia sisältäville pintasivelyaineille ei ole tarkkaa tietoa. Todennäköisesti aineita käytetään runsaasti kotitalouksien ulkorakenteiden maalauksissa, joskaan vuoden 2000 jälkeen ei pentakloorifenolia sisältäviä tuotteita ole voinut luovuttaa markkinoille.

Sahoilla käytettiin 1930-luvulta lähtien kloorifenolipitoisia sinistymisen estoaineita, erityisesti Suomessa tuotettua Ky5-valmistetta, jossa oli 2,3,4,6-tetra-, penta- ja 2,4,6-trikloorifenolien natriumsuoloja. Suurin osuus oli tetrakloorifenolaatilla. Ainetta käytettiin sen käyttökieltoon asti vuoteen 1989, joskin valmistus oli lakannut jo viitisen vuotta aikaisemmin.

Sahoilla merkittävimmät altistavat työvaiheet olivat kasteluliuksen valmistus, työskentely kastelualtaalla erityisesti kourukastelussa, rimoittamo ja kuivaamo. Merkittävin altistumisreitti oli iho. Parhaimmillaan tai pahimmillaan altistuneiden työntekijöiden virtsan kloorifenolipitoisuudet ylittivät kertaluokilla toimenpiderajat (kourukastelu, rimoittamo). Altistumisreittinä oli iho, ja kloorifenolit esiintyivät liuenneina fenolaatteina vesipisaroissa. Altistuminen oli jatkuvaa. Suuria pitoisuuksia ilmassa mitattiin aikoinaan kuivaamoissa, kun kloorifenolit haihtuivat puun pinnalta. Altistumisajat kuivaamoissa olivat lyhyitä.

Vanhon sahojen maaperät ovat pääsääntöisesti kloorifenoleiden ja niiden epäpuhtauksien saastuttamia. Maaperän kunnostus- ja korvaustöihin osallistuvat voivat altistua maa-ainesten sisältämille kloorifenoleille, jos pölypitoisuudet nousevat suuriksi. Työntekijöiden virtsan kloorifenolipitoisuudet ovat olleet normaalitasoa.

Altistuminen lienee jatkossakin sattunnaista ja liittyy saastuneiden maa-alueiden kunnostustöihin. Ongelma on tiedostettu, joten työntekijöiden altistumista töiden aikana seurataan. Työntekijöitä on muutamia kymmeniä.



Pentakloorifenolin ja tetrakloorifenolin (2,3,4,5-TCP ja 2,3,4,6-TCP) haitalliseksi tunnettu pitoisuus 8 tunnin keskipitoisuudelle eli  $HTP_{8h}$ -arvo on  $0,5 \text{ mg/m}^3$  ja 15 minuutin keskipitoisuudelle ( $HTP_{15min}$ )  $1,5 \text{ mg/m}^3$ . HTP-arvoon liitetty huomautus ”iho” merkitsee, että aine imeytyy elimistöön myös ihon läpi.

Altistumattomien viiteraja-arvona virtsan kloorifenolipitoisuudelle Työterveyslaitos pitää arvoa  $< 0,5 \text{ mol/l}$  (mittaustulos ilmaisee tri-, tetra- ja pentakloorifenolien yhteispitoisuuden eli näiden osatekijöiden summan). Toimenpideraja-arvona suositellaan arvoa  $2,0 \text{ mol/l}$  (työssä kloorifenoleille altistuvien virtsan tri-, tetra- ja pentakloorifenolipitoisuuksien summa). Toimenpideraja perustuu Saksan pentakloorifenolille antamaan raja-arvoon ja siihen, että tri- ja tetrakloorifenolien akuutti myrkyllisyys on vähäisempi kuin pentakloorifenolin.

## Terveyshaitat

Kloorifenolit imeytyvät elimistöön sekä hengitysteitse että ihon läpi. Äkillinen myrkyllisyys riippuu kloorausasteesta. Laajojen ihoalueiden altistuminen kloorifenoliliuoksille voi aiheuttaa vakavia myrkytyksiä. Myrkyllisin on pentakloorifenoli. Eläinkokeisiin pohjautuvien tutkimusten mukaan suun kautta saatava kuolettava annos on ihmisillä  $50\text{--}200 \text{ mg/kg}$ . Poikkeuksellisen voimakas altistuminen aiheuttaa ihmisellä hengitysvaikeuksia, hikoilua, kuumetta ja vatsavaivoja. Pentakloorifenoli aiheuttaa oireita pienempinä annoksina kuin tetra- ja trikloorifenoli.

Pentakloorifenoli ärsyttää ihoa, limakalvoja ja hengitysteitä. Ihon ärsytyksen osatekijänä voi olla myös kloorifenolivalmisteiden emäksisyys. Kloorifenolialtistuminen voi aiheuttaa myös ns. kloorifinni- tautia. Taudin aiheuttavat todennäköisemmin kloorifenolien epäpuhtaudet kuin itse kloorifenolit.

Kloorifenolien pitkäaikaisvaikutusten tulkintaa vaikeuttavat valmisteiden epäpuhtaudet, joiden koostumuksia ja määriä ei ole koetilanteissa aina selvitetty. IARC:n arvion mukaan kloorifenolien syöpävaarallisuudesta on rajallista (limited) näyttöä. Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä vaarallisten aineiden luettelosta (624/2001) on pentakloorifenoli ja sen suolat sekä 2,4,6-trikloorifenoli luokiteltu syöpää aiheuttaviksi (ryhmä 3). Näille yhdisteille altistuvat on merkittävä ASA-luetteloon.

Kehoon imeytyneet kloorifenolit erittyvät virtsaan konjugoituneina ja vapaassa muodossa. Alhaisilla pitoisuustasoilla konjugoitunut muoto on vallitseva. Pienissä pitoisuuksissa sulfaattikonjugaatio hallitsee. Kloorifenolipitoisuuksien kasvaessa glukuronidikonjugaattien osuus kasvaa. Biologiset puoliintumisajat ovat yksitilamallia sovellettaessa 18 tuntia 2,4,6-TriCP:lle, 4,3 vuorokautta 2,4,3,6-TCP:lle ja 16 vuorokautta PCP:lle. Kaksitilamalli soveltuu paremmin 2,3,4,6-TCP:lle, jolle puoliintumisajat ovat silloin 5, 3 ja 26 vuorokautta.

## Riskien hallinta

Kiellot käytöstä ja markkinoille luovuttamisesta estävät tehokkaasti altistumista kloorifenoleille. Maanparannustöihin osallistuvilta suositellaan virtsan määrittämiä ennen töiden aloittamista ja välittömästi altistumisen päätyttyä.

## Lähteitä

ASA. Syöpäsairauden vaara aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri. Vuosittainen tilasto. Työterveyslaitos, Helsinki.

British Columbia Ministry of Environment: Chlorophenolate wood protection. Recommendations for design and operation. British Columbia, Canada 1983.

HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.

IARC. Some halogenated hydrocarbons and pesticide exposures. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 41. IARC, Lyon 1986, 319–356.

Kauppinen T: Työilman epäpuhtaudet sahoilla. Työolosuhteet 46. Työterveyslaitos, Helsinki 1983.

- Kauppinen T, Lindroos L: Chlorophenol Exposure in Sawmills. *Am Ind Hyg Assoc* 1985;46:34–38
- Kozak V et al.: Reviews of the Environmental Effects of Pollutants – XI Chlorophenols. Report EPA-600/1-179-012.
- Lindroos L: Puunsuoja-aineet. *Altisteet työssä* 18. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.
- Lindroos L, Koskinen H, Mutanen P, Järvisalo J: Urinary chlorophenols in sawmill workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1987;59:463–467.
- Moilanen M (toim.): Luettelo sallituista suojauskemikaaleista 2003. Suomen ympäristökeskuksen moniste 291. Helsinki 2003.
- Muller F, Callaird L: Chlorophenols. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim 2003. ([http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/a07\\_001/abstract.html](http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/a07_001/abstract.html))
- Pekari K, Luotamo M, Järvisalo J et al.: Urinary excretion of chlorinated phenols in saw-mill workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1991;63:57–62.
- Sax I, Lewis R: *Dangerous properties of industrial materials*. 7th ed. Van Nostrand Reinhold, New York 1988.
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös vaarallisten aineiden luettelosta (624/2001).
- Valtioneuvoston päätös pentakloorifenolin sekä eräiden difenyyylimetaanien markkinoille luovuttamisen ja käytön kieltämisestä (143/2001).

## 6.3 Polyklooratut bifenyylit, PCB

*Cristina Rosenberg, Antti Hesso, Eero Priha, Tiina Rantio*

### Käyttö ja esiintyminen työssä

PCB-yhdisteet ovat teollisesti valmistettuja rengasrakenteisia, orgaanisia klooriyhdisteitä, joiden kaupallinen tuotanto alkoi vuonna 1929. PCB-valmisteita käytettiin Suomessa vuonna 1969 vajaat 250 tonnia, josta valtaosa (80 %) oli kondensaattoreissa. Käytetystä PCB:stä ruostesuojamaaleissa oli noin 10 %, muuntajissa, lakoissa ja saumausaineissa kussakin noin 2 %, liimoissa noin 0,5 % ja kopiopapereissa noin 0,005 %. Maailmanlaajuinen PCB:n tuotanto oli 1980-luvun loppupuolella yli 1 miljoona tonnia. Sitä tuotettiin eri maissa eri kauppanimillä, kuten Aroclor (USA), Clophen (Saksa) ja Kanechlor (Japani). Kaupalliset PCB-valmisteet ovat seoksia, joiden kloorausaste on 30–60 paino-%. PCB-yhdisteet ovat kemiallisesti erittäin pysyviä, huonosti veteen liukenevia ja hitaasti hajoavia.

PCB-yhdisteiden käyttö on kielletty tai sitä on yleisesti rajoitettu useimmissa maissa, kuten EU-maissa, Yhdysvalloissa ja Japanissa. Suomessa PCB-valmisteiden käyttö lopetettiin avoimissa järjestelmissä pääosin 1970-luvulla. PCB:tä sisältävien tuotteiden valmistus ja maahantuonti on ollut kiellettyä Suomessa vuodesta 1990 lähtien (VNp 1071/1989). Valtioneuvoston päätöksessä (1071/1989) ja EU:n direktiiviin (96/59/EY) liittyvässä päätöksessä (VNp 711/1998) säädettiin, että kaikki PCB:tä sisältävät laitteet on poistettava käytöstä vuoteen 2000 mennessä.

Pääosa PCB:n käytöstä rajoittui suljettuihin järjestelmiin, kuten kondensaattoreihin, muuntajiin ja lämmönsiirtojärjestelmiin. Osittain suljetussa ympäristössä PCB-valmisteita käytettiin mm. hydraulikkaöljynä, lämmönsiirtonesteinä ja nesteinä vakuumpumpuissa. Merkittävimpiä avoimien järjestelmien käyttökohteita olivat ruosteensuojamaalit, saumausaineet, lakat ja liimat. Muita avoimen järjestelmän käyttökohteita olivat muovien pehmittimet, vahat, musteet, kopiopaperit, palosuojatuotteet, pakkelit, valumassat ja hyönteismyrkyt. PCB:tä käytettiin myös tekstiilien kyllästyksessä, kemian teollisuudessa katalysaattorina, rauta- ja terästeollisuudessa valuvahana sekä leikkuu- ja voitelunesteinä.

### Altistuminen työssä

PCB:tä sisältävien tuotteiden valmistus ja maahantuonti on ollut kiellettyä Suomessa vuodesta 1990, joten sille ei enää altistuta valmistuksen tai suoranaisen käytön aikana. Altistuminen onnettomuustilanteissa, kuten 1980-luvun kondensaattoriräjähdyksissä, on harvinaista. Sen sijaan sille voidaan edelleen altistua esimerkiksi vanhojen rakennusten saneeraustöissä, ongelmajätteiden käsittelyssä tai saastuneen maan kunnostuksessa.

PCB-yhdisteiden monitorointia työpaikan ilmasta säätelevät työsuojeluhallinnon antamat määräykset ja raja-arvot. Suomessa voimassa oleva työhygieeninen ohjeraja-arvo eli  $HTP_{8h}$ -arvo on  $0,5 \text{ mg/m}^3$  ja  $HTP_{15min}$ -arvo on  $1,5 \text{ mg/m}^3$ . PCB-toimikunnan mietinnössä PCB:lle saastuneiden pintojen raja-arvoksi on annettu  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^2$ . Työntekijän altistumista PCB:lle voidaan selvittää myös veren seerumin PCB-määritysten avulla. Työterveyslaitoksen antamien suositusten mukaan altistumattomien viiteraja on  $3 \text{ } \mu\text{g/l}$ . Biomonitoroinnin toimenpiderajaa ei ole asetettu.

Viime vuosina Työterveyslaitoksessa on tutkittu erityisesti jätteenkäsittelylaitoksia, joissa on kartoitettu pintojen PCB-pitoisuutta. Pitoisuudet ovat vaihdelleet puhtaasta jopa yli 20-kertaa raja-arvon  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^2$  yllittäviin pitoisuuksiin. Elementtisaumaustyöntekijöiden altistumista PCB:lle mitattiin vuosina 1999–2000. PCB:tä sisältävän saumausmassan poiston yhteydessä pitoisuudet työntekijän hengitysyöhykkeellä olivat  $0,006\text{--}0,8 \text{ mg/m}^3$  ja mediaani oli  $0,03 \text{ mg/m}^3$ . Pitoisuus oli muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta alle  $HTP_{8h}$ -arvon  $0,5 \text{ mg/m}^3$  ja siihen vaikutti suuresti käytetty poistomenetelmä. PCB:n todettiin myös kulkeutuvan työn aikana sisälle rakennuksiin.

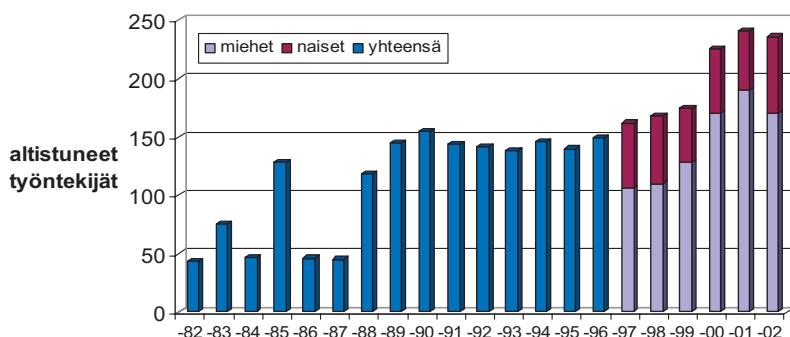
Työterveyslaitos on havainnut vielä 2000-luvulla yksittäisiä PCB-altistumistapauksia. Esimerkiksi korjaamon, johon oli toimitettu tulipalossa vaurioitunut PCB:tä sisältävä kondensaattori, pinnoilta mitattiin lähes 700-kertaa raja-arvon ylittäviä PCB-pitoisuuksia ja myös ilmassa oli PCB:tä (alle 1 % ohjeraja-arvosta). Lisäksi pitoisuudet olivat vielä vuonna 2003 raja-arvon suuruusluokkaa erään yrityksen

kondensaattori- ja muuntajahuoneiden seinäpinnoilla, joilla vuoden 1995 mittauksissa oli PCB:tä yli 100 µg/m<sup>2</sup>.

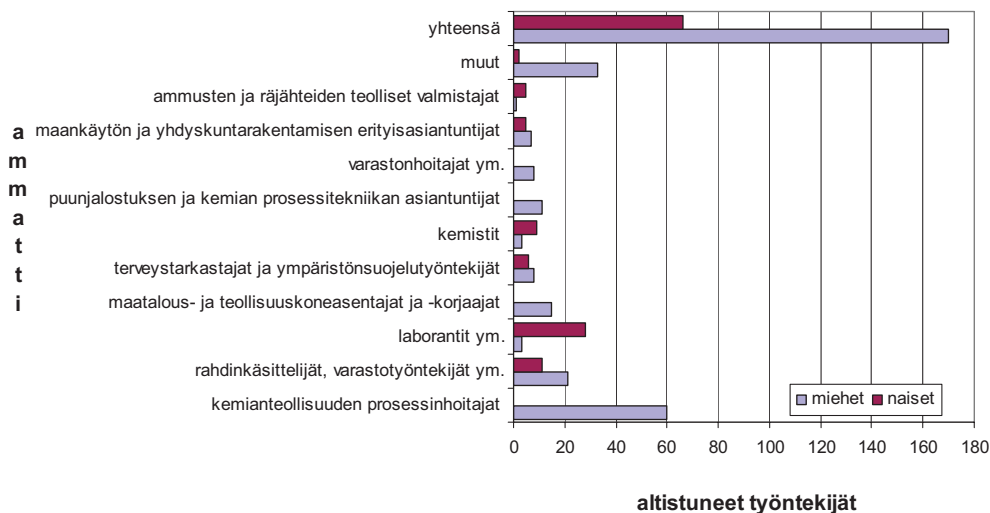
Työterveyslaitos määrittäi veren seerumin PCB-pitoisuuden 1 734 palvelunäytteestä vuosina 1993–2002. Vuonna 2001 määriäyksiä tehtiin 234 työntekijältä, joista naisia oli 57. Altistumattomien viiterajan 3 µg/l ylityksiä oli 14, joista 11 oli jätteenkäsittelytyössä, kaksi rakennussaneerauksessa ja yksi metalliteollisuudessa. Vuonna 2002 tutkittiin kaikkiaan 263 työntekijää, joista 26 oli naisia. Altistumattomien viiteraja ylittyi 14 työntekijällä. Vuosina 1999–2000 toteutetussa elementtirakennusten saumausmassan poistotyöhön liittyvässä tutkimuksessa yli puolella 22 elementtisaumaustyöntekijästä seerumin PCB-pitoisuus ylitti altistumattomien viiterajan.

Vuodesta 1997 alkaen ASA-rekisterissä on eroteltu mies- ja naistyöntekijät. Rekisteriin ilmoitettujen PCB:lle altistuneiden työntekijöiden määrä on kasvanut selvästi 1980-luvun alle sadasta 2000-luvun vuositain yli 200 ilmoitettuun työntekijään (kuva 54). Kaikkia altistuneita työntekijöitä ei ole kuitenkaan välttämättä ilmoitettu rekisteriin.

Vuoden 2002 ASA-rekisteriin ei ilmoitettu yhtään PCB:lle altistunutta työntekijää rakennustyöntekijää tai -korjaajaa (kuva 55). Kuitenkin PCB:tä on edelleen elementtirakennusten saneerauskohteiden saumausmassoissa ja sitä on tavattu myös vanhojen teollisuuskiinteistöjen maaleissa, kuten kloorikautsumaleissa, ja muissa pinnoitteissa.



Kuva 54. ASA-rekisteriin ilmoitetut PCB:lle altistuneet työntekijät vuosina 1982–2002



Kuva 55. Vuoden 2002 ASA-rekisteriin ilmoitetut PCB-altistumiset ammattiryhmittäin

## Terveyshaitat

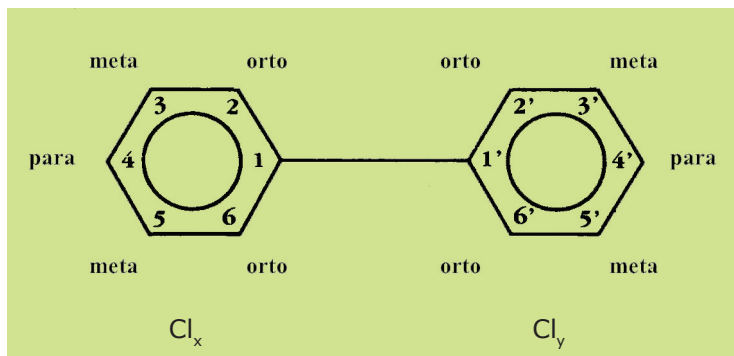
Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (624/2001) vaarallisten aineiden luettelossa PCB-yhdisteet luokitellaan haitallisiksi (Xn) ja ympäristölle vaarallisiksi (N). Kansainvälinen syöpäntutkimuslaitos (International Agency for Research on Cancer, IARC) on luokitellut PCB-yhdisteet luokkaan 2A eli todennäköisesti ihmisille syöpävaarallisiksi. Suomessa PCB on vuodesta 1978 luokiteltu syöpävaaralliseksi aineeksi (ryhmä 3), jolle altistuvat tulee ilmoittaa ASA-rekisteriin ja joiden käytössä on noudatettava valtioneuvoston asetusta työhön liittyvän syöpävaaran torjunnassa (VNa 716/2000) ja sen nojalla annettuja määräyksiä.

Aineelle altistuminen työssä katsotaan aiheuttavan työministeriön päätöksen (1044/1991) mukaan vaara perimälle, sikiölle tai lisääntymiselle. Raskaana olevien ei tule tehdä työtä, jossa altistutaan PCB:lle. PCB-valmisteissa esiintyy epäpuhtauksina polykloorattuja dibentsofuraaneja (PCDF) ja mahdollisesti polykloorattuja dibentso-*p*-dioksiineja (PCDD). PCDF-yhdisteitä muodostuu myös PCB:n palaessa 600–900 °C:een lämpötilassa. Arvioitaessa PCB-yhdisteiden terveysvaikutuksia on otettava huomioon epäpuhtauksina tai tulipalossa syntyvät PCDF- ja PCDD-yhdisteet.

PCB:n terveysvaikutuksista on saatu tietoa PCB-onnettomuuksien kautta, erityisesti PCB-kondensaattoriräjähdyksistä ja suurista PCB-altistumistapauksista mm. Japanissa (Yusho), Taiwanissa (YuCheng) ja Belgiassa. Japanissa ja Taiwanissa kyseessä oli saastunut riisiöljy ja Belgiassa PCB:llä saastunut rehu, jota syöttiin kanoille. PCB:n räjähdysonnettomuuksissa välitön iho- ja hengitystiealtistuminen aiheuttavat monenlaisia reaktioita, kuten ihottumaa, kutinaa, kirvelyä ja hikoilua. PCB:n aiheuttamat pitkäaikaisvaikutukset esimerkiksi kondensaattorityöntekijöillä ovat samanlaisia kuin Yusho- ja Yu-Cheng-tapauksissa: klooriakne sekä sormien ja kynsien värimuutokset.

PCB:n terveysvaikutusten arvioinnissa on monia ongelmia. PCB on tekninen tuote, jonka koostumus vaihtelee. Siitä on tunnistettu noin 130 klooribifenyyliyhdistettä. Teoreettisesti PCB-ryhmä voi sisältää 209 eri yhdistettä, joissa bentseenirenkaan klooriatomien lukumäärä vaihtelee. *Non-orto*- ja eräät *mono-orto*-PCB-yhdisteet vaikuttavat dioksiinien kaltaisesti aryylihiilireseptorin kautta. *Non-orto*-, ns. koplanaarisia, PCB-yhdisteitä ovat 3,3',4,4'-tetraklooribifenyyli, 3,3',4,4',5-pentaklooribifenyyli ja 3,3',4,4',5,5'-heksaklooribifenyyli (kuva 56). Dioksiininkaltaisten PCB-yhdisteiden toksisuusekvivalenttikertoimet (TEF, WHO) ovat 0,00001–0,1. Suurin osa PCB:n dioksiininkaltaisesta vaikutuksesta tulee PCB-seosten *non-orto*-yhdisteistä.

PCB:n karsinogeeninen vaikutus koe-eläimissä on todettu jo melko pienillä annoksilla, esimerkiksi Aroclor 1260:n TD<sub>50</sub>-arvo on noin 1,7 mg/kg/päivä. Syöpää ei kuitenkaan pidetä kriittisenä vaikutuksena ihmiselle, vaan sellaiseksi on katsottu immuunijärjestelmään kohdistuva vaikutus. PCB:n on epäilty myös aiheuttavan muunlaisia vaikutuksia, kuten kehityshäiriöitä ja neurologisia ongelmia altistuneiden lapsissa, diabetesta sekä kilpirauhaseen ja lisääntymisterveyteen liittyviä vaikutuksia. Immuunivasteen heikkenemisen perusteella on Yhdysvalloissa arvioitu, että Aroclor 1254:n (54 % kloorattu PCB) päivittäinen saanti saisi olla enintään 0,02 µg/kg ruumiinpainoa. Arvo perustuu apinoilla tehtyyn kokeeseen ja varmuuskertoimeen 300.



Kuva 56. PCB-yhdisteiden rakennekaava. Numerointi viittaa klooriatomin paikkaan molekyyliissä ja *x* ja *y* ilmoittavat kloorausasteen eli klooriatomien lukumäärään (1–5) molekyyliissä

PCB-yhdisteillä on lähinnä pitkäaikaisvaikutuksia. PCB-yhdisteet imeytyvät elimistöön ruuansulatuskanavan, hengitysilman ja ihon kautta. Imeytyminen riippuu merkittävästi yhdisteen kloorausasteesta. Rasvaliukoisina ne kerääntyvät elimistöön. Erittyminen virtsan kautta on vähäistä. PCB-yhdisteiden puoliintumisajat elimistössä saattavat olla useita vuosia. Suomessa PCB:lle altistutaan pääosin ravinnon, erityisesti kalan, lihan ja maitotuotteiden kautta.

## Riskien hallinta

PCB yhdisteille altistumista tulee seurata, vaikka PCB:n käyttö Suomessa on nykyään kielletty ja vanhat PCB:tä sisältävät laitteet ja materiaalit on pääosin poistettu käytöstä.

PCB:n  $HTP_{gh}$ -arvo  $0,5 \text{ mg/m}^3$  on hyvin korkea nykyisen käsityksen mukaan. Esimerkiksi Ruotsin vastaava arvo on  $0,01 \text{ mg/m}^3$ , jota jo vuoden 1983 PCB-toimikunta ehdotti myös sovellettavaksi Suomessa. PCB-toimikunnan mietinnössä PCB:lle saastuneiden pintojen raja-arvoksi on annettu  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^2$ .

PCB-altistumisen välttämiseksi on annettu ohjeita mm. PCB-pitoisten saumausmassojen poistoon. Vanhoissa elementtitaloissa erityisesti vanhan sauman hionta voi altistaa PCB:lle, joten hiontapölyltä tulee suojautua hengityksensuojaimin ja suojavaatetuksen avulla. Ohjeita ja tietoja löytyy Työsuojelurahaston sivuilta (Rantio ym. 2001) ja lisäksi työstä on Rakennustietosäätiön RATU-ohje 82-0238.

Saumausmassojen PCB-ongelma huomattiin Suomessa vasta vuosina 1997–1998, jolloin suuri osa alan työntekijöistä oli altistunut merkittävästikin PCB:lle. Vuonna 1983 PCB:n käyttö saumausmassoissa mainittiin sisäministeriön PCB-toimikunnan mietinnössä, mutta asiaan ei kiinnitetty huomiota, eikä tieto myöskään kulkeutunut riittävästi eri hallinnon alojen välillä. Juuri päättyneen tutkimuksen mukaan saumaustyöntekijöiden seerumin PCB-pitoisuudet ovat tyypillisesti noin 3–4-kertaisia muuhun väestöön verrattuna. Laskennallisesti on arvioitu, että saumaustyöntekijöiden PCB-altistuminen ilman suojaamia aiheuttaisi syöpäriskin, joka on 10–100 tapausta miljoonaa altistunutta kohden.

Saumaustyöntekijöiden lisäksi myös muut saneeraustyöntekijät voivat altistua PCB:lle erityisesti seinien hionnassa ja hiekkapuhalluksessa. Tampereen teknillinen yliopisto ja Työterveyslaitos ovat käynnistäneet aiheesta tutkimuksen. Vuonna 2002 valmistuneen selvityksen mukaan vanhat umpiotyyppisten ikkunalasien tiivisteet sisältävät PCB:tä. Umpiolasien käsittelyn yhteydessä voidaan myös altistua, joten ongelmaan tulisi kiinnittää enemmän huomiota. PCB:lle voidaan altistua myös PCB:lle saastuneen maan kunnostuksessa. Meneillään olevassa Työterveyslaitoksen tutkimuksessa ilman PCB-pitoisuudet kunnostustyössä olivat alle  $0,001 \text{ mg/m}^3$ . Myös ympäristöministeriö on antanut piha-alueiden PCB:illä saastuneiden maamassojen poistoon työsuojeluun liittyviä ohjeita.

## Suosituksukset

- Vaikka PCB:n käyttö Suomessa on kielletty, PCB-yhdisteille voidaan edelleen altistua jätteenkäsittelylaitoksissa, saastuneen maan kunnostuksessa tai vanhojen rakennusten saneerauksen ja purun aikana. Tällöin on selvitettävä PCB:n mahdollinen esiintyminen ja huolehdittava riittävästä suojatimista sekä työntekijöiden että ympäristön suhteen. Lisäksi PCB-pitoisen jätteen kuljetuksesta, varastoinnista ja käsittelystä on omat vaatimukset.
- Nykyisen käsityksen mukaan PCB-yhdisteiden pitoisuudelle ilmassa asetettu työhygieeninen ohjeraja-arvo  $0,5 \text{ mg/m}^3$  ( $HTP_{gh}$ -arvo) on varsin korkea. Jo vuoden 1983 PCB-toimikunta ehdotti sovellettavaksi arvoa  $0,01 \text{ mg/m}^3$ , joka on vastaava arvo esimerkiksi Ruotsissa.

## Lähteitä

ATSDR. Public Health Implications of Exposure to Polychlorinated Biphenyls (PCBs). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta 1998.

Biologisten altumismittausten rekisteri (v. 2002). Työterveyslaitos, Helsinki 2003. (julkaisematon)

- Carcinogenic Potency Project. Carcinogenic Potency Database (CPDB). University of California, Berkeley. Luettavissa: <http://potency.berkeley.edu/cpdb.html>.
- Euroopan yhteisöjen komissio. Dioksiineja, furaaneja ja polykloorattuja bifenyylejä koskeva yhteisön strategia. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille sekä talous- ja sosiaalikomitealle. Bryssel 24.10.2001.
- Elo O, Vuojolahti P, Janhunen H, Rantanen J: Recent PCB accidents in Finland. *Environ Health Perspect* 1985;60:315–319.
- HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005.
- IARC. Overall Evaluations of carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs, Volumes 1 to 42. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Supplement 7. IARC, Lyon 1998. (<http://www.iarc.fr>)
- IRIS. Aroclor 1254 (CAS RN 11097-69-1). Integrated Risk Information System, 1997. (<http://www.epa.gov/iris/subst/0389.htm>)
- Kontsas H, Pekari K, Riala R et al.: Worker Exposure to Polychlorinated Biphenyls in Elastic Polysulphide Sealant Renovation. *Ann Occup Hyg* 2004;48(1):51–55.
- Luotamo M: Polyklooratut bifenyylit (PCB). *Altisteet työssä* 17. Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto, Helsinki 1991.
- Luotamo M: Polyklooratut bifenyylit (PCB). Kirjassa: Kemikaalialtistumisen biomonitorointi. Toim. A Aitio ym. Työterveyslaitos, Helsinki 1995, 231–236.
- Maijala J-P, Nippala E: Elohoepa ja PCB Suomen rakennuskannassa. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto 2002/6. Tampere 2002.
- PCB-toimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1983:47. Sisäasiainministeriö, Helsinki 1983.
- Polychlorinated biphenyls and terphenyls (Second edition). Environmental health criteria 140. IPCS International Programme on Chemical Safety. World Health Organization, Geneva 1993.
- Priha E, Rantio T, Riala R et al.: Quantitative Risk Assessment in Relation to Occupational Exposure to Polychlorinated Biphenyls in the Removal of Old Sealants from Buildings. *Scand J Work Environ Health* 2005;31(Suppl. 2):43–48.
- Rantio T, Riala R, Kontsas H ym.: PCB- ja lyijypitoisten saumaussmassojen turvallinen poistaminen elementtirakennuksissa. Työsuojelurahaston loppuraportti 99109. Tampereen aluetyöterveyslaitos, Uudenmaan aluetyöterveyslaitos, Työterveyslaitos, Tampere 2001.
- Rantio T, Riala R, Pekari K: Työntekijöiden suojaus on välttämätöntä elementtirakennusten PCB- ja lyijypitoisia saumaussmassoja poistettaessa. TSR:n tiedote, Helsinki 2001. (<http://www.tsr.fi/uutistori/tiedotteet/2001/22052001.html>)
- RATU-ohje 82-0238. PCB:tä sisältävien saumaussmassojen purku. Menetelmät. Rakennustietosäätiö, Helsinki 2001.
- Tuomisto J, Vartiainen T, Tuomisto J T: Synopsis on dioxins and PCBs. Julkaisu B17/1999. Kansanterveyslaitos, Helsinki 1999. (<http://ktl.fi/dioxin>)
- Van den Berg, Birnbaum L, Boshveld A T C et al.: Toxic Equivalency Factors for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife. *Environ Health Perspectives* 1998;106:1–35.
- WHO. PCBs, PCDDs and PCDFs: Prevention and control of accidental and environmental exposures. Ed. by J H Rantanen et al. *Environ Health Series* 1987;23:1–227.

## 6.4 Polyklooratut dibentso-*p*-dioksiinit ja polyklooratut dibentsofuraanit, PCDD/F

*Cristina Rosenberg, Antti Hesso, Kai Savolainen*

### Käyttö ja esiintyminen työssä

Polyklooratut dibentso-*p*-dioksiinit ja polyklooratut dibentsofuraanit (PCDD/F-yhdisteet) ovat erittäin pysyviä rengasmaisia kloorattuja aromaattisia yhdisteitä. PCDD/F-yhdisteitä ei esiinny luonnossa eikä niitä valmisteta teollisesti tai hyödynnetä teollisessa tai muussa tuotantotoiminnassa. PCDD/F-yhdisteitä ei ole myöskään käytetty teollisesti. Nytemmin muulla teknologialla korvattu paperimassan kloorivalkaisu oli yksi PCDD/F-yhdisteiden merkittävistä lähteistä. Lyijypitoinen bensiini oli kloorattujen lisäainensa vuoksi mainittava PCDD/F-yhdisteiden lähde. PCDD/F-yhdisteitä esiintyi myös epäpuhtauksina PCB-yhdisteissä ja niitä syntyi PCB:stä kondensaattoripaloissa. Niitä syntyi myös epäpuhtauksina kloorattujen torjunta-aineiden, mm. puunsuoja-aineena käytettyjen kloorifenolien ja vesakontorjunta-aineena käytettyjen kloorattujen fenoksihappojen, erityisesti 2,4,5-trikloorifenoksihapon, tuotannossa. Näitä prosesseja tai yhdisteitä ei enää käytetä, mutta koska PCDD/F-yhdisteet ovat erittäin pysyviä, ne ovat aiheuttaneet pitkään kestävää ympäristön pilaantumista monilla alueilla.

PCDD/F-yhdisteitä muodostuu edelleen. Niiden nykyiset merkittävimmät lähteet ovat polttoprosessit. PCDD/F-yhdisteitä muodostuu orgaanista klooria sisältävien jätteiden polttamisesta, kuten yhdyskunta-, sairaala- tai ongelmajätteiden poltossa. Niitä syntyy myös poltettaessa orgaanisia klooriyhdisteitä, kuten polyvinyylikloridia, sekä jossain määrin metallinkierrätyksessä, erityisesti alumiinin jällekkäsitelyssä.

### Altistuminen työssä

PCDD/F-yhdisteiden pitoisuuksille ilmassa ei ole annettu Suomessa, eikä tietävästi muuallakaan, työhygieenisistä ohjeraja-arvoja. Yhdysvalloissa 2,3,7,8-TCDD:lle (myrkyllisin dioksiini) on suositusluontoisesti esitetty raja-arvoa 0,2 ng/m<sup>3</sup> (200 pg/m<sup>3</sup>). Arvo perustuu suurimpaan sallittuun dioksiinin saantiin 10 pg I-TEQ/kg päivässä, joka pidetään nykyisin korkeahkona. EU on esittänyt, että dioksiinin saanti ei saisi ylittää 14 pg I-TEQ/kg viikossa eli päivittäinen saanti saisi olla keskimäärin 2 pg I-TEQ/kg. I-TEQ (International Toxic Equivalency Concentration) saadaan kertomalla pitoisuus TEF-kertoimella (Toxicity Equivalency Factor). TEF-kerroin määritellään jäljempänä kohdassa ”Terveyshaitat”. Sisäasianministeriön asettama PCB-toimikunta esitti vuonna 1983 työtilojen käyttörajoja pintanäytteiden PCB:lle ja eräille sen muuntumistuotteille seuraavasti: TCDF 50 ng/m<sup>2</sup> sekä 2,3,7,8-TCDF ja 2,3,7,8-TCDD 5 ng/m<sup>2</sup>. Toimikunta ei kuitenkaan asettanut ilmaohjeraja-arvoa PCDD/F-yhdisteille.

1980-luvulla PCDD/F-yhdisteitä havaittiin sellutehtaiden jätevesissä ja paperitehtaiden tuotteissa. Yhdisteet muodostuivat ligniinin hajoamistuotteena syntyvistä fenolisista esiasteista kloorivalkaisussa. Työterveyslaitoksessa selvitettiin 1990-luvun alkupuolella työntekijöiden altistumista PCDD/F-yhdisteille mäntysulfaattisellun valkaisuissa. Tehtaalla oli käytetty 1970- ja 1980-luvulla kloorikaasua valkaisuun ensimmäisessä vaiheessa, mutta 1990-luvun alussa siirryttiin vaiheittain käyttämään kloorikaasun (Cl<sub>2</sub>) ja klooridioksidin (ClO<sub>2</sub>) seosta. Alussa käytettiin seosta suhteessa 9:1, joka vähitellen muutettiin suhteeksi 1:1. Lopuksi käytettiin ainoastaan klooridioksidia. Sen hetkinen altistuminen arvioitiin ilmamittauksin, kun taas pitkäaikaista altistumista arvioitiin veren plasman PCDD/F-pitoisuuksista. Valkaisimon sekä paperi- ja kartonkitehtaan ilmassa 2,3,7,8-PCDD/F-yhdisteiden pitoisuudet sellun valkaisuissa (Cl<sub>2</sub>-ClO<sub>2</sub>-seossuhteen ollessa 9:1) olivat 0,04–1,9 pg/m<sup>3</sup>. Toksisuusekvivalenteiksi muunneltuna pitoisuudet olivat 0,002–0,16 pg I-TEQ/m<sup>3</sup>, mikä vastaa 1/10 000–1/1 000-osaa suositusluontoisesta raja-arvosta. Lähes kaikissa näytteissä esiintyi 2,3,7,8-TCDF:ää (2,3,7,8-tetraklooridibentsofuraania), mutta yhdestäkään ei löytynyt 2,3,7,8-TCDD:tä (2,3,7,8-tetraklooridibentso-*p*-dioksiinia). PCDD/F-yhdisteiden pitoisuuksista työilmassa on hyvin vähän tietoa. Yhdysvalloissa vuonna 1989 tehdyssä tutkimuksessa paperitehtaan ilmassa mitatut 2,3,7,8-TCDD- ja 2,3,7,8-TCDF-pitoisuudet (muita isomeerejä ei tutkittu) olivat 0,01–0,06 pg I-TEQ/m<sup>3</sup>, mikä oli samaa suuruusluokkaa kuin Suomessa mitatut pitoisuudet.



Veren plasman PCDD/F-yhdisteiden kokonaispitoisuuksien (I-TEQ) keskiarvo oli 61 pg I-TEQ /g (suhteutettuna plasman rasvapitoisuuteen) valkaisuon työntekijöillä ja 60 pg I-TEQ/g kartonkityöntekijöillä. Pitoisuudet olivat noin 20 % suurempia kuin altistumattomien vertailuryhmän keskiarvo, 49 pg I-TEQ/g. Pitoisuuserot eivät olleet tilastollisesti merkittäviä altistuneiden ja altistumattomien välillä. Tulosten mukaan sellu- ja paperityöntekijät eivät altistuneet PCDD/F-yhdisteille merkittävästi enemmän kuin vertailuryhmään kuuluneet. Valkaisuon ja kartonkitehtaan työntekijät olivat olleet työssä ennen vuoden 1990 alkua keskimäärin 14–20 vuotta, jolloin käytettiin kloorikaasua valkaisuissa.

Puun suojauksessa käytetyssä kloorifenolivalmiste (Suomessa Ky5) sisältää epäpuhtautena PCDD/F-yhdisteitä, joiden on osoitettu rikastuvan sahanpuruun ja kasteluaitaiden lietteeseen, jopa 100–300 kertaista alkuperäisen valmisteen pitoisuuteen verrattuna. Työterveyslaitoksen tutkimuksessa selvitettiin sahatyöntekijöiden mahdollista altistumista PCDD/F-yhdisteille 1990-luvun puolivälissä. Kolmen eri paikkakunnan sahatyöntekijöiden veren plasman PCDD/F-yhdisteiden keskimääräiset kokonaispitoisuudet olivat 42, 64 ja 62 pg I-TEQ/g rasvaa. Vastaavien paikkakuntien vertailuryhmien pitoisuudet olivat 40, 47 ja 59 pg I-TEQ/g. Erot altistuneiden työntekijöiden ja vertailuryhmien välillä eivät olleet merkitseviä.

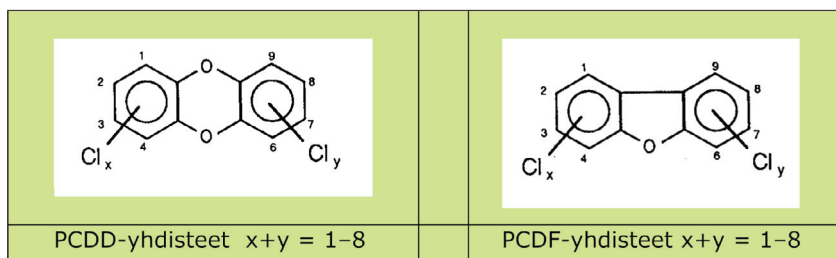
1990-luvun alkupuolella epäiltiin erään suomalaisen laboratorion työntekijöiden altistuneen PCDD/F-yhdisteille heidän käsiteltävään saastuneita maanäytteitä tiloissa, joissa vetokaappien toiminta oli todettu vialliseksi. Seitsemän laboratoriotyöntekijän verinäytteiden PCDD/F-pitoisuudet eivät kuitenkaan poikenneet vertailuhenkilöiden pitoisuuksista.

Viime vuosina Työterveyslaitoksessa on tutkittu entisten saha-alueiden ja kaatopaikkojen maaperän kunnostustyömaita, joissa on kartoitettu PCDD/F-yhdisteiden pitoisuutta ilmassa ja pinnoilla. Pitoisuudet ilmassa ovat olleet pieniä ja alittaneet selvästi Yhdysvalloissa esitetyn suositusluonteisen raja-arvon 0,2 ng TCDD/m<sup>3</sup>. Pyyhintänäytteillä työntekijöiden käsistä ja kaivinkoneen kädensijasta voitiin mitata pieniä määriä PCDD/F-yhdisteitä (0,05–0,24 ng I-TEQ/m<sup>2</sup>). Nämä yhdisteet imeytyvät ihoon hyvin vähän, mutta käsien joutuminen kosketuksiin kyseisten yhdisteiden kanssa voi altistaa myös suun kautta, jos käsiä ei pestä ennen ruokailua ja mahdollista tupakointia.

## Terveyshaitat

Polyklooratut dibentso-*p*-dioksiinit ja dibentsofuraanit ovat melkein tasomaisia, kolmirenkaisia aromaattisia yhdisteitä, joilla on samanlaiset kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Ne ovat lähes liukenevattomia veteen, mutta liukenevat rajoitetusti orgaanisiin liuottimiin. Klooriatomien lukumäärä yhdisteissä voi vaihdella yhdestä kahdeksaan (kuva 57). Kaikkiaan PCDD-yhdisteitä on 75 ja PCDF-yhdisteitä 135.

Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (International Agency for Research on Cancer, IARC) on luokitellut 2,3,7,8-TCDD:n luokkaan 1 eli aine tai seos aiheuttaa syöpävaara ihmiselle. Muut PCDD-yhdisteet, kuten myös PCDF-yhdisteet, on luokiteltu luokkaan 3 eli aineen, seoksen tai altistumisolosuhteiden syöpävaaraa ihmiselle ei voida luokitella. Suomessa 2,3,7,8-TCDD on luokiteltu syöpävaaralliseksi aineeksi (ryhmä 1), jolle altistuvat tulee ilmoittaa ASA-rekisteriin ja joiden käyttö muihin kuin tutkimus-



Kuva 57. PCDD/F-yhdisteiden rakennekaavat. Numerointi viittaa klooriatomin paikkaan molekyylissä

ja niihin verrattaviin tarkoituksiin on kielletty. Näitä aineita saa käyttää kyseisiin tarkoituksiin vain asianomaista työpaikkaa valvovan työsuojeluvirnaomaisen luvalla. Työssä on noudatettava valtioneuvoston asetusta työhön liittyvän syöpävaaran torjunnassa (716/2000) ja sen nojalla annettuja määräyksiä. Vuonna 2002 ilmoitettiin 52 työntekijää ASA-rekisteriin. Näistä valtaosa oli laborantteja, geologeja ja geofyysikoita sekä kemistejä, jotka toimivat tutkimus-, kehittämis- ja koulutustehtävissä sekä maankäytön ja yhdyskuntarakennustoiminnassa.

PCDD/F-yhdisteet ovat hyvin toksisia, mutta eri isomeerien välillä on huomattavia eroja. Kaikista suurimman aktiivisuuden ja akuutin toksisuuden omaavat ne neljästä kuuteen klooriatomia sisältävät yhdisteet, joissa kloorisubstituentit ovat asemissa 2, 3, 7 ja 8. Eri koe-eläinten välillä on myös huomattavia herkkyyseroja. Toksin tunnetun synteettisen yhdisteen 2,3,7,8-TCDD:n LD<sub>50</sub>-arvo on noin 0,001 mg/kg marsulla ja 1–5 mg/kg hamsterilla. Se myös aiheuttaa kasvaimia useiden eri kantojen rotissa ja hiirissä, kuten myös hamsterissa. Molekyyliarakenteensa vuoksi 2,3,7,8-TCDD pystyy tunkeutumaan solukalvon läpi. Sen merkittävimmät vaikutukset johtunevat sen sitoutumisesta AH-reseptoriin ja sen seurauksena aiheutuvista merkittävistä muutoksista mm. tärkeiden aineenvaihduntaentsyymien ilmeytymisessä. Ilmeisin ja käytännössä merkittävin voimakkaan 2,3,7,8-TCDD-altistumisen aiheuttama vaikutus ihmisellä lienee klooriakne. Lisäksi on todettu ääreishermostojen toimintahäiriöitä ja muutoksia maksan entsyymitoiminnassa sekä immuunivasteessa. Epidemiologisissa tutkimuksissa dioksiinialtistumisen on havaittu nostavan lievästi riskiä sairastua eräisiin syöpiin.

Koska PCDD/F-yhdisteitä on vaikea hahmottaa yhtenäisesti, aineille on kehitetty ns. toksisuusekvivalenttikertoimet (TEF = Toxicity Equivalency Factor). Niillä aineiden toksisuus suhteutetaan vastaamaan 2,3,7,8-TCDD:n toksisuutta, jonka kerroin on yksi. Muuntokertoimia on lukuisia, mutta yleisesti käytetty on I-TEF (International Toxicity Equivalency Factor). Toksisuusekvivalenttiarvo (TEQ) saadaan laskemalla summa eri aineiden pitoisuuksista kerrottuna vastaavilla toksisuuskertoimilla.

PCDD/F-yhdisteitä voidaan löytää lähes kaikkialta. Koska ne ovat erittäin pysyviä ja lisäksi rasvaliukoisia, ne kerääntyvät elimistöön. Yhdisteet eivät ole vesiliukoisia eivätkä näin ollen erity virtsan kautta. Aineet metaboloituvat elimistössä hitaasti. Ihmisellä 2,3,7,8-TCDD:n puoliintumisajaksi on mitattu 6–10 vuotta. PCDD/F-yhdisteet kerääntyvät rasvakudokseen, ja kaikista eläimistä varsinkin ravintoketjun huipulta voidaan mitata selvästi määritettäviä pitoisuuksia PCDD/F-yhdisteitä. Nisäkkäissä on todettu vain niitä yhdisteitä, joissa on 2,3,7,8-asetemissa kloori. Ruoka on merkittävin lähde ihmisen altistumiselle PCDD/F-yhdisteille. Merkittävimpiä näiden yhdisteiden saannin lähteitä ovat rasvaiset elintarvikkeet, kuten kala, maitotuotteet, muna ja liha.

## Riskien hallinta

PCCD/PCDF-yhdisteitä sisältävien tuotteiden käytön ja valmistuksen rajoittaminen ja kieltäminen on vähentänyt niiden muodostumista ja leviämistä työympäristöön sekä luontoon. Esimerkkejä tällaisista tuotteista ovat PCB-kondensaattorit, kloorifenolit ja eräät torjunta-aineet. Teollisuusprosesseista mainittakoon paperi- ja selluteollisuuden siirtyminen vähemmän alkuaineklooria sisältäviin valkaisumenetelmiin. Jätteenkäsittely- ja metallinkierrätyslaitosten sekä muiden orgaanista klooria sisältävää jätettä polttavien laitosten päästöjen puhdistamiselle on asetettu tiukat vaatimukset. Suomessa jätteiden poltossa saa ilmaan joutua enintään 0,1 ng/m<sup>3</sup> PCDD/F-yhdisteitä (VNp 842/1997).

Työssä PCDD/F-yhdisteille voidaan altistua paitsi keuhkojen kautta myös siten, että näitä yhdisteitä joutuu käsin iholle ja syödessä tai tupakoitaessa ruuansulatuskanavaan. Lisäksi suora ihoaltistuminen on mahdollinen. Jätteenkäsittelylaitoksilla ja saastuneen maan kunnostuksessa on huolehdittava ihokosketukseen tulevien pintojen puhtaudesta ja varmistettava riittävästä suojautumisesta saastuneen pölyävän maan käsittelyssä.

## Suosituks

- Vaikka PCDD/F-yhdisteille altistutaan eri teollisuusprosesseissa vähän, työperäisesti voidaan edelleen altistua esimerkiksi kunnostettaessa saastuneita maa-alueita, kuten entiset saha-alueet ja kaatopaikat.
- Mittausten perusteella vaadittujen puhdistustoimien tehokkuutta tulee seurata jatkomittauksilla ja siten jatkuvasti arvioida työntekijöiden mahdollista suojautumisen tarvetta.

## Lähteitä

- Sweetman A, Keen C, Healy et al.: Occupational Exposure to Dioxins at UK Worksites. *Ann Occup Hyg* 2004;48(5):425–437.
- Euroopan yhteisöjen komissio. Dioksiineja, furaaneja ja polykloorattuja bifenyylejä koskeva yhteisön strategia. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille sekä talous- ja sosiaalikomitealle. Bryssel 24.10.2001.
- Hesso A, Hämeilä M, Tornaues J et al.: Polychlorinated Dioxins, Furans and *non-ortho* polychlorinated Biphenyls in Blood of Exposed Laboratory Personnel. *Chemosphere* 1992;25(7–10):1053–1059.
- Hutzinger O; Fiedler H. Sources and emissions of PCDD/PCDF. *Chemosphere* 1989;18:23–32.
- IARC. Polychlorinated dibenzo-*para*-dioxins and polychlorinated dibenzofurans. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 69. IARC, Lyon 1997. (<http://www.iarc.fr>)
- Kontsas H: Workers' Exposure to Organochlorine Compounds in Wood-Processing Plants with Past or Present Use of Chlorine-Containing Chemicals. Kuopion yliopiston julkaisuja C. Luonnontieteet ja ympäristötieteet 77. Kuopio 1998.
- Kontsas H, Rosenberg C, Tornaues J et al.: Exposure of Workers to 2,3,7,8-Substituted Polychlorinated Dibenzo-*p*-Dioxin (PCDD) and Dibenzofuran (PCDF) compounds in Sawmills Previously Using Chlorophenol-Containing Antistain Agents. *Arch Environ Health* 1998;53(2):99–108.
- Leung H-W, Murray J, Paustenbach D: A Proposed Exposure Limit for 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin. *Am Ind Hyg Assoc J* 1988;49:466–474.
- PCB-toimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1983:47. Sisäasiainministeriö, Helsinki 1983.
- Polychlorinated dibenzo-*para*-dioxins and dibenzofurans. Environmental health criteria 88. IPCS International Programme on Chemical Safety. WHO, Geneva 1989.
- Rosenberg C, Kontsas H, Jäppinen P et al.: Airborne chlorinated dioxins and furans in a Pulp and Paper Mill. *Chemosphere* 1994;29:1971–1978.
- Rosenberg C, Kontsas H, Tornaues J et al.: PCDD/PCDF Levels in the Blood of Workers at a Pulp and Paper Mill. *Chemosphere* 1995;31(8):3933–3944.
- Sweetman A, Keen C, Healy et al.: Occupational Exposure to Dioxins at UK Worksites. *Ann Occup Hyg* 2004;48(5):425–437.
- Tuomisto J, Vartiainen T, Tuomisto J T: Synopsis on dioxins and PCBs. Julkaisu B17/1999. Kansanterveyslaitos, Helsinki. (<http://ktl.fi/dioxin>)

## Yhteenvedo käytöstä poistetuista kemikaaleista (taulukko III A ja III B)

Toimittanut Marika Lehtola

Kaikkia kemikaaleja ei voida jakaa vain yhteen kemikaaliryhmään kuuluvaksi, joten kemikaali voidaan mainita useammassa kohdassa. Lukutiedoissa voi esiintyä eroja selvityksen teksteihin verrattuna (muista tällöin tarkistaa lähde tai arvio). Taulukoissa voi olla myös sellaista lisätietoa, jota ei ole mainittu selvityksen teksteissä.

Taulukko III A. Käytöstä poistettujen kemikaalien tuotanto tai käyttö (↑ = lisääntyä, ↓ = vähenee, ↑↓ = pysyy ennallaan), tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä, tärkeimmät terveyshaitat, keskeisiä tiedonaukkoja sekä tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset. Tässä viimeisessä sarakkeessa tarkastellaan keinoja, joita voidaan käyttää ilmanvaihtoteknisten (yleisilmanvaihto, kohdepoistot, kotelointi) parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi, sekä muita tärkeitä huomioon otettavia asioita

altiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
<b>asbesti</b>	↓	talonrakennus ja telakkatyö, korjausrakentaminen ja purkutyo, koneiden ja ajoneuvojen korjaus	keuhkofibroosi, pleuraplaakki, asbestoosi, mesoteliooma, keuhkosyöpä	jatkossa ilmenevien ammattitautien määrä	asbestin ja asbestipitoisten tuotteiden käyttökielto, ilman asbestipitoisuuden raja-arvon käyttöönotto, purkutöiden luvanvaraisuuden laajentaminen ja parempi valvonta, altistuneille järjestelmällinen lääketieteellinen seuranta, hallinnolliset ja lainsäädännölliset viiheet tulisi poistaa
<b>kloorifenolit</b>	↓	erityisesti vanhojen sahojen maaperän kunnostus- ja korvaustyö	ärsyttää ihoa, limakalvoja ja hengitysteitä, ärsytyksoketusihoittuma, voimakas altistuminen aiheuttaa hengitysvaikeuksia, hikoilua, kuumetta ja vatsavaivoja, myrkyty	pitkäaikaisvaikutusten tulkintaa vaikeuttavat valmistajien epäpuhtaudet, ei tarkkaa tietoa altistumisesta pentakloorifenolia sisältäville pintasiveliyainille	kiellot käytöstä ja markkinoille luovuttamisesta, maanparannustoihin osallistuvien biomonitorointi (sekä ennen töiden aloittamista että välittömästi altistumisen päätyttyä)

aitiste	tuotanto tai käyttö (suunta ↑ tai ↓ tai ↑↓)	tärkeimpiä altistavia toimialoja ja työtehtäviä	tärkeimmät terveyshaitat	keskeisiä tiedonaukkoja	tärkeimmät riskinhallintakeinot ja niihin liittyvät suositukset (ilmanvaihtoteknisten parannusten ja henkilönsuojainten lisäksi)
<b>polyklooratut bifenyylit, PCB</b>	↓	vanhojen rakennusten saneeraustyöt ja purku, ongelmajätteiden käsittely, saastuneen maan kunnostus, ravinto	klooriakne, kertyy elimistöön, aiheuttaa vaaraa perimälle, sikiölle tai lisääntymiselle, heikentää immuunivastetta, luokiteltu syöpävaaralliseksi	terveysvaikutusten arviointi ongelmallista vaihtelevan koostumuksen vuoksi, kaikkia altistuneita työntekijöitä ei ole välttämättä ilmoitettu ASA-rekisteriin	kiellot maahantuonnista, valmistuksesta ja käytöstä, altistavissa työtehtävissä selvitettävä PCB:n mahdollinen esiintyminen ja huolehdittava riittävästä suojaustoimista, noudatetaan annettuja työsuojeluohjeita, noudatetaan annettuja vaatimuksia jätteen kuljetuksessa, varastoinnissa ja käsittelyssä, HTP-arvon tarkistaminen
<b>polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja dibentso-furaanit, PCDD/F</b>	yhdisteet syntyvät sivutuotteina	eräät polttoprosessit, saastuneen maan kunnostus (entiset saha-alueet ja kaatopaikat), ravinto	kerääntyy elimistöön, klooriakne, osa yhdisteistä hyvin myrkyllisiä, 2,3,7,8-TCDD luokiteltu syöpävaaralliseksi	pitkäaikaisvaikutusten arviointi vaikeaa	yhdisteitä ei valmisteta eikä käytetä teollisesti, jätteidenpolton päästöjen puhdistus, jätteidenkäsittelylaitoksilla ja saastuneen maan kunnostuksessa huomioitava pintojen puhdistus sekä riittävä suojaautuminen (suojautumistarpeen jatkuva arviointi)

Taulukko III B. Käytöstä poistetuille kemikaaleille työssä (pääasiassa hengitystietse) altistuvat ja yli 10 % HTP-arvosta altistuvat vuosittain, altistumisen suunta eri ajanjaksoina, TFSR:iin ilmoitetut ammattitautitapaukset ja ASA-rekisteriin ilmoitetut työntekijät sekä biomonitorointi (– = ei tilastoita tai ei tarkkaa tietoa, x = biomonitoroinnille ei olemassa mittausten menetelmää)

altiste	työssä altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	työssä yli 10 % HTP-arvosta altistuvia vuosittain <sup>1</sup>	HTP <sub>sh</sub> -n ylittäneitä mittaauksia %:na eri ajanjaksoina <sup>2</sup>	rekisteriin ilmoitetut ammattitautitapaukset v. 2002 <sup>3</sup> ja ASA-rekisteriin ilmoitetut v. 2002 <sup>6</sup>	biomonitorointi <sup>4</sup> (henkilöä / v. 2004)
asbesti	3 400	2 100	25 % v. 1994–1998 6 % v. 1999–2003	588 <sup>3</sup> 1 875 <sup>6</sup>	ei biomonitorointia, Työterveyslaitos analysoi noin 300 keuhkokokouso- näytettä vuodessa <sup>5</sup>
kloorifenolit	altistuminen satunnaista ja liittyy saastuneiden maa-alueiden kunnostustöihin <sup>5</sup>	–	–	1 <sup>3</sup>	39 (U-CP)*
polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja dibentso-furaanit, PCDD/F	altistuminen edelleen mahdollista <sup>5</sup>	ei työhygieenisistä ilmaohjeraja-arvoja	–	52 <sup>6</sup>	–
polyklooratut bifenyylit, PCB	altistuminen edelleen mahdollista <sup>5</sup>	–	–	236 <sup>6</sup>	229 (FS-PCB)

<sup>1</sup> FINJEM-altistumistietojärjestelmä. Työterveyslaitos, Helsinki. (julkaisematon)

<sup>2</sup> Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset v. 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

<sup>3</sup> Riihimäki H, Kurppa K, Karjalainen A ym.: Ammattitaudit 2002. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

<sup>4</sup> Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2004. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 15. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

<sup>5</sup> tieto poimittu tästä selvityksestä

<sup>6</sup> Saalo A, Vuorela R, Soosaar A, Kauppinen T: ASA 2002. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammattissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

\* palveluanalytiikan biomonitorointianalyyysien lukumäärä (ei henkilöiden lukumäärä)

# 7 Kemikaalijätteen käsittely

Eero Priha, Ilpo Ahonen, Marja-Terttu Koskinen, Miia Impiö, Tuomo Lapinlampi, Tiina Rantio, Rainer Schimberg

## Kemikaaleilla saastuneiden maamassojen käsittely

Saastuneiden maa-alueiden kunnostaminen ja maamassojen käsittely on melko uusi toimiala, joka laajamittaisesti käynnistyi 1990-luvulla. Suomessa on arvioitu olevan lähes 20 000 saastunutta tai sellaiseksi epäiltyä maa-aluetta, joista ainakin 3 300 vaatii kunnostusta. Viime vuosina on kunnostettu vuosittain noin 300 kohdetta. Yleisimpiä kohteita ja niiden haitta-aineita on taulukossa 54.

Kunnostustyöhön, sen suunnitteluun ja valvontaan osallistuu maanrakennusalan ammattilaisia, konsultteja ja viranomaisia. Kunnostustyössä käytetään eri menetelmiä, mutta valtaosa työstä tehdään siten, että saastuneet maamassat poistetaan kaivamalla ja korvataan puhtaalla maalla. Saastunut maa siirretään kuorma-autolla puhdistukseen, välivarastointiin tai kaatopaikalle. Puhdistus voi olla esimerkiksi poltto tai muu terminen käsittely, biologinen käsittely tai kompostointi, pesu tai stabilointi (taulukko 55).

## Haitta-aineet ja altistuminen

Haitta-aineille altistumista on selvitetty tyypillisimmissä kunnostuskohteissa, kuten vanhat kyllästämö-alueet, saha-alueet, huoltoasemat, romuttamot ja vanhat kemialliset pesulat (Ahonen ym. 1998, Elovaara ym. 2004, Priha ja Ahonen 1998, Priha ym. 2001). Lisäksi on tehty joitakin selvityksiä pilaantuneen maan käsittelyasemilla ja varastointialueilla. Parhaillaan aiheesta on meneillään Työsuojelurahaston rahoittama tutkimus. Altistumista on selvitetty biomonitoroinnin ja työhygieenisten mittausten avulla sekä

Taulukko 54. Yleisimpiä saastuneita maa-alueityyppejä Suomessa

tyyppi	tyypillisiä haitta-aineita	osuus, %
polttoaineen jakeluasemat ja vastaavat	moottoribensiini (bentseeni, tolueeni, ksyleeni, MTBE), dieselpolttoaine	33
korjaamot, maalaamot, romuttamot	liuotinaineet, raskasmetallit, öljyt, PCB	14
vanhat kaatopaikat	yhdyskuntajäte, ongelmajäte, kaatopaikkakaasut	12
sahat ja kyllästämöt	kloorifenolit, klooratut dioksiinit ja furaanit, kupari, kromi, arseeni	6
metalliteollisuus	raskasmetallit, PAH-yhdisteet	6
ampumaradat	lyijy ( antimoni, PAH-yhdisteet)	5
muu teollisuus	vaihteleva teollisuuden mukaan	5
muu toiminta (esim. pesula, kauppapuutarha, jätevedenpuhdistamo, satama-alue)	toiminnan mukaan, esim. pesuloissa yleensä trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni	20

Taulukko 55. Yleisimmät saastuneen maan kunnostusmenetelmät ja niiden käyttöalueet

kunnostusmenetelmä	tyypillisiä käyttökohteita
massanvaihto (saastunut maa poistetaan ja korvataan puhtaalla)	yleisin menetelmä Suomessa, saastunut massa voidaan puhdistaa myöhemmin muilla menetelmillä
huokosimatekniikka (huokosilmaimu, useita eri muunnoksia)	soveltuu haihtuville (VOC) yhdisteille, kuten moottoribensiinille
stabilointi ja kiinteytys (saastunut maa kiinteytetään betonilla tai bitumilla)	soveltuu mm. raskasmetalleille ja vaikeasti haihtuville orgaanisille yhdisteille
termiset menetelmät ja poltto (useita muunnoksia)	soveltuu erilaisille orgaanisille yhdisteille, kloorin läsnäollessa käytettävä korkealämpötilapolttoa
biologiset menetelmät (eri menetelmiä, tavallisin kompostointi)	soveltuu orgaanisille yhdisteille, kun haitta-ainepitoisuudet eivät ole kovin suuria; tavallisin muoto kompostointi
pesutekniikat	soveltuu tietyille orgaanisille ja epäorgaanisille yhdisteille silloin, kun humusta on paljon (esim. kreosootti)

pyrityt arvioimaan suojautumistarvetta. Aiempien ja meneillään olevan tutkimuksen perusteella näyttää siltä, että altistuminen on merkittävää ainakin kreosotilla ja CCA-kyllästeellä saastuneiden maiden (PAH-yhdisteet, arseeni) käsittelyssä, vanhojen huoltoasemien kunnostuksessa (bentseeni) ja lyijyllä saastuneiden alueiden käsittelyssä. Kaasumaiset aineet, kuten rikkivety ja syaanivety, voivat ns. telttakaivua käytettäessä aiheuttaa välitöntä vaaraa terveydelle ja jopa kuoleman. Kaatopaikkojen kunnostamisessa kemikaalialtistumista on etukäteen muutenkin vaikea arvioida, sillä useimmille niistä on yhdyskuntajätteen lisäksi voitu aikoinaan viedä lähes kaikkia teollisuudessa käytettyjä kemikaaleja tai jätteitä. Eräistä kohteista saattaa vielä löytyä syövyttäviä ja akuutisti myrkyllisiä aineita.

Hengittävän pölyn pitoisuudet kunnostustyömailla ovat yleensä alle 2–3 mg/m<sup>3</sup>. Raskasmetallien HTP-arvot eivät tällöin yleensä ylitä. Suurempia lyhytaikaisia pitoisuuksia voi esiintyä tietyissä työtehtävissä ja kohteissa. Suurimmat pölypitoisuudet, jopa 60 mg/m<sup>3</sup>, on mitattu saastuneen maan seulonnan yhteydessä, saastuneen maan lajittelussa ja kuivan turvepitoisen maan käsittelyssä.

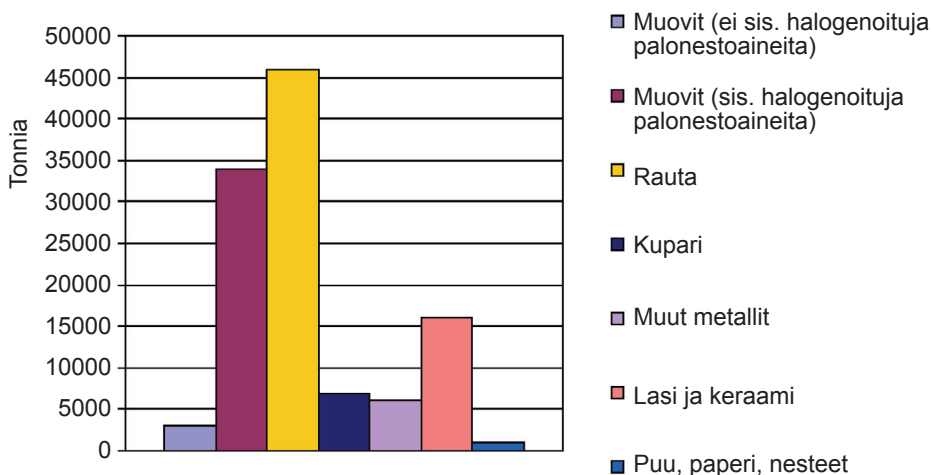
Altistumiselle on tyypillistä suuri laadullinen ja määrällinen vaihtelu kunnostuskohteen ja olosuhteiden mukaan. Vuosittain altistavat työt vaihtelevat henkilöittäin muutamasta viikosta yli puoleen vuoteen. Alalla työskentelee arviolta 500–1 000 henkilöä.

### Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely

Sähkö- ja elektroniikkaromusta on tullut kasvava jäteongelma, ja aihetta koskeva uusi lainsäädäntö astuu voimaan vuonna 2006. Vuosittain syntyy noin 20 kg sähkö- ja elektroniikkaromua henkilöä kohden. Uusia elektroniikkajätteitä käsitteleviä laitoksia on perustettu viime aikoina. Haitallisia aineosia elektroniikkaromussa ovat mm. lyijy, elohopea, beryllium, kadmium, kuusiarvoiset kromiyhdisteet, polybromatut bifenyylit (PBB) ja polybromatut difenyylieetterit (PBDE). Näiden käyttö kielletään EU:n direktiivin (2002/95/EC) perusteella lähivuosina. Kuvassa 58 on elektroniikkaromun tärkeimmät materiaalijakeet.

Elektroniikkaromun käsittelyssä (esim. kuvaputket ja kylmälaitteet) pyritään käyttämään mahdollisimman suljettuja ja automatisoituja prosesseja. Laitteiden avausvaiheet ja esikäsittely on kuitenkin tehtävä käsin, joten altistuminen eri aineille on mahdollista. Elektroniikkaromun vastaanottopisteissä riskitekijöitä ovat rikkoutuneet laitteet ja esineet, mm. kuvaputket ja lamput, sekä keräilyastiat.

Elektroniikkaromun tärkeimpiä haitallisia aineita ovat raskasmetallit (lyijy, kadmium, kromi, elohopea), beryllium, bromatut palonestoaineet, CFC-yhdisteet ja PCB. Palonestoaineina on käytetty lähinnä polybromattuja difenyylieettereitä (PBDE), heksabromisyklododekaania (HBCD) ja terabromibisfenoli-A:ta (TBBPA). Aiemmin käytettiin myös polybromattuja bifenyylejä (PBB). PBB- ja PBDE-yhdisteistä on epäilty muodostuvan vastaavia bromattuja dioksiineja ja furaaneja muovien työstössä sekä lämpö-



Kuva 58. Sähkö- ja elektroniikkaromun tärkeimmät jakeet (Yleinen teollisuusliitto)



käsittelyssä. Palonestoaineita voi olla myös rakennusmateriaaleissa, kuten polyuretaani- ja polystyreeni-eristeissä. Eräät bromatut palonestoaineet, mm. PBB- ja jotkut PBDE-yhdisteet, kertyvät elimistön rasvakudokseen ja niillä saattaa olla myös hormonaalisia vaikutuksia.

Suomessa ei ole tiettävästi tutkittu työntekijöiden altistumista bromatuille palonestoaineille. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan altistua voidaan mm. elektroniikkaromun käsittelyssä ja tietokoneiden korjauksessa (Sjodin ym. 1999, 2001). Pitoisuudet ilmassa olivat enintään 100 ng/m<sup>3</sup>, mutta altistua voi kuitenkin myös muiden reittien kautta (suun kautta, ihon lävitse).

Kuvaputkien laserleikkauksessa voidaan altistua pölylle, lyijylle ja bariumille. Lisäksi voi muodostua orgaanisia haitta-aineita, kuten häkää (hiilimonoksidi) ja aldehydejä.

Erittäin toksista berylliumia saattaa esiintyä eri muodossa elektroniikkalaitteissa ja niiden romussa. Berylliumpitoiselle pölylle altistuminen sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyssä on tiettävästi aiheuttanut keuhkosairauksia Kanadassa. Elektroniikkaromun hävityksessä berylliumia on pidettävä mahdollisena terveysriskinä.

### **Raskasmetalleja sisältävien akkujen, paristojen ja lamppujen käsittely**

Käytöstä poistettujen akkujen ja paristojen lajittelussa työntekijä voi altistua raskasmetalleille, kuten elohopealle, kadmiumille, kromille, lyijylle ja nikkelille. Altistumisen suuruudesta ei kuitenkaan ole tarkempaa tietoa. Elohopeapitoisten lamppujen murskauksessa voidaan altistua elohopealle. Yksittäisten mittausten perusteella altistuminen työpaikkailman kautta on kuitenkin selvästi pienempää kuin työhygieeninen raja-arvo 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

### **PCB-pitoiset kondensaattorit ja PCB-pitoinen saumausmassajäte**

PCB:tä sisältävät kondensaattorit on nykyisin pääosin poistettu käytöstä. Satunnaisesti voi kuitenkin vielä löytyä sitä sisältäviä kondensaattoreita. PCB-pitoisen ongelmajätteen käsittelyn yhteydessä voi tapahtua altistumista ja työpaikan kontaminoitumista PCB:llä.

PCB-pitoiset polysulfidisaumausmassat on myös osittain poistettu vanhoista elementtitaloista. Silti on vielä kunnostamattomia taloja ja taloja, joissa vanhaa PCB-saamaa ei ole täysin poistettu uusintasaumauksen yhteydessä. Saumausmassojen poistossa PCB-altistuminen voi olla huomattavaa. PCB-pitoisen saumausmassan poistosta on turvallisuusohje. Myös PCB-pitoisen saumausmassan myöhemmässä ongelmajättekäsittelyssä voidaan altistua, ja lisäksi vanhat saumausmassat voivat sisältää noin 2 % lyijyä.

### **Kyllästetyn puutavaran kierrätys**

Nykyisin suolakyllästettyä (kupari-kromi-arseeni-kylläste) puuta pidetään ongelmajätteenä ja sen keräys on järjestetty Suomessa. Suolakyllästetty puujäte poltetaan hallituissa olosuhteissa ja haitalliset aineosat (arseeni-, kupari- ja kromiyhdisteet) otetaan talteen. CCA-kyllästeen sisältämä arseenipentoksidi on myrkyllistä hengitettynä ja nieltynä. Se ärsyttää ihoa ja silmiä sekä toistuvassa altistumisessa myös hengitysteitä. Arseenipentoksidi on todettu ihmisellä syöpää aiheuttavaksi aineeksi. Myös suolakyllästeen kromi- ja kupariyhdisteet ovat terveydelle haitallisia. Työntekijöiden altistumista suolakyllästetyn puun keräämisen ja polton yhteydessä ei ole tutkittu. Joissakin aiemmissä yksittäisissä mittauksissa on todettu, että avopoltossa ilmaan voi muodostua merkittäviä arseenipitoisuuksia.

Myöskään työntekijöiden altistumista PAH-yhdisteille ei ole tutkittu kreosoottijylyllä käsitellyn puun jätekäsittelyn ja polton yhteydessä.

### **Liuottimien uudelleenkäyttö ja jäteöljyt**

Useat teollisuuslaitokset käyttävät hyväkseen jäteliuottimia, joita markkinoidaan muille yrityksille. Tähän liittyen on tutkittu haitallisten jakeiden konsentroitumista kierrätettävissä liuoksissa. Haitallisena on pidetty lähinnä karsinogeenisen bentseenin ja kloorattujen hiilivetyjen konsentroitumista liuoksissa. Niitä löytyikin tutkituista kierrätettävistä liuotinsokseista, mutta ei kuitenkaan niin paljoa, että se sinällään estäisi uudelleenkäytön. Työntekijöiden altistumisesta näille liuottimille ei ole tutkimustietoa.

Kotitalouksien, huoltamoiden ym. jäteöljyt ja liuottimet päätyvät yleensä jätteenkeräilyasemille lajiteltaviksi. Yksittäisessä Työterveyslaitoksen mittauksessa työntekijän hengitysvyöhykkeeltä todettiin usei-

ta haihtuvia orgaanisia liuottimia, mutta pitoisuudet olivat kuitenkin selvästi alle kyseisten yhdisteiden HTP-arvojen.

### Suosituksset

- Suomessa ei ole järjestelmällistä koulutusta saastuneen maan kunnostustyöntekijöille ja työpaikallakin työhön perehdyttäminen on usein puutteellista. Alalle olisi suotavaa saada turvallisuuskortin tyyppinen koulutus.
- Uusista pilaantuneen maan kunnostusmenetelmistä on vähän tietoa.
- Työntekijöiden altistumista elektroniikkaromun kierrätyksen yhteydessä eri kemikaaleille (raskasmetallit, bromatut palonestoaineet) tulisi selvittää tarkemmin.
- Työntekijöiden altistumista kuparille, kromille ja arseenille tulisi selvittää tarkemmin suolakyllästetyn puun keräilyyn ja ongelmajättekäsittelyn yhteydessä.
- Ongelmajätteen keräilyyn, kuljetukseen ja esikäsitteilyyn liittyy tapaturma- ja terveysvaaroja, joita tulisi tarkemmin selvittää.

### Lähteitä

Ahonen I, Jalkanen A, Vähäsöyrinki A: Työntekijöiden kemikaalialtistuminen saastuneiden maa-alueiden kunnostuksessa. Suomen ympäristö 197. Suomen ympäristökeskus, Helsinki 1998.

Ahonen I, Koskinen M-T: Liuottimien uudelleenkäyttö – Tuoteturvallisuus. Raportti 29/93 (TM/TSO) työministeriön työsuojeluosastolle ja ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosastolle. Tampereen alue-työterveyslaitos, Tampere 1993.

Directive 2002/95/EC of the European Parliament and the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

Elovaara E, Mikkola J, Mäkelä M, Priha E: Exposure of soil remediation workers to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): Biomonitoring of naphthols, phenantrols, and 1-hydroxypyrene. Sixth International Symposium on Biological Monitoring in Occupational & Environmental Health, Heidelberg, 2004. Abstracts, 3.

Kontsas H, Pekari K, Riala R et al.: Worker exposure to polychlorinated biphenyls in elastic polysulphide sealant renovation. *Ann Occup Hyg* 2004;48:51–55.

Koskinen M-T, Riipinen H, Ahonen I: Liuottimien uudelleenkäyttö – Regenerointimenetelmät. Selvitys työsuojeluhallitukselle. Tampereen alue-työterveyslaitos, Tampere 1993.

Nikulainen V, Kaleva K (toim.): Saastuneen maa-alueen tutkimuksen ja kunnostuksen työsuojeluopas. Ympäristöopas 17. Suomen ympäristökeskus, Helsinki 1997.

Priha E, Ahonen I: Kemialliset riskit saastuneen maa-alueen kunnostuksessa. Työsuojelujulkaisuja 14/1998. Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 1998.

Priha E, Ahonen I, Oksa P: Control of chemical risks during the treatment of soil contaminated with chlorophenol, creosote and copper-chrome-arsenic-wood preservatives. *Am J Ind Med* 2001;39:402–409.

Rantio T, Riala R, Kontsas H ym.: PCB- ja lyijypitoisen saumaussmassan turvallinen poistaminen elementtirakennuksista. Työsuojelurahaston loppuraportti 99109. Tampereen alue-työterveyslaitos, Tampere 2001.

Sjödin A, Carlsson H, Thureson K et al.: Flame retardants in indoor air at an electronics recycling plant and other work environments. *Environ Sci Technol* 2001;35:448–454.

Sjödin A, Hagmar L, Klasson-Wehler E et al.: Flame retardant exposure: Polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. *Environ Health Perspectives* 1999;108:643–648.

Yleinen teollisuusliitto. Sähkö- ja elektroniikkaromu. 2004. (<http://www.ytl.fi>)

# 8 Korvausperiaatteen toteutuminen

*Antti Tossavainen, Hannu Riipinen*

## Korvaamisen periaatteet

Kemikaalilain muutoksessa (1198/1999) määritellään kemikaalien valmistajille, maahantuojille ja käyttäjille valintavelvollisuus seuraavasti: ”Kemikaalista aiheutuvien haittojen ehkäisemiseksi toiminnanharjoittajan on, silloin kun se on kohtuudella mahdollista, valittava käyttöön olemassa olevista vaihtoehdoista kemikaali tai menetelmä, josta aiheutuu vähiten vaaraa” (§ 16a).

Euroopan komission REACH-asetusehdotuksessa on korvausperiaate mainittu lupamenettelyn yhteydessä. Sillä on tavoite taata sisämarkkinoiden moitteeton toiminta varmistaen samalla, että erityistä huolta aiheuttavien aineiden riskejä valvotaan asianmukaisesti tai kyseiset aineet korvataan soveltuvilla vaihtoehtoisilla aineilla tai tekniikoilla (REACH, 52 artikla). Korvausperiaate on kuvattu myös työturvallisuuslaissa (738/2002) työnantajan velvollisuutena edellyttäen, että vaara- ja haittatekijät poistetaan, tai jos tämä ei ole mahdollista, ne korvataan vähemmän vaarallisilla tai vähemmän haitallisilla. Erityismaininta sisältyy lisäksi valtioneuvoston asetukseen työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (716/2000).

Korvaus- ja valintavelvollisuus on yleisperiaate, jonka soveltamisesta yksittäistapauksiin ei ole tarkempia lainsäädännöllisiä ohjeita tai esimerkkitapauksia. Valintavelvollisuuden noudattaminen jää kemikaalin käyttäjän harkintaan. Koska laiminlyönneistä ei ole määrätty sanktioita, säädöksen vaikutus käytännön toimenpiteisiin on ollut vähäinen. Lisäksi todennäköisesti vain ani harva toiminnanharjoittaja tietää tästä velvollisuudesta, jolloin kemikaalit on korvattu vähemmän vaarallisilla aineilla tai menetelmillä muista syistä tai näkökohdista.

Suomessa korvausperiaatetta on käytetty käänteisesti asbestia ja asbestipitoisia tuotteita koskevien rajoitusten säätämässä. Vuonna 1989 valtioneuvoston nimeämä Asbestikomitea esitti yleistä kieltoa asbestipitoisten tuotteiden kaupalliselle valmistamiselle, maahantuonnille, luovutukselle ja käyttöönnotolle (Komiteanmietintö 1989:66). Työministeriön valmisteleva valtioneuvoston päätös (VNp 852/1992) kuitenkin mitätöi käyttökiellon kyseenalaisilla poikkeuksilla, jotka perustuvat korvaavien materiaalien ominaisuuksiin ja saatavuuteen: ”Krysotiiliä sisältäviä kitkamateriaaleja, tiivisteitä ja asetyleenipullojen täytemassoja saa tuoda maahan, myydä ja ottaa käyttöön, jos käyttöominaisuuksiltaan vastaavaa, asbestia vähemmän vaarallista, korvaavaa materiaalia ei ole saatavilla.”

Euroopan unionin alueella asbestin ja asbestipitoisten tuotteiden käyttökielto tuli saattaa voimaan 1.1.2005 mennessä. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö poisti poikkeukset valtioneuvoston asetuksella (VNa 975/2004) marraskuussa 2004. Käänteistä korvausperiaatetta ei ole käytetty Euroopan unionin kemikaalien käyttöä rajoittavissa direktiiveissä (Consolidated Text. CONSLEG: 1976L0769-16/03/2004. Council Directive 76/769/EEC).

Käyttörajoituksiin ja korvaaviin tuotteisiin saattaa liittyä merkittäviä kaupallisia näkökohtia. Maailman kauppajärjestö WTO ratkaisi Kanadan ja Euroopan unionin välisen asbestikiistan 11.03.2001 vetoomuselimen päätöksellä (WTO 2001). Siinä todetaan Ranskan asbestikielto perustelluksi asbestin aiheuttamien vakavien terveyshaittojen vuoksi. Kansallinen asbestikielto ei siten riko kansainvälistä kauppasopimusta, vaikka muuten WTO:n säännöt kieltävät kansallisia etuja suosivien lakien ja teknisten esteiden käytön kansainvälisessä kaupassa. Koska asbestipitoisen tuotteen (esim. asbestisementti) tekniset ominaisuudet ja loppukäyttö voivat olla samat kuin korvaavan tuotteen (esim. asbestiton kuitusementti), Kanada tulkitsi Ranskan kansallisen asbestikiellon korvaavia materiaaleja suosivaksi kaupalliseksi toimenpiteeksi. WTO:n päätös sisälsi merkittävän yleisen kannanoton siitä, että kilpailevien tuotteiden vertailussa myös terveysvaikutukset voidaan ottaa huomioon eikä pelkästään tekniset ominaisuudet tai loppukäytön samanlaisuus.

## Korvaaminen käytännössä

Asbestia korvataan lämpöeristeissä mineraalivilloilla. Lasikuitujen koostumusta ja liukoisuutta elimistön kudostenesteisiin on muutettu, jotta korvaavat kuidut olisivat vähemmän haitallisia. Keraamisilla kuidoilla

on korvattu asbestia eräissä teollisuuden käyttökohteissa, mutta terveystieteiden kannalta muutos lie-  
nee kyseenalainen. Asbestia korvaavia materiaaleja on käsitelty laajalti kirjallisuudessa, mutta niiden käyt-  
tönnottoa ei ole kattavasti selvitetty.

Hiekkapuhalluksessa kvartsin käyttöä on korvattu teräskatkolla ja muovirakeilla, jotka ovat ratkaise-  
vasti vähemmän haitallisia kuin hienojakoinen kvartsi. Puhallettavista kappaleista irtoava pöly saattaa ol-  
la huomattavan haitallista. Kun kalliimpia puhallusaineita käytetään moneen kertaan, nousevat ratkaise-  
vaan asemaan suojautuminen sekä tekninen toteuttaminen suodatus- ja ilmanvaihtojärjestelmineen.

Useilla työaloilla on edennyt liuottimien korvaaminen vähemmän haihtuvalla tai vaarallisella aineel-  
la. Tätä on edistänyt ilmansuojelunäkökohdista laadittu VOC-direktiivi, jonka perusteella on rajattu il-  
manvaihdon seurauksena ulkoilmaan joutuvien liuottimien määrää. Graafisella alalla käytetään yhä  
enemmän kasviöljypohjaisia painovärejä ja pesunesteitä. Arkkioffsetpainoista arviolta 80 % käyttää näitä  
painovärejä. Taustalla on havaittu olevan myös asiakkaan vaatimukset ympäristöä vähemmän kuormitta-  
vien tuotteiden valmistukseen.

Vesiohenteiset maalit ja lakat ovat lähes korvanneet liuotintuotteet rakennusalalla. Muutamissa eri-  
koiskohteissa tarvitaan liuotinohteisia, yleensä alifaattisia hiilivetyseoksia sisältäviä tuotteita. Esimer-  
kiksi parkettilakkaukseen on saatavilla vesiohenteisia vain vähän apuliuottimia sisältäviä polyuretaani- ja  
akrylaattilakkoja, joskin edelleenkin käytetään lähes yhtä paljon happokovetteisia, liuottimia ja formalde-  
hydiä vapauttavia lakkoja. Apuliuottimien osuus vesiohenteisissa tuotteissa on 3–10 %, kun vastaavat  
liuotinohteiset lakat sisältävät liuottimia tyyppillisesti 50–80 %. Siten lakan valinnalla on merkitystä  
myös ympäristönsuojelun kannalta. Teollisuuden käyttämät maalit ja lakat ovat pääsääntöisesti liuotin-  
pohjaisia. Metalliteollisuudessa levyjen maalaukseen käytetään liuotinvapaita pulverimaaleja. Ongelmak-  
si saattavat nousta maalipöly ja kuumennuksen aikana vapautuvat käryt.

Rasvanpoistossa käytettävillä emäs- ja happopesuilla on korvattu hiilivetyjen käyttöä, mutta erilaisis-  
sa höyrypesukoneissa niitä käytetään edelleen. Tällöin haihtuva liuotin otetaan yleensä talteen ja altistu-  
miseen voidaan merkittävästi vaikuttaa kapseloinnilla ja hyvin toimivilla kohdepoistoilla. Kloorattujen  
hiilivetyjen korvaamista vähemmän myrkyllisillä tuotteilla rajoittaa se, että useat muut liuottimet ovat  
herkemmin syttyviä ja palovaarallisia. Uusia mahdollisuuksia avanee aseotrooppisten kloorattujen seos-  
ten käyttö höyrypesukoneissa. Mahdollisten liuotinkeosten valikoima kasvaa ratkaisevasti ja vältetään vä-  
hemmän haihtuvan komponentin osuuden rikastumiselta.

Taulukkoon 56 on koottu Työterveyslaitoksen ASA-rekisteriä koskevasta tutkimuksesta tietoja karsi-  
nogeneenien korvaamisesta. Aineet on lueteltu tapausten lukumäärän mukaisessa järjestyksessä. Asbesti oli  
korvattu muilla materiaaleina yleisesti. Karsinogeenien korvaamisia oli kaikkiaan 349 tapausta, joista noin  
120 tapausta (35 %) koski asbestin korvaamista jarruhohtotyössä ja noin 20 tapausta (5 %) asbestin kor-  
vaamista eristystyössä. Kromi(VI)-yhdisteitä oli korvattu mm. maaleissa, puun painekyllästeissä ja pesu-  
liuottimissa. Hydratsiinille, jota käytetään voimalaitoksilla kiertovesissä korroosionestoaineena, oli useita  
korvaavia aineita. Nikkeliä oli korvattu eräissä sovelluksissa kuparilla tai koboltilla. Bentseenin korvik-  
keeksi soveltui usein tolueeni tai jokin muu liuotinaine. Kadmiumtuotteet olivat korvattavissa kadmium-  
vapailta tuotteilla. Hiilitetrakloridi, kloroformi ja muut karsinogeeniset liuotinaineet olivat usein korvat-  
tavissa muilla liuotinaineilla. Arsenia oli korvattu puun painekyllästyksessä arsenivapailta kemikaaleilla  
ja lasinvalmistuksessa antimonilla. Laboratoriotyössä värjäyskemikaalit ja analyttiset reagenssit olivat  
myös usein korvattavissa.

### **Korvausperiaatteen toteutuminen työpaikoilla**

Edellä olevat esimerkit kuvaavat yleisesti tunnettuja vaarallisten kemikaalien tai kemiallisten tekijöiden  
korvaamista vaarattomammaksi katsotuilla aineilla tai prosessitavan tai tuotannon muutoksilla. Näitä  
ovat kapseloinnin ja ilmanvaihtotoimenpiteiden lisäksi esimerkiksi pölyämistä vähentävä tuotteiden  
tabletointi, pastat sekä kemikaalien annostelulaitteet ja muu automatisointi. Tärkeän näkökulman tarjoa-  
vat myös työpaikalla käytettävät kemikaaliluettelot. Käytäntö on osoittanut, että samaan käyttötarkoituk-  
seen on yllättävän usein osin sattuman tuloksena useita, terveysvaikutukseltaan erilaisia kemikaaleja. Tur-  
hien vaihtoehtojen karsiminen vähentää satunnaisuutta ja säästää voimavaroja parhaan vaihtoehdon löy-  
tämiseen.

Taulukko 56. Karsinogeenien korvaaminen (Kauppinen ym. 1999)

karsinogeeni	luku- määrä	työ, jossa karsinogeeni on korvattu
asbesti	173	jarru- ja kytkinhuolto; asbestieristeiden purku ja eristystyöt; asbestiverkot; suurjaksokuumentimet; kuumapuristusmuottien eristys; laivanrakennus; paperikoneiden korjaus; tiivistystyöt; uunin tiivistys; hiilianalyysi
kromi(VI)-yhdisteet	42	maalaukset, ajoratamerkintöjen maalaus; laboratorioastioiden puhdistus; puun painekyllästys; laboratoriotyöt; histologisten lasien puhdistus; laboratoriotyö: kloorin määrittäminen; kehityskoneen puhdistus; kiskohitsaus
hydratsiini ja sen alkyyl johdannaiset	20	voimalaitosten korroosionesto (hapensidonta) aineiden annostelu; sameusmittareiden kalibrointi
nikkeli ja sen epäorgaaniset yhdisteet	13	kiskohitsaus; muovituotteiden esisuojaus; nikkelöinti ennen hopeointia; pintakäsittely; valokuvien kehitys; värjäys
bentseeni	11	laboratoriotyö: estrogeeni-kromatografia, histologisten leikkeiden valmistus, uutot ja fiksoinnit
kadmium ja sen yhdisteet	10	juotostyöt; neonputkien loisteaineen laitto; potilassuojien valmistus (sädehoito); punnitus
hiilitetrakloridi	9	laboratoriotyö: elintarviketutkimus ym.; pesuliuos
koroforni	9	eläinten käsittely; laboratoriotyöt; laboratoriotyö: peroksidimäärittäminen
arseeni ja sen epäorgaaniset yhdisteet	8	puunkyllästys; elektronimikroskopianäytteiden käsittely; laboratoriotyö: jodiluvun määrittäminen; lasin valmistus
polysykliset aromaattiset hiilivedyt	7	kallioporaukset; kiskohitsaus (kreosoottipölkkyt); PAH-pitoiset maalit
1,4-dioksaani	5	laboratoriotyö: histologisten valmisteiden dehydrointi; skintillaatiomittausten liuotin; piirilevyjen resistointi
aniliini ja sen suolat	4	laboratoriotyö: histologiset värjäykset; laboratoriotyö: tutkimustyö
auramiini ja sen suolat	4	laboratoriotyö: bakteerivärjäys; laboratoriotyö: Tb-värjäys
etyleenioksidi	4	sterilointi
klordaani	4	erikoisvanerin liimaus
tiourea	3	kehitealtaan puhdistus; tinalyijypintojen puhdistus
3-amino-9-etyylikarbatsoli	2	laboratoriotyö: immunohistokemialliset värjäykset
beryllium ja sen epäorgaaniset yhdisteet	2	neonputkien loisteaineen laitto; vastushitsauselektrodit
o-toluidiini ja sen suolat	2	laboratoriotyö
o-toluidiini ja sen suolat	2	nahan pohjavärjäys; laboratoriotyö: histologiset värjäykset
vinyylkloridi	2	silkkipainotyö
1,2-dikloorietaani	1	liimaus
4-kloori-o-toluidiini ja sen suolat	1	laboratoriotyö: entsyymimäärittäminen
Brilliant Blue FCF	1	laboratoriotyö: proteiinivärjäys
Sudan I	1	laboratoriotyö: synteesi
akryyliamidi	1	laboratoriotyö: AFOS-isoentsyymit ja DNA-työt
asetamidi	1	laboratoriotyöt
diatsometanaani	1	laboratoriotyö: derivointi kaasukromatografiassa
etyylikarbamaatti	1	koe-eläinten nukutus
lyijyasettaatti	1	nikkelöinti
o-fenyleenidiamiini ja sen suolat	1	laboratoriotyö: klamydiamäärittäykset
syklofosfamidi	1	syövänhoito

Työterveyslaitoksessa ei korvaamista ole selvitetty tutkimuksilla, mutta työpaikoille annettavat työhygieeniset mittauslausunnot sisältävät rajoitetusti ehdotuksia vaarallisten aineiden korvaamisesta. Rajoittavaksi tekijäksi nousee se, että monien kemikaalien vaaraominaisuudet vaikuttavat ristiriitaisesti tuotteen teknisiin ominaisuuksiin ja myös vaarallisuuteen. Useat halogenoidut hiilivedyt ovat myrkyllisiä, jopa karsinogeenisiä, sekä elimistössä ja luonnossa sangen pysyviä. Kuitenkin palo- ja räjähdysvaara helposti lisääntyy, jos niitä korvataan vähemmän myrkyllisillä liuottimilla, esimerkiksi hiilivedyillä. Toinen ongelma ovat taloudelliset ja terveydelliset vastuukysymykset, joita on monipuolisesti käsitelty EU-rahoitteisessa SubChem-hankkeessa. Korvaamiseen tähtäviä tavoitteita on useilla teknologiapohjaisilla (esim. Clean Tool) ja moninaisista lähtökohdista nousseilla tietokantahankkeilla.

Aluelaitosten työpaikoille kohdistuvassa palvelutoiminnassa ja koulutuksessa saatu kokemus sekä ASA-rekisterin vaikutuksia työpaikoilla koskenut tutkimus viittaavat siihen, että korvausperiaate otetaan mahdollisuuksien mukaan huomioon ASA-aineiden osalta. Juuri valmistumassa olevan kyselytutkimuksen mukaan työpaikkojen edustajat toivovat haitallisten aineiden korvaamista lähtökohtana joko työturvallisuuslain sisältämä korvausperiaate tai oma ammatillinen osaaminen. Parhaiten tiedossa ovat vesiohenteiset maalit ja lakat sekä useat herkistymistä aiheuttavat muoviraaka-aineet.

Euroopan unionin alueella, kuten laajemminkin teollisuusmaissa, kemikaalien valmistajat ja käyttäjät, niiden tekniset edellytykset hyvin tuntevat tahot, tuottavat satamäärin käyttökelpoisia korvaavia ratkaisuja yhteistyössä turvallisuuden ja ympäristönsuojelun asiantuntijoiden kanssa. Olennaista on se, että tämän työn tulokset ovat suomalaisten työpaikkojen ja niiden suunnittelijoiden tiedossa. Tälle alueelle tulisikin suunnata työhygieenistä asiantuntemusta sekä käyttää sitä nykyistä enemmän prosesseja ja kemiallisten aineiden käyttöä suunniteltaessa.

## Lähteitä

Clean Tool. Innovative Evaluation and Design of Metal Surface Cleaning Processes. Database filled with 260 cleaning processes. Cooperationstelle Hamburg 2004.

European Communities – Measures Affecting Asbestos and Asbestos-Containing Products. Report of the Appellate Body. World Trade Organization, Geneve 2001.

Humppi T: Asbestia korvaavat materiaalit. Turvallisuustiedote 38. Työministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriö, Tampere 1993.

Humppi T: Asbestin korvaaminen teollisuuden tiivisteissä. Turvallisuustiedote 39. Työministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriö, Tampere 1993.

Humppi T: Asbestin korvaaminen kitkamateriaaleissa. Turvallisuustiedote 40. Työministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriö, Tampere 1994.

Kauppinen T ym.: ASA-rekisterin vaikutukset työpaikoilla ja rekisteriin ilmoitettujen työntekijöiden syöpävaara. Loppuraportti. Työterveyslaitos ja Syöpärekisteri, Helsinki 1999.

SubChem. Sustainable substitution of hazardous chemicals. Public Paper. Cooperationstelle Hamburg 2004.

Vaarallisten aineiden käytön lopettaminen ja korvaaminen. Facts 34. Euroopan työterveys- ja turvallisuusvirasto, 2003.

# 9 Riskien hallinta eri tasoilla

## 9.1 Riskien hallinta työpaikoilla

*Rauno Hanhela*

Työturvallisuustoimintaa työpaikoilla ohjaa työturvallisuuslaki (738/2002). Sen pohjana on turvallisuusajattelu, jonka ominaispiirteitä ovat turvallisuuskulttuuri ja työturvallisuuden järjestelmällinen hallinta sekä työolosuhteiden jatkuvan parantamisen periaate. Lain keskeinen tavoite on korostaa järjestelmällistä lähestymistapaa työpaikan työturvallisuuteen ja työterveyteen vaikuttavissa asioissa. Lähtökohta on, että työnantajan tulee olla tietoinen työpaikan ja harjoittamansa toiminnan haitta- ja vaaratekijöistä. Tässä tarkoituksessa laki sisältää säännökset työympäristön, työyhteisön tilan ja työtapojen turvallisuuden jatkuvasta tarkkailusta sekä työpaikan haitta- ja vaaratekijöiden tunnistamisesta, niiden poistamisesta ja merkityksen arvioimisesta.

Työpaikan kemiallisista vaaratekijöistä on annettu koko joukko säädöksiä. Toimintaa ohjaava puitesäädös on valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001). Sen mukaan työnantajan on tunnistettava työssä esiintyvien kemiallisten tekijöiden aiheuttamat vaarat ja arvioitava niistä työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle mahdollisesti aiheutuvat riskit. Riskien arviointi on esitettävä tarkoituksenmukaisella tavalla kirjallisessa muodossa ja siinä on eriteltävä toteutetut ennalta ehkäisevät toimenpiteet ja suojelutoimenpiteet. Riskien arviointi on pidettävä ajan tasalla, ja se on tarkistettava erityisesti, jos sitä edellyttävät työpaikan olosuhteiden muutokset tai työntekijöiden terveydentilan seurannan tulokset. Riskiä arvioitaessa on mitattava altistumista joko työhygieenisiin tai biologisiin altistumismittauksin, ellei sitä voida muutoin luotettavasti määrittää. Asetus antaa myös yksityiskohtaisia ohjeita käyttöturvallisuustiedotteiden säilyttämisestä työpaikalla ja kemikaaliluettelon laadinnasta.

### **Työsuojelupiirien näkemys työpaikkojen riskien hallinnasta**

Työsuojelupiireille tehtiin keväällä 2005 kysely tätä kansallisen kemikaaliohjelman selvitystä varten. Sen mukaan kemiallisten tekijöiden riskien arvioinnin on tehnyt arviolta 40 % niistä työpaikoista, joita valtioneuvoston asetus (715/2001) koskee. Piirien mielestä riskien arvioinnin sisältö vastaa kaikkilta osin asetuksen vaatimuksia 15 %:llä niistä työpaikoista, joita asetus koskee. Työsuojelupiirien arviot vaihtelivat varsin paljon. Edellä mainitut luvut ovat keskiarvoja, jotka on saatu painottamalla piirikohtaisia vastauksia valvontakohteiden jakautuman mukaan.

Työsuojelupiirien mukaan yleisimmät kemiallisten tekijöiden riskinarvioinnin (VNa 715/2001) vaiheisiin liittyvät puutteet ovat:

- järjestelmällinen riskinarviointi puuttuu kokonaan
- riskien merkityksen arviointi on puutteellinen
- vaarojen tunnistamista ei ole tehty järjestelmällisesti
- tiettyjen vaarojen merkitys on aliarvioitu
- kaikkia käytössä olevia kemikaaleja ei ole otettu huomioon arvioinnissa
- riskinarviointi ei perustu järjestelmälliseen altistumisen arviointiin
- altistumisen arviointi jää useimmiten pinnalliseksi
- altistumisen terveysvaikutusten arviointi puuttuu
- käyttöturvallisuustiedotteiden saatavuudessa on ongelmia
- käyttöturvallisuustiedotteita ei osata tulkita työpaikoilla
- kemikaaliluettelo puuttuu
- prosessi pysähtyy usein käyttöturvallisuustiedotteiden hankkimiseen ja kemikaaliluettelon laatimiseen
- torjuntatoimissa päädytään suojaimiin, vaikka teknisten torjuntatoimien tulisi olla etusijalla
- asiantuntija-apua ei syystä tai toisesta haluta hakea.

Kaikkien työsuojelupiirien mukaan riskien arviointi on paremmin toteutettu isommilla työpaikoilla, koska niillä on enemmän asiantuntemusta, tietoa ja voimavaroja sekä parempi asennoituminen kemiallisiin vaaroihin.

Työsuojelupiirien mukaan eniten ongelmia kemikaaliasioissa aiheuttavat seuraavat kemialliset tekijät/toimialat:

- yleensä työssä syntyvät altisteet (esim. pölyt ja haurut)
- puupöly
- maatalouden pölyt
- jauhopöly/leipomot
- metallituotteiden valmistuksessa (mm. hitsaus, polttoleikkaus) epäpuhtauksia tuottavat työvaiheet
- rakentamiseen liittyvät kemikaalit, erityisesti epoksityö
- kasvinsuojeluaineet
- herkistävät aineet
- liuotinaineet
- altistuminen erityistilanteissa (esim. huolto- ja kunnossapitotyöt)
- lujitemuoviteollisuus
- pienet maalaamot
- valimot
- silkkipainot
- kampaamot.

Riskien hallintaan liittyvät ongelmat ovat työsuojelupiirien mukaan muuttuneet viimeisen 10 vuoden aikana seuraavasti:

- Altistuminen on keskimäärin lieventynyt.
- Vaarojen tunnistaminen on kehittynyt.
- Riskit tiedostetaan entistä paremmin.
- Kemikaalien käyttöturvallisuus on parantunut.
- Kemikaaliluettelot ovat jo melkein kaikilla kemian alan työpaikoilla.
- Suojautuminen ja suojaimet ovat parantuneet. Suojainten käyttöön kiinnitetään nykyisin enemmän huomiota kuin ennen.
- Kemikaalien käyttö on lisääntynyt, joten ongelmat ovat entistä mittavampia.
- Työelämän muutokset, kuten palvelujen ulkoistaminen, heijastuvat myös kemiallisten riskien hallintaan esimerkiksi huoltohenkilökunnan tapaturmien lisääntymisenä.
- Kemiallisten tekijöiden riskien hallintaa ei ole viime aikoina painotettu ja se on jäänyt muiden osa-alueiden varjoon.
- On siirrytty uusiin "turvallisempiin" aineisiin, joiden mahdollisia uusia terveysvaikutuksia ei aina tunneta.
- Liuotinvapaiden tuotteiden käyttö on lisääntynyt, mutta ne saattavat tuoda mukaan herkistävien aineiden käytön lisääntymistä.

Työsuojelupiirien arvion mukaan kemialliset tekijät ovat *parhaiten hallinnassa* seuraavilla toimialoilla, paremmuusjärjestyksessä ylhäältä alaspäin:

- kemikaalien, kemiallisten tuotteiden ja tekokuitujen valmistus (TOL 24)
- konttori- ja tietokoneiden valmistus (TOL DL)
- massan, paperin ja paperituotteiden valmistus (TOL 21)
- veden puhdistus ja jakelu (TOL 41)
- koksen, öljytuotteiden ja ydinpolttoaineen valmistus (TOL 23)
- terveydenhuolto- ja sosiaalipalvelut (TOL 85)
- elintarvikkeiden ja juomien valmistus (TOL 15)



- sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto (TOL 40)
- kaivostoiminta ja louhinta (TOL C).

Työsuojelupiirien arvion mukaan kemialliset tekijät ovat *huonoiten hallinnassa* seuraavilla toimialoilla, huonommuusjärjestyksessä ylhäältä alaspäin:

- kampaamot ja kauneushoitolat (TOL 9302)
- metallituotteiden valmistus pl. koneet ja laitteet (TOL 28)
- maatalous, riistatalous ja niihin liittyvät palvelut (TOL 01)
- autojen ja perävaunujen valmistus (TOL DM)
- moottoriajoneuvojen kauppa, korjaus ja huolto sekä polttoaineen vähittäismyynti (TOL 50)
- koneiden ja laitteiden valmistus (TOL 29)
- rakentaminen (TOL 45)
- huonekalujen valmistus; muu valmistus (TOL 36).

Työsuojelupiirien mukaan kemiallisten tuotteiden valmistajat tuntevat lainsäädännössä heille määrätyt velvoitteet hyvin, maahantuojat kohtalaisesti ja jakelijat varsin huonosti. Sama koskee myös lainsäädännön noudattamista.

Yleisimpiä työsuojelupiirien markkinavalvonnassa havaitsemia puutteita ovat yleinen tiedon puute, puutteelliset tai puuttuvat käyttöturvallisuustiedotteet ja niiden saamisen vaikeus, puutteelliset pakkausmerkinnät sekä vieraskieliset varoitusmerkinnät.

Työsuojelupiirien arvion mukaan vajaa puolet kemikaalitietoa tarvitsevista työpaikoista saa sitä kemikaalien toimittajilta hyvin (34 %) tai erittäin hyvin (11 %). Kohtalaisesti tietoja saa arviolta 41 % ja huonosti 14 % työpaikoista.

### **Tiedon saanti työpaikalla**

Työterveyslaitoksen Työ ja terveys 2003 -haastattelussa (Piirainen ym. 2003) terveydelle haitallisia tai vaarallisia kemikaaleja käyttävistä (n = 502) noin 70 % oli saanut opastusta (palkansaaajat) tai katsoi omaavansa riittävästi tietoa (yrittäjät) kemikaalien turvallisesta käytöstä. Niin ikään 70 %:lla vastaajista oli työpaikallaan saatavilla terveydelle haitallisten tai vaarallisten kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet ja 87 %:lla oli kemikaalien pakkauksissa varoitusmerkinnät. Noin puolet liuotinaineille altistuneista (n = 439) oli saanut työterveyshuollolta tietoa liuottimien terveyshaitoista ja niiltä suojautumisesta.

### **Lainsäädännön vaikutus altistumiseen**

Kuopion aluetyöterveyslaitoksessa valmistui vuonna 2004 tutkimus Lainsäädännön vaikutus työntekijöiden kemikaalialtistumiseen (Mäkinen ym. 2004). Hankkeessa tehtiin työpaikkakäynti 11 pieneen metallitoimialan työpaikkaan, joissa olivat edustettuina konepajateollisuus, alihankintakoneistus, metallituote-teollisuus, pintakäsittely ja pinnoitus sekä teollisuuden kunnossapito. Viidessä tutkimusyrietyksessä oli 1–9 työntekijää ja kuudessa 10 tai enemmän, enimmillään 37.

Puolessa yrityksistä oli työsuojelualan koulutusta saanut henkilö. Ainoastaan yhdessä yrityksessä oli jäsennelty perehdyttämisohjelma uusille työntekijöille. Vain kolmessa yrityksessä uusille työntekijöille kerrottiin kemikaaliasioista perehdyttämisen yhteydessä. Lakisääteinen työsuojelun toimintaohjelma oli tehty neljässä yrityksessä.

Seitsemässä yrityksessä yhdestätoista ei ollut tehty minkäänlaista riskien arviointia. Yhdessä yrityksessä oli käytössä standardiin BS 8800 (British Standard Institution: Guide to occupational health and safety management system 1996) perustuva riskinarviointimalli, kahdessa yrityksessä riskejä oli arvioitu yhdessä työsuojelutarkastajan kanssa ja yhdessä vakuutusyhtiön edustaja oli käynyt tekemässä arvion. Parhaisiin tuloksiin oli päästy niillä työpaikoilla, joilla riskikartoitus ja -arviointi oli tehty työsuojelutarkastajien kanssa yhteistyössä. Näissä tapauksissa olivat hyvin yhteistyössä mukana sekä yrityksen johdon edustajat että työntekijät.

Käyttöturvallisuustiedote oli yleensä ainoa kirjallinen tietolähde käytettävistä kemikaaleista. Seitsemässä yrityksessä yhdestätoista käyttöturvallisuustiedotteet oli koottu mappiin, työntekijöiden saataville. Viidessä yrityksessä tiedotteet olivat ajan tasalla ja ajantasaisuudesta myös huolehdittiin järjestelmällisesti.

Yleisilma oli vähintään kohtalaista suurimmassa osassa työpaikoista toimiala huomioon ottaen. Kohdepoistoja oli saatavilla esimerkiksi hitsaustöihin, mutta niitä käytettiin vähän. Maalaus- ja muissa pintakäsittelytoissa ilmanvaihto oli yleensä asiallinen. Useimmiten mustan raudan tai hiiliteräksen hitsauksessa huuru lähinnä laimennettiin yleisilmanvaihdon avulla. Ruostumattoman teräksen käsittelyssä asiat olivat paremmin. Suojaimia oli hyvin saatavilla, mutta niiden käyttöä oli lyhyen käynnin aikana vaikea arvioida. Joissain työpaikoissa annettiin ymmärtää, että käyttö on melko vähäistä, toisissa paikoissa asiat olivat selvästi kunnossa. Suojainten käyttöön vaikutti voimakkaasti työpaikan sisäinen kulttuuri. Kemikaalien säilytyksessä ja jätteenkäsittelyssä ei juuri ollut huomauttamista.

Usein yrityksissä ei muistettu työterveyshuollon käyntejä. Yllättävän hankalia muistaa olivat sekä ajankohta että käynnin sisältö. Kirjallisia yhteenvetoja tai muuta palautetta ei juurikaan ollut saatu tai tätäkään ei muistettu. Sama koski myös biomonitoroinnin tuloksia. Työhygieenisistä mittauksista työterveyshuollot eivät olleet juuri puhuneet työpaikoilla. Yrityksissä ajateltiin usein, että työterveyshuollot käyvät työpaikalla tutustumassa tiloihin, tietääkseen millaisista työoloista potilas tulee, kun hän käy vastaanotolla. Yritykset eivät ajatelleet, että heille itselleen voisi olla hyötyä työpaikkakäynnistä. Työterveyshuolto koettiin enemmän yleiseksi terveydenhoidoksi.

Metalliteollisuuden pieniä työpaikkoja käsittäneen tutkimuksen johtopäätöksenä todettiin seuraavaa:

- Kemikaaliasioihin ei pienillä työpaikoilla kiinnitetä huomiota, koska niistä ei tiedetä tarpeeksi.
- Työympäristöasioiden hoitoon ei ole aikaa ja raha koetaan ongelmaksi. Esimerkiksi työsuojelukoulutus ja työhygieeniset mittaukset tuomitaan kalliiksi.
- Työterveyshuollon lasku maksetaan, vaikkei työnantajalla usein edes ole käsitystä siitä, mitä työterveyshuolto tekee.
- Altistumisen arviointi -käsite ymmärretään eri työpaikoilla varsin eri tavoin.
- Pienissä yrityksissä kemiallinen altistuminen otetaan todennäköisimmin huomioon tapauksissa, joissa käytetään kaupallisia kemikaalituotteita, kuten maaleja. Sen sijaan kemiallisiksi altisteiksi ei ymmärretä välituotteita, prosessipäästöjä tai jätteitä. Myös esimerkiksi leikkuunesteet ja -emulsiot jäävät huomiotta, koska niitä ei pidetä altisteina. Myöskään ihoaltistumisen mahdollisuutta ei yleensä oteta huomioon.

## **Kemikaalien hallinta pienyrityksissä**

Oulun aluetyöterveyslaitoksessa toteutettiin vuonna 2003 hanke Pienyritysten kemikaalien hallinta (Rajala ja Anttonen 2003). Hankkeessa tehtiin kysely yhdeksään ja työpaikkakäynti neljään yritykseen. Yritykset jakaantuivat neljälle toimialalle: autokorjaamo- ja -maalaamoala, taimi- ja puutarha-ala, konepajala sekä hammashuolto.

Työsuojelun toimintaohjelma oli laadittu vain yhdessä yrityksessä. Puolessa työpaikoista työsuojeluun liittyvistä asioista kuitenkin sovittiin yhdessä työntekijöiden kanssa. Niissä oli myös käytössä menetelmiä, joilla työnantaja sai palautetta työntekijöiltä. Vähän yli puolessa kyselyyn vastanneista työpaikoista yrityksen johto oli selkeästi sitoutunut työsuojelutoimintaan. Vastuuta työsuojeluasioissa oli jaettu muille kuin yrityksen johdolle vain joka neljännessä yrityksessä. Työsuojeluasioista tiedotettiin aktiivisesti joka toisessa yrityksessä. Tutkituista työpaikoista yhdessäkään ei ollut järjestetty työsuojelukoulutusta. Vain yhdessä yrityksessä oli erikseen nimetty henkilö, joka vastaa kemikaaleihin liittyvistä asioista. Pääasiassa yrityksen johto hankki kemikaalit yritykseen.

Jonkinlainen järjestelmällinen riskinarviointi oli tehty joka neljännessä ja kemikaaleihin liittyvä arviointi joka kolmannessa yrityksessä. Kemikaaliluettelo oli laadittu vain noin 40 %:ssa yrityksistä. Riskinarviointit yrityksissä oli tehty itse ilman, että käytössä olisi ollut mitään tunnettua menetelmää. Työhygieenisistä mittauksista oli tehty yhdessä yrityksessä. Yleisimmät syyt, miksi yritykset eivät olleet tehneet riskinarviointia, olivat tietämättömyys lainsäädännön vaatimuksista sekä osaamisen ja henkilövoimavarojen puute.

Työpaikat pitivät usein kemikaalien käyttöä niin vähäisenä, ettei sen takia tarvinnut tehdä riskinarviointia. Todellisuudessa kaikissa tarkemmin tutkituissa yrityksissä kemikaaleja kuitenkin löytyi kymmeniä ja erittäin yleisesti käytettiin syöpävaarallisia, herkistäviä ja myrkyllisiä kemikaaleja. Tällöin haitallisten kemikaalien tunnistaminen ja turvallinen käyttö on vaikeaa ja lähes mahdotonta ilman kemikaaliluetteloa ja käyttöturvallisuustiedotteita.

Osassa yrityksiä riskien katsottiin olevat tiedossa ilman riskinarviointiakin. Työpaikoilla käytäessä ilmeni kuitenkin, että tiedoissa oli puutteita juuri kemikaalien osalta. Tiedon puutteen vuoksi kemikaalien aiheuttamia haittoja ei osattu tunnistaa eikä haittojen merkitystä ymmärretty.

Pakkausmerkinnät olivat kunnossa suurimmassa osassa yrityksistä. Käyttöturvallisuustiedotteet oli hankittu ja työntekijät oli perehdytetty niiden sisältöön lähes kaikissa yrityksissä. Kuitenkin neljästä tarkemmin tutkitusta työpaikasta vain yhdellä oli ajantasaiset käyttöturvallisuustiedotteet. Muissa työpaikoissa käyttöturvallisuustiedotteita ei ollut lainkaan. Osassa tarkastelluista yrityksissä oli virheellisesti ymmärretty, että kemikaalien pakkausmerkintä on sama asia kuin käyttöturvallisuustiedote.

Kaikki yritykset olivat kemikaalien osalta arvioineet henkilönsuojainten käyttötarpeen. Työpaikoilla käytäessä ilmeni, ettei suojaimia hankittaessa ollut kuitenkaan tarkkaan selvitetty sitä, soveltuuko suojain kyseiseen työhön ja riittävätkö sen suojainominaisuudet, kuten edellyttää valtioneuvoston päätös henkilönsuojainten valinnasta ja käytöstä työssä (1407/1993). Varsinkaan suojakäsineiden osalta ei ollut mietitty, millaiset käsineet sopivat tiettyyn työtilanteeseen ja tietyille kemikaalille. Työntekijät eivät myöskään olleet saaneet vaikuttaa suojainten valintaan.

Tämän pienten työpaikkojen kemikaalien hallintaa käsitelleen tutkimuksen johtopäätöksenä todettiin seuraavaa:

- Pienillä, alle kymmenen työntekijän työpaikoilla, esiintyy puutteita kemikaalien hallinnassa. Syitä ovat mm. yritysten johdon puutteellinen tietämys lainsäädännön vaatimuksista ja työsuojelusta, asenteet sekä henkilö- ja taloudellisten voimavarojen riittämättömyys.
- Pienten yritysten perustiedot työturvallisuudesta ovat usein puutteellisia. Esimerkiksi kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteiden puute on todellinen ongelma pienillä työpaikoilla.
- Tiedon puutetta helpottamaan on laadittu useita toimialakohtaisia, työturvallisuutta käsitteleviä oppaita, mutta ne tulevat hyvin harvoin pienten yritysten tietoon. Oppaita pidettiin myös liian laajoina ja vaikeatajuisina.
- Työsuojelukoulutukseen osallistuminen on etenkin pienissä yrityksissä perin harvinaista. Esteitä ovat yleensä koulutuksen pituus, hinta ja koulutuspaikan etäisyys työpaikalta. Työsuojelukoulutusta tulisi-kin järjestää lyhyempinä kokonaisuuksina ja paikkakuntaakohtaisesti, jotta se olisi pienyritysten saavilla.
- Työterveyshuolto on kemikaalitiedon jakamisessa avainasemassa, koska pienissäkin yrityksissä työterveyshuolto on useimmiten toteutettu. Työterveyshuollon tietämystä kemikaaliasioista tulisi-kin lisätä, jotta se osaisi paremmin toimia tiedonvälittäjänä yritykselle.

## Riskinarviointi työpaikoilla

Tampereen aluetyöterveyslaitoksessa julkaistiin vuonna 2002 laaja, 70 työpaikkaa käsittävä tutkimus Kemiallisten ja fysikaalisten tekijöiden arviointi työpaikoilla (Rantanen ja Pääkkönen 2002). Tutkitut toimialat olivat kumi- ja muovituotteiden valmistus, puutavaran ja -tuotteiden valmistus sekä rakennustuotteiden ja -materiaalien valmistus. Tutkimusmenetelminä olivat esikysely ja asiantuntijan tekemä järjestelmällinen työympäristötekijöiden arviointi työpaikoilla. Yrityksissä oli keskimäärin 77 työntekijää (16–420).

Suunnitelmallinen ja kokonaisvaltainen ote työhygieenisissä kysymyksissä puutui useilta työpaikoilta, mutta joukossa oli myös esimerkittäviä yrityksiä. Usein asioita hoidettiin ratkomalla yksittäisiä ongelmia, jolloin saattavat unohtua monet vaikeasti tunnistettavat vaarat, kuten ihovaikutukset tai herkistävien aineiden vaikutukset. Aistihavainnoilla todettavat vaarat (tapaturmat, melu ja pölyt) saavat suuremman huomion kuin ne, joita ei voida suoraan havaita (ihoriskit, toistuvat työliikkeet).

Kyselyssä 44 % yrityksistä ilmoitti tehneensä työympäristön riskinarvioinnin ja 83 % ilmoitti työterveyshuollon tehneen työpaikkaselvityksen. Työpaikkakäyntien perusteella tutkimuksen kriteerien mukaisen riskinarvioinnin kemiallisten ja fysikaalisten tekijöiden osalta oli tehnyt kuitenkin vain 7 % (5/70) yrityksistä (kriteeri: kemiallisten/fysikaalisten tekijöiden altistuminen selvitetty, altistumisen seurauksia selvitetty ja pohdittu todennäköisyyttä, tuloksista kirjallinen dokumentti). Altistumisselvityksiä oli tehnyt 50 % yrityksistä. Ilman epäpuhtauksien mittauksia oli tehty 32 %:ssa yrityksistä, ja mittaja oli yleensä aluetöterveyslaitos.

Työpaikat olivat tunnistaneeet fysikaaliset riskitekijät selvästi paremmin kuin kemialliset tekijät. Altistumisen arvioinnin ja riskinarvioinnin tasossa kemiallisten ja fysikaalisten tekijöiden välillä ei kuitenkaan ollut merkittäviä eroja. Myös kemiallisten ja fysikaalisten tekijöiden riskien hallinnan taso oli suunnilleen samaa luokkaa.

Kemialliset tekijät aiheuttivat useimmiten vähäisen tai kohtalaisen riskin (riskiluokka 2–3). Herkistävät aineet aiheuttivat merkittävän (riskiluokka 4) riskin 20 %:lla työpaikoista. Muita merkittävän riskin aiheuttajia olivat kvartsi, liuottimet, myrkylliset fluoriyhdisteet, raskasmetallit, kovapuupöly ja rikkihappo. Yhdellä työpaikalla oli sietämättömäksi luokiteltu riski (riskiluokka 5), jonka aiheutti kvartsipöly.

Tutkimuksessa selvitettiin myös työterveyshuollon osallistumista yritysten riskinarviointiin. Hämeen työsuojelupiirin alueella puolet yrityksistä (12/24) ilmoitti tehneensä riskinarvioinnin ja näistä neljässä työterveyshuolto osallistui arviointiin. Tulos jäi epämääräiseksi, koska riskinarvioinnin käsitteistö ja sisältö on vieras sekä työpaikoille että niiden työterveyshuolloille. Jollain työpaikalla katsottiin riskinarviointiksi esimerkiksi työterveyshuollon tekemä työpaikkakäynti tai pitoisuusmittaukset.

Kaikilla toimialoilla herkistävien aineiden riskinhallinta oli huonommalla tasolla kuin muiden kemiallisten tekijöiden. Herkistävät aineet aiheuttivat merkittävän riskin 17 %:ssa (12/70) yrityksistä ja aiheuttaja oli lähes aina isosyanaatti. Isosyanaatteihin kasautuu useita hallintaa vaikeuttavia tekijöitä: altistetta ei tunnisteta, altistumisen terveydellisistä vaikutuksista ei ole tietoa, altistumistilanteet voivat olla lyhytkestoisia ja luonteeltaan satunnaisia, joten niitä ei pidetä merkittävänä. Isosyanaatit eivät myöskään aiheuta esimerkiksi aistinärsytystä.

Kyselyn vastausten perusteella kaikilla työpaikoilla oli tarve käyttää ja käytettiin henkilönsuojaimia. Vastausten perusteella suojainten käytön opastus, huolto ja säilytys oli hyvin järjestetty. Työsuojelupäälliköiden käsitys asiasta poikkesi kuitenkin varsin paljon tutkijoiden saamasta tuloksesta, joka perustui työntekijöiden haastatteluihin ja työn havainnointiin. Suojaimia oli kyllä saatavilla, mutta vain osa käytti niitä. Esimerkiksi liimojen käsittelyssä suojakäsineet puuttuivat usein. Käytön opastus oli myös jäänyt vähäiseksi tai sitä ei ollut tehty. Samoin suojainten säilytyksessä ja huollossa oli paljon puutteita. Asiaa voitaisiin helposti korjata opastuksella, jonka voisi tehdä esimerkiksi työnjohto tai työterveyshuolto.

Tämän 70 pientä ja keskisuurta työpaikkaa käsittävän tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta seuraavaa:

- Suomalaisilla työpaikoilla työhygieenisten tekijöiden riskinarviointi ja -hallinta toteutetaan kokemuksen ja terveen järjen avulla. Kattavia altistumisselvityksiä tehdään vähän ja riskien arviointiin on yleisesti liian vähän tietoa.
- Altistumisselvityksiä ei tehdä järjestelmällisesti eikä kaikkien altisteiden osalta, mutta yleensä merkittävät altisteet ja altistumistilanteet on tunnistettu ja myös mittaukset on kohdennettu niihin.
- Ihoaltistumista selvitetään työpaikkojen arvioinneissa harvoin ja tuloksia ei kirjata. Kuitenkin ihottumat olivat tutkituilla toimialoilla 42 % kaikista ammattitaudeista. Ihoaltistumisen arviointiin ja tulosten kirjaamiseen tarvitaankin käytännönläheisiä menetelmiä ja ohjeita. Myös käytössä olevaa riskinarviointimateriaalia tulisi kehittää siten, että niissä ihoon kohdistuvat vaikutukset tulisivat nykyistä selkeämmin esille.
- Riskinarvioinneissa oppaana käytettiin yleisimmin vakuutusyhtiöiden materiaalia, joissa työhygieniää käsitellään usein suppeasti.
- Työpaikoille hankitaan käyttöturvallisuustiedotteet, mutta niiden sisältöön ei perehdytä riittävästi. Tämä lienee yksi syy, miksi kemialliset vaaratekijät jäävät usein tunnistamatta. Toinen syy on, että ilmeisesti käyttöturvallisuustiedotteiden “kieltä” ei ymmärretä.

- Herkistävien aineiden tunnistamisessa ja altistumisen merkityksestä tiedottamisessa olisi työterveys-  
huolloilla tärkeä tehtävä.
- Torjuntatoimista päätetään noin puolessa yrityksistä työpaikkakäynneillä tai tarkastuskäynneillä tehty-  
jen havaintojen ja yksittäisten arvioiden perusteella. Toisessa puolessa tehdään lisäksi altistumis-  
selvityksiä jossain laajuudessa ja kolmasosassa tehdään myös työympäristöriskien arviointeja. Yrityksis-  
sä on myös jonkin verran teetetty tarkempia altistekohtaisia selvityksiä ulkopuolisilla asiantuntijoilla.
- Riskinarviointi standardin BS 8800 hengessä onnistuu vain, jos työpaikoilla työympäristöä selvitetään  
nykyistä järjestelmällisemmin ja tehdään nykyistä enemmän altistumismittauksia. Lisäksi tarvitaan  
tietoa altisteiden terveysvaikutuksista ja altistumisen yhteydestä niihin. Tässä tärkeä apu yrityksille ja  
niiden työterveyshuolloille olisivat alakohtaiset oppaat, joissa selvitettäisiin toimialalle tyypilliset vaa-  
rat ja altisteet sekä missä niitä esiintyy. Riskin suuruuden hahmottamisessa auttaisivat myös tiedot  
toimialalle tyypillisistä ammattitaudeista ja tapaturmista. Lisäksi oppaissa voisi olla esimerkkejä tor-  
juntaratkaisuksista ja tietoa riskinhallinnan periaatteista. Tällaisia oppaita on meillä laadittu muutamia  
ja yritykset pitivät niitä hyvinä, mutta jostain syystä ne eivät ole käytännössä tavoittaneet työpaik-  
koja.

Kuopion aluetöterveyslaitoksessa tutkittiin vuonna 1994 yritysten toteuttamaa kemikaalialtistumisen arviointia ja niiden kokemia ongelmia silloisen valtioneuvoston päätöksen (920/1992) mukaisesti (Sihvonen ym. 1994). Usein työpaikoilla ei tiedetty lainkaan olemassa olevasta lainsäädännöstä ja sen velvoitteista. Koulutuksen puute nähtiinkin vakavaksi ongelmaksi. Myöskään työterveyshuoltojen antamaan apuun ei kaikin osin oltu tyytyväisiä. Tuolloin päädyttiin siis varsin samanlaisiin johtopäätöksiin kuin edellä kuvatuissa uusimmissakin tutkimuksissa. Oleellisimpia lain vaatimuksia ei ole yrityksissä noudatettu, vaikka monia toimialakohtaisia oppaita ja arviointimenetelmiä (<http://www.ttl.fi/Menetelmapakki>) on tarjolla kirjasina ja nettiversioina. Ongelma tuntuu olevan se, etteivät hyvät käytännöt leviä kentälle yritysten käyttöön. Koulutusta tarvittaisiin sekä yritystasolle että luonnollisille, läheisessä vuorovaikutuksessa työpaikkojen kanssa oleville yhteistyökumppaneille, työterveyshuolloille ja työsuojeluviranomaisille.

## Lähteitä

- Mäkinen M, Linnainmaa M, Kangas J, Kalliokoski P: Lainsäädännön vaikutus työntekijöiden kemikaalialtistumiseen. Rahoittajaraportti sosiaali- ja terveysministeriölle 25.1.1004.
- Mäkinen M, Hämmäläinen M, Forsman K, Liesivuori J: Chemical Exposure and Risk Assessment at Workplaces – Modeling Approach. *Appl Occup Environ Hyg* 2002;17:744–749.
- Piirainen H, Hirvonen M, Elo A-L ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus 2003. Taulukkoraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.
- Rajala J, Anttonen H: Pienyritysten kemikaalien hallinta. Rahoittajaraportti sosiaali- ja terveysministeriölle 2003-7.
- Rantanen S, Pääkkönen R, Lindroos L ym.: Kemiallisten ja fyysikaalisten tekijöiden arviointi työpaikalla. Työsuojelujulkaisu 62. Sosiaali- ja terveysministeriö, Tampere 2002.
- Sihvonen S, Laitinen J, Liesivuori J: Kemikaaleille altistumisen arviointi työpaikoilla. Työhallinnon julkaisu 76. Työministeriö, Tampere 1994.

## 9.2 Työterveyshuollon toiminta ja kemialliset tekijät

Marika Lehtola

### Johdanto

Työterveyshuollon tehtäviin (VNa 1484/2001) kuuluu arvioida työpaikkojen työolojen terveellisyyttä ja turvallisuutta, esittää niihin liittyviä kehittämishdotuksia ja laatia työpaikkaselvitys sekä toimintasuunnitelma yhteistyössä työpaikan kanssa. Työpaikkakäynneillä ilmenevät asiat otetaan huomioon terveystarkastusten sisällössä, ohjauksessa ja neuvonnassa. Lisäksi työterveyshuollon tulee osallistua ensiavun järjestämiseen sekä oman toimintansa laadun ja vaikuttavuuden arviointiin ja seurantaan. Työpaikkaselvityksen yksi osa-alue on kemiallisten altisteiden arviointi henkilöstöä ja työntekijää haastatteleamalla, työoloja havainnoimalla, selvittämällä työpaikalla käytettävät kemikaalit, tekemällä tarvittaessa työhygienisiä mittauksia sekä ottamalla veri- ja virtsakokeita (biomonitorointi). Työpaikkaselvityksen yhteydessä arvioidaan kemikaalien käyttöä ja kemikaalialtistumisen aiheuttamia mahdollisia terveyshaittoja. Työterveyshuollon toiminnan onnistumista näiden tehtävien hoidossa on selvitetty vain muutamissa tutkimuksissa (Piirainen ym. 2003, 2005, Rantanen ja Pääkkönen 2001, Rantanen ym. 2002, 2003, Räsänen 2002). Kansallisen kemikaaliohjelman valmistelussa keskityttiin työterveyshuollon toimintaan kemikaalien mahdollisten terveyshaittojen torjunnassa, koska tällaista tutkimusta ei ole aikaisemmin tehty.

### Kemikaaliohjelman kyselyn tavoitteet

Kansallisen kemikaaliohjelman laatimista varten tehtiin kyselylomake, jolla haluttiin selvittää työterveyshuoltohenkilöstön näkemyksiä

- kemikaalien aiheuttamasta työperäisestä altistumisesta
- terveysriskeistä ja niiden syistä
- työterveyshuollon kemiallisiin tekijöihin liittyvästä käytännön toiminnasta
- olemassa olevasta kemikaalitiedosta, sen käytöstä ja hankkimisesta
- yritysten kemikaalitietoudesta.

### Kyselyn aineisto, menetelmät ja luotettavuus

Työterveysasemat valittiin eri palvelutuottajaryhmistä Työterveyshuolto Suomessa vuonna 2000 -katsauksen mukaisissa suhteissa (33 % terveyskeskuksia, 26 % lääkärikeskuksia, 36 % yrityksen omia, 5 % yritysten yhteisiä) huomioiden niiden koko (75 kpl alle 700, 75 kpl 700–2 000 ja 75 kpl yli 2 000 henkilöasiakasta). Satunnaisotannalla valittiin 225 työterveysasemaa Työterveyslaitoksen Työterveyshuolto-osaston työterveysasemien osoiterekisteristä. Kemikaaleihin perehtynyt työterveyshoitaja vastasi kyselyyn oman työnsä näkökulmasta. Kyselylomake lähetettiin joulukuussa 2004 ja uusintakysely toteutettiin tammikuussa 2005.

Palautetuista 150 kyselylomakkeesta poistettiin 29 lomaketta, koska hoitajilla oli ollut hankaluuksia vastaamisessa: osalla heistä ei ollut lainkaan kemikaaleja käytäviä asiakasyrityksiä tai joitakin työterveysasemia oli lakkautettu. Aineistoon jäi 121 vastausta (54 %), joista 34 % tuli terveyskeskuksilta, 33 % yritysten omilta työterveysasemilta, 26 % lääkärikeskuksilta ja 7 % yritysten yhteisiltä työterveysasemilta. Tuottajaryhmien osuudet vastanneista olivat samaa luokkaa kuin osuudet otoksessa, ja vastanneiden osuudet olivat saman suuntaiset aiempien katsausten kanssa (Piirainen ym. 2005, Räsänen 2002). Kyselyyn vastasi 120 työterveyshoitajaa ja yksi työterveyslääkäri.

Työterveysasemalla työskenteli keskimäärin 2,5 työterveyshoitajaa (vaihteluväli 0,5–13 hoitajaa) ja 2,1 työterveyslääkäriä (vaihteluväli 0–10 lääkäriä). Eniten vastanneissa oli työterveysasemia, joilla oli yksi lääkäri yhtä tai kahta työterveyshoitajaa kohden. Vastajat olivat työskennelleet työterveyshuollon tehtävissä keskimäärin 15 vuotta (vaihteluväli 0,4–36 vuotta). Heidän työstään ennalta ehkäisevän työterveyshuollon osuus oli keskimäärin 64 % (vaihteluväli 20–100 %) ja sairausvastaanoton 31 % (vaihteluväli 0–80 %). Kaikki vastaajat olivat suorittaneet työterveyshuollon erikoistumiskoulutuksen, joten kyselyyn vastanneita voidaan pitää koulutettuina ja kokeneina.

Työterveyshuollossa oli asiakkaana keskimäärin 41 maatalousyrittystä (vaihteluväli 0–363 maatalousyrittystä), 30 yksinäisyrittäjää (vaihteluväli 0–800 yksinäisyrittäjää) ja 116 muuta asiakasyrittystä (vaihteluväli 1–1 200 asiakasyrittystä). Työterveysasemilla oli keskimäärin 2 065 henkilöasiakasta (vaihteluväli 105–11 000 henkilöasiakasta). Työterveyshoitajan vastuulla oli keskimäärin 851 henkilöasiakasta (vaihteluväli 0–3 300 henkilöasiakasta) ja 22 kemikaaleja käyttävää asiakasyrittystä (vaihteluväli 1–270 asiakasyrittystä).

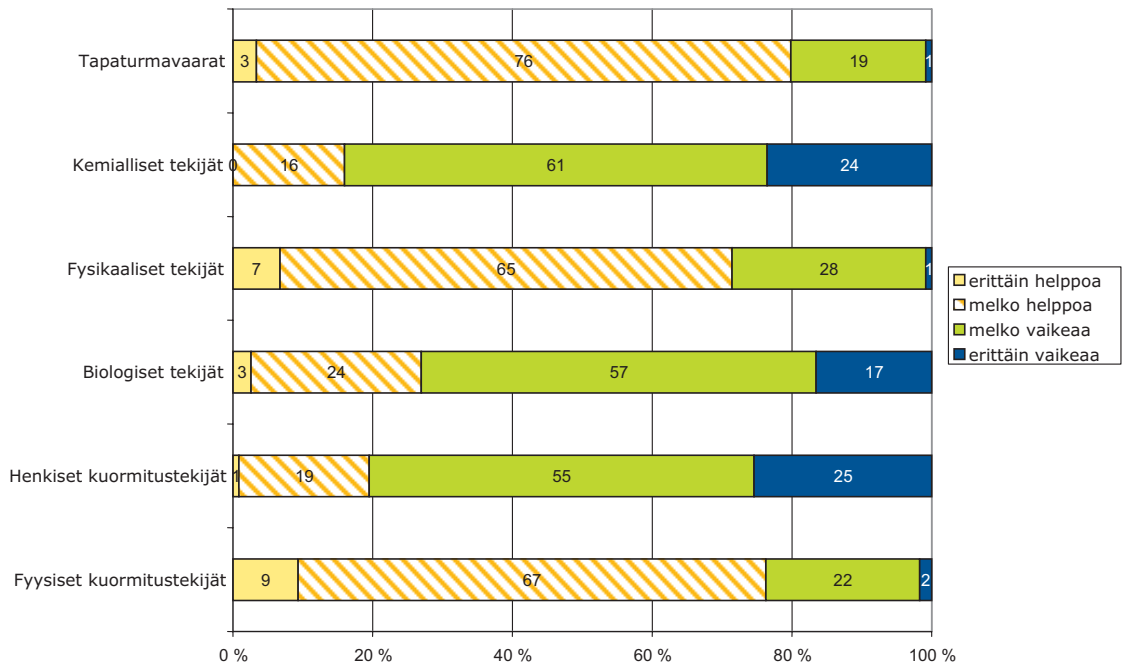
Kysely sisälsi 18 vaihtoehtokysymystä sekä 26 täydennettävää, viisi avointa ja seitsemän taustatietoihin liittyvää kysymystä. Joissakin täydennettävissä kysymyksissä pyydettiin arvioimaan lukuarvoina asioita, joita ei yleensä tilastoida. Arviot olivat subjektiivisia ja niihin voi liittyä muistiharhoja. Laadulliset ja määrälliset arviot kuitenkin tukivat toisiaan ja vastauksista saatiin tärkeä alustava yleiskuva, sillä kemiallisiin tekijöihin liittyvää tutkimusta ei ole tehty aikaisemmin työterveyshuollon näkökulmasta.

## Kyselyn tuloksia

### *Kemikaalien käytön ja terveysriskien arviointi asiakasyrityksissä*

Työympäristöriskien osa-alueista kemikaalien arviointia pidettiin kaikkein vaikeimpana (kuva 59). Yli neljä viidesosaa vastaajista piti kemiallisten riskitekijöiden arviointia erittäin tai melko vaikeana. Henkiset kuormitustekijät koettiin lähes yhtä vaikeiksi. Kolme neljäsosaa kyselyyn osallistuneista piti biologisten tekijöiden arviointia erittäin tai melko vaikeana.

Vastaajien mielestä kemiallisten tekijöiden arviointia vaikeuttivat työterveyshuollon puutteelliset kemikaalitiedot ja voimavarat: kemikaalien suuri määrä, heterogeeniset kemikaalit ja tuotteet, erilaiset terveysvaikutukset, seka-altistuminen sekä epäselvät altistumisajat ja -määrät. Hankalia tehtäviä olivat mm. erilaisten oireiden ja altisteiden yhdistäminen, oikeiden altistumismittausten tekeminen sekä altistumismittausten tarpeen arviointi. Lisäksi arviointia vaikeuttivat huono tiedon saanti yrityksiltä sekä kielteinen asenne mittauksia kohtaan. Työterveyshuollon edustajat kokivat kemialliset altisteet vaikeaksi ja taka-alalle jääneeksi aiheeksi.



Kuva 59. Eri osa-alueiden riskitekijöiden arviointi työterveyshenkilöstön työssä

Kolme neljäsosaa työterveyshenkilöstöstä arvioi yleisesti kemikaalien käytön pysyneen samana tai lisääntyneen viimeisen viiden vuoden aikana. Terveydelle vaarallisten kemikaalien käytön arvioi pysyneen samana tai lisääntyneen puolet vastaajista ja lähes kaksi viidesosaa arvioi sen vähentyneen. Kaksi viidesosaa kyselyyn osallistuneista arvioi työhygieenisten mittausten ja biomonitoroinnin pysyneen samalla tasolla viimeisen viiden vuoden aikana. Lähes viidesosa vastaajista arvioi mittausten lisääntyneen ja vastaavasti lähes viidesosa arvioi niiden vähentyneen. Noin kymmenesosa työterveyshenkilöstöstä ilmoitti, että kumpiakaan mittauksia ei ollut tehty lainkaan viimeisen viiden vuoden aikana.

### *Tiedon saaminen kemikaaleista*

Työterveyshenkilöstö sai tietoa asiakasyrityksen kemiallisista tekijöistä työpaikkaselvitysten lisäksi terveystarkastusten yhteydessä, tekemällä suunnattuja työyksikkö- tai työpistekohtaisia selvityksiä ja käyn-  
töjä, sairausvastaanoton yhteydessä sekä käyttämällä hyväksi mahdollisia työpaikan teettämiä selvityksiä, riskinarviointeja ja ulkopuolisia asiantuntijoita. Viimeisen viiden vuoden aikana asiakasyritysten kemikaaleihin liittyviin riskinarviointeihin oli osallistunut kaksi kolmasosaa vastaajista (keskimäärin kahdeksan kertaa). Lähes kaikki kyselyyn osallistuneet hyödynsivät työssään asiakasyritysten tekemiä riskinarviointeja.

Useat vastaajista mainitsivat ammatillisen koulutuksen olevan työterveysaseman keino huolehtia työterveyshoitajien riittävästä kemikaaliosaamisesta. Osa vastaajista totesi tiedonhankinnan jäävän koulutusmahdollisuudesta huolimatta oman aktiivisuuden varaan, jolloin muutamat mainitsivat mm. konsultoitavansa lääkäriä. Kolmasosa työterveyshenkilöstöstä oli saanut pätevytymiskoulutuksen lisäksi koulutusta kemiallisista altisteista ja riskinarvioinnista vuonna 2003 ja 2004 keskimäärin 1,7 päivää (vaihteluväli 0,5–5 päivää). Hyödyllisiksi koulutustilaisuuksiksi mainittiin työterveyshuollon erikoistumiskoulutuksen lisäksi Työterveyslaitoksen riskinarvointiin liittyvät koulutukset ja työsuojelupiirien koulutukset. Suurin osa vastaajista oli tietoisia valtioneuvoston asetuksista kemiallisista tekijöistä (715/2001) ja kymmenesosalle asetus oli täysin tuntematon (viidesosa oli käsitelty asetuksella koulutuksessa). Kolmasosa kyselyyn osallistuneista tiesi kemikaaleja käsittelevän EU:n REACH-asetusehdotuksen sisällöstä jonkin verran tai vähän ja kaksi kolmasosaa ei tiennyt siitä mitään. Vain harvat olivat saaneet aiheeseen liittyvää koulutusta. Täydennyskoulutusta toivottiin lisää haitallisista kemikaaleista, riskinarvioinnista, altistumisen arvioinnista, kemikaaleja koskevista laeista ja biomonitoroinnista. Vastaajat toivoivat enemmän koulutusmäärärahoja sekä koulutushintojen alentamista ja koulutuksen järjestämistä lähiympäristössä.

Vastaajat katsoivat saavansa soveltavaa ja teoreettista tietoa kemiallisista altisteista ja riskeistä ensisijaisesti kirjallisuudesta ja internetistä sekä näiden lisäksi asiantuntijaorganisaatioilta ja käyttöturvallisuustiedotteista. Luetuin kirjallisuus oli pääasiassa Työterveyslaitoksen tuottamaa. Luettuna kirjallisuutena mainittiin mm. erilaisia rekistereitä, alakohtaisia turvallisuusoppaita, työsuojelu- ym. oppaita sekä lehtiä, kuten Työ Terveys Turvallisuus -lehti.

Työterveyslaitoksen internet-sivujen lisäksi vierailtiin sosiaali- ja terveysministeriön, Säteilyturvakeskuksen, Työturvallisuuskeskuksen, työsuojelupiirien sekä valtion säädöstietopankin FINLEX:n sivuilla. Tietokannoista hyödyllisimpiä ja käytetyimpiä olivat Työterveyslaitoksen LEO- ja TYKI-tietokannat sekä Kansainvälisen kemikaaliturvallisuusohjelman ja Euroopan unionin komission suomenkielinen KEMIKAALI-tietokanta (suomenkielisestä käännöksestä vastaa Työterveyslaitos). Hyödyllistä tietoa kyselyyn osallistuneet saivat pääasiassa Työterveyslaitokselta, Työturvallisuuskeskukselta sekä sosiaali- ja terveysministeriöltä. Muita hyödyllisiä asiantuntijaorganisaatioita olivat Kansanterveyslaitos, Myrkytystietokeskus, Säteilyturvakeskus ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Vähemmän hyödynnettyjä asiantuntijaorganisaatioita olivat Ekokem Oy Ab, Kemianteollisuus ry, Pelastusopisto, Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, Suomen ympäristökeskus, Tampereen teknillinen yliopisto, Turvatekniikan keskus ja Vaarallisten aineiden tutkimusyksikkö. Ulkomaisista asiantuntijaorganisaatioista mainittiin Arbetslivsinstitutet ja Arbetsmiljöverket (aikaisemmin Arbetarskyddstyrelsen).

Kolmasosa vastanneista oli ollut yhteydessä kemikaalin valmistajaan, maahantuojaan ja jakelijaan saadakseen puuttuvan tai ajan tasalla olevan käyttöturvallisuustiedotteen tai hankkiakseen sen suomenkielisen version. Käyttöturvallisuustiedotteita pyydettiin myös haettaessa lisätietoa aineen koostumukses-



ta, suojautumisesta ja ensiavusta. Lähes kaikki saivat tarvitsemansa tiedotteen ongelmitta. Yksittäisinä ongelmina mainittiin tuotesalaisuudet, tiedon saannin hitaus, aineiston puutteellisuus tai vieraskielisyys.

Kolmasosa vastaajista oli pohtinut kemiallisiin tekijöihin liittyviä aiheita, joista oli ollut vaikeaa saada tietoa. Tällaisia olivat seka-altistuminen useille kemikaaleille, torjunta-aineiden biomonitorointi, kemikaalien vaikutukset raskausaikana, työhygieenisten mittausten ja biomonitoroinnin ajoittaminen sekä työskentelyyn sopivat käsinemateriaalit. Liuottimet, puupöly, fluorivetyhappo, öljysumu, pesu- ja puhdistusaineet, hammashuollossa ja kampaamoissa käytetyt aineet sekä asiakasyrityksissä käytetyt erilaiset seokset mainittiin esimerkkinä altisteista, joista oli vaikeaa saada tietoa.

### *Työterveyshuollon toiminta*

Kolme neljäsosaa työterveyshuolloista järjesti säännöllisiä palaveriteita toimintansa laadunhallinnassa ja parantamisessa vuoden 2004 aikana. Kirjalliset toimintaohjeet oli tehty vähän yli puolella, laadunparantamis- ja laadunkehittämishankkeita oli meneillään vähän alle viidesosalla ja laatuksikirja oli lähes viidesosalla työterveysasemista. Sertifioitu järjestelmä oli neljällä työterveysasemalla.

Työterveyshuolto välitti tietoa asiakasyrityksiin kemiallisista altisteista ja riskeistä yleensä terveystarkastusten ja työpaikkakäyntien yhteydessä. Tietoa välitettiin harvemmin sairausvastaanotolla, koulutuksena tai tietoisuutena, kirjallisuuslähteistä kertomalla tai tehtäessä riskinarviointia. Annettu tieto liittyi työntekijöiden suojautumiseen, kemiallisiin altisteisiin sekä niiden terveyshaittoihin, käyttöön ja säilytykseen, altistumisen mittaamiseen, altistumisen vähentämiseen (ilmastointi, kohdepoistot, aineen vaihto vähemmän vaaralliseen), käyttöturvallisuustiedotteisiin ja ensiapuun. Noin neljä viidesosaa vastaajista opasti asiakasyrityksiä altisteisiin liittyvissä asioissa kuukausittain tai tätä harvemmin. Tällöin aiheina olivat esimerkiksi mineraalipölyt, orgaaniset pölyt, metallit, liuottimet ja ohenteet, eräät muovituotteet, kaasut, savut, höyryt ja öljysumu, pesu- ja puhdistusaineet (ihokosketus työssä tavanomaista käyttöä runsaampaa/tiheämpää), torjunta-aineet sekä vahvat hapot ja emäkset. Vähän alle kymmenesosa antoi opastusta päivittäin tai viikoittain liittyen orgaanisiin pölyihin tai pesu- ja puhdistusaineisiin. Vähän yli kymmenesosa ei opastanut altisteiden käytöstä lainkaan.

Yleisin työterveyshoitajan tehtävä oli työntekijöille henkilönsuojainten käytön opastaminen (keskimäärin 22 kertaa viimeisen puolen vuoden aikana). Selvästi vähemmän selvitettiin työntekijöiden oireiden ja kemikaalialtistumisen välistä yhteyttä, ihoaltistumista ja hengitystiealtistumista sekä tehtiin työpaikkaselvityksiä, biomonitorointia ja arvioitiin työhygieenisten mittausten tarvetta, koulutettiin kemiallisista altisteista, opastettiin uusien kemikaalien käyttöönottoa ja selvitettiin terveystarpeita. Noin puolet vastaajista (suurin osa terveystarkastuksia) ei seurannut työterveysasemallaan mitään tiettyä kemiallista altistetta. Yritysten omat työterveysyksiköt seurasivat muita enemmän jotain asiakasyrityksen kemiallisista altisteista, kuten metalleja (erityisesti kromia) ja liuottimia. Harvemmin seurattiin orgaanisia pölyjä, asbestia, happeja, styreeniä ja kvartsipölyä.

Jos asiakasyrityksessä otettiin käyttöön uusi kemikaali, yritys yleensä lähetti työterveyshuoltoon kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteen. Usein uuden kemikaalin käyttöönotto selvisi myöhemmin esimerkiksi työpaikkakäynnillä, tehtäessä työpaikkaselvityksiä, tarkistettaessa toimintasuunnitelmaa tai työntekijän terveystarkastuksen yhteydessä. Työnantaja otti harvoin yhteyttä työterveyshuoltoon ennen kemikaalin käyttöönottoa ja selvitti esimerkiksi kemikaalin mahdollisia terveystarpeita ja suojautumista.

Altistumismittauksia oli tehty asiakasyrityksissä vähän vuonna 2004. Noin puolet työterveyshoitajista ilmoitti kemiallisten tekijöiden työhygieenisten mittausten teosta kemiallisista altisteista käytävissä asiakasyrityksissään. Kaksi viidesosaa vastaajista arvioi, ettei asiakasyrityksissä ollut tehty mittauksia lainkaan. Mittauksia tehtiin keskimäärin 1,4 asiakasyrityksessä (vaihteluväli 0–30). Verrattaessa tätä mittauksia tekevien yritysten määrää (nolla mittausta tehneet mukaan lukien) vastaajien antamiin arvioihin kunkin vastuulla olevan kemikaalin käyttävän asiakasyrityksen määrään, mittauksia tehtiin alle puolella (noin 45 %) asiakasyrityksistä. Kaksi kolmasosaa vastaajista oli suositellut asiakasyrityksille biomonitorointia, lähinnä kromille, lyijylle ja nikkelille, vuonna 2003 ja 2004. Näitä metalleja oli myös eniten mitattu asiakasyrityksissä. Toiseksi eniten suositeltiin ja tehtiin biomonitorointimittauksia liuottimille, erityisesti ksyleenille.

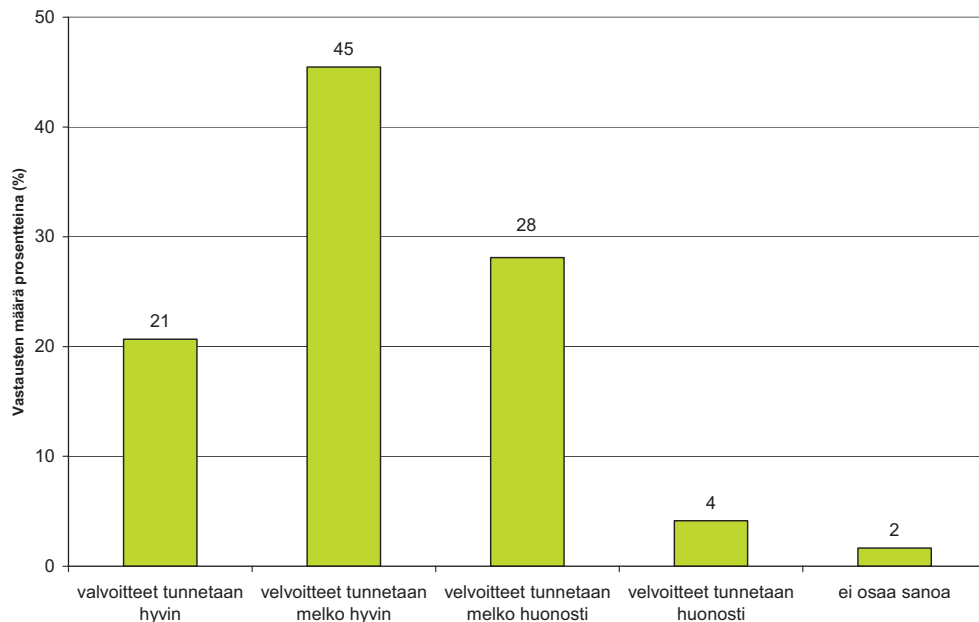
Kemiallisia altisteita ja riskejä arvioitaessa kolme neljäsosaa vastaajista oli tehnyt yhteistyötä asiantuntijaorganisaatioiden kanssa ottamalla yhteyttä Työterveyslaitokseen ja harvemmin työsuojelupiiriin, yliopistoon tai mittauksia ja kartoituksia tekevään yritykseen. Vuonna 2004 vähän yli kymmenesosalla kyselyyn osallistuneista oli mahdollisuus konsultoida Työterveyslaitoksen tai omaan henkilöstöön kuuluvaa työhygieenikkoa. Näistä vain noin puolet osasi nimetä työhygieenikon ja tämän työnantajan. Vajaa kolmasosa vastaajista oli ollut asiakasyrityksessä paikalla silloin, kun työsuojelupiiri oli tekemässä kemiallisiin altisteisiin ja riskeihin liittyvää tarkastuskäyntiä (keskimäärin kaksi kertaa). Kemikaaliriskeihin liittyviä toimenpide-ehdotuksia työpaikkaselvityksen perusteella tehtiin pääasiassa yhteistyössä työtovereiden kanssa, mutta myös asiakastyöpaikan työsuojelupäällikön ja muun työnantajan edustajan kanssa. Yhteistyötä tehtiin harvemmin asiakastyöpaikan työntekijöiden, työsuojeluvaltuutetun ja työhygieenikon kanssa. Kaksi kolmasosaa kyselyyn osallistuneista seurasi ehdotustensa toteutumista asiakasyrityksissään satunnaisesti, kolmasosa säännöllisesti ja muutamat eivät lainkaan.

Terveyskeskusten työterveyshuollon asiakasmäärät olivat suuria ja tehtäväkenttään kuului useita eri toimialoja, mitkä osaltaan hankaloittivat kemikaaliasioihin perehtymistä.

#### *Asiakasyritysten kemikaalitietous ja riskien hallinta työterveyshuollon näkökulmasta*

Kaksi kolmasosaa kyselyyn osallistuneista arvioi asiakasyritysten tuntevan niitä koskevat kemikaalien lakisäätteiset velvoitteet hyvin tai melko hyvin ja vajaan kolmasosan mielestä ne tunnettiin melko huonosti (kuva 60). Yritysten omien asemien vastaajien mielestä velvoitteet tunnettiin yrityksissä hyvin ja terveyskeskusten työterveyshenkilöstön mielestä melko huonosti.

Vuonna 2003 ja 2004 vastaajat olivat tehneet keskimäärin 14 työpaikkaselvitystä (vaihteluväli 1–121 selvitystä). Yleisimmät työpaikkaselvitysten määrät olivat 2, 5 tai 10 selvitystä. Verrattaessa tätä keskimääräistä 14 työpaikkaselvitystä vastaajien vastuulla olevien kemikaaleja käyttävien asiakasyritysten keskimäärään 22 yritystä havaitaan, että työpaikkaselvityksiä tehtiin kahden vuoden aikana noin puolessa asia-



Kuva 60. Kemikaaleja koskevien lakisäätteisten velvoitteiden tunteminen asiakasyrityksissä

kasyrityksistä. Näissä kemikaaleihin liittyvissä työpaikkaselvityksissä keskimäärin joka neljännessä ilmeni puutteita jossakin seuraavista lakisäateisistä asioista:

- kemikaaliluettelo puuttui, sitä ei ollut päivitetty tai luettelo ei ollut työntekijöiden saatavilla
- käyttöturvallisuustiedotteita puuttui, niitä ei ollut päivitetty tai tiedotteet eivät olleet työntekijöiden saatavilla
- pakkausmerkinnät ja pakkausten säilytys olivat puutteellisia
- henkilönsuojaimia puuttui, suojaimet olivat vääränlaisia, suojainten käyttöä ei ollut opastettu työntekijöille, suojaimia ei ollut huollettu tai työpaikoilla esiintyi työntekijöiden kielteistä suhtautumista suojainten käyttöä kohtaan.

Terveyskeskusten työterveyshenkilöstö arvioi edellä mainittuja puutteita esiintyvän jopa kolmessa neljäsosassa asiakasyrityksistä (tehdyistä työpaikkaselvityksistä). Yritysten omien työterveyshuoltojen arvion mukaan puutteita esiintyi yleensä korkeintaan neljäsosassa selvityksistä. Tehdyistä työpaikkaselvityksistä vajaassa neljäsosassa yrityksiä ilmeni työntekijöiden kielteistä suhtautumista suojainten käyttöä kohtaan. Noin puolet vastaajista arvioi työntekijöiden sekä johdon keskuudessa esiintyvän kielteistä suhtautumista kemiallisiin altisteisiin liittyvien riskien ennaltaehkäisemisessä ja hallinnassa keskimäärin alle 10 %:ssa vastaajien asiakasyrityksistä. Kielteistä suhtautumista ei esiintynyt lähes lainkaan asiakasyrityksissä, joissa oli oma työterveysasema. Aiheen arvioiminen oli vaikeaa ja kysymykseen saatiin vastaus vain noin puolelta kyselyyn osallistuneista. Vähiten vastauksia saatiin terveyskeskusten työterveyshuolloista.

Työterveyshuollon edustajat arvioivat, että yhteistyö sujuu heidän asiakasyrityksistään vaajaan kahden kolmasosan kanssa hyvin, kolmasosan kanssa kohtalaisesti ja kymmenesosan kanssa huonosti. Kaikkien työterveyshuollon tuottajaryhmien edustajat pitivät asiakasyrityksiltä saatua tietoa melko luotettavana. Kukaan ei pitänyt saatua tietoa erittäin epäluotettavana.

Vähän yli kolmasosa kyselyyn osallistuneista arvioi kemiallisiin altisteisiin ja riskeihin liittyvistä toimenpide-ehdotuksista toteutuvan 75 %, vajaa kolmasosa 50 % ja vajaa viidesosa alle 25 %. Vain muutama vastaaja arvioivat kaikkien ehdotusten toteutuvan. Yritysten oman työterveyshuollon ehdotukset toteutuivat paremmin kuin terveyskeskuksen antamat ehdotukset.

Työterveyshuollon edustajien mielestä asiakasyritysten omaan riskien hallintaan tulisi panostaa aiempaa enemmän. Pienillä yrityksillä on vähän tietoa kemikaaleista ja niihin liittyviä riskejä vähätellään. Työpaikkojen ja työterveyshuollon välistä yhteistyötä tulisi lisätä ja työterveyshuollon roolia selkeyttää. Asiakasyrityksiin tarvitaan tehokkaampaa lainsäädännön valvontaa.

## **Vertailu muihin tutkimuksiin**

### *Kemikaaliosaaminen ja riskien arviointi*

Kemialliset riskitekijät olivat vaikein arvioitava osa-alue. Toiseksi vaikeimpana pidettiin henkisten kuormitustekijöiden ja kolmanneksi vaikeimpana biologisten tekijöiden arviointia. Rantanen ym. (2003) tutkimuksessa kemialliset tekijät olivat toiseksi vaikein arvioitava osa-alue ja henkiset kuormitustekijät vaikein. Henkinen hyvinvointi ja siihen liittyvät kuormitustekijät ovat sekä olleet esillä julkisuudessa että painottuneet työterveyshenkilöstön työssä viime vuosina. Voidaan kysyä, onko työterveyshuollossa keski-tytty henkisiin kuormitustekijöihin liian paljon muiden osa-alueiden kustannuksella.

Kemikaaliasioita vaikeuttivat tiedon ja voimavarojen puute. Työterveyshenkilöstöä oli koulutettu erilaisista kemikaaleihin liittyvistä asioista, mutta se ei ollut riittävää. Vastauksista ilmeni, että osalla työterveysasemista huolehditaan kemikaalitiedon saamisesta huonosti. Tutkimuksen mukaan työterveyshenkilöstö oli saanut liian vähän ammattitaitoa ylläpitävää täydennyskoulutusta kemiallisista altisteista ja riskeistä viime vuosina, koska heidän työnsä painottui muille osa-alueille. Kemikaaleihin liittyvän osaamisen vahvistaminen on tärkeää työterveyshenkilöstön täydennyskoulutuksessa.

Tutkimuksessa ilmeni, että työterveyshuollon edustajat pitivät kemiallisia altisteita ja riskejä koskevia tietojaan puutteellisina. Työterveyshuollon ammattihenkilöiden koulutusta käsittelevän selvityksen mukaan työterveyshuollon henkilöstön koulutustilanne ja pätevyys on hyvä (Piirainen ym. 2005). Suhteellisen hyvältä koulutustasostaan huolimatta työterveyshenkilöstö ei hallitse kaikkia osa-alueita riittävän hy-

vin ja niihin liittyvät tiedot ovat puutteellisia. Näitä ongelma-alueita tulisi selvittää vastaisuudessa tarkemmin.

Työterveyshenkilöstön työtä vaikeuttaa yritysten ja henkilöasiakkaiden suuri määrä, sekä toimialojen, työympäristön, kuormitustekijöiden ja työntekijöiden taustojen laaja kirjo. Tutkimuksessa ilmeni, että työterveyshuollon edustajien mielestä, heillä on harvoin aikaa keskittyä asioihin riittävän hyvin, mikä voi heijastua heille itselleen riittämättömyyden ja osaamattomuuden tunteena. Palautteissa ehdotettiin yhtenä työn laadun parantamiskeinona suositusten antamista asiakasmääristä kutakin työterveyshuollon edustajaa kohden. Sama asia tuli esille myös Piiraisen ym. (2005) tutkimuksessa. Laajan tehtävänkuvan ja ajanpuutteen vuoksi luotettavan tiedon saaminen helposti on tärkeää ja sitä varten tarvitaan erilaisia tiedonvälityskäytöjen kehittämistä työterveyshuollon sekä yritysten käyttöön.

### *Kemikaalitiedon saanti ja yhteistoiminta*

Kemikaalitiedon hankkiminen jää yleensä työterveyshenkilöstön omalle vastuulle ja heidän kemikaalitietonsa perustuvat pitkälti kirjallisuudesta, internetistä ja käyttöturvallisuustiedotteista saatuu tietoon. Käyttöturvallisuustiedotteet ovat tärkeässä asemassa arvioitaessa kemikaaleille altistumista ja terveysriskejä sekä huolehdittaessa kemikaalin turvallisesta käsittelystä. Tutkimuksen mukaan asiakasyrityksistä puuttui käyttöturvallisuustiedotteita, niitä ei ollut aina päivitetty tai ne eivät olleet välttämättä työntekijöiden saatavilla. Piiraisen ym. (2003) selvityksen mukaan kahdella kolmasosalla (69 %) kemikaalien käyttäjistä oli saatavilla käyttöturvallisuustiedotteet kaikista tuotteista: tiedotteet oli saatavilla teollisuudessa neljällä viidesosalla (79 %), puutteita esiintyi eniten rakennusalalla ja maataloudessa. Johanssonin (2005) kyselytutkimuksessa kolmella neljäsosalla (76 %) 500 teollisuusyrityksestä oli tiedotteet kaikista käytössä olevista vaarallisista kemikaaleista, samoin kolmella neljäsosalla (77 %) oli kaikki tiedotteet työntekijöiden nähtävillä. Käyttöturvallisuustiedotteilla on tärkeä tehtävä tiedotettaessa uuden kemikaalin käyttöönotosta työterveyshuollolle. Aikaisempien selvitysten mukaan tiedotteet ovat huonolaatuisia. Esimerkiksi lisääntymisterveydelle vaarallista glykolieetteriä sisältävien tuotteiden ilmoituksissa puolet sisälsi virheellistä tietoa, kiertoilmaisuja tai oleellinen tieto puuttui kokonaan (Mononen 2005). Käyttöturvallisuustiedotteiden sisältämää informaatiota tulisi jatkossa tarkastaa ja parantaa. Yritysten vastuita käyttöturvallisuustiedotteisiin liittyvissä asioissa sekä työterveyshuollon informoinnissa on tärkeä selkeyttää sekä seurata ohjeiden noudattamista tarkemmin helpottamaan työterveyshenkilöstön työtä ja parantamaan yritysten työturvallisuutta.

Tietoa työpaikoilta saadaan parhaiten työpaikkaselvitysten ja terveystarkastusten yhteydessä. Työpaikkaselvitykset ovat työterveyshuollon toiminnan perusta, mutta selvityksen tekemiseen työterveyshoitajat käyttävät aikaa vain noin 20 % työajastaan (Rantanen ym. 2003). Piiraisen ym. (2003) mukaan työpaikkakäynti oli tehty noin joka toisen haastatellun työpaikalla ja vähän yli puolet haastatelluista kertoi työterveyshenkilöstön käyneen tutustumassa heidän työoloihinsa. Rantasen ym. (2003) selvityksen mukaan työpaikkaselvityksessä todettujen työympäristön vaaratekijöiden terveysvaikutuksia arvioi usein tai erittäin usein yli kaksi kolmasosaa vastanneista, mutta terveysvaikutusten tärkeysjärjestyksen arviointia tehdään vain silloin tällöin (yli puolet vastaajista). Lisäksi työpaikkaselvitysten tuloksia ei yleensä suhteuteta muiden saman alan yritysten riskinarviointeihin.

Työterveyshenkilöstö saa tärkeää tietoa osallistuessaan yritysten tekemiin riskinarviointeihin. Lähes kaikki vastaajat hyödynsivät työssään asiakasyritysten tekemiä riskinarviointeja, mutta harva oli itse ollut mukana riskinarvioinneissa: viimeisen viiden vuoden aikana kemikaaleihin liittyviin riskinarviointeihin oli osallistunut kaksi kolmasosaa kyselyyn osallistuneista keskimäärin kahdeksan kertaa, vaikka heillä oli keskimäärin 22 kemikaaleja käyttävää asiakasyritystä (kysymyksissä käsiteltiin ainoastaan kemiallisiin tekijöihin liittyviä riskinarviointeja). Rantasen ym. (2003) mukaan alle puolet työterveyshoitajista osallistui asiakasyritysten tekemiin riskinarviointeihin. Työterveyshuollon vähäiseen osallistumiseen oli todennäköisesti syynä yritysten näkemys työterveyshuollon merkityksettömyydestä vaikuttaa yritysten riskinarviointiin ja kielteisyyttä työterveyshuoltoa kohtaan (Rantanen ja Pääkkönen 2001, Rantanen ym. 2002). Turvallisuuteen panostaneet yritykset puolestaan ovat osanneet hyödyntää työterveyshuollon osaamista turvallisuusjohtamisessa (Hämäläinen ja Lanne 2001). Työterveyshuolto auttaa lukuisia yrityksiä, minkä

vuoksi riskinarvioinnin osaaminen on erittäin tärkeää. Tämä voi korostua erityisesti pienten ja keskisuuren yritysten osalta. Riskinarviointiprosessista, sen sovellusohjeista ja -menetelmistä tarvitaan lisää koulutusta, mikä tuli esille myös Rantasen ym. (2003) selvityksessä.

Vastaajien keskeiset yhteistyötahot olivat Työterveyslaitos ja toimenpide-ehdotusten suunnittelussa työtoverit (hoitajat ja lääkärit) sekä asiakasyrityksen työsuojelupäällikkö. Tärkeimmät yhteistyökumppanit yrityksessä työpaikkaselvitystä tehtäessä olivat työsuojeluvaltuutettu ja työnjohtaja (Rantanen ym., 2003). Hyvin harva konsultoi työssään työhygieenikkoo. Tutkimuksessa saatu tulos oli paljon alhaisempi kuin työterveyshuollon ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden koulutusta ja käyttöä käsittelevässä selvityksessä, jonka mukaan vuositasolla vajaa puolet työterveysasemista käytti työhygienian asiantuntijapalveluja (Piirainen ym. 2005). Molempien tutkimusten (tämä kysely, Piirainen ym. 2005) tulokset tuovat esiin työhygieenikkojen käytön vähäisyyden ja vakiintumattoman yhteistoiminnan. Tilannetta tulisi parantaa.

#### *Altistumismittaukset ja henkilösuojaimet*

Tämän tutkimuksen mukaan kemikaaleihin liittyviä työhygieenisii mittauksia oli tehty asiakasyrityksissä vähän. Työterveyshuollon mielestä työhygieenisten mittausten ja biomonitoroinnin määrät eivät ole muuttuneet viime vuosina. Työterveyslaitoksen omien mittaustilastojen mukaan ilman epäpuhkausmittauksien määrä oli vähentynyt (Heikkilä ja Saalo 2005) ja biomonitorointi oli pysynyt ennallaan (Hirvonen ja Valkonen 2004). Johanssonin (2005) alustavan tutkimustiedon mukaan 500 teollisuusyrityksestä noin puolessa altistumista oli arvioitu työhygieenisin mittauksin. Samoin noin puolessa yrityksistä työterveyshuolto oli arvioinut altistumista biomonitoroinnilla. Rantasen ym. (2003) selvityksessä työhygieenisii mittauksia suositeltiin työympäristötekijöiden selvittämiseksi joskus. Tämän tutkimuksen mukaan mittausten tarpeen arvioiminen ja oikeiden mittausten valinta oli työterveyshenkilöstölle epäselvää ja vaikeaa. Lisäksi mittausten tekemiseen vaikuttaa asiakasyritysten suhtautuminen mittausten tekoon ja niiden aiheuttamiin kustannuksiin. Mittauksiin liittyviä hankalia tekijöitä tulisi selvittää sekä tiedottaa yrityksille mittausten merkityksestä ja tärkeydestä.

Henkilönsuojainten käytön opastaminen työntekijöille oli yleisempää kuin altistumisen tai mittausten tarpeen selvittäminen. Piiraisen ym. (2003) selvityksessä vajaa kolme neljäsosaa kemikaalien käyttäjistä koki saaneensa riittävästi opastusta kemikaalien turvallista käyttöä varten. Toisaalta työterveyshuolto ei ollut tiedottanut liuottimien terveyshaitoista neljäsosalle altistuneista.

Työterveyshenkilöstön ohjaus ja opastus painottuu enemmän työntekijän henkilökohtaiseen suojautumiseen. Riskien hallinnassa keskitytään enemmän yksilön suojaamiseen kuin esimerkiksi laajempien teknisten toimenpiteiden toteuttamiseen tai vaaroja aiheuttavien piilevien syiden etsimiseen. Tämä voi johtua huonolaatuisista käyttöturvallisuustiedotteista tai kielteisestä asenteesta suojainten käyttöä kohtaan. Myös työntekijän suojaaminen on helpompi havaita ja toteuttaa kuin tekninen toimenpide.

#### *Toimenpide-ehdotukset ja lakituntemus*

Työterveyshuollon antamia toimenpide-ehdotuksia toteutetaan kohtalaisesti. Toimenpide-ehdotusten toteutumisen seuranta on työterveyshuollossa satunnaista, eikä siihen ole muodostunut selkeää käytäntöä. Rantasen ym. (2003) selvityksessä vaikeimmin tehtäviksi toimenpide-ehdotuksiksi koettiin henkiset tekijät ja toiseksi vaikeimmaksi kemialliset tekijät. Kolmasosan mielestä työnantaja tai työnjohto ei yleensä toteuta työterveyshuollon esityksiä rahoitussyistä ja kielteisyydestä asiaa kohtaan.

Työterveyshuollon mukaan asiakasyrityksissä tunnetaan lakisäätteiset velvoitteet kohtalaisen hyvin ja yrityksiltä saatua tietoa pidetään yleensä luotettavana. Toisaalta työpaikkaselvitysten yhteydessä ilmeni edelleen monia puutteita liittyen lakisäätteisiin velvoitteisiin, kuten kemikaaliluettelon, käyttöturvallisuustiedotteisiin, pakkausmerkintöihin ja henkilönsuojaimiin. Vaikka yhteistyö yritysten kanssa toimii useimmiten hyvin, eräissä asiakasyrityksissä asioihin suhtaudutaan kielteisesti niin johdon kuin työntekijöidenkin keskuudessa.

## Johdopäätökset ja suositukset

Tutkimuksessa nousi esiin seuraavia johdopäätöksiä ja suosituksia:

1. Tiedot kemiallisista tekijöistä ovat puutteelliset ja tekijöiden arviointi on vaikeaa. Aiheeseen liittyvää koulutusta tulee lisätä. Tärkeitä koulutusaiheita kemiallisten tekijöiden lisäksi ovat riskinarviointi sekä altistumisen arviointiin liittyvät työhygieeniset mittaukset ja biomonitorointi.
2. Työhygieenisia mittauksia ja biomonitorointia hyödynnetään työolojen ja altistumisen selvittämisessä vähän. Niihin liittyviä syitä tulisi selvittää perusteellisesti. Työterveyshoitajille tulee antaa lisää koulutusta aiheesta. Yrityksille tulee selvittää mittausten merkitystä ja kustannusten korvaamista tiedottamalla asioista esimerkiksi yritysten lukemissa lehdissä.
3. Työterveyshenkilöstön tehtäväkenttä on laaja ja asiakasmäärät suuria. Työmäärän helpottaminen edellyttää sekä muutoksia työjärjestelyihin että tietojen ja taitojen parantamista. Työterveyshuollon voimavaroja tulisi lisätä ja suunnata oikeisiin kohteisiin.
4. Luotettavan ja helposti saatavan kemikaalitiedon saaminen on tärkeää. Tämän vuoksi tarvitaan helposti käytettävissä olevia tiedonlähteitä. Tietoja tulisi koota samaan paikkaan esimerkiksi yhteen internetistä löydettävään tietokantaan.
5. Työterveyshenkilöstö tekee vähän yhteistyötä ulkopuolisten asiantuntijoiden kanssa ja hyödyntää vähän erityisesti työympäristöasiantuntijoiden osaamista. Tätä yhteistyötä tulisi lisätä.

## Lähteitä

Heikkilä P, Saalo A: Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset v. 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

Hirvonen A, Valkonen S (toim.): Biologisen monitoroinnin palveluanalytiikan vuositilasto 2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 11. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.

Hämäläinen P, Lanne M: Onnistuneen turvallisuusjohtamisen sisältö ja käytännöt. Työsuojelujulkaisuja 54. Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 2001.

Johansson A: Tutkimus suomalaisesta työperäisestä altistumisesta kemiallisille tekijöille. Työympäristö 2005 -ohjelma, Työterveyslaitos. (julkaisematon) Tiedot saatu: <http://www.ttl.fi/kemikaalialtistuminen>.

Mononen S: Glykolieettereiden toksisuus ja sen ilmoittaminen käyttöturvallisuustiedotteissa. Pro gradu -tutkielma. Kuopion yliopisto, Kuopio 2005.

Piirainen H, Hirvonen M, Elo A-L ym.: Työ ja terveys -haastattelututkimus 2003. Taulukkoraportti. Työterveyslaitos, Helsinki 2003.

Piirainen H, Manninen P, Hirvonen M ym.: Työterveyshuollon ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden koulutus ja käyttö vuonna 2003. Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2005:6. Helsinki 2005.

Rantanen S, Pääkkönen R: Työhygieenisen riskien arviointi työpaikalla. Yrityskokeilu. Työsuojelujulkaisuja 52. Sosiaali- ja terveysministeriö, Tampere 2001.

Rantanen S, Pääkkönen R, Lindroos L ym.: Kemiallisten ja fysikaalisten tekijöiden arviointi työpaikalla. Työsuojelujulkaisuja 62. Sosiaali- ja terveysministeriö, Tampere 2002.

Rantanen S, Pääkkönen R, Jokitulppo J, Palmroos P: Kysely työpaikkaselvityksestä ja riskinarvioinnista. Työterveyslääkäri 2003(2):223–230.

Räsänen K (toim.): Työterveyshuolto Suomessa vuonna 2000–1990-luvun kehitystrendit. Työterveyslaitos, Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2002.

Työterveyshuoltolaki (1383/2001). (<http://www.finlex.fi>)

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä (1484/2001). (<http://www.finlex.fi>)

## 9.3 Työsuojelupiirien toiminta kemikaaliasioissa

*Rauno Hanhela, Marika Lehtola*

### **Yleistä työsuojelupiirien toiminnasta**

Työsuojeluhallintoon katsotaan kuuluvaksi sosiaali- ja terveysministeriön (STM) työsuojeluosasto ja työsuojelupiirit. Työsuojelupiirit vastaavat omalla alueellaan työolojen kehittämistä ja valvonnasta, ohjauksesta ja neuvonnasta sekä markkinoilla olevien tuotteiden markkinatarkkailusta. Sosiaali- ja terveysministeriölle kuuluu työsuojelupiirien tulosohtaus, säädösvalmistelu, alan kansainvälinen yhteistyö, työsuojelun kehittämissohjelmien ja -hankkeiden valmistelu ja toteuttaminen sekä markkinavalvonnan johtaminen.

Työsuojelun piirihallinto käsittää 8 työsuojelupiiriä, jotka toimivat alueellisina viranomaisina omalla toimialueellaan. Työsuojelupiirin työsuojelutoimisto on itsenäinen päällikkövirasto. Työsuojelupiireissä työskentelee yhteensä noin 500 henkilöä, joista noin 80 % on tarkastavaa henkilökuntaa.

Työsuojelupiirien valvoma lainsäädäntö voidaan jakaa työolosuhteita koskevaan lainsäädäntöön, työaikaa ja työsuhdetta koskevaan lainsäädäntöön, työterveyshuoltolainsäädäntöön ja muuhun lainsäädäntöön. Työsuojelupiirien toiminta voidaan nähdä kaksijakoisena: toisaalta neuvotaan työpaikkoja ja edistetään työpaikkojen omatoimista työsuojelutyötä, toisaalta valvotaan säännösten noudattamista, tarvittaessa pakkokeinojenkin avulla.

Sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonalan työsuojelustrategia toteutuu työsuojelupiirien tulosohtausjärjestelmän kautta. Vuodesta 2000 lähtien tulosohtauksessa on piirien toimintaa suunnattu määrätietoisesti työsuojelupiirien viranomaisaloitteisen toiminnan keskeisille painoalueille, jotka ovat tuki- ja liikuntaelinsairauksien ehkäisy, henkinen hyvinvointi työssä sekä työtaturmien torjunta. Piirikohtaisen tulostavoitteiden asettaminen perustuu vuosittain laadittavaan ympäristöanalyysiin.

Työsuojelupiirit ovat viime vuosina tehneet hieman yli 30 000 työpaikkoihin kohdistuvaa toimenpiteitä. Vuonna 2004 työsuojelupiirit tekivät 20 426 työpaikkatarkastusta 12 945 eri valvontakohteessa. Asiakkaiden pyynnöstä tehtiin 4 206 tarkastusta. Autonkuljettajan ajo- ja lepoaikatarkastusten kohteena oli 9 204 kuljettajaa. Asiakkaiden yhteydenottoja oli yhteensä noin 110 000, joista 60 000 kohdistui työsuohdeasioihin, 39 000 työoloasioihin ja 11 000 oli muuta palvelukysyntää. Ennakkovalvontalausuntoja annettiin 591 sekä ilmoituksia tai lausuntoja syyttäjille ja poliisille 579. Työtaturmia tutkittiin 624 ja ammattitaujeja 57. Asiakasaloitteisia koulutustilaisuuksia oli 609.

### **Kemiallisiin tekijöihin kohdistuva tarkastustoiminta**

Kaikille työsuojelupiireille tehtiin keväällä 2005 kysely, johon tässä esitettävät tiedot perustuvat. Kemialliset tekijät olivat työsuojelupiirien toiminnan painopistealueena viimeksi 1990-luvun lopulla. Tuolloin kaikki työsuojelupiirit valvoivat järjestelmällisesti silloisen valtioneuvoston päätöksen (920/1992) toteutumista työpaikoilla (päätös on sittemmin korvattu valtioneuvoston asetuksella 715/2001). Painoalueiden ulkopuolella oleminen on viime vuosina vähentänyt sekä kemialliseen altistumiseen kohdistuvia tarkastuksia että kemiallisten tuotteiden markkinavalvontaa. Työsuojelupiireissä ei keväällä 2005 ollut meillä yhtään kemiallisten tuotteiden markkinavalvontahanketta eivätkä työsuojelupiirit tehneet kemiikaaleihin kohdistuvia erillisiä markkinavalvontatarkastuksia.

Nykyisellään kemiallista altistumista valvotaan muun tarkastustoiminnan yhteydessä, jos työpaikan tilanne sitä edellyttää. Käyttöturvallisuustiedotteissa ja pakkausmerkinnöissä oleviin ongelmiin voidaan niin ikään puuttua muun valvontatoiminnan ohessa. Keväällä 2005 työsuojelupiireissä työskenteli yhteensä parikymmentä kemiallisiin tekijöihin erikoistunutta tarkastajaa (1–5/piiri). Heistä puolella oli korkeakoulututkinto ja puolella joko insinöörin tai teknikon tutkinto. He kaikki olivat erikoistuneet kemiallisten tekijöiden riskien hallintaan ja heistä puolet myös kemiallisten tuotteiden markkinavalvontaan.

Yksittäisistä kemiallisista tekijöistä ovat työsuojelupiirien toiminnassa keskeisessä asemassa asbesti, styreeni, tupakansavu, metalliteollisuuden liuotinaaineet, huurut ja pölyt, laivojen ja veneiden valmistuksen kemikaalialtistus sekä leipomoiden jauhopöly.

Työsuojelupiireihin tulee vuosittain kemiallisiin tekijöihin liittyviä yhteydenottoja työntekijöiltä noin 500 ja työnantajilta noin 200. Yhteydenotot kohdistuvat yksittäisiin kemikaaleihin (esim. tupakan savu, puupöly), tietyn toimialan kemikaalialtistumiseen (esim. valokuvausala, pesulat, metalliteollisuus), työpaikan syöpävaarallisiin aineisiin sekä yleensä altistumisen arviointiin, käyttöturvallisuustiedotteisiin tai ilmanvaihtoon.

Vuonna 2004 työsuojelupiirit antoivat noin 1 000 kemiallisiin tekijöihin liittyvää pöytäkirjaohjetta. Niiden kohteena olivat tasaisesti kaikki kemikaaliturvallisuuden osa-alueet: altisteiden esiintyminen, altistumisen arviointi, kemikaalivaarojen ja riskien arviointi, altistumisen vähentäminen, kemikaaliluettelo, käyttöturvallisuustiedotteet, työhygieeniset mittaukset, henkilönsuojainten käyttö, kemikaalien turvallinen käyttö, käsittely ja varastointi sekä riskien hallinta ja toteutettujen toimenpiteiden riittämättömyys.

Työsuojelupiirit määräsivät työpaikoille noin 60 työhygieenistä mittausta vuonna 2004. Joissakin työsuojelupiireissä annettiin yksi tai kaksi kemiallisiin tekijöihin liittyvää pakkopäätöstä. Pakkopäätökset kohdistuivat kemikaaliluetteloon ja käyttöturvallisuustiedotteisiin sekä työpaikan ilmanvaihtoon. Lisäksi annettiin ilmoituksia syyttäjälle asbestimääräysten rikkomisesta. Pakkopäätösten määrä ei ole muuttunut viimeisen 10 vuoden aikana.

### **Työsuojelupiirien yhteistyökumppanit kemikaaliasioissa**

Työsuojelupiirien keskeisimmät yhteistyökumppanit kemikaaliasioissa ovat Turvatekniikan keskus (TUKES), työterveyshuollot, Työterveyslaitos (TTL), erityisesti aluetyöterveyslaitokset sekä Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV).

TUKESin kanssa tehdään säännöllisesti viranomaisyhteistyötä, erityisesti yhteistarkastuksia. Muiden kemikaalivalvontaviranomaisten kanssa yhteistyö on hyvin satunnaista. Neljän piirin mielestä viranomaisten yhteistyössä ei kuitenkaan esiinny ongelmia, kolmen mielestä yhteistyön vähäisyys on ongelma.

Työsuojelupiirit toimivat aluetyöterveyslaitosten kanssa yhteistyössä mittausasioissa, tapauskohtaisissa tarkastuksissa, erilaisissa yhteishankkeissa sekä yleisissä työhygieniaan liittyvissä asioissa. TTL:n keskuslaitoksen kanssa ne tekevät yhteishankkeita ja -projekteja sekä ASA-rekisteriin liittyvää yhteistyötä. STTV:n kanssa tehtävä yhteistyö liittyy tuoterekisteriin, käyttöturvallisuustiedotteisiin ja muuhun kemikaalien markkinavalvontaan.

Työterveyshuollon kanssa tehdään yhteistyötä koskien terveystarkastuksia sekä työpaikkojen kemikaaliongelmia, kemikaalien riskinarviointia ja altistumisen selvittelyä. Kaikkien työsuojelupiirien yhteistyö työterveyshuoltojen kanssa liittyy pääasiassa yksittäisiin työpaikkoihin. Yhteistyö koskee lähinnä määräaikaistarkastuksia, yksittäisiä kemiallisia tekijöitä, biomonitorointia tai työhygieenisten mittausten tarvetta. Lisäksi on jonkin verran koulutusluonteisia yhteistyötapaamisia. Työsuojelupiireistä kolme teki työterveyshuoltojen kanssa kemiallisiin tekijöihin liittyvää yhteistyötä muutaman kerran vuodessa, kaksi työsuojelupiiriä kuukausittain ja kaksi viikoittain.

Kuusi työsuojelupiiriä kertoi tarkastajien ehdottavan harvoin ja kaksi heidän ehdottavan usein, että työpaikka pyytäisi työterveyshuollon tarkastukselle mukaan. Joissakin piireissä osa tarkastusilmoituksista menee tiedoksi työterveyshuoltoon riippuen hankesuunnitelmasta ja käsiteltävistä asioista. Työterveyshoitaja on yleensä mukana tarkastuksella, jos työpaikalla on oma työterveyshuolto. Kun kemialliset tekijät nousevat tarkastuksen pääasialliseksi aiheeksi, ollaan useimmiten vähintään yhteydessä työterveyshuoltoon.

Yhteistyökumppaneiksi mainittiin myös kunnat ja lääninhallitukset (tiedonvaihto, rakennus- ja markkinavalvonta), STM:n työsuojeluosasto (erikoisasantuntija, ohjeiden saanti), Kemian työsuojeluneuvottelukunta (lainsäädäntö), ympäristönsuojeluviranomaiset (päästöjen yhteys altistumiseen), suuret yritykset, kuten Kemira, Outokumpu, UPM (tiedonvaihto) sekä Elintarvikevirasto, Myrkytyskeskus ja Lääketietokeskus (erityistiedon tarve).



## Työsuojelupiirien kehittämisehdotuksia kemikaaliasioissa

Työsuojelupiirit kirjasiivat vastauksiinsa sekä työpaikkojen toimintaa että työsuojelun valvontatoimintaa koskevia kehittämisehdotuksia.

Työpaikkojen toimintaan liittyvät kehittämisehdotukset:

- Lainsäädäntöä tulisi kehittää siten, että nimitään kemikaalivastaava kaikkiin yrityksiin, joissa käytetään vaarallisia kemikaaleja tai kemikaaleja käytetään runsaasti.
- Kemikaaliosaamiseen tulisi panostaa tarjoamalla yrityksille riittävän laajat ja monipuoliset koulutusmahdollisuudet.
- Käyttöturvallisuustiedotteiden laatijoilta tulisi edellyttää pätevyys tehtävään (tarvittaessa koe).
- Työterveyshuollon ja pk-yritysten välistä yhteistyötä tulisi kehittää. Työterveyshuolto voisi erityisesti avustaa yrityksiä kemikaaliriskien arvioinnissa.
- Tulisi määrittää selkeämmin, koska pitoisuuksia täytyy mitata. Nykyisellään pitoisuusmittauksia tehdään harvoin, etenkin pk-yrityksissä.
- Työterveyslaitoksen osaamista tulisi hyödyntää nykyistä paremmin. Työpaikoilla tarvitaan hyviä ja käytännönläheisiä ohjeita kemikaalien turvallisesta käytöstä sekä hyviä kuvauksia turvallisista työmenetelmistä.

Työsuojelupiirien valvontatoimintaan liittyvät kehittämisehdotukset:

- Kemikaaliasiat pitäisi saada taas toiminnan painopistealueeksi ainakin määrätyillä toimialoilla.
- Työsuojelupiirien valvontatoimintaa tulisi tehostaa kemiallisten tekijöiden riskien hallinnan parantamiseksi.
- Kemikaaliasiat tulisi ottaa esille piirien tulostavoiteneuvotteluissa, jos niihin halutaan kiinnittää enemmän huomiota työsuojelupiireissä.
- Mahdollisuudet tehdä työtä kemikaaliturvallisuuden parantamiseksi ovat vähäiset niin kauan, kun kemikaalit eivät ole keskeisenä painopistealueena.
- Jos työsuojelupiirien halutaan valvovan kemiallista altistumista, asian pitää olla mukana valvonnan painoalueissa.
- Pakkausmerkinnöissä ja käyttöturvallisuustiedotteissa on edelleen puutteita, joita tulisi valvoa.
- Piirin tietämystasoa kemikaaliasioissa on syytä parantaa pitkällä aikavälillä. Valvonnan onnistumiseksi tarvitaan täsmällistä tietoa, jonka avulla pystytään antamaan käytännön ohjeita ja määräyksiä.

# 10 Riskinarvioinnin ja -hallinnan tiedonlähteet

*Marita Luotamo, Suvi Lehtinen, Timo Tuomi, Irja Laamanen, Markku Aaltonen, Kari Kurppa, Leena Isotalo*

Katsaus tärkeimpiin tiedonlähteisiin erityisesti työterveyshuollon ja työpaikkakohtaisesta riskinarvioinnista vastaavien sekä työnantajien näkökulmasta. Millaisia tietokantoja ja arvioinnin välineitä on saatavissa yleisestä tietoverkosta?

## Johdanto

Työturvallisuuslaki (738/2002) perustuu nykyaikaiseen turvallisuusajatteluun, turvallisuuden hallintaan ja myönteisen turvallisuuskulttuurin aikaansaamiseen. Lain perusteella työantajat ovat vastuussa työpaikan kemikaalien riskinarvioinnista ja -hallinnasta. Työturvallisuuslaki on luonteeltaan puitelaki, jota täydentävät EU:n yhteisöainsäädännön toimeenpanemiseksi annetut valtioneuvoston päätökset tai asetukset. Jos vaarojen selvittäminen edellyttää erityistä osaamista, työterveyshuolto on luonteva yhteistyö- ja asiantuntijataho työnantajille. Kemikaalilain perusteella toiminnanharjoittajalla on huolehtimis-, selvillä-olo-, tiedonanto- ja valintavelvollisuus.

Toiminnanharjoittajat jakaantuvat kemikaalien käytön suhteen tuottajiin, maahantuojiin, jakelijoihin ja loppukäyttäjiin. Nykyisin voimassaolevan kemikaalilainsäädännön perusteella näillä erityyppisillä toiminnanharjoittajilla on erilaiset velvollisuudet.

Kemikaalien käyttäjien keskeisenä kemikaalitiedon lähteenä toimii käyttöturvallisuustiedote (KTT). Kemikaalin valmistajan, maahantuojan, jakelijan tai muun toiminnanharjoittajan, joka vastaa kemikaalin markkinoille tai käyttöön luovuttamisesta, on laadittava ammattikäyttöön tarkoitettua kemikaalista käyttöturvallisuustiedote. Se vaaditaan, jos kemikaali on luokiteltu terveydelle tai ympäristölle vaaralliseksi, palo- ja/tai räjähdysvaaralliseksi tai jos kemikaalin ominaisuudet ovat muutoin sellaisia, että sen käsittelystä, käytöstä tai varastoinnista voi aiheutua vastaavaa vaaraa. Asianmukaisesti täytetty käyttöturvallisuustiedote sisältää kaiken oleellisen tiedon näistä vaaroista, luokituksesta (STM:n asetus vaarallisten aineiden luettelosta 624/2001 liitteinen, jotka ovat tulostettavissa Finlexin sivuilta), ensiavusta, suojautumisesta, säilytyksestä, kuljetuksesta yms. Käytännössä käyttöturvallisuustiedotteet ovat osoittautuneet usein puutteellisiksi.

Käyttöturvallisuustiedotteen laatimiseen tarvitaan taustatietoja teollisuudelta lakisääteisesti vaadituista testituloksista, kansallisista tai kansainvälisistä arvioista sekä valikoidusta julkisesti saatavilla olevasta tieteellisestä kirjallisuudesta. Suomessa ei tällä hetkellä ole mahdollista saada kaikkia kemikaaleihin liittyviä tietoja keskitetysti mistään siten, että ne palvelisivat erilaisia tiedon tarvisijoita.

Seuraavassa tarkastellaan, kuinka ja missä muodossa jo olemassa olevia tietoja voisi kehittää esimerkiksi tietokantamuotoon sekä yhdistää siten, että ne mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti palvelisivat käyttäjiä ja tiedon tarvisijoita. Tällöin tulee ottaa huomioon erilaiset tarpeet, kuten uuden käyttöturvallisuustiedotteen tekeminen, sen tietojen ymmärtäminen ja soveltaminen käytäntöön sekä sen tietojen mahdollinen tarkistaminen. Tämän voisi toteuttaa kemikaaliturvallisuuden portaalina, joka olisi suunniteltu ja toteutettu palvelemaan työntekijöitä, työnantajia, eri alojen asiantuntijoita sekä viranomaisia ja jonka avulla eritasoinen verkostoituminen myös helpottuisi.

## Työpaikkakohtainen kemikaaliriskien arviointi ja hallinta

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001) velvoittaa työnantajan tunnistamaan työssä esiintyvien kemiallisten tekijöiden aiheuttamat vaarat sekä arvioimaan niistä työntekijän turvallisuudelle ja terveydelle mahdollisesti aiheutuvat riskit. Työnantajan tulee työpaikoilla toteuttaa tarvittavat suojele- ja seurantatoimet sekä antaa työntekijöille asetuksenmukaista opetusta ja ohjausta. Työpaikoilla työsuojelupäällikkö yleensä käytännössä vastaa kemikaaliturvallisuudesta, jota sitten toteutetaan yhdessä työntekijöiden kanssa. Työterveyshuolto on avainasemassa työpaikan kemikaaliriskejä arvioitaessa (esim. työpaikkaselvitysten laadinta ja kemikaaleille altistumisen seuranta mm. biomonitoroinnin keinoin).

Kemikaaliriskien arvioimiseksi työpaikoilla on oltava kaupanimien mukainen kemikaaliluettelo ja vaarallisten aineiden käyttöturvallisuustiedotteet.

Työterveyslaitos on yhteistyössä viranomaisten sekä työsuojelu- ja työterveyshenkilöstön kanssa kehittänyt menetelmiä työpaikan riskien arvioimiseksi (esim. Pääkkönen R, Rantanen S: Työympäristön kemiallisten ja fysikaalisten riskien arviointi ja hallinta. Työterveyslaitos, Helsinki 2003). Työterveyslaitoksen Työhygienian aihesivuilta löytyy myös tietoa ja lomakkeita työpaikan kemiallisten riskien arviointiin.

Työsuojelupiireillä on omat verkkosivunsa, joilta löytyy käytännönläheistä aineistoa työpaikan riskien arvioimiseksi.

Työpaikoilla tulee kemikaalitietoja olla saatavilla työntekijöille ymmärrettävässä, suomenkielisessä muodossa. Käyttöturvallisuustiedotteen sisältämien tietojen ymmärtäminen vaatii opastusta ja koulutusta, johon tulisi olla internetissä hyvä tiedonlähde selityksineen.

Luokitus- ja merkintätietojen tulkinta vaatii paitsi turvallisuuslausekkeiden ymmärtämisen, myös taustatietoja esimerkiksi siitä, mitä eri terveysvaikutuksilla tarkoitetaan. Vaarallisten aineiden luettelossa olevat aineet on luokitettu EU:ssa yhteisötasolla, jolloin eri jäsenvaltioiden toimivaltaiset viranomaiset ovat hyväksyneet luokituksen. Käyttöturvallisuustiedotteessa voi olla myös teollisuuden oma luokitus ja sen lisäksi vielä Suomen viranomaisen on voinut luokitella kemikaalin. Kansainvälisissä kemikaalikorkeissa (WHO/IPCS) annetaan myös YK:n piiristä tulevat luokitustiedot. Lisäksi on OECD:n yhteistyössä YK:n alaisten järjestöjen (ILO, WHO) sekä EU:n kanssa hyväksytty ns. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), joka hyväksytyssä muodossa muuttaa joiltakin osin luokituskriteerejä ja vastaavasti luokitusta.

Altistumisen arviointi tulee hallita työpaikoilla, koska altistumistiedot ovat keskeisessä asemassa, kun arvioidaan kemikaalien aiheuttamia riskejä. Työpaikan pitoisuuksien vertaaminen haitalliseksi tunnettuihin pitoisuuksiin (HTP-luettelo) edellyttää altistumismittauksia. Suuremmilla työpaikoilla on valmiudet altistekohtaiseen mittaamiseen ja arviointiin. Siksi mittaus- ja mallinnuspalvelujen saatavuus, esimerkiksi Työterveyslaitoksen valmiudet, tulisi olla tiedossa niillä työpaikoilla, joilla ei tehdä omia altistumisen arviointeja. Tulevaisuudessa käyttöalakohtaiset altistumistiedot korostuvat EU:n uudessa kemikaalipolitiikassa.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella (109/2005) vahvistetaan työpaikan haitallisiksi tunnetuiksi pitoisuuksiksi ohjeraja-arvot, ns. HTP-arvot, jotka ovat kaikkien saatavilla sekä ministeriön julkaisemana kirjana että Kemian työsuojeluneuvottelukunnan julkaisemana internetissä (HTP-arvot 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:10. Helsinki 2005).

Riskien hallintaan on monia keinoja. Työturvallisuuslain perusteella tulee ensisijaisesti tehdä teknisiä ratkaisuja altistumisen vähentämiseksi tai kokonaan välttämiseksi. Työterveyslaitoksen Työhygienian aihesivuilta löytyy tietoa myös teknisistä ratkaisuista. Vasta sen jälkeen tulee etsiä asianmukaiset henkilökohtaiset suojautumiskeinot, kuten hengityksensuojaimet, suojalasit, suojakäsineet jne. Henkilönsuojaimista, mm. suojaimilta vaadittavista testauksista, säädetään EU:n tasolla direktiivein. Joidenkin kaupallisten toimijoiden tuottamista kirjoista, esitteistä ja internet-sivustoista saattaa löytää tarvitsemansa tiedon. (Henkilönsuojainten valinta ja käyttö työpaikalla. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 11. Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 2000; Henkilönsuojaimet työssä. Työterveyslaitos, Työturvallisuuskeskus, Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2001).

## **Tuoterekistereiden käyttö**

Työpaikoilla altistutaan yleensä tuotteille ja seoksille sekä vain harvoin pelkästään yksittäisille aineille. Tuotteissa ja seoksissa vaarallisin aineosa luonnollisesti määrää riskien arvioinnin ja hallinnan toimenpiteet. Kaikille tulisi taata tuoterekisterin vapaa käyttöoikeus koskien käyttöturvallisuustietoja, jotka muutoinkin ovat kemikaalin tai tuotteen ostajan saatavilla lakisääteisesti. Käyttöturvallisuustiedotteiden tietojen puutteellisuus ja jopa virheellisyys on todettu monessa EU-maassa. Tämäkin puoltaisi käyttöturvallisuustiedotteiden julkista saatavuutta, jotta tietojen tarvitsijat voisivat myös verrata eri lähteiden antamia tietoja.

Tuoterekistereitä on mm. Ruotsissa, Norjassa ja Sveitsissä, mutta niitä käytettäessä tulee kuitenkin ottaa huomioon perusteet, joilla tuote on otettu rekisteriin.

## **Verkostoituminen**

Verkostoitumista voitaisiin käyttää työkaluna kemikaaliturvallisuuden takaamiseksi myös pienillä ja keskisuurilla työpaikoilla. Verkostoitumisesta saadaan parhaat tulokset hyödyntämällä sekä vertikaalista että horisontaalista verkostoa. Horisontaalisella tarkoitetaan tässä yhteydessä eri alojen asiantuntijoiden keskenään muodostamia verkostoja, jotka palvelevat viimeisimmän kokemuksen hyödyntämistä myös muualla kuin omassa yrityksessä. Verkostoituminen toisi tarvittavan tiedon nopeammin ja luotettavammin eri tahojen saataville, jos siihen osallistuisivat kattavasti koko kemikaaliturvallisuuden piirissä olevat viranomaiset, työterveyslääkärit ja -hoitajat, työsuojeluvaltuutetut, työsuojelupäälliköt, asiantuntijalaitosten toksikologit ja työhygieenikot, muut alan asiantuntijat sekä kemian alan työnantajat ja työntekijät.

Erityisesti verkostoitumisessa tulee ottaa huomioon myös kulttuurikysymykset ja yksi näistä on viestinnän kieli. Tietoa on saatavilla suomen ja ruotsin kielellä, mutta kemikaaliturvallisuustietoa tulisi olla saatavilla myös muilla, kuten viron, venäjän ja arabian, kielillä. Verkostoituminen ja internetin hyödyntäminen voisivat olla ratkaisuja erikielisten tietojen hankintaan ja saatavuuteen. Eri kulttuureissa suhtaudutaan määrääksi ja ohjeisiin eri tavoin, jolloin tarvitaan tiedon tuottamista erilaisten kulttuurien näkökulmasta. Tiedon käytössä voi viestinnän tehokkuus riippua myös tietojen esitysmuodosta, esimerkiksi kuvitus saattaa helpottaa asian ymmärtämistä ja omaksumista.

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto on luonut laajan internet-sivuston koskien vaarallisten aineiden käyttöä työpaikalla. Sivut ovat englanninkieliset, mutta monelta osin ne ovat luettavissa myös suomen kielellä ja muilla EU-kielillä. Työterveyslaitos on ollut mukana aktiivisesti luomassa näitä sivustoja Topic Centre Good Practice -konsortion koordinaattorina. Tietoja voidaan hakea esimerkiksi toimialoittain ja tiedon tuottajan tai maan mukaisesti. Työperäisen altistumisen raja-arvoista (HTP-arvoista) ja niihin liittyvistä kriteeridokumenteista on omat sivut.

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviikko keskittyi vuonna 2003 vaarallisten aineiden turvalliseen käyttöön työpaikoilla. Tätä varten tehtiin internet-sivusto, johon on kerätty tarpeellisia tietoja aiheesta. Sivusto on saatavilla kaikilla EU-kielillä.

Kyseiseen viikkoon liittyneessä hyvien käytäntöjen kilpailussa palkittiin Kemianteollisuus ry:n, Kemianliitto ry:n ja muiden yhteistyöjärjestöjen yhteinen Safety 24 h -hanke (Turvallisuutta kellon ympäri – yhteistyössä) sekä Uudenmaan aluetyöterveyslaitoksen Kemikaalivaarojen arviointi ja hallinta pienyrityksissä -hanke. Safety 24 h -hankkeessa luotiin uusia ajatusmalleja sekä käytännön työkaluja kokemusten ja osaamisen saamiseksi yhteiseen käyttöön. Kehittämiskohteina olivat johtaminen ja mittarit, asenteet, raportointi ja tutkiminen sekä riskien arviointi. Uudenmaan aluetyöterveyslaitos toteutti hankkeensa vuosina 1996–1999 yhteistyössä Suomen ja Uudenmaan ympäristökeskuksen kanssa. Tavoite oli kouluttaa ja opastaa pienyritysten johtoa ja työntekijöitä arvioimaan kemikaaleista aiheutuvia terveys- ja ympäristöriskejä. Samalla tuotettiin pienyrityksille soveltuvaa toimialakohtaista koulutusaineistoa kemikaalivaarojen hallinnasta.

EU-viraston verkostoon kuuluvassa Suomen työsuojelun tietopankissa on tarjolla suomenkielistä tietoa vaarallisista aineista ja pölyistä sekä riskien arvioinnista.

Työterveyslaitoksen Kemikaaliturvallisuus-aihesivuille on koottu käytettävissä olevia riskinarvioinnin ja -hallinnan tiedonlähteitä linkeineen sekä Kemikaaliturvallisuuden tiedonlähteet -kirja.

## **Tulevaisuuden näkymiä**

Komissio julkaisi EU:n tulevaa kemikaalipolitiikkaa koskevasta strategiasta ”Valkoisen kirjan” helmikuussa 2001 ja päätyi esittämään vuonna 2003 REACH-kemikaaliasetusluonnoksen (Registration, Evaluation and Authorisation of CHemicals). Asetusluonnos on parhaillaan käsiteltävänä Euroopan parlamentissa ja ministerineuvostossa, ja sen oletetaan tulevan voimaan vuonna 2007.

Euroopan unionin uuden kemikaalilainsäädännön kantava ajatus on turvata sekä kansalaisten terveys että ympäristö kemikaalien aiheuttamilta vaaroilta. Lisäksi tulee varmistaa, että teollisuus hallitsee riittä-

västi tuottamiensa ja maahantuomiensa kemikaalien aiheuttamat riskit. Nykyisin jäsenvaltioiden toimivaltaisilla viranomaisilla on velvollisuus osoittaa kemikaalien aiheuttama riski terveydelle tai ympäristölle. REACH-asetusluonnoksen perusteella tämä muuttuu teollisuuden, toiminnanharjoittajan ja maahantuojan sekä jatkokäyttäjän velvollisuudeksi taata kemikaalien turvallinen käyttö. Kunnianhimoinen tavoite on saada hallintaan noin 30 000 kemikaalia, joiden kaikkia terveys- ja ympäristövaikutuksia ei tällä hetkellä vielä tunneta.

Testausvaatimukset on porrastettu kemikaalien EU:n alueella tuotettujen tai tuotujen tonnimäärien (1, 10, 100 tai 1 000 tonnia/vuosi) mukaisesti. Tämä tulee kuitenkin tehdä välttämällä turhia eläinkokeita. Teollisuutta rohkaistaan ja velvoitetaan muodostamaan ns. konsortioita eli yhteenliittyviä jakamaan olemassa olevia kemikaalien testaus- ja käyttötietoja sekä niistä aiheutuvia kustannuksia.

REACH-asetusluonnoksen tarkoitus on korvata nykyisin olemassa olevien ja uusien kemikaalien voimassaoleva kemikaalien luokitus- ja merkitsemisdirektiivi sekä rajoitusedirektiivi. Asetusluonnosta sovelletaan myös työsuojelulainsäädäntöön, kuten direktiiviin työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden parantamisesta, työntekijöiden suojelemiseen syöpävaarallisilta aineilta sekä työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelemiseen työpaikalla esiintyviltä kemiallisiin tekijöihin liittyviltä riskeiltä. Uuden kemikaalilain ulkopuolelle jäävät monet kemikaaliryhmät, joilla on voimassaoleva lainsäädäntö, kuten kasvinsojeluaineet, biosidit, lääkkeet, eläinlääkkeet, elintarvikkeissa sallitut lisäaineet, radioaktiiviset aineet ja geneettisesti muunnetut organismit.

REACH-asetusluonnoksen piiriin kuuluvat kemialliset aineet sellaisenaan sekä aineet valmisteissa ja tuotteissa aineen koko elinkaaren ajan. Asetusluonnosta sovelletaan kemikaalien valmistukseen, maahantuontiin ja käyttöön. Asetusluonnos korostaa kemikaalien turvallista käyttöä sekä tuo uutena vaarallisimpien aineiden käyttökohtaisen lupa- ja korvaamismenettelyn.

Lupamenettelyn piiriin kuuluvat kemikaalit, jotka aiheuttavat ”suurta huolta” (very high concern). Kemikaalin luvanvaraisuus ulottuu myös niihin määriteltyihin tunnettuihin käyttötarkoituksiin, jotka tuottaja tai maahantuojat määrittelee ensisijaisesti jo lupa-anomuksessa ja Kemikaalin turvallisuusraportissa. Jos joku jatkokäyttäjistä aikoo käyttää luvanvaraista kemikaalia jossakin uudessa käytössä, lupa on anottava ja saatava erikseen.

”Suurta huolta” aiheuttavia ovat ns. CMR-aineet (C = carcinogenic eli syöpävaarallinen; M = mutagenic eli perimämyrkyllinen; R = reproductive toxic eli lisääntymisterveydelle vaarallinen), jotka on luokiteltu syöpävaarallisuuden, perimämyrkyllisyyden tai lisääntymisterveydelle vaarallisuuden suhteen luokkaan 1 tai 2. Tällaisia ovat myös ns. PBT-(P = persistent, pysyvä, B = bioaccumulating, kertyvä, T = toxic, myrkyllinen) ja vPvB-(v = very, erittäin) aineet, jotka ovat (erittäin) pysyviä sekä (erittäin) kertyviä ja myrkyllisiä esitettyjen kriteerien tai muun pitävän näytön perusteella sekä aineet, joilla on ”hormonihäirikkö”-omaisuuksia.

## Loppupäätelmät

Viranomaisten yhdessä Työterveyslaitoksen ja Kemian teollisuuden sekä alan ammattiliittojen ja järjestöjen kanssa tulisi kehittää kemikaaliturvallisuuden portaali, josta olisivat keskitetysti saatavissa EU:n ja Suomen lainsäädännön vaatimat tiedot, esimerkiksi kemikaalien vaaraomaisuuksista ja riskinhallintakeinoista yleisesti, sekä kansainvälisten järjestöjen kemikaalitiedot (OECD ja YK:n alaiset WHO/IPCS, WHO/IARC, ILO ja FAO). Tämä edellyttää jo olemassa olevien tietojen ja tietokantojen järjestämistä ja yhdistämistä sekä monen, nykyisin tulostetiedostona saatavissa olevien tietojen, kuten vaarallisten aineiden luettelon ja HTP-luettelon, muuttamista tietokannoiksi.

Riskien arvioimiseksi ja hallitsemiseksi on yrityksissä keskeistä selvittää käyttökohtainen kemikaaleille altistuminen. Tämä korostuu entisestään tulevaisuudessa REACH-asetusluonnoksen tullessa voimaan. Yritysten ja työterveyshuollon tueksi tulisi portaalissa antaa tietoa altistumisen arvioinnin välineistä ja keinoista, analyysipalveluista sekä teollisuuden alojen yleisistä altistumistasoista, kuten tämän selvityksen kemikaalikohtaisissa luvuissa on esitetty.

Kehitettävän portaalin tulisi tarjota tarvittavaa tietoa kohderyhmän mukaan oikeassa muodossa ja ajankohtaisesti päivitettyinä. Se voidaan muodostaa kootuista tiedonlähteistä ja tietokannoista sekä niistä muodostetuista metatietokannoista tietotyypeittäin ja kohderyhmittäin.

REACH-asetusluonnoksen astuessa voimaan kemikaaliviraston lakisäätöinen tehtävä on julkaista kaikki kemikaaleja koskevat tiedot internetissä lukuun ottamatta salassa pidettäviä, luottamuksellisia tietoja. REACH-asetusluonnos ei määrittele, millä kielellä kemikaaleja koskevat tiedot on esitettävä. Keskeinen uusi asia, ”kansalaisten oikeus tietää” (public right to know), on todellinen haaste siis myös kielen kannalta. Tällöin esimerkiksi kreikan, espanjan, portugalin tai ranskan kielisen tiedon saattaminen myös suomalaisille työpaikoille ja kuluttajille on haastava työsaika.

Portaalin kohderyhminä ja käyttäjinä olisivat työnantajat, työnjohto, työsuojeluvaltuutetut ja työsuojelupäälliköt, työntekijät, työhygienikot, työterveyshuolto (työterveyslääkärit, työterveyshoitajat), eri alojen asiantuntijat sekä viranomaiset.

Nykyisin olemassa olevat tiedot on yleensä järjestetty aine- ja vaarakohtaisesti, kuten syöpävaaralliset aineet, herkistymistä aiheuttavat aineet, lisääntymisriskille vaaralliset aineet jne. Tulevaisuudessa tietoja tulisi voida hyödyntää myös ammatillisesta näkökulmasta liittyen altistumiseen ja kemikaalien aiheuttamien vaarojen ja riskien arvioimiseen sekä ammatti- että työalakohtaisesti. Näin voisivat tulla paremmin esiin myös niiden tuotteiden terveysvaarat, joita ei vielä luokitella virallisesti vaarallisia kemikaaleja sisältäviksi, mutta joista tiedetään tutkimusten ja selvitysten kautta aiheutuvan terveysvaaroja. Myös kuluttajatuotteiden turvallisuudesta vastaavat voisivat hyödyntää tietoja.

Kun portaaliin rakennetaan semanttisen webin ominaisuuksia, järjestelmä voi opastaa käyttäjää tiedonhaussa oikeiden aineistojen äärelle.

Kuvatus tyypin järjestelmän rakentaminen on suuri haaste kemikaalien tuottajille, työsuojelu- ja työterveysalan viranomaisille sekä eri alojen asiantuntijoille. Keskeistä on sisällön lisäksi tietojen tarkoituksenmukainen esittäminen ja tietotekniikan uusien mahdollisuuksien hyödyntäminen mahdollisimman tehokkaasti ja käyttäjälähtöisesti. Toimiva järjestelmä vaatii myös jatkuvaa ylläpitoa ja päivitystä. Järjestelmää ei ole mahdollista toteuttaa ilman hyvää suunnittelua ja riittäviä hankkeeseen osoitettavia eriyisiä voimavaroja.

## Internet-linkkejä

- Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviikko 2003:  
<http://ew2003.osha.eu.int/>
- EU-viraston verkostoon kuuluvassa Suomen työsuojelun tietopankissa on tarjolla suomenkielistä tietoa vaarallisista aineista ja pölyistä sekä riskien arvioinnista:  
[http://fi.osha.eu.int/good\\_practice/aineet/index.stm](http://fi.osha.eu.int/good_practice/aineet/index.stm)  
[http://fi.osha.eu.int/good\\_practice/riskienarviointi/](http://fi.osha.eu.int/good_practice/riskienarviointi/)
- Henkilönsojainten valinta ja käyttö työpaikalla. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 11. Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto, Tampere 2000.  
[http://fi.osha.eu.int/good\\_practice/ohjeet/stm/suojaimet.pdf](http://fi.osha.eu.int/good_practice/ohjeet/stm/suojaimet.pdf)
- Kemialliset tekijät: toimenpiteet työpaikoilla. Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto, Kemian työsuojeluneuvottelukunta, Tampere 2004.  
<http://www.stm.fi/Resource.phx/publishing/store/2004/04/hm1082707733597/passthru.pdf>
- Kemiallisten ja fysikaalisten riskien arviointi työpaikalla – toimintamalli:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Tyohygenia/Riskinarviointi.htm>
- Kemikaaliturvallisuuden tiedonlähteet -kirja. Työterveyslaitos, Helsinki 2002.  
<http://www.ttl.fi/kemikaalitieto/>  
2. uudistettu painos 2005, saatavana TTL-Kirjakaupasta: <http://www.ttl.fi/kirjakauppa>
- Kemikaalivaarojen arviointi ja hallinta pienyrityksissä:  
[http://www.tyoturva.fi/keskus/tiedotteet/hyvat\\_kaytannot.html](http://www.tyoturva.fi/keskus/tiedotteet/hyvat_kaytannot.html)

- Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV), Kemikaalit:  
[http://www.sttv.fi/kemo/kemikaali\\_frameset.htm](http://www.sttv.fi/kemo/kemikaali_frameset.htm)
- STM:n asetus vaarallisten aineiden luettelosta (509/2005):  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050509>
- STM:n tiedote (339/2003):  
<http://www.stm.fi/Resource.phx/publishing/documents/1120/index.htm>
- Työperäisen altistumisen raja-arvot ja niihin liittyvät kriteeridokumentit:  
[http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel)  
<http://europe.osha.eu.int/research/rtopics/rds/>  
<http://europe.osha.eu.int/topics/ds>
- Työterveyslaitos, Kemikaaliturvallisuus-aihesivut:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Kemikaaliturvallisuus/>
- Työterveyslaitos, Työhygieni-aihesivut, vaaralliset aineet ja pölyt:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Tyohygenia/Vaaralliset+aineet+ja+polyt/>.

## Ajantasainen ja kattava esitys työympäristön kemikaaliriskeistä

Suomeen laadittavaa kansallista kemikaaliohjelmaa varten Työterveyslaitos on valmistellut selvityksen työympäristössä esiintyvistä kemiallisista altisteista ja riskeistä. Käsiteltävinä ovat sellaiset kemikaalit ja kemikaaliryhmät, jotka haitallisten ominaisuuksiensa, ammattitautirekisterin tai suurten altistumispiitoisuuksien perusteella aiheuttavat tai voivat aiheuttaa työperäisiä sairauksia ja selvää työhyvinvoinnin heikkenemistä.

Käytössä olevista ja käytöstä poistetuista kemikaaleista sekä tuotteista löytyvät kemikaaliryhmittäin yhteenvedot niiden käytöstä, altistumisesta ja terveyshaitoista sekä toimenpideehtotuksia. Lisäksi annetaan suosituksia sekä kansalliselle kemikaaliohjelmalle että toimenpidesuosituksia alan keskeisille toimijoille.

Selvitys muodostaa hyvän tiedonlähteen sekä työsuojelun ammattihenkilöille, viranomaisille että yrityksille.

ISBN 951-802-636-X

59.241

Työterveyslaitos  
[www.ttl.fi/kirjakauppa](http://www.ttl.fi/kirjakauppa)

