

**TNO-rapport**

**V5520**

**Model om inhalatoire blootstelling te schatten in het MKB**

Datum	3 december 2003
Auteur(s)	M. le Feber, J. Marquart, D.H. Brouwer, E.L.J.P. Tielemans, S.C.H.A. Tijssen
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	46
Aantal bijlagen	1
Oprachtgever	
Projectnaam	
Projectnummer	010.47073

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

## Samenvatting

In 2002 is door TNO Chemie een concept gemaakt voor een instrument, waarmee MKB-ondernemers gemakkelijk een RI&E, deel gevaarlijke stoffen, kunnen opstellen (Tijssen e.a., 2003). Dit concept bestaat uit de onderdelen: opstellen gevaarlijke stoffen register, indelen stoffen/producten in gevaarscategorieën, schatten van de blootstelling, vaststellen risicoscore, aanbieden beheersmaatregelen en opstellen Plan van Aanpak.

De gebruikelijke procedure bij het opstellen van een RI&E, deel gevaarlijke stoffen, is dat op basis van het gevaar van de producten die gebruikt worden en de blootstelling tijdens werkzaamheden met deze producten, een inschatting wordt gemaakt van het risico. Werkzaamheden met producten die tot de hoogste risico's leiden, worden in het bijbehorende Plan van Aanpak opgenomen, waarin beschreven wordt hoe deze risico's verkleind gaan worden. Het is dus van belang dat de werkzaamheden met producten ten opzichte van elkaar geprioriteerd kunnen worden.

Het gevaar van producten is een gegeven, de blootstelling hangt af van welke werkzaamheden er met de producten worden verricht. Aangezien dit veel verschillende werkzaamheden kunnen zijn, is het niet haalbaar voor alle werkzaamheden de blootstelling te meten. Daarom is een model ontwikkeld dat de blootstelling schat.

Het model schat de inhalatoire blootstelling aan producten tijdens werkzaamheden met deze producten. Het model geeft geen absolute waarde (uitgedrukt in mg/m<sup>3</sup>), maar rangschikt werkzaamheden met producten ten opzichte van elkaar. De blootstelling wordt uitgedrukt in hoog, middel, laag of zeer laag. Voor het prioriteren van werkzaamheden met producten die in het Plan van Aanpak moeten worden opgenomen, is dit voldoende. Voor toetsing aan een grenswaarde (bijvoorbeeld de MAC-waarde) kan het model echter niet gebruikt worden.

Voor de schatting van de blootstelling wordt gekeken naar:

- Hoe gemakkelijk komt het product vrij (vluchtigheid, stoffigheid)?
- Hoe 'open' is de handeling die met het product verricht wordt?
- Welke maatregelen zijn er getroffen die ervoor zorgen dat de verspreiding van het product wordt tegen gegaan (afzuiging, afscherming)?
- Wat doet de werknemer eraan om niet te worden blootgesteld (netjes werken, PBM)?
- Hoe lang en hoe vaak wordt de werkzaamheid verricht?
- Zijn er meerdere bronnen waar het product vrij komt tegelijkertijd?

Op basis hiervan wordt aan werkzaamheden met producten een blootstellingschatting van hoog, middel, laag of zeer laag toegekend.

Om te bepalen of het model werkzaamheden met producten op de juiste wijze rangschikt, zijn situaties waarvan bekend is hoe hoog de blootstelling is vergeleken met de blootstelling die het model voor deze situaties schat. Omdat dit model geen blootstelling schat in termen van mg/m<sup>3</sup>, maar situaties ten opzichte van elkaar rangschikt, is ook alleen gekeken of het model tot dezelfde rangschikking van situaties komt in vergelijking met de rangschikking van situaties op basis van gemeten waarden.

Uit deze beperkte validatie blijkt dat het model situaties met zeer hoge blootstelling goed kan onderscheiden van situaties met zeer lage blootstelling. In het middengebied is het onderscheid minder eenduidig, doordat veel parameters even zwaar meewegen. Desalniettemin kan gesteld worden dat de relatie tussen de modelscores en de gemeten waarden opvallend goed is.

Inmiddels is het concept voor het instrument gecombineerd met dit nieuwe blootstellingmodel en wordt het momenteel, in samenwerking met ArboUnie, omgevormd tot een software instrument voor MKB ondernemers ([www.stoffenmanager.nl](http://www.stoffenmanager.nl)).

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Het model</b> .....	<b>6</b>
2.1 Aanpassingen.....	6
<b>3 Blootstellingsschatting</b> .....	<b>8</b>
3.1 Intrinsieke emissie.....	10
3.2 Handeling.....	11
3.3 Near field of far field.....	12
3.4 Transmissie $1-n_{tr}$ .....	12
3.5 Blootstellingsintensiteit.....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
3.6 Immissie $(1-n_{imm})$ .....	13
3.7 Duur $t_h$ van de behandeling.....	14
3.8 Frequentie $f_h$ van de behandeling.....	14
3.9 Berekening blootstellingsscore.....	14
3.10 Indeling in blootstellingcategorieën.....	14
<b>4 Verantwoording</b> .....	<b>15</b>
4.1 Intrinsieke emissie.....	15
4.2 Categorieën voor de handeling.....	15
4.3 Near field of far field.....	16
4.4 Transmissie $1-n_{tr}$ .....	17
4.5 Immissie $(1-n_{imm})$ .....	17
4.6 Duur $t_t$ en frequentie $f_t$ van de handeling.....	17
4.7 Indeling in blootstellingcategorieën.....	17
4.8 Discussie.....	18
<b>5 Beperkte validatie</b> .....	<b>19</b>
5.1 Methode.....	19
5.1.1 Selectie van gegevens ter vergelijking.....	19
5.1.2 Meetwaarden gebruikt voor de vergelijking.....	19
5.1.3 Bepalen van de waarden voor parameters van het instrument.....	20
5.1.4 Vergelijking tussen meetwaarden en uitkomsten van het instrument.....	20
5.2 Resultaten.....	21
5.3 Discussie.....	30
<b>6 Beheersing</b> .....	<b>33</b>
6.1 Uitwerking beheersmaatregelen.....	34
6.2 Belang beheersmaatregelen.....	38
6.3 Effect maatregel op blootstellingsschatting.....	39
<b>7 Conclusie</b> .....	<b>41</b>
<b>8 Referenties</b> .....	<b>42</b>

Bijlage A: Standaard scenario's

# 1 Inleiding

Enige tijd geleden is een concept ontwikkeld voor een instrument waarmee een MKB-ondernemer gemakkelijk een RI&E deel gevaarlijke stoffen op kan stellen (Tijssen e.a., 2003). Dit concept bestaat uit de onderdelen: opstellen gevaarlijke stoffen register, indelen stoffen/producten in gevaarscategorieën, schatten van de blootstelling, vaststellen risicoscore, aanbieden beheersmaatregelen en opstellen plan van aanpak. In het onderhavige onderzoek is een optimalisatie van het onderdeel 'schaten van de blootstelling' uitgevoerd. Hiertoe is een min of meer nieuw model ontwikkeld. Dit model moet aan dezelfde randvoorwaarden voldoen als het concept voor het instrument, te weten:

- Het instrument is bedoeld voor de MKB-ondernemer.
- Het instrument volgt de RI&E, d.w.z. heeft betrekking op combinaties van producten/handelingen.
- Het instrument is bedoeld om combinaties van producten/handelingen te prioriteren voor het plan van aanpak.
- Voor de geprioriteerde combinaties van product/handeling worden in het instrument mogelijkheden tot beheersing aangereikt.
- Het model voor de blootstelling moet voldoende onderscheidend vermogen hebben om handelingen met producten met hoge blootstelling te onderscheiden van handelingen met producten met een middelmatige blootstelling, als ook handelingen met producten met een lage blootstelling.
- De structuur van het model moet zo opgezet zijn dat eventuele toekomstige aanpassingen/verbeteringen in dezelfde structuur kunnen worden doorgevoerd.
- Het huidige model hoeft niet alles te omvatten. In de toekomst komen er allerlei mogelijkheden voor optimalisatieslagen.

Het ontwikkelde model is beperkt gevalideerd. Het model kan gebruikt worden voor het schatten van de inhalatoire blootstelling aan vloeistoffen en vaste stoffen tijdens handelingen met producten. De schatting geeft geen inzicht in de exacte hoogte van de blootstelling, maar geeft een rangschikking van de blootstelling.

## **Leeswijzer**

Allereerst wordt het model beschreven (hoofdstuk 2), gevolgd door een beschrijving van de categorieën voor de verschillende parameters die in het model voorkomen (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 wordt de achterliggende theorie beschreven en verantwoording afgelegd voor de gemaakte keuzes. De beperkte validatie van het model wordt gerapporteerd in hoofdstuk 5. Tot slot wordt in hoofdstuk 6 het verband met de beheersing van de blootstelling gelegd.

## 2 Het model

Blootstelling aan stoffen bestaat uit 3 fasen: emissie, transmissie en immissie. Onder emissie wordt het vrijkomen van de stof verstaan, transmissie is het transport van de stof naar de blootgestelde persoon en immissie is het daadwerkelijk bereiken van de persoon door de stof. Deze 3 fasen van blootstelling zijn gebruikt door Cherrie in het algoritme

$$B = \{E_i \cdot h \cdot (1-n_{lv}) \cdot t_h \cdot f_h + E_p\} \cdot (1-n_{ppe}) \quad (\text{Cherrie, 1999 a})$$

waarbij:  $E_i$  = intrinsieke emissie (het gemak waarmee een stof vrijkomt)  
 $h$  = handeling  
 $(1-n_{lv})^1$  = een factor met betrekking tot beheersing transmissie  
 $t_h$  = duur handeling  
 $f_h$  = frequentie handeling  
 $E_p$  = passieve emissie  
 $(1-n_{ppe})^2$  = factor met betrekking tot beheersing immissie

Om de blootstelling met dit algoritme te kunnen voorspellen, heeft Cherrie per parameter categorieën ingesteld, variërend van 'none' tot 'very high', die ieder een bijbehorende score kregen. Deze scores hebben de logaritmische indeling 10, 3, 1, 0.3, 0.1, 0.03 en 0. De op deze wijze voorspelde blootstelling heeft Cherrie in 63 situaties vergeleken met de gemeten blootstelling en deze bleken goed overeen te komen (correlatie coëfficiënt variërend van 0,31-0.93) (Cherrie, 1999 a).

### 2.1 Aanpassingen

Het model van Cherrie is op een aantal punten aangepast, om het model geschikt te maken voor toepassing in een instrument voor MKB ondernemers, waarmee zij hun gevaarlijke stoffen beleid kunnen vormgeven.

In het algoritme van Cherrie vormen  $(E_i \cdot h)$  samen de emissie,  $(1-n_{lv})$  vormt de transmissie en de factor  $(1-n_{ppe})$  kan als factor voor de immissie gebruikt worden. Omdat de transmissie niet alleen afhankelijk is van lokale afzuiging, wordt in het onderhavige model de factor  $(1-n_{lv})$  vervangen door  $(1-n_{tr})$ . Vanwege het feit dat niet alleen PBM van invloed zijn op de immissie wordt deze factor verder in dit model  $(1-n_{imm})$  genoemd.

Hoewel er in vrijwel iedere arbeidssituatie sprake zal kunnen zijn van 'achtergrond' of passieve emissie van stoffen door bijvoorbeeld lekkage etc, is deze factor  $E_p$  voor het huidige doel van het instrument niet geschikt en derhalve buiten beschouwing gelaten.

Een emissiebron kan zich zowel in de ademzone<sup>3</sup> van een persoon bevinden als daarbuiten. Indien de bron zich in de ademzone bevindt wordt dit een near field (NF)

---

<sup>1</sup> lv = local ventilation

<sup>2</sup> ppe = personal protection equipment

emissie genoemd, als de bron zich buiten de ademzone bevindt heet dit een far field (FF) emissie. De factor (1-n<sub>tr</sub>) is afhankelijk van de positie van de emissiebron en is verschillend voor een NF emissie en een FF emissie. Daarom wordt in dit model, in analogie met het model van Cherrie, onderscheid gemaakt tussen handelingen met stoffen in de NF en handelingen met stoffen in de FF. Het is ook mogelijk dat handelingen met stoffen in de NF tevens leiden tot emissie bronnen in de FF. Het algoritme van Cherrie is daarom aangepast tot:

$$B = \{ [E_i \cdot h \cdot (1-n_{tr})]_{NF} + [E_i \cdot h \cdot (1-n_{tr})]_{FF} \} \cdot (1-n_{imm}) \cdot t_h \cdot f_h$$

---

<sup>3</sup> De ademzone van een persoon is gedefinieerd als een kubus van 2x2x2m om het hoofd van de persoon (Cherrie, 1999 a). In dit model is de ademzone gedefinieerd als afstand hoofdbron < 1m. Dit impliceert dat de ademzone bolvormig is (met straal )1 meter i.p.v. een kubusvormig.

### 3 Blootstellingsschatting

Voor de uitvoering van de blootstellingsschatting dienen bovenstaande parameters te worden bepaald. Voor iedere parameter zijn categorieën opgesteld, waaruit gekozen kan worden.

Bij het opstellen van de categorieën is zoveel mogelijk de methode van Cherrie gevolgd. Omdat zijn model opgezet is voor blootstelling aan vezels, konden categorieën niet zondermeer worden overgenomen. Er is daarom gezocht naar vergelijkbare categorieën die betrekking hebben op vaste stoffen en vloeistoffen.

De categorieën zijn gekoppeld aan logaritmische scores (conform het gevalideerde model van Cherrie), die in het algoritme worden gebruikt. Op basis van de scores per parameter kan B worden uitgerekend, die vervolgens in een blootstellingscategorie wordt ingedeeld.

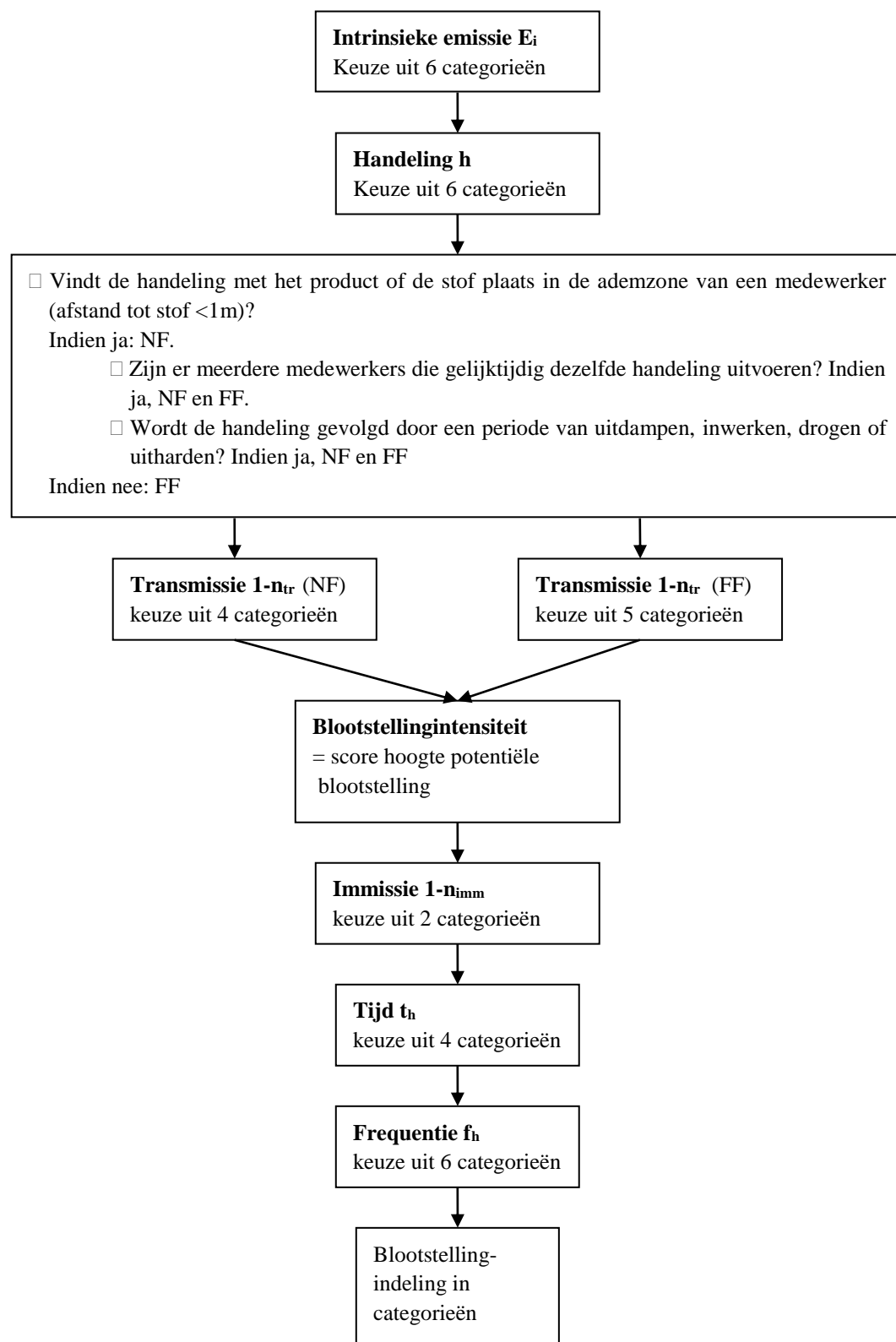
Voor de schatting worden de volgende stappen doorlopen:

1. Score parameter intrinsieke emissie
2. Score parameter handeling
3. Bepaling of het om een near field en/of far field blootstelling gaat
4. Score parameter beheersing transmissie: 'near field' en/of 'far field'
5. Berekening blootstellingintensiteit
6. Score parameter beheersing immissie
7. Score taakduur
8. Score frequentie taak
9. Berekening blootstellingscore B
10. De uitkomsten in blootstellingscategorieën onderverdeeld.

In figuur 1 op de volgende pagina is dit in schema weergegeven.



Figuur 1: Stappen waaruit de blootstellingschatting bestaat.



### 3.1 Intrinsieke emissie

De intrinsieke emissie geeft aan hoe gemakkelijk een stof kan vrijkomen. Voor vloeistoffen is dat afhankelijk van de verdampingsfactor, voor vaste stoffen van de dustiness index. Voor de MKB ondernemer is een vertaling gemaakt van verdampingsfactor naar dampspanning en van dustinessfactor naar een beschrijving van de grofheid van het poeder (ondersteuning met foto's mogelijk).

Tabel 1<sup>a</sup>: De intrinsieke emissie  $E_i$  voor vloeistoffen:

MKB Instrument	Verdampingsfactor (NOR YL)	Beschrijving <sup>4</sup>	Score <sup>4</sup>
Vloeistoffen met een dampspanning lager dan 13 Pa (of 0,13 mbar) bij 20°C.	0	None	0,03
Vloeistoffen met een dampspanning tussen 13 Pa (0,13 mbar) en 133 Pa (1,33 mbar) bij 20°C.	0,3	Very low	0,1
Vloeistoffen met een dampspanning tussen 133 Pa (1,33 mbar) en 900 Pa (9,0 mbar) bij 20°C.	0,7	Low	0,3
Vloeistoffen met een dampspanning tussen 900 Pa (9,0 mbar) en 1330 Pa (13,30 mbar) bij 20°C.	1	Moderate	1
Vloeistoffen met een dampspanning tussen 1330 Pa (13,30 mbar) en 26.600 Pa (266 mbar) bij 20°C.	1,4	High	3
Vloeistoffen met een dampspanning hoger dan 26.600 Pa (266 mbar) bij 20°C.	2,0	Very high	10

Tabel 1<sup>b</sup>: De intrinsieke emissie  $E_i$  voor vaste stoffen:

MKB Instrument	Dustiness index (D inhalable)	Beschrijving <sup>4</sup>	Score <sup>4</sup>
Vaste grondstoffen in objecten, zoals blokken of platen.	$D_i = 0$	None	0
Stevige granulen/korrels (bijv. kunststof korrels of korrels met een waxlaag) of gebonden vezels (bijv. katoen) Geen verstuiwing mogelijk.	$D_i < 0,01\%$	Very low	0,1
Granulen of korrels die uit elkaar kunnen vallen (vergelijkbaar met waspoeder, suiker of mestkorrels).	0,01% < $D_i < 0,1\%$	Low	0,3
Grof stof, er ontstaat een stofwolk in de lucht, maar deze zakt snel uit (bijvoorbeeld zand, carbon black (grof), calcium stearaat, ongebonden vezels).	$0,1\% < D_i < 1\%$	Moderate	1
Fijn stof, er ontstaat een stofwolk, die zichtbaar blijft hangen (vergelijkbaar met meelstof of talkpoeder).	$1\% < D_i < 10\%$	High	3
Extreem stoffige producten.	$D_i > 10\%$	Very high	10

<sup>4</sup> In analogie met de methode van Cherrie (Cherrie, 1999 a)

### 3.2 Handeling

De handelingen onderscheiden zich van elkaar in de mate waarin de gebruikte stof kan vrijkomen (emission rate). Voor de MKB ondernemer is een vertaling gemaakt van emission rate naar een omschrijving van soorten handelingen die tot een dergelijke emission rate leiden.

Tabel 2: Handeling h

MKB Instrument	Emission rate E(g/s)	Beschrijving <sup>5</sup>	Score <sup>5</sup>
Handelingen waarbij een aerosol (= soort nevel) kan ontstaan, zoals spuiten, product aanbrenge op snel bewegende delen, schoonmaken met perslucht, poeders storten van grote hoogte (>2m) in open opslag.	$E > 0,5 \cdot 10^1$	Very high	10
Handelingen waarbij het product zich op een groot open oppervlak bevindt, zoals gebruik van reinigingsmiddelen, aanbrenge van lijmen, verven, dompelen in dompelbad. Ook handelingen met poeders waarbij veel energie wordt toegevoegd, zoals strooien, storten (van kleine hoogte (<2m)) en afvullen van poeders.	$0,5 \cdot 10^{-1} < E < 0,5 \cdot 10^1$	High	3
Handelingen met stoffen, waarbij wel stoffen vrijkomen, maar waarbij de hoeveelheden relatief laag zijn, zoals wegen, toevoegen, mengen, afvullen, aan/afkoppelen van transportlijnen.	$0,5 \cdot 10^{-3} < E < 0,5 \cdot 10^{-1}$	Moderate	1
Handelingen waarbij erg lage hoeveelheden stoffen vrijkomen (zoals bij het openen van de productielijn voor monstername voor kwaliteitscontrole of onderhoudswerkzaamheden)	$0,5 \cdot 10^{-5} < E < 0,5 \cdot 10^{-3}$	Low	0,3
Handelingen waarbij in principe geen stoffen vrijkomen, anders dan door lekkage e.d., zoals het hanteren of geautomatiseerd verplaatsen van gesloten verpakkingen met poeders, waarvan de naden niet stofdicht zijn (zoals zakken van papier, jute e.d)	$0 < E < 0,5 \cdot 10^{-5}$	Very low	0,1
Handelingen waarbij geen stoffen vrijkomen, zoals het hanteren of geautomatiseerd verplaatsen van volledig gesloten verpakkingen (zoals vaten of plastic zakken)	0	None	0

<sup>5</sup> In analogie met de methode van Cherrie (Cherrie, 1999 a)

### 3.3 Near field of far field

Alvorens over te gaan tot het beoordelen van de factor  $I-n_{tr}$ , moet duidelijk worden of het om een near field (NF) of far field (FF) situatie gaat. Dit kan door de vragen te stellen:

- Vindt de handeling met het product of de stof plaats in de ademzone van een medewerker (afstand hoofd-stof <1m)?

Indien ja: NF, beantwoord ook 2 onderstaande vragen.

- Zijn er meerdere medewerkers die gelijktijdig dezelfde handeling uitvoeren? Indien ja, NF en FF.
- Wordt de handeling gevolgd door een periode van uitdampen, drogen of uitharden? Indien ja, NF en FF

Indien nee: FF

### 3.4 Transmissie $1-n_{tr}$

De criteria voor de parameter transmissie verschillen voor een NF en FF situatie. Afhankelijk van de uitkomst van stap 3 moeten dus één of beide parameters gescoord worden.

In de NF wordt de transmissie beïnvloed door de aanwezigheid van lokale afzuiging en de grote van de ruimte.

Tabel 3: Mate van beheersing op transmissieniveau ( $1-n_{tr}$ ) (NF)

MKB Instrument	Beschrijving <sup>6</sup>	Score <sup>6</sup>
Ruimte (<1000 m <sup>3</sup> ) zonder enige vorm van beheersing of tussen 100 en 1000 m <sup>3</sup> met goede mechanische ventilatie	None	1
Kleine ruimte (<100 m <sup>3</sup> ) met goede mechanische ventilatie of grote ruimte (meer dan 1000 m <sup>3</sup> )	FF controls	0,3
Lokale afzuiging (open bron met afzuiging erboven of eronder). Ook modificatie van het product zoals: andere verpakkingsvorm, nat maken van poeder, etc.	Some controls	0,1
Bronafscherming met lokale afzuiging (omkasting van de bron met afzuiging in de omkasting, bijvoorbeeld een zuurkast)	Effective controls	0,03

<sup>6</sup> In analogie met de methode van Cherrie (Cherrie, 1999 a)

In de FF wordt de transmissie beïnvloed door de aanwezigheid van ruimte ventilatie of door compartimentering.

Tabel 4: Mate van beïnvloeding transmissie ( $1-n_{tr}$ ) (FF)

MKB Instrument	Beschrijving <sup>7</sup>	Score <sup>7</sup>
Geen maatregelen	None	1
Geforceerde ruimte ventilatie <sup>8</sup> of open ramen en deuren of buiten	Some controls	0,3
Compartimentering: De emissiebron bevindt zich in een andere niet afgezogen ruimte die een open verbinding heeft met de werkruimte.	Effective controls	0,1
Compartimentering: emissiebron bevindt zich in een andere ruimte die wordt afgezogen (bijv. een spuitcabine)		0,03

### 3.5 Blootstellingintensiteit

De blootstelling aan een product kan een gevolg zijn van een NF blootstelling, een FF blootstelling of beide. De blootstellingintensiteit wordt berekend volgens:

Indien alleen NF:  $E_i \cdot h \cdot (1-n_{iv})_{NF}$

Indien alleen FF:  $E_i \cdot h \cdot (1-n_{iv})_{FF}$

Indien NF en FF:  $E_i \cdot h \cdot (1-n_{iv})_{NF} + E_i \cdot h \cdot (1-n_{iv})_{FF}$

### 3.6 Immissie ( $1-n_{imm}$ )

De immissie wordt mede beïnvloed door de cultuur binnen het bedrijf met betrekking tot bedrijfshygiëne. Daarnaast worden voorzieningen die betrekking hebben op afscherming van de werker gerekend tot immissie gerichte maatregelen.

Tabel 5: Mate van beheersing op immissieniveau ( $1-n_{imm}$ )

MKB Instrument	Score
Geen bijzondere aandacht voor bedrijfshygiëne	1
Good housekeeping, hygiënische werkprocedures, gebruik PBM, alle in combinatie met instructie en training	0,3
De werker afschermen van de emissie bijvoorbeeld door een cabine die niet is voorzien van filters, overdrukstelsel e.d	0,1
Werknemer bevindt zich in een aparte ruimte die wordt afgezogen of een lichte overdruk heeft. De emissiebron bevindt zich buiten deze ruimte (bijvoorbeeld een control room)	0,03

<sup>7</sup> In analogie met de methode van Cherrie (Cherrie, 1999 a)

<sup>8</sup> De ventilatievoud (VV) van open ramen en deuren is doorgaans kleiner dan 5, maar kan ook groter zijn dan 5 en de VV van geforceerde ventilatie ligt doorgaans tussen 3 en 10, maar kan ook groter zijn dan 10. De VV overlapt en er kan geen gefundeerd onderscheidt gemaakt worden tussen open ramen/deuren en geforceerde ventilatie (Miller, 1995).

### 3.7 Duur $t_h$ van de behandeling

Tabel 6: Taakduur  $t_h$ :

Taakduur	Score
Maximaal 30 minuten	0,5
Maximaal 2 uur	2
Maximaal 4 uur	4
4-8 uur	6

### 3.8 Frequentie $f_h$ van de behandeling

Tabel 7: Frequentie taak  $f_h$  (gemiddeld genomen):

Frequentie taak	Score
Ongeveer eens per jaar	3/365
Ongeveer eens per maand	2/30
Ongeveer eens per week	1/7
1-5 keer per week	3/7
2-4 keer per dag	3
>4 keer per dag	6

### 3.9 Berekening blootstellingscore

De blootstellingscore wordt als volgt berekend:

$$\{E_i \cdot h \cdot (1-n_{IV})_{NF} + E_i \cdot h \cdot (1-n_{IV})_{FF}\} \cdot (1-n_{imm}) \cdot h_t \cdot h_f$$

### 3.10 Indeling in blootstellingcategorieën

De uitkomsten van de berekening blootstellingscore wordt volgens onderstaande tabel in gedeeld in blootstellingcategorieën:

Tabel 8: blootstellingcategorieën

Blootstellingcategorie	Blootstellingscore
1 "zeer laag"	0 tot $1,2 \cdot 10^{-3}$
2 "laag"	$1,2 \cdot 10^{-3}$ tot 0,12
3 "middel"	0,12 tot 12
4 "hoog"	12 tot en met 1200

## 4 Verantwoording

Er is getracht om bij de uitwerking van de verschillende parameters de methode van Cherrie te volgen (Cherrie, 1999 a).

### 4.1 Intrinsieke emissie

Cherrie heeft criteria opgesteld voor de score van de intrinsieke emissie: very high, high, moderate, low, very low en none. Vanwege het feit dat zijn invulling van de criteria gericht was op werken met vezels, was het niet mogelijk deze zondermeer over te nemen. In plaats daarvan zijn criteria ontwikkeld op basis van een zgn. Dustiness Index en verdampingsfactor. Er is getracht de criteria te laten aansluiten bij de omschrijvingen zoals gegeven door Cherrie. Voor de MKB ondernemer is de categorie-indeling op basis van dustiness indices vertaald naar omschrijvingen van verschijningsvormen van de producten (Chung, 1994), die verhelderd kunnen worden door foto's. De verdampingsfactor is vertaald naar dampspanning, die echter slechts bij benadering evenredig is met de verdampingsfactor (Norwegian State Pollution Control Authority 1993, Zock, 1998).

### 4.2 Categorieën voor de handeling

Ook voor de parameter handeling is de methode van Cherrie als uitgangspunt genomen. Zoals aangegeven is de indeling van Cherrie vooral gericht op werkzaamheden met vezels. Er is geprobeerd qua blootstelling vergelijkbare werkzaamheden met poeders/vloeistoffen te vinden. Hierbij is voor vloeistoffen gebruik gemaakt van de emission rate. Deze geeft aan hoe gemakkelijk een stof vrijkomt bij een handeling. Hierbij is niet de vluchtigheid van de stof van belang (deze zit in de intrinsieke emissie), maar het type handeling.

De emission rate is o.a. afhankelijk van het emitterende oppervlak en de toegevoegde energie. Voor vloeistoffen zal het emitterende oppervlak een grotere rol spelen (vloeistoffen kunnen verdampen), voor vaste stoffen de toegevoegde energie (vaste stoffen verdampen doorgaans niet). Op basis van de emission rate zijn 6 categorieën ontwikkeld. Voor de MKB-ondernemer is de emission rate vertaald naar soorten handelingen. Er is getracht in de literatuur een verband te vinden tussen emission rate en handelingen, maar dit is helaas niet gelukt. Daarom zijn de standaard scenario's, ontwikkeld voor het project nieuwe en bestaande stoffen, als uitgangspunt genomen (Links, 2001) . Van deze standaard scenario's is een inschatting gemaakt van de bijbehorende emission rates door de handelingen te groeperen en te beoordelen op oppervlak en toegevoegde energie. Vervolgens is aan de hand van literatuurgegevens gecheckt of handelingen waarvan de emission rate bekend was, in de juiste categorie staan. Op basis van deze controle zijn nog enkele aanpassingen gedaan in de tabel. De resultaten zijn gegeven in bijlage 1.

Het huidige instrument is generiek van aard. Dit betekent dat de categorieën van handeling op een hoog abstractieniveau worden ingevuld. En zelfs dan is het ondoenlijk om alle mogelijke handelingen die in alle mogelijke sectoren kunnen plaatsvinden in abstracte begrippen uit te drukken. Het verdient daarom aanbeveling om het instrument branchespecifiek te maken. Het aantal mogelijke handelingen in één branche is veel kleiner, dan in alle branches samen, zodat de categorieën voor handeling specifieker kunnen worden ingevuld. Uiteraard blijft de grondslag voor de indeling in categorieën hetzelfde als bij dit generieke instrument, maar de vertaling naar voor een MKB-ondernemer begrijpelijke termen kan dan geoptimaliseerd worden.

Een ander probleem bij de parameter handeling is dat er gekozen moest worden tussen taak en handeling. Onder handeling wordt een activiteit verstaan al dan niet met een product. Een taak bestaat doorgaans uit verscheidene handelingen, maar geeft vooral aan waar iemand verantwoordelijk voor is. Bij het opstellen van een RI&E zullen beide door elkaar gebruikt worden, naar eigen inzicht van de arbeidshygiënist die hiervoor zorgdraagt.

Er is gekozen voor een indeling in handelingen, omdat dit het meest direct gekoppeld is aan werkzaamheden met producten. Echter, mogelijk komen er ook stoffen vrij in processen die niet direct aan handelingen van de beschouwde persoon gekoppeld kunnen worden. Deze zogenaamde passieve of diffuse emissie wordt uitgedrukt in de parameter  $E_p$ . Mogelijk kan deze later worden ingevuld op zodanige wijze dat dit soort emissies meegenomen worden in de inschatting. Vooralsnog wordt dit echter beoordeeld als te complex voor het doel waarvoor het model bestemd is.

#### 4.3 Near field of far field

Het is de bedoeling dat dit instrument de blootstelling van een werker aan een bepaald product tijdens een bepaalde handeling schat. Het is niet de bedoeling dat dit instrument de totale blootstelling van een werker aan een stof (afkomstig van alle mogelijke handelingen) bepaald. Er is een duidelijke koppeling met handeling. Er zijn verschillende situaties die tot blootstelling aan een product kunnen leiden.

- De werker voert een handmatige handeling uit met het product
- De handeling met het product wordt geautomatiseerd uitgevoerd, de werker bedient de apparatuur.
- Er zijn anderen in de nabijheid van de werker die de handeling met het product uitvoeren. Dit is alleen van belang als de werker zelf ook deze handeling uitvoert. Als dat niet het geval is dient de handeling vanuit de werker die hem uitvoert beoordeeld te worden.
- Er is een bron, die emitteert zonder dat er een handeling verricht wordt (passieve emissie). Bijvoorbeeld het uitharden van kunststoffen of het laten drogen van verf, maar ook open spoelbaden, open potten en vaten e.d. Soms hoort een passieve emissiebron bij een handeling, soms niet. Een deel van deze handelingen is ondervangen door de vraag te stellen of de handeling wordt gevolgd door een periode van uitdampen, drogen of uitharden. Andere passieve bronnen, zoals open spoelbaden en open vaten/blikken zijn in het huidige systeem (nog) niet ondervangen.

Handelingen met stoffen die in de ademzone (afstand hoofdbron < 1m) van de werker worden uitgevoerd zijn per definitie NF handelingen. Handelingen die daar buiten plaats vinden zijn FF handelingen. Door vragen te stellen wordt vastgesteld of het om een NF handeling, een FF handeling of beide gaat.



#### 4.4 Transmissie $1-n_{tr}$

Het effect van interventies op het niveau van transmissie op de blootstelling, is verschillend bij NF of FF blootstelling. Zo is puntafzuiging en het gebruik van bijvoorbeeld zuurkasten vooral van belang in de NF en ruimte ventilatie en compartimentering vooral in de FF.

Uit een artikel van John Cherrie (Cherrie, 1999) blijkt echter dat de blootstelling in de NF tevens afhankelijk is van de grootte van de ruimte en de ruimte ventilatie. Indien in zeer grote ruimtes gewerkt wordt (al dan niet met ruimte ventilatie), of in kleine ruimtes met goede geforceerde ventilatie, dan is de blootstelling in de NF lager dan wanneer er in een kleine ruimte wordt gewerkt zonder (geforceerde) ventilatie (Cherrie, 1999 b). In zeer grote ruimtes heeft dit met een verdunningseffect te maken, terwijl in een kleine ruimte met goede geforceerde ventilatie het effect van de ventilatie ook de NF bereikt. Deze effecten van grootte van de ruimte en ruimte ventilatie komen tot uiting in de categorieën van  $(1-n_{tr})_{NF}$ .

Met betrekking tot de FF transmissie dient opgemerkt te worden dat open ramen en deuren en ruimteventilatie in één categorie is onder gebracht. Dit is gedaan omdat er, ondanks dat de ventilatievoud ten gevolge van open ramen en deuren doorgaans iets lager lijkt te zijn dan ten gevolge van geforceerde ruimte ventilatie, er toch te veel overlap zit in de ventilatievoud om onderscheid te maken. Het enige gefundeerde verschil tussen open ramen en deuren en geforceerde ruimte ventilatie is dat open ramen en deuren geen gegarandeerde ‘stabiele’ situatie hoeft te zijn (is afhankelijk van werkers), terwijl dit voor ruimte ventilatie wel het geval is.

#### 4.5 Immissie ( $1-n_{imm}$ )

Ook op het niveau van immissie is een aantal zaken van invloed. Een werker kan afgeschermd zijn van de bron (door bijvoorbeeld een controlroom of een cabine). Daarnaast kan good housekeeping, het volgen van hygiënische werkprocedures en aandacht hiervoor in werkoverleg resulteren in een lagere blootstelling, dan wanneer hieraan geen aandacht besteed wordt. De parameter immissie kent hierdoor 4 categorieën.

#### 4.6 Duur $h_t$ en frequentie $f_t$ van de handeling

In feite geeft het deel  $E_i \cdot h \cdot (1-n_v)$  van de vergelijking de hoogte van de potentiële blootstelling weer. Voor de mate van blootstelling is het daarnaast van belang de duur en de frequentie van de blootstelling in de prioritering mee te nemen. De duur en frequentie van de handeling bepalen samen de tijd dat deze handeling wordt uitgevoerd. De scores die aan duur en frequentie zijn gegeven, leiden ertoe dat in feite wordt berekend wat op jaarbasis de gemiddelde duur per dag is dat een bepaalde handeling wordt uitgevoerd.

#### 4.7 Indeling in blootstellingcategorieën

De uitkomsten van de berekening van de mate van blootstelling variëren van 0 tot 1200. De hoogte van de potentiële blootstelling (blootstellingintensiteit inclusief immissie) varieert van 0-200 en de factor tijd varieert van 0,008 – 6. Hoewel de factor tijd theoretische gezien hogere waarden aan kan nemen, is dit fysiek onmogelijk doordat een werker maximaal 8 uur per dag werkt. Vanwege het feit dat de meeste parameters een logaritmische schaal hebben, is ervoor gekozen de blootstellingcategorieën ook logaritmisch in te delen.

## 4.8 Discussie

De bepaling of het om een near field of far field blootstelling gaat, vindt plaats aan de hand van drie vragen:

1. Vindt de handeling met het product of de stof plaats in de ademzone van een medewerker (afstand hoofd-stof <1m)?

Indien ja: NF, beantwoord ook 2 onderstaande vragen.

2. Zijn er meerdere medewerkers die gelijktijdig dezelfde handeling uitvoeren? Indien ja, NF en FF.

3. Wordt de handeling gevolgd door een periode van uitdampen, drogen of uitharden? Indien ja, NF en FF

Indien nee: FF

Het effect van de vragen (NF of FF) is duidelijk. Desalniettemin zijn er enkele kanttekeningen bij te plaatsen.

- Indien er meerdere medewerkers zijn die gelijktijdig dezelfde handeling uitvoeren, worden de handelingen van de collega's als FF bronnen voor de persoon in kwestie gezien. Als echter de persoon in kwestie gebruik maakt van bijvoorbeeld lokale afzuiging (NF beheersing), ligt het voor de hand dat ook zijn collega's gebruik maken van lokale afzuiging. Deze NF beheersing voor FF bronnen wordt in het model niet meegenomen. De hoogte van de blootstelling vanuit het FF wordt hierdoor waarschijnlijk overschat.
- Het is ook mogelijk dat collega's wel met hetzelfde product werken, maar hiermee een andere handeling uitvoeren. Er is hier dan wel sprake van FF bronnen, maar niet van dezelfde handeling. Soms liggen de handelingen echter erg dicht bij elkaar. Bijvoorbeeld iemand kan verf spuiten, terwijl een collega dezelfde verf met een roller aanbrengt. Indien er FF bronnen zijn die niet voortkomen uit dezelfde handeling worden ze niet meegenomen in het huidige model. In werkelijkheid kan de blootstelling vanuit de FF dus hoger liggen dan in dit model wordt aangenomen.
- Indien een handeling wordt gevolgd door een periode van uitdampen, drogen of uitharden, is ook de handeling in de NF eigenlijk een andere dan de handeling in de FF. In de NF kan bijvoorbeeld verf zijn aangebracht door te spuiten (handeling score 10), terwijl de bron in de FF uitdampen vanaf een groot open oppervlak is (handeling score 3). Door de handeling in beide gevallen het zelfde te kiezen (namelijk spuiten), wordt de blootstelling vanuit de FF overschat.

In de toekomst is het goed om in het algoritme waarop het model is gebaseerd, onderscheid te maken tussen de handeling in de NF en de handeling in de FF.

## 5 Beperkte validatie

### 5.1 Methode

#### 5.1.1 *Selectie van gegevens ter vergelijking*

Vanuit voorgaande onderzoeken van TNO zijn series meetwaarden geselecteerd waarvoor gegevens goed toegankelijk waren om de waarden voor de parameters van het instrument te kunnen bepalen. Dit betekende, dat er geen originele gegevenssets (ruwe data) zijn doorzocht, maar alleen op basis van rapportages is gewerkt. Voorwaarde voor gebruik van de data was dat het formaat van de meetresultaten bruikbaar moest zijn voor het bepalen van een “gemiddelde” of “hoge” blootstellingwaarde voor een specifieke stof in een specifieke situatie. Daarom zijn metingen die zijn gerapporteerd als “percentage van de SOM-MAC van een set oplosmiddelen” bijvoorbeeld niet meegenomen.

#### 5.1.2 *Meetwaarden gebruikt voor de vergelijking*

Als vergelijking met de uitkomsten van het instrument werden zowel waarden gehanteerd die de centrale tendens van de meetresultaten aangeven als waarden die de bovenkant van de meetwaarden aangeven. Voor de centrale tendens werd in het algemeen het rekenkundiggemiddelde, het geometrisch gemiddelde of de mediaan gebruikt. Voor de bovenkant werd waar mogelijk een 90-percentiel gebruikt en anders het maximum. In sommige gevallen gaf de rapportage alleen de hoogste waarden specifiek weer. Die werden dan gebruikt om de “hoge waarde” in de vergelijking te bepalen. Indien alleen een onder- en bovengrens gegeven werd (in een enkel geval) werd de laagst genoemde waarde als “gemiddelde” gehanteerd en de hoogst genoemde waarde als “hoge waarde”.

Om rekening te houden met het feit dat (vooral bij dampen) de gemeten stof slechts een component van het gebruikte product was, is waar mogelijk de meetwaarde omgerekend naar een waarde voor het product door de waarde voor de stof te delen door de fractie van de stof in het product. Dit kon niet in alle gevallen gebeuren, o.a. omdat het percentage in het product soms niet bekend was (bijvoorbeeld bij de isocyanaten). Ook indien het percentage wel (ongeveer) bekend was, is niet in alle gevallen gecorrigeerd voor het percentage. Dit is bijvoorbeeld niet gebeurd bij de resultaten van tapijtlijmers, omdat daarbij weliswaar het percentage toluen in de lijm ongeveer bekend was, maar niet de hoeveelheid toluen als percentage van de niet-vaste componenten. De vaste componenten tellen bij het bepalen van de blootstelling aan damp niet mee (indien verdamping het proces van emissie is) en dus moet de correctie eigenlijk voor niet-vaste componenten worden uitgevoerd.

De metingen waren in sommige gevallen taakgebonden metingen en in andere gevallen metingen over een bepaalde duur (werkdag of halve werkdag). Voor afwijkingen van taakgebonden meetduur werd niet gecorrigeerd. De meetresultaten van een meetdag met verschillende taken (bijvoorbeeld lijm aanbrengen en tapijt op maat snijden) werden dus niet toegerekend aan een van de twee taken.

### 5.1.3 *Bepalen van de waarden voor parameters van het instrument*

In het algemeen geeft de rapportage van de metingen vrij weinig informatie waaruit direct kan worden afgeleid welke waarde zou moeten worden ingevoerd voor parameters in het instrument. In dat geval is zoveel mogelijk op basis van de beschreven gegevens de beste waarde gekozen. Ook is wel bij originele uitvoerders van de metingen of bij andere betrokkenen van het onderzoek navraag gedaan om de keuze te kunnen maken.

Indien bij de meetresultaten werd gecorrigeerd van een specifieke gemeten stof naar totaal product, dan werd voor de dampspanning een waarde voor het product gebruikt. Dit was in de praktijk de waarde voor water, aangezien het hier waterige producten betrof. Voor het bepalen van de waarde voor de parameters met betrekking tot beheersing van far-field blootstelling werd veelal het oordeel van bij de metingen betrokkenen als leidend gebruikt, omdat vaak hierover geen gegevens in de rapportages waren vermeld. Ook het bepalen van de keuze tussen “kleine ruimte zonder beheersmaatregelen” en “kleine ruimte met goede ruimteventilatie of grote ruimte” moest diverse keren op basis van het oordeel van een betrokkene worden gedaan. Daarbij is dan niet gelet op eventuele metingen aan ventilatievoud (bijvoorbeeld bij de metingen aan stukadoors), omdat die voor een gemiddelde gebruiker van het instrument ook niet voorhanden zullen zijn.

In enkele gevallen werd een onderscheid tussen twee grotendeels vergelijkbare situaties gemaakt in een parameter die daar wellicht niet direct voor bedoeld was. Dit is bijvoorbeeld gebeurd bij de metingen aan methylbromide, waarin een duidelijk onderscheid (ook subjectief beschreven) bestond in methode van toepassing met een spijker of een clip, maar dit moeilijk was te vangen in de parameters van het instrument. Hiervoor werd in dit geval besloten te kiezen voor “good housekeeping”, omdat bij de ene methode de afdekking van het compartiment (de bodem) waarin de stof werd aangebracht niet werd beschadigd, terwijl dit bij de andere methode wel het geval was. De optie “good housekeeping” werd in ieder geval bijna niet gebruikt, mede wegens gebrek aan gerapporteerde gegevens daarover.

Het bepalen van het belang van far-field en/of near-field blootstelling werd nagenoeg geheel door middel van subjectieve beoordeling op basis van inzicht van betrokkenen in de meetsituaties uitgevoerd. De rapportages melden hierover nagenoeg niets. In veel gevallen is het echter uit de beschrijving van de werkzaamheden voldoende duidelijk af te leiden of er sprake is van near-field blootstelling. Vooral de keuze met betrekking tot het meenemen van far-field blootstelling is in diverse gevallen relatief subjectief gebeurd.

### 5.1.4 *Vergelijking tussen meetwaarden en uitkomsten van het instrument*

De vergelijking tussen meetwaarden en uitkomsten van het instrument is uitgevoerd voor de taakgerichte blootstelling binnen het instrument. Voor de meetresultaten is waar mogelijk per set een “gemiddelde waarde” afgeleid en een “hoge waarde”. Deze zijn vergeleken met het tussenresultaat voor de blootstellingintensiteit en met de waarde die verkregen is door het tussenresultaat voor de blootstellingintensiteit te vermenigvuldigen met de waarde voor “maatregelen om het contact van de werker met verontreiniging in de omgeving te beperken” (“immissie\_score”). Die laatste score is meestal als standaardwaarde op “geen maatregelen” gezet, wegens gebrek aan informatie. Daarom is zowel de vergelijking met als zonder gebruik van die score gemaakt.

De duur van de taak en de frequentie er van zijn niet in de vergelijking betrokken, hoewel ze voor de volledigheid wel werden gescoord bij het invullen van het instrument.

## 5.2 Resultaten

In tabel 9 worden de beoordeelde situaties kort omschreven. In tabel 10 worden vervolgens de daaruit afgeleide waarden van de parameters van het instrument en de berekende of geschatte “gemiddelde” of “hoge” meetwaarde gegeven.

Tabel 9: Korte omschrijving van de meetsituaties die in de vergelijking van meetwaarden met scores van het instrument zijn betrokken.

Meetset	Omschrijving situatie	Referentie	Opmerkingen
<i>Vloeistoffen en gassen</i>			
1	Handmatig lamineren met een hars dat 30 tot 40% styreen bevat in de glasvezelversterkte polyesterbouw. Blootstelling aan styreen werd gemeten gedurende de werkdag.	Geuskens <i>et al</i> , 1992	Er is niet gecorrigeerd voor het percentage styreen in het mengsel omdat ervan werd uitgegaan dat het overgrote deel van de vluchtige fractie uit styreen bestaat.
2	Aanbrengen van een styreenhars door glasvezeldraden door een bad styreen te laten lopen en deze op een mal te winden. De werker schraapt het overtollige styreen van de mal en verwijdert eventuele luchtbellen. Het hars bevatte 30-40% styreen. De blootstelling aan styreen werd gemeten gedurende de werkdag.	Geuskens <i>et al</i> , 1992	Er is niet gecorrigeerd voor het percentage styreen in het mengsel omdat ervan werd uitgegaan dat het overgrote deel van de vluchtige fractie uit styreen bestaat.
3	Opbrengen van een mengsel van styreen, harders, glasvezels en toeslagstoffen via een spuitproces (handmatig). De blootstelling aan styreen werd gemeten gedurende de werkdag.	Geuskens <i>et al</i> , 1992	Er is niet gecorrigeerd voor het percentage styreen in het mengsel omdat ervan werd uitgegaan dat het overgrote deel van de vluchtige fractie uit styreen bestaat.
4	Blootstelling van werkers in een ruimte waarin styreenhars is of wordt aangebracht op producten, maar die zelf geen styreenhars verwerkten.	Geuskens <i>et al</i> , 1992	Er is niet gecorrigeerd voor het percentage styreen in het mengsel omdat ervan werd uitgegaan dat het overgrote deel van de vluchtige fractie uit styreen bestaat.

Meetsset	Omschrijving situatie	Referentie	Opmerkingen
5 en 6	Het leggen van tapijt of zeil via volledig verlijmt, waarbij de lijm met 10-30% toluen met een lijmkam en/of kwast werd opgebracht. Metingen gedurende de hele dag, waarbij naast het lijmen ook andere werkzaamheden zijn verricht.	Geuskens <i>et al</i> , 1993	Er is niet gecorrigeerd voor het percentage toluen in de lijm, hoewel bekend is dat toluen niet de enige vluchtige component is. Op basis van de statistische analyses van de meetresultaten werd het verschil tussen situaties met veel ventilatie en situaties met weinig ventilatie in rekening gebracht op het geometrisch gemiddelde van de totale set. Daardoor werden twee verschillende waarden met verschillende waarde voor de parameter ventilatie verkregen.
7	Openen van blikken methylbromide (onder plastic) t.b.v. grondontsmetting door met een spijker er een gat in te slaan	De Vreede <i>et al</i> , 1998	Het slaan van spijkers leidt o.a. tot een gat in het plastic dat provisorisch wordt dichtgeplakt. Daarom is geoordeeld dat hier geen sprake was van “good housekeeping”.
8	Openen van blikken methylbromide (onder plastic) t.b.v. grondontsmetting door een speciaal daarvoor aangebrachte scherpe punt van het blik door het blik te duwen of trappen	De Vreede <i>et al</i> , 1998	Het plastic wordt niet beschadigd bij deze manier van doen. Dit kan ook met de voet. Daarom is geoordeeld dat hier <u>wel</u> sprake was van “good housekeeping”.
9	Verspreiden van methylbromide door dampinjectie in de grond (onder plastic)	De Vreede <i>et al</i> , 1998	De werker bevindt zich feitelijk niet of nauwelijks in de ruimte waar de verspreiding van methylbromide plaats vindt. Daarom is hier alleen “far-field” blootstelling beoordeeld.

Meetsset	Omschrijving situatie	Referentie	Opmerkingen
10	Overpompen van een vloeistof waarin 5% van een stof die een dampspanning heeft van 141 Pa	Brouwer en Lurvink, 2003	De blootstelling is niet gecorrigeerd voor het percentage stof in het product omdat de metingen onder de kwantificatiegrens lagen
11	Verspuiten van een product met een desinfectans in slachthuizen en de vleesverwerkende industrie.	Preller en Schipper, 1999	De bemeten stof had een erg lage dampspanning, maar was in een lage concentratie aanwezig in een waterig product. Met behulp van analyseresultaten van de concentratie van de stof in het product zijn de meetwaarden van de stof omgerekend naar het product.
12	Spuiten (geautomatiseerd) van een mengsel van MDI en polyol op houten platen in een afgezogen tunnelbaan.	Snippe <i>et al</i> , 2001	MDI heeft een erg lage dampspanning. Geen rekening kon worden gehouden met (onbekend) percentage MDI monomeer in het totale mengsel bij de blootstellingschatting
13	Handmatig spuiten van een twee componenten coating (waarin HDI) op scheepswanden	Snippe <i>et al</i> , 2001	HDI heeft een lage dampspanning (ca. 7 Pa). Het percentage HDI monomeer in het mengsel was niet bekend.
14	Heet metaal gieten in een zandmal waarin een harder met MDI monomeer en oligomeren die deels door de hitte van het metaal vrijkomen.	Snippe <i>et al</i> , 2001	Het MDI monomeer percentage in het relevante mengsel was onbekend.
15-17	Kwasten van verven met verschillende oplosmiddelsamenstellingen (verschillende verdampingsfactoren) op deuren en kozijnen in een ruimte met zeer weinig ventilatie. Een semi-experimenteel onderzoek.	Brouwer <i>et al</i> , 2001	Verdampingsfactoren, bepaald op basis van de samenstelling van de verf waren: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 1</li> <li>b. 0,7</li> <li>c. 0,3</li> </ul>

<b>Meetset</b>	<b>Omschrijving situatie</b>	<b>Referentie</b>	<b>Opmerkingen</b>
18	Spuiten van een afbijtmiddel dat 70% methyleenchloride bevat	Groenewold en Marquart, 2001	Blootstellingwaarden omgerekend van methyleenchloride naar product door rekening te houden met het percentage methyleenchloride in het product.
19	Reinigen van spuitpistolen in een wasautomaat . Het werk is semi-handmatig in een open bak.	De Pater e.a., 1998	Metingen aan toluen. Alleen de hoogste waarden zijn specifiek voor toluen gerapporteerd. Daarom is deze set alleen meegenomen voor de bepaling van hoge waarden.
20	Spuiten van pesticiden in een boomkwekerij met een korte spuit (spray boom).	De Vreede en Van Amelsfort, 1997a	Meetwaarden zijn omgerekend naar product door rekening te houden met de concentratie van de gemeten stof in het product. Het product was een waterige oplossing of suspensie. De dampspanning van water is gebruikt.
21	Spuiten van pesticiden in een boomkwekerij met de airblast technique vanaf een trekker	De Vreede en Van Amelsfort, 1997b	Meetwaarden zijn omgerekend naar product door rekening te houden met de concentratie van de gemeten stof in het product. Het product was een waterige oplossing of suspensie. De dampspanning van water is gebruikt.
22	Spuiten van pesticiden in een boomkwekerij met een spuitlans	De Vreede en Van Amelsfort, 1997a	Meetwaarden zijn omgerekend naar product door rekening te houden met de concentratie van de gemeten stof in het product. Het product was een waterige oplossing of suspensie. De dampspanning van water is gebruikt.



Meetsset	Omschrijving situatie	Referentie	Opmerkingen
<b>Vaste stoffen</b>			
23	Het leggen van een zandcement dekvloer door het verspreiden (met troffen, stok e.d.) van het via een leiding aanvoerde vochtige mengsel.	De Vreede, 1992	Persoonlijke metingen aan inhaleerbare stoffractie. Het werk gebeurde in nieuwe gebouwen waar in het algemeen nog geen ruiten in waren gezet.
24	Het verzorgen van de aanvoer van zandcement mengsel voor vloeren, met als belangrijkste taak het vullen van de menger (waaraan een leiding zit die het spul naar binnen voert) door zand en cement in de menger te scheppen en vocht toe te voegen.	De Vreede, 1992	Persoonlijke metingen aan inhaleerbare stoffractie. Het werk gebeurde buiten.
25	Verwerken van pleisterwerk (stucwerk) op wanden door stukadoors	De Jong e.a., 1998	Persoonlijke metingen aan inhaleerbare stoffractie
26	Aanmaken van pleistermateriaal door stukadoors: toevoegen van product en mengen met water	De Jong e.a., 1998	Persoonlijke metingen aan inhaleerbare stoffractie
27	Storten van verschillende poeders uit zakken (vooral 25 kg zakken) in mengers in formuleerbedrijven (verf, lijm, cosmetica, pharmaca) <u>met</u> lokale afzuiging	Marquart <i>et al</i> , 1999	Persoonlijke metingen aan inhaleerbare stoffractie
28	Storten van verschillende poeders uit zakken (vooral 25 kg zakken) in mengers in formuleerbedrijven (verf, lijm, cosmetica, pharmaca) zonder lokale afzuiging	Marquart <i>et al</i> , 1999	Persoonlijke metingen aan inhaleerbare stoffractie. Deze metingen werden in principe aan dezelfde mengers uitgevoerd als meetset 26 en met dezelfde producten door dezelfde werkers, maar de lokale afzuiging was tijdelijk uitgeschakeld.

Tabel 10: Meetwaarden en parameters van het instrument (versie 1 september)

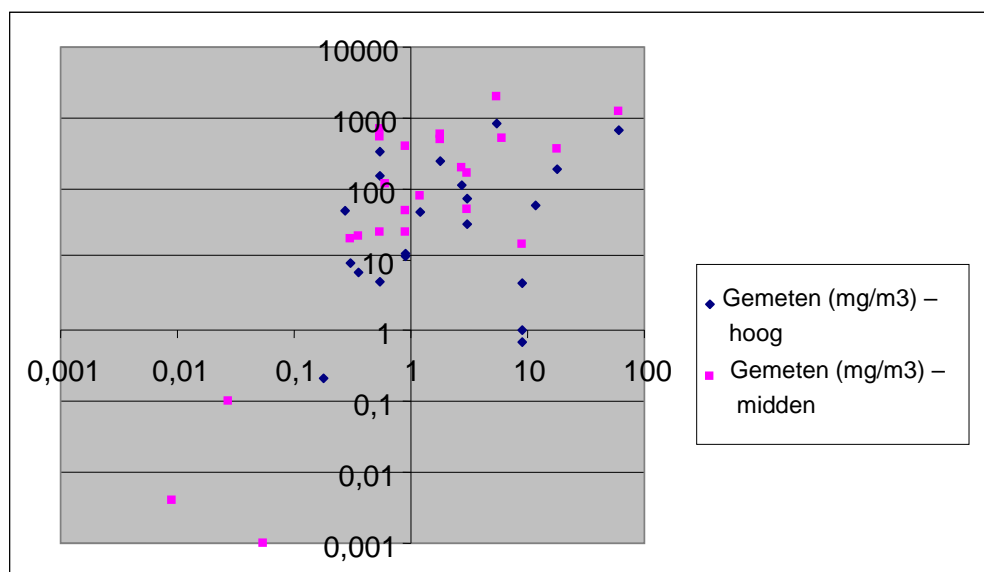
Meet-set	Product	Handeling	Near en Far-field	Beheersing near-field	Beheersing far-field	Tussenresultaat blootstellingintensiteit	Maatregel immissie	Score tussenresultaat * maatregel immissie	Gemiddelde	Hoge waarde
Vloeistoffen en gassen										
1	133<Vp<900	Groot vlak	NF+FF	Grote ruimte	Ruimte ventilatie	0,54	Geen	0,54	150 mg/m3	538 mg/m3
2	133<Vp<900	Groot vlak	NF+FF	Grote ruimte	Ruimte ventilatie	0,54	Geen	0,54	330 mg/m3	716 mg/m3
3	133<Vp<900	Sputten	NF+FF	Grote ruimte	Ruimte ventilatie	1,8	Geen	1,8	250 mg/m3	602 mg/m3
4	133<Vp<900	Groot vlak	FF	Grote ruimte	Ruimte ventilatie	0,27	Geen	0,27	50 mg/m3	--
5	1330<Vp<26600	Groot vlak	NF+FF	Geen beheersing	Geen maatregelen	18	Geen	18	187 mg/m3	360 mg/m3
6	1330<Vp<26600	Groot vlak	NF+FF	Geen beheersing	Open ramen	11,7	Geen	11,7	58 mg/m3	--
7	Vp>26600	Openen proces	NF+FF	Grote ruimte	Compartiment niet afgezogen	1,2	Geen	1,2	48 mg/m3	78 mg/m3
8	Vp>26600	Openen proces	NF+FF	Grote ruimte	Compartiment niet afgezogen	1,2	Good housekeeping	0,36	6,6 mg/m3	21,6 mg/m3
9	Vp>26600	Groot vlak	FF	--	Compartiment niet afgezogen	3	Geen	3	71,3 mg/m3	165 mg/m3
10	133<Vp<900	Aankoppelen leidingen	NF	Grote ruimte	--	0,09	Good housekeeping	0,027	--	< 840 µg/m3
11	1330<Vp<26600	Sputten	NF+FF	Grote ruimte	Open ramen	18	Good housekeeping	5,4	821 mg/m3	2000 mg/m3
12	Vp < 13	Sputten	FF	--	Compartiment afgezogen	0,009	Geen	0,009	--	< 3,7 µg/m3
13	Vp < 13	Sputten	NF+FF	Grote ruimte	Open ramen	0,18	Geen	0,18	213 µg/m3	--
14	Vp < 13	Groot vlak	NF+FF	Grote ruimte	Open ramen	0,054	Geen	0,054	--	< 1,3 µg/m3
15	900<Vp<1330	Groot vlak	NF+FF	Geen beheersing	Geen maatregelen	6	Geen	6	--	510 mg/m3
16	133<Vp<900	Groot vlak	NF+FF	Geen beheersing	Geen maatregelen	1,8	Geen	1,8	--	505 mg/m3

17	13<Vp<133	Groot vlak	NF+FF	Geen beheersing	Geen maatregelen	0,6	Geen	0,6	--	120 mg/m3
18	Vp>26600	Sputen	NF+FF	Grote ruimte	Open ramen	60	Geen	60	623 mg/m3	1239 mg/m3
19	1330<Vp<26600	Groot vlak	NF	Lokale afzuiging	--	0,9	Geen	0,9	--	396 mg/m3
20	1330<Vp<26600	Sputen	NF	Grote ruimte	--	9	Geen	9	1 mg/m3	--
21	1330<Vp<26600	Sputen	FF	--	Open ramen	9	Geen	9	4,7 mg/m3	16,9 mg/m3
22	1330<Vp<26600	Sputen	NF	Grote ruimte	--	9	Geen	9	0,7 mg/m3	--
Vaste stoffen										
23	Granules	Storten	NF+FF	Grote ruimte	Open ramen	0,54	Geen	0,54	4,9 mg/m3	25 mg/m3
24	Grof stof	Storten	NF	Grote ruimte	--	0,9	Geen	0,9	11,2 mg/m3	50 mg/m3
25	Granules	Toevoegen	NF	Geen beheersing	--	0,3	Geen	0,3	8,9 mg/m3	20 mg/m3
26	Grof stof	Storten	NF	Geen beheersing	--	3	Geen	3	31,5 mg/m3	52 mg/m3
27	Fijn stof	Storten	NF	Grote ruimte	--	2,7	Geen	2,7	115 mg/m3	202 mg/m3
28	Fijn stof	Storten	NF	Lokale afzuiging	--	0,9	Geen	0,9	12 mg/m3	24,5 mg/m3

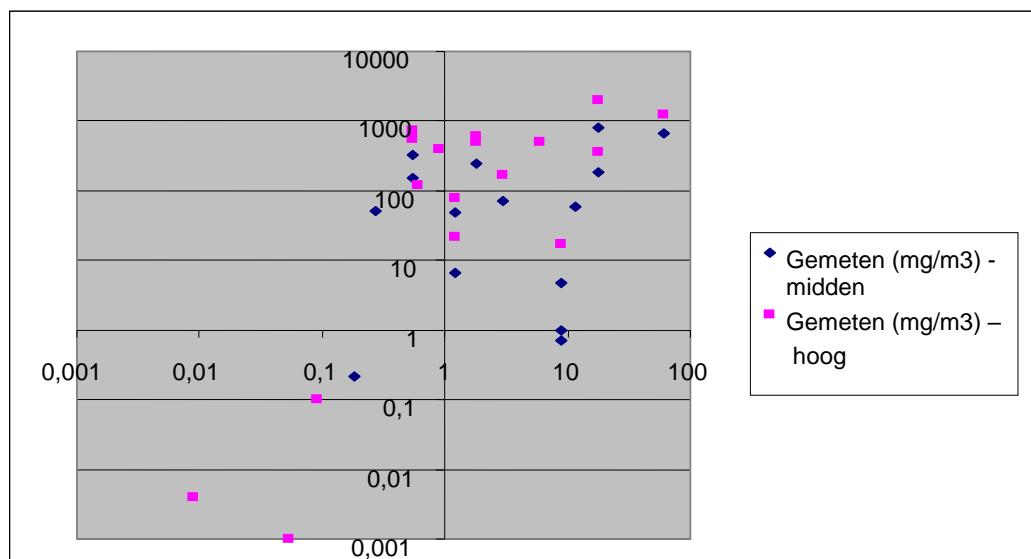
De "gemiddelde waarde" en "hoge waarde" van de meetsets werd in een grafiek uitgezet

De “gemiddelde waarde” en “hoge waarde” van de meetsets werd in een grafiek uitgezet tegen zowel het tussenresultaat voor blootstellingintensiteit als hetzelfde tussenresultaat vermenigvuldigd met de score voor “immissie”. De score voor “immissie” week maar bij uitzondering af van de score voor blootstellingintensiteit, omdat er slechts in enkele gevallen geconcludeerd werd dat er sprake was van afscherming of “good housekeeping”. Dus is er weinig verschil in de twee weergaven. Daarom zijn in de figuren 2, 3 en 4 alleen de grafische weergaven gegeven voor het tussenresultaat vermenigvuldigd met de score voor “immissie”. Dit is zowel voor alle gegevens samen (figuur 2), voor de meetsets waarin gewerkt werd met vloeistoffen en gassen (figuur 3) en voor de meetsets waarin gewerkt werd met vaste stoffen (figuur 4) gedaan.

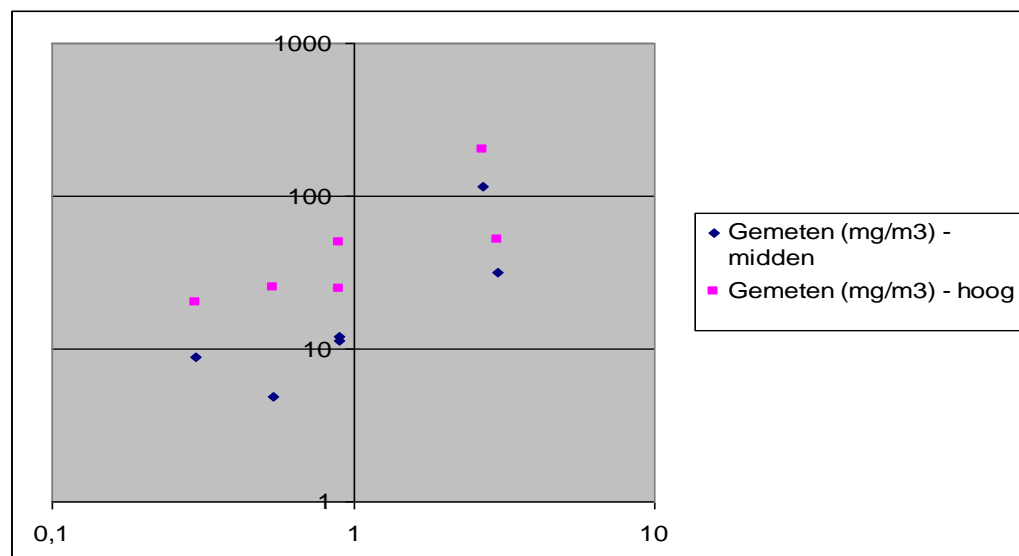
Figuur 2: Blootstellingwaarden (uitgezet op de y-as) tegen de berekende waarde voor blootstellingintensiteit vermenigvuldigd met de score voor "immissie" (x-as); alle meetsets.



Figuur 3: Blootstellingwaarden (uitgezet op de y-as) tegen de berekende waarde voor blootstellingintensiteit vermenigvuldigd met de score voor "immissie" (x-as); alleen situaties waarin gewerkt werd met vloeistoffen of gassen.



Figuur 4: Blootstellingwaarden (uitgezet op de y-as) tegen de berekende waarde voor blootstellingintensiteit (x-as) vermenigvuldigd met de score voor "immissie"; alleen situaties waarin gewerkt werd met vaste stoffen.



Voor zowel de originele waarden als de logegetransformeerde waarden van zowel score als blootstelling is lineaire regressie analyse uitgevoerd op zowel de originele als de log-log waarden. De resultaten van deze analyses worden gegeven in tabel 11.

Tabel 11. Resultaten van de lineaire regressie analyses van zowel de originele blootstellingwaarden tegen de originele score van blootstellingintensiteit maal immissiescore als van de gelogarithmiseerde blootstellingwaarden tegen de gelogarithmiseerde waarde van het product van blootstellingintensiteit maal immissiescore

Analyse	R <sup>2</sup>	Significantie regressie (p ~ )
<i>Originele waarden</i>		
Middenwaarde voor blootstelling tegen score – alle gegevens samen	0,53	0,01
Hoge waarde voor blootstelling tegen score – alle gegevens samen	0,45	0,03
Middenwaarde voor blootstelling tegen score – alleen dampen	0,64	0,01
Hoge waarde voor blootstelling tegen score – alleen dampen	0,57	0,02
Middenwaarde voor blootstelling tegen score – alleen stof	0,72	0,11
Hoge waarde voor blootstelling tegen score – alleen stof	0,67	0,15
<i>Gelogarithmiseerde waarden</i>		
Log(middenwaarde voor blootstelling) tegen log(score) – alle gegevens samen	0,28	0,22
Log(hoge waarde voor blootstelling) tegen log(score) – alle gegevens samen	0,78	< 0,01
Log(middenwaarde voor blootstelling) tegen log(score) – alleen dampen	0,74	0,01
Log(hoge waarde voor blootstelling) tegen log(score) – alleen dampen	0,57	0,02
Log(middenwaarde voor blootstelling) tegen log(score) – alleen stof	0,83	0,04
Log(hoge waarde voor blootstelling) tegen log(score) – alleen stof	0,79	0,06

### 5.3 Discussie

De vergelijking tussen meetwaarden en uitkomsten van het instrument is in deze studie niet gebaseerd op specifiek hiervoor verzamelde gegevens. Bovendien is niet gezocht in de originele meetstaten of databases naar alle details over de metingen die niet in de rapporten en publicaties terecht zijn gekomen. Daardoor is het aantal gebruikte resultaten kleiner dan het aantal relevante meetresultaten uit onderzoek van TNO. Sommige rapportages van onderzoek zijn namelijk gebaseerd op meetresultaten die gepresenteerd zijn als “fractie van de SOM-MAC”. Deze waarden zijn niet bruikbaar voor deze vergelijking. Het bepalen van de resultaten in mg/m<sup>3</sup> per stof is te tijdrovend in het kader van deze beperkte vergelijking. Omdat het instrument is ingevuld op basis van rapportages van metingen die voor andere doelen zijn verzameld, was het ook niet mogelijk in alle gevallen een zeer goed gefundeerde keuze uit de waarden voor de parameters in het instrument te maken. Er is dus beslist een kans op misclassificatie van de parameters in het instrument.

De keuze van sommige parameters moest vaker op basis van expert judgement gebeuren dan die van andere parameters. Kennis over de handeling was in het algemeen voldoende precies voorhanden (vaak ook gerapporteerd) om een goede keuze te kunnen maken. Of near-field blootstelling een rol speelt is vooral bepaald door de mate waarin enerzijds de werker direct werkt met het product op een manier waarbij emissie kan bestaan (bijvoorbeeld: overgieten, smeren op een oppervlak). Voor het bestaan van far-field blootstelling is met name gelet op mogelijkheid van verdamping na de handeling door de werker. Over de beheersmaatregelen voor near- en far-field was in lang niet alle gevallen veel gerapporteerd. Ook zijn er meetsets waarbinnen die variabel is. In deze gevallen is een meer onzekere keuze gemaakt.

De meetwaarden die in de vergelijking zijn gebruikt, zijn met nogal verschillende meetstrategieën bepaald. In sommige gevallen werden zeer duidelijk omschreven specifieke taken met een bepaald product bemeten. In andere gevallen werden wel specifieke taken bemeten, maar werden verschillende producten in de meetsets gebruikt en in sommige gevallen betrof het metingen over een hele of halve werkdag met daarin verschillende taken. Er is wel voor gezorgd dat in ieder geval een taak of situatie in de meetsets zodanig overheersend was, dat een keuze voor waarden van de parameters gemaakt kon worden. Ook de meetmethoden tussen meetsets zijn verschillend geweest, waardoor de vergelijkbaarheid van de meetresultaten beperkt is. Daarnaast moet in ogenschouw genomen worden dat de meetwaarden ook niet perse een representatief beeld van de beoordeelde meetsituatie hoeven te geven. Zoals bekend kan de variatie in blootstelling tussen bedrijven, personen in een bedrijf en dagen “binnen een persoon” zeer groot zijn, zelfs als de eerste indruk is, dat het dezelfde situaties betreft. De meetresultaten vormen een (soms relatief kleine) steekproef uit de werkelijkheid van de betrokken situatie. Ze vormen dus geen “gouden standaard”.

Hoewel er verschillende opmerkingen over de gehanteerde gegevens en de mogelijke misclassificaties en onnauwkeurigheden in de meetresultaten te maken zijn, geeft het totaal aan resultaten toch een eerste beeld van de redelijkheid van het instrument ten opzichte van de gemeten waarden. Uit de figuren 1 tot en met 3 kan worden afgeleid dat er wel een onderscheidend vermogen in het instrument zit, met name als de metingen bij situaties met heel hoge scores worden vergeleken met metingen bij situaties met heel lage scores. Van die laatste waren er echter slechts weinig in de meetsets. Ook zijn er verschillende sterker vergelijkbare meetsets die slechts in een enkel onderdeel verschillen. In die gevallen is het verschil in score van het instrument in het algemeen ook terug te vinden in verschil in meetwaarden. Voorbeeld hiervan zijn de sets met betrekking tot methylbromide (set 7-9), het tapijtlijmen met weinig of veel ventilatie (set 5 en 6) en het storten van poeders met en zonder lokale afzuiging (set 27 en 28). Bij de metingen aan oplosmiddelen bij kwasten van verven met verschillende verdampingsfactor is niet een duidelijk verschil tussen alle verven te vinden. Het feit dat het verschil in een enkele parameter bij verder gelijke situatie in het instrument en in de metingen veelal zichtbaar is terug te vinden is niet verrassend. Specifieke kennis over invloed van bepaalde variabelen, zoals afkomstig uit de genoemde meetsets is immers gebruikt om waarden voor het instrument mede te bepalen.

De resultaten van de lineaire regressie analyses zijn ook indicatief voor een aardige samenhang tussen de scores en de blootstelling. Opgemerkt moet worden, dat de regressie analyses zijn uitgevoerd zonder specifiek te onderzoeken of aan alle formele voorwaarden voor het geldig zijn van de uitkomsten van de regressie analyses is voldaan. Er is geen analyse gemaakt van residuen en/of van de belangrijke invloed van outliers. Uit de figuren kan echter afgeleid worden dat aan de voorwaarde van min of meer lineair verband tussen de score en de blootstelling wel redelijk wordt voldaan.

De resultaten kunnen dus niet gebruikt kunnen worden om de samenhang tussen de score en de blootstelling formeel te beschrijven, maar de relatief hoge correlaties ( $R^2$  in de regressie analyse) en de relatief lage waarden voor de kans dat dit verband toeval is (lage 'p') kunnen wel gezien worden als een duidelijke indicatie dat er een redelijke samenhang is tussen de hoogte van de blootstelling in de beoordeelde situaties en de score die via het instrument aan de situaties is gegeven.

In de vergelijking tussen modeluitkomsten en meetwaarden is een opsplitsing gemaakt in waarden voor gassen en dampen en waarden voor stof. Het is immers mogelijk dat andere factoren een rol spelen bij stofblootstelling dan bij gas/dampblootstelling, of dat dezelfde factoren in verschillende mate een rol spelen. Het aantal waarden in de vergelijking is te gering om dit echt te kunnen bepalen. De grafieken en correlaties geven echter geen indicatie dat het model voor stof en gas/damp verschillend presteert.

De beperkte vergelijking tussen modeluitkomsten en meetwaarden geeft geen aanwijzingen met betrekking tot de relevantie van de gebruikte parameters of de waarden die voor de verschillende categorieën zijn gekozen. Dat kan alleen onderzocht worden door middel van speciaal daarvoor verzamelde meetsets, waarop formele statistische methoden kunnen worden gehanteerd om relaties tussen modelparameters en blootstelling te bepalen.

Verwacht mag worden dat het instrument vooral goed functioneert voor het prioriteren van situaties waarin de waarde van de meeste parameters in de ene situatie consistent hoger is dan in de andere. Dit zijn in het algemeen situaties met grote en duidelijke verschillen in blootstelling. Daarnaast zal het instrument goed functioneren als situaties slechts in één of twee parameters verschillen vertonen. Als situaties in veel parameters verschillen vertonen met hoge en lage waarden vermenigvuldigd in alle situaties, dan is het instrument waarschijnlijk niet goed in staat om de effecten van al die verschillen op een juiste wijze in rekening te brengen. Deze situaties vallen doorgaans in een gemiddelde blootstellingcategorie.



## 6 Beheersing

Door de wijze waarop de blootstellingschatting is opgezet, is het mogelijk een koppeling te maken met beheersing. De beheersmaatregelen die kunnen worden doorgevoerd komen terug in de criteria van de verschillende blootstellingparameters. Dit biedt twee mogelijkheden:

- Doordat voor het schatten van de blootstelling de huidige situatie in het bedrijf in kaart is gebracht, kan hiermee bij het aanbieden van beheersmaatregelen rekening gehouden worden. Maatregelen die al in het bedrijf aanwezig zijn c.q. doorgevoerd zijn, zijn voor dat bedrijf niet meer van belang.
- Het effect van de maatregelen die aangeboden worden kan direct worden doorgerekend op de blootstellingscore, zodat vooraf bekeken kan worden of de maatregel het gewenste effect heeft.

De mogelijke beheersmaatregelen zijn weergegeven in tabel 12.

Tabel 12: Beheersmaatregelen ingedeeld naar blootstellingparameters en niveau waarop het ingrijpt

Parameter→ Beheersniveau↓	Bron		Verspreiding		Blootstelling
	Intrinsieke emissie	Handeling	NF transmissie	FF transmissie	Immissie
<b>Product</b>	Vervangen <sup>9</sup> / eliminieren <sup>10</sup>	Elimineren processtap <sup>3</sup>	Productgerichte maatregel (verpakkingsoort/vorm, nat maken poeder etc.)	Productgerichte maatregel (verpakkingsoort/vorm, nat maken poeder etc.)	
<b>Proces/techniek</b>		Herinrichten proces Automatiseren	Puntafzuiging	Ruimte ventilatie Compartimentering	
<b>Organisatie</b>			Af scherming van de bron (zuurkast)	Product routing <sup>11</sup>	Hygiënisch werken, werkinstructie, procedures
<b>Werker</b>					Cabines (trekker, control room), PBM

<sup>9</sup> Het vervangen van het product kan op 2 manieren. Enerzijds kan voor een ander product met een lagere gevaarscategorie worden gekozen, anderzijds kan gekozen worden voor eenzelfde product in een andere verschijningsvorm.

<sup>10</sup> Een product kan geëlimineerd worden, indien de handeling ook zonder het product kan worden uitgevoerd, of de handeling met product geheel achterwege gelaten kan worden. Dit laatst heeft ook met herinrichten van het proces te maken.

<sup>11</sup> Product routing heeft betrekking op de wijze waarop een proces wordt doorlopen. Soms is het met betrekking tot de blootstelling bijvoorbeeld handiger om de processtappen in een andere volgorde uit te voeren.

## 6.1 Uitwerking beheersmaatregelen

Allereerst zijn de maatregelen uit tabel 12 uitgewerkt waarbij de arbeidshygiënische volgorde is aangehouden. Vervolgens is nagegaan welke parameters uit het voor de blootstellingsschatting gebruikte algoritme worden beïnvloed door de maatregelen en hoe de categorie indeling moet worden aangepast, zodat de maatregelen in de categorieën terugkomen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 13.

Tabel 13: Volgorde maatregelen volgens model:

Nr	Maatregel	Beheersniveau	Parameter	Beschrijving
1	Elimineren	Bron; product	$E_i$	Een product kan geëlimineerd worden, indien de handeling ook zonder het product kan worden uitgevoerd.
2	Elimineren	Bron; product	h	Een product kan ook geëlimineerd worden, indien de handeling met product geheel achterwege gelaten kan worden. Dit heeft vaak met herinrichten van het proces te maken.
3	Product modificatie (eliminieren handeling)	Bron; product	h	Door bijvoorbeeld voorverpakte afgemeten hoeveelheden in te kopen kunnen handelingen (in dit geval wegen) geëlimineerd worden.
4	Vervangen; product modificatie	Bron; product	$E_i$	Een product kan worden vervangen door een alternatief product met dezelfde functionaliteit, maar een <u>andere</u> samenstelling, met een lagere intrinsieke emissie (lagere dampspanning of stoffigheid). <i>Komt overeen met categorieën <math>E_i</math></i>
5	Vervangen; product modificatie	Bron; product	$E_i$	Een product kan worden vervangen door een alternatief product met <u>dezelfde</u> samenstelling en functionaliteit, maar een andere verschijningsvorm (lagere dampspanning of minder stoffig). <i>Komt overeen met categorieën <math>E_i</math></i>

Nr	Maatregel	Beheersniveau	Parameter	Beschrijving
6	Herinrichten proces	Bron, proces	h	<p>Het kan zijn dat het proces, doordat er steeds delen aangebouwd zijn, niet meer optimaal is ingericht. Het opnieuw inrichten van een proces betreft bijvoorbeeld het elimineren van overbodige processtappen (handelingen) of het veranderen van de volgorde van processtappen (handelingen). Daarnaast is het mogelijk processtappen (handelingen) anders in te richten, bijvoorbeeld sorteren van minder grote hoogte. <i>Elimineren processtap → geen risico</i>  <i>Veranderen volgorde t.b.v. reductie risico → door deze maatregel verandert de handeling niet. Voorstel: score bij afspraak 1 niveau (= factor3) verlagen.</i>  <i>Anders inrichten processtappen → komt overeen met categorieën handeling en categorieën transmissie (NF en FF)</i></p>
7	Gebruik optimale technische middelen	Bron, proces	h	<p>Door te kiezen voor andere apparatuur kan de emissie van een stof gereduceerd worden. Bijvoorbeeld door het gebruik van High Volume Low Pressure spuitkoppen.  <i>Door deze maatregel verandert de handeling niet. Voorstel: score bij afspraak 1 niveau (= factor3) verlagen.</i></p>

Nr	Maatregel	Beheersniveau	Parameter	Beschrijving
8	Automatiseren	Bron; proces	NF of FF	<p>Indien (delen van) het proces geautomatiseerd worden, veranderen de handelingen van een NF emissie in een FF emissie.</p> <p><i>Indien het NF was vervalt de transmissie NF en moet de transmissie FF als nog worden ingevuld. Automatiseren heeft veelal een veel groter effect. Het lijkt zinnig om de RI&amp;E opnieuw in te vullen voor de afdeling waar geautomatiseerd wordt.</i></p>
9	Puntafzuiging	Verspreiding; proces	NF transmissie	<p>Door puntafzuiging bij emissiebronnen te plaatsen wordt de bijdrage aan de blootstelling vanuit de NF verlaagd.</p> <p><i>Sluit aan bij criteria transmissie NF</i></p>
10	Productgerichte maatregelen	Verspreiding; organisatie	NF transmissie	<p>Door productgerichte maatregelen kan de emissie in de NF en/of de transmissie naar de FF beperkt worden.</p> <p>Voorbeelden van dergelijke aanpassingen zijn: andere verpakkingsvorm, nat maken van poeder, etc.</p> <p><i>Sluit aan bij criteria transmissie NF</i></p>
11	Ruimte ventilatie	Verspreiding; proces	FF transmissie	<p>Door ruimte ventilatie toe te passen, wordt wel de blootstelling vanuit de FF verlaagd, maar niet de blootstelling vanuit de NF.</p> <p><i>Sluit aan bij criteria transmissie FF</i></p>

Nr	Maatregel	Beheersniveau	Parameter	Beschrijving
12	Compartmentering	Verspreiding; proces	NF transmissie  NF en FF transmissie  FF transmissie	<p>Er zijn verschillende vormen van compartimentering mogelijk:</p> <p>Afscherming van de bron: de emissiebron kan worden omkast, waardoor de emissie niet vrijkomt. Voorbeeld hiervan is een zuurkast.</p> <p><i>Sluit aan bij criteria transmissieNF</i></p> <p>emissiebron bevindt zich in een andere ruimte die wordt afgezogen (bijv. een spuitcabine)</p> <p><i>Sluit aan bij criteria transmissie FF</i></p> <p>emissiebron bevindt zich in een andere niet afgezogen ruimte die een open verbinding heeft met de werkruimte.</p> <p>Ook automatisering leidt geregeld tot compartimentering.</p> <p><i>Sluit aan bij criteria transmissie FF</i></p>
13	Product routing	Verspreiding; organisatie	FF transmissie	<p>Product routing heeft betrekking op de wijze waarop een proces wordt doorlopen. Soms is het met betrekking tot de blootstelling bijvoorbeeld handiger om de processtappen in een andere volgorde uit te voeren of om de plek waar processtappen worden uitgevoerd te wijzigen.</p> <p><i>Sluit m.b.t. de plek waarhandelingen plaatsvinden aan bij criteria transmissie NF en/of FF</i></p>

Nr	Maatregel	Beheersniveau	Parameter	Beschrijving
14	Hygiënisch werken, werkinstructies, procedures	Blootstelling; organisatie	Immissie	Door hygiënisch werken en orde en discipline onderdeel te maken van de bedrijfscultuur kan de blootstelling aan gevaarlijke stoffen gereduceerd worden. Voorwaarde is dat iedereen in het bedrijf de werkinstructies kent en op juiste wijze uitvoert. Sluit aan bij criteria immissie
15	Gebruik van cabines	Blootstelling; werker	Immissie	Werknemer bevindt zich in een aparte ruimte die wordt afgezogen of een lichte overdruk heeft. De emissiebron bevindt zich buiten deze ruimte (bijv. een control room) Werker kan in een cabine geplaatst worden, waardoor de werker een mate van bescherming tegen stoffen in de omgevingslucht krijgt. Voorbeeld is een cabine op een trekker. <i>Sluit aan bij criteria immissie</i>
16	Gebruik PBM	Blootstelling; werker	Immissie	Door PBM te gebruiken wordt de actuele blootstelling van een werker verlaagd. Voorwaarde is dat de juiste PBM worden gedragen en dat deze continu worden gebruikt. Daarnaast is het goed onderhouden en regelmatig vervangen van PBM van belang. <i>Sluit aan bij criteria immissie</i>

## 6.2 Belang beheersmaatregelen

Doordat voor het schatten van de blootstelling de huidige situatie in het bedrijf in kaart is gebracht, kan onderscheid gemaakt worden tussen maatregelen die al zijn doorgevoerd en maatregelen die nog een verbetering te weeg kunnen brengen. Maatregelen die al in het bedrijf aanwezig zijn c.q. doorgevoerd zijn, zijn niet langer van belang.

Het verband tussen de huidige situatie in het bedrijf en het belang van de maatregelen is in tabel 14 weergegeven

Tabel 14: Belang beheersmaatregelen

Maatregelen	Niet van belang als
1, 2, 3	
4, 5	De intrinsieke emissie 0,03 of 0 is
Bij herinrichten proces (maatregel 6) dienen 3 opties te worden aangeboden: elimineren processtap, veranderen volgorde, anders inrichten processtappen.	De laatste optie hoeft niet te worden aangeboden indiende transmissie NF of de transmissie FF 0,03 is.
7, 8	
9, 10	Bij transmissie NF de score 0,1 of 0,03 is.
11	Bij transmissie FF de score 0,3; 0,1 of 0,03 is.
12	Bij transmissie NF of bij transmissie FF de score 0,03
13, 14	
15	Bij immissie de score 0,03 is.
16	

### 6.3 Effect maatregel op blootstellingschatting

Het effect van de maatregelen kan direct worden doorgerekend op de blootstellingscore. Hierdoor kan voordat een bedrijf ertoe besluit een maatregel door te voeren het effect ervan zichtbaar worden gemaakt. Dit is zichtbaar gemaakt in tabel 15.

Tabel 15. Het effect van maatregelen op de blootstellingscore

Maatregel	Effect
1	De desbetreffende handeling met product vervalt uit het totale overzicht.
2	De desbetreffende handeling met product vervalt uit het totale overzicht.
3	De desbetreffende handeling met product vervalt uit het totale overzicht.
4	De intrinsieke emissie van het product verandert.
5	De intrinsieke emissie van het product verandert.
6a	Elimineren processtap De desbetreffende handeling met product vervalt uit het totale overzicht.
6b	Veranderen volgorde Score handeling 1 niveau verlagen
6c	Anders inrichten processtappen De handeling met het product verandert. De transmissie NF en FF verandert.
7	Score handeling 1 niveau verlagen
8	Door automatiseren verandert NF in FF.
9	De transmissie NF verandert.
10	De transmissie NF verandert.
11	De transmissie FF verandert.
12a	Emissiebron omkassen De transmissie NF verandert.

<b>Maatregel</b>	<b>Effect</b>	
12b	Emissiebron in andere afgezogen ruimte	De transmissie NF en FF verandert.
12c	Emissiebron in niet afgezogen ruimte met open verbinding	De transmissie FF verandert.
13	De transmissie NF en FF verandert.	
14	De immissie verandert.	
15	De immissie verandert.	
16	De immissie verandert.	



## 7 Conclusie

Uitgaande van een bestaand model voor retrospectieve schatting van de blootstelling aan vezels (Cherrie, 1999 a) is een model ontwikkeld waarmee de inhalatoire blootstelling aan stoffen kan worden geschat. Het model doet geen uitspraak over de hoogte van de blootstelling, maar rangschikt situaties ten opzichte van elkaar. Het model kan situaties met zeer hoge blootstelling goed onderscheiden van situaties met zeer lage blootstelling. In het middengebied is het onderscheid minder eenduidig, doordat veel parameters even zwaar meewegen. Hierdoor is het niet goed mogelijk situaties die in meerdere parameters van elkaar verschillen, maar allen niet behorend tot situaties met zeer lage, dan wel zeer hoge blootstelling, op de juiste wijze te rangschikken. Alle onzekerheden in de vergelijking van modelscores met meetwaarden in ogenschouw genomen en rekening houdend met het feit dat misclassificatie (van zowel modelscore als blootstellingwaarde) in het algemeen de sterkte van correlaties dempt, kan gesteld worden dat de relatie tussen de modelscores en de gemeten waarden opvallend goed is.

Het huidige instrumentmodel is generiek opgezet. Hierdoor is de uitwerking van aard. Dit betekent dat de categorieën van de parameter handeling op een hoog abstractieniveau worden ingevuld. En zelfs dan is het ondoenlijk om alle mogelijke handelingen die in alle mogelijke sectoren kunnen plaatsvinden in abstracte begrippen uit te drukken. Het verdient daarom aanbeveling om het instrument branchespecifiek te maken. Het aantal mogelijke handelingen in één branche is veel kleiner, dan in alle branches samen, zodat de categorieën voor handeling specifiekere kunnen worden ingevuld. Uiteraard blijft de grondslag voor de indeling in categorieën hetzelfde als bij dit generieke instrument, maar de vertaling naar voor een MKB-ondernemer begrijpelijke termen kan dan geoptimaliseerd worden.

Ook de invulling van de beheersmaatregelen is vrij algemeen. Door het model branche specifiek te maken kunnen de handelingen die in een branche plaatsvinden, worden onderverdeeld in de voorgestelde categorieën, op basis van de bijbehorende emission rate. Daarnaast kunnen de beheersmaatregelen specifiekere worden ingevuld.

## 8 Referenties

- Brouwer, D.H., De Pater, A.J., Zomer, C., Lurvink, M.W.M., 2001. Experimentele studie ter evaluatie van de OAR-benadering bij het binnenshuis met een kwast verwerken van VOS bevattende verfproducten. Detail rapport, TNO rapport V3287-II.
- Cherrie, J.W. and Schneider, T., 1999 a, Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 43, No 4, pp 235-245.
- Cherrie, J.W., 1999 b, The effect of room size and general ventilation on the relationship between near field en far field concentrations, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, Volume 14(8): 539-546.
- Chung K.Y.K., Burdett, G.J. 1994 Dustiness testing and moving towards to biologically relevant dustiness index. *Ann. Occup. Hyg.* 38:945-949
- Fehrenbacher, M.C. and Hummel, A.A., 1996, Evaluation of the mass balance model used the Environmental Protecting Agency for estimating inhalation exposure to new chemical substances. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 57: 526-536.
- Geuskens, R.B.M., Van der Klaauw, M.M., Van der Tuin, J., Van Hemmen, J.J., 1992. Exposure to styrene and health complaints in the Dutch glass reinforced plastics industry. *Ann. Occup. Hyg.* 36: 47-57.
- Geuskens, R.B.M., Marquart, J., Van Hemmen, J.J., De Kort, W.L.A.M., 1993. Blootstelling aan oplosmiddelen bij tapijtlijmers, MBL 1993-48, Rijswijk, The Netherlands
- Groenewold, M., Marquart, J., 2001. How accurate is EASE in estimating inhalative exposure at the workplace? *Symposiumverslag, 10e symposium Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne. NVvA*, Eindhoven, 34-41.
- Jong, P. de, Dijk, W. van, Brouwer, D.H., 1998. Onderzoek naar de stofbelasting van stukadoors. TNO Report 98 CSD 343 PJ/VL.
- Keil, C.B., 1998. The development and evaluation of an emission factor for a toluene parts-washing process. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 59: 14-19.
- Links, I.H.M., Gijssbers, J.H.J., Groenewold, M., Marquart, J., 2001. Standard occupational scenario's for risk assessment of new and existing substances. TNO-rapport V3706.
- Marquart, J., Lansink, C., Engel, R., Van Hemmen, J.J., 1999. Effectiveness of local exhaust ventilation during dumping of powders from bags. TNO report V99.267.
- Tijssen, S.C.H.A., Links, I., Lurvink, M., le Feber, M., 2003, Veilig omgaan met gevaarlijke stoffen in het MKB - een hulpmiddel voor het opzetten van een gevaarlijk stoffenbeleid, TNO rapport V5488, TNO Zeist.

Miller, E.R., Dearling, T.B., Boxal, J. 1995 BRE Information paper. Interior painting of trim with solvent-borne paints. Building research Establishment.

Norwegian State Pollution Control Authority 1993. Guidelines for Norwegian regulations concerning labeling, sale etc. of chemical substances and products which may involve a hazard to health and for regulations concerning marking/labeling of flammable and explosive goods.

De Pater, A.J., Marquart, J., Burgers, A.W., 1998. Beheersmaatregelen in Autoschadeherstelbedrijven, een onderzoek naar de stand der techniek op het gebied van beheersmaatregelen met betrekking tot de blootstelling aan organische oplosmiddelen. VUGA-reeks.

Preller, E.A., Schipper, H.J., 1999. Respiratory and dermal exposure to disinfectants: a study in slaughterhouses and the meat processing industry. TNO report V98.1306.

Snippe, R.J., Gijsbers, J.H.J., Van Drooge, H.L., Preller, E.A., 2001. Chemische allergenen in Nederland. Een onderzoek naar de blootstelling van diisocyanaten en zuuranhydriden in Nederland. SZW series, ISBN 9057495481.

De Vreede, J.A.F., 1992. Oriënterend onderzoek naar blootstelling aan stof bij ondervloers. MBL 1992-9, Rijswijk, The Netherlands.

De Vreede, J.A.F., 1997. Oriënterend onderzoek naar blootstelling aan stof bij ondervloers. *Tijdschrift voor Toegepaste Arbeidwetenschap* 10, 38-41.

De Vreede, J.A.F., Van Amelsfort, M., 1997a. Exposure to pesticides in a tree nursery using the spray boom and spray lance. TNO Report V97.111.

De Vreede, J.A.F., Van Amelsfort, M., 1997b. Exposure to pesticides during application in tree nurseries using an air blast technique. TNO Report V97.119.

De Vreede, J.A.F., den Boeft, J., Van Hemmen, J.J., 1998. Exposure to methyl bromide during greenhouse fumigation on Crete, Greece. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 35, 539-547.

Zock, J.P., Stouten, J.Th.J., Van Hemmen, J.J., 1998. Occupational Air Requirement (OAR) en vervanging van oplosmiddelen voor verf en verfproducten. TNO Rapport V98.1241

## Bijlage A: Standaard scenario's

In het kader van het project nieuwe en bestaande stoffen is gekeken of er standaard scenario's ontwikkeld konden worden met een bijbehorende worst case blootstellingsschatting. Het idee was om de standaard scenario's met vergelijkbare worst case inhalatoire blootstelling te groeperen en de groepen te rangschikken op hoogte van de emissie bij die handelingen. Dit bleek niet mogelijk, omdat de blootstellingsschattingen niet vergelijkbaar zijn. Daarnaast zijn sommige schattingen gedaan voor situaties waarin gebruik werd gemaakt van ventilatie, waardoor de schatting niet overeenkomt met de emissie. Voor een aantal scenario's was er überhaupt geen worst case schatting voor handen.

De standaard scenario's zijn daarom gegroepeerd op ingeschat emission rate en vervolgens ter controle ingeschat op oppervlak en energie, omdat oppervlak en energie als belangrijke parameters voor de emission rate worden gezien. Het resultaat is onderstaand weergegeven.

### Aerosolvorming (6)

- Spuiten (een product aanbrengen op een oppervlak door het product te vernevelen (aerosolvorming))

*Oppervlak +++; Energie +++*

### Groot open oppervlak (5)

- Gebruik van reinigingsmiddelen (handmatig of semi-automatisch reinigen van objecten of oppervlakken)
- Verspreiden van materiaal (handmatig verspreiden van materiaal m.b.v. een troffel of kam)
- Kwasten en rolleren (handmatig aanbrengen van product op een oppervlak m.b.v. kwast of roller)
- Dompelen (handmatig of semi-automatisch onderdompelen van een object in een bad met vloeistof)

*Oppervlak +++; Energie ++*

### Handelingen met stoffen (4)

- Wegen, toevoegen, mengen
- Laden (automatisch of semi-automatisch grotere hoeveelheden vloeistof toevoegen aan een proces of tank, b.v. met een pomp)
- Storten (handmatig of semi-automatisch grotere hoeveelheden poeder toevoegen aan proces)
- Afvullen van vloeistoffen (automatisch of semi-automatisch afvullen van een vloeistof in vaten of blikken)
- Afvullen van poeders (automatisch of semi-automatisch afvullen van poeders in zakken)
- Monsternamen voor kwaliteitscontrole

*Oppervlak ++; Energie ++*

Openen productieproces (3)

- Aan- en afkoppelen van transferlijnen voor bulktransport van vloeistoffen of poeders van of naar het proces
- Algemene onderhoudswerkzaamheden
- Onderhoud van kopieermachines en printers (schoonmaken met stofzuiger of borstel of onderdelen vervangen/repareren)

*Oppervlak +; Energie +*

Hanteren of geautomatiseerd verplaatsen van verpakkingen met niet geheel stofdichte naden met poeders (zoals papieren of jute zakken) (2)

*Oppervlak 0; Energie +*

Hanteren of geautomatiseerd verplaatsen van volledig gesloten verpakkingen (zoals vaten of plastic zakken) (1)

*Oppervlak 0; Energie 0*

### **Controle met literatuurgegevens**

Vervolgens is gekeken of gegevens uit de literatuur met betrekking tot emission rates van handelingen overeenkomen met deze indeling.

In een artikel van Keil is de emission rate gegeven voor het handmatig wassen van metalen onderdelen met tolueen, gevolgd door het spuiten in een enigszins besloten ruimte met afzuiging, gevolgd door een droogperiode (Keil, 1998). De emission rate is 5,4 g/min, wat overeenkomt met 0,09 g/s. Volgens tabel 2 is dat dus categorie 2, wat goed overeen lijkt te komen met de handelingen. Alleen het spuiten van de onderdelen zou in categorie 1 thuishoren, maar gezien het feit dat hier gebruik is gemaakt van afzuiging, is het niet mogelijk de emission rate van deze handeling vast te stellen.

In een artikel van Fehrenbacher zijn generation rates voor algemene handelingen beschreven: 0,009 ( $3,5 \times 10^{-4}$  – 0,03) g/s voor transfer operations, zoals transport van vloeistoffen naar tankwagens of vaten, en  $5,2 \times 10^{-5}$  ( $4,2 \times 10^{-5}$  –  $6 \times 10^{-5}$ ) g/s voor open surface operations (Fehrenbacher, 1996). De beschreven transfer operation lijken het meest op afvulwerkzaamheden en vallen dus in categorie 3. De bijbehorende generation rate valt ook in deze categorie. Daarnaast zouden de handelingen aan/afkoppelen van transferlijnen kunnen inhouden en daarom is deze handeling toegevoegd aan categorie 3.

Open surface operations lijken overeen te komen met de handelingen uit categorie 2. Echter, als voorbeeld van een open surface handeling wordt monstername gegeven. Dit doet vermoeden dat handelingen bedoeld worden waarbij een vloeistof in een open vat/blik zit en niet zoals in categorie 2 handelingen waarbij een groot uitdampend oppervlak ontstaat. Aangenomen dat dit inderdaad het geval is, vallen open surface handelingen in categorie 3. De generation rate wijkt echter een factor 10 af ( $5,2 \times 10^{-5}$  vs  $0,5 \times 10^{-3}$  -  $0,5 \times 10^{-1}$ ). Het model kan alleen gebruikt worden voor vloeistoffen met een lage dampspanning (max. 0,05 atm). Voor vloeistoffen met een hogere dampspanning is de generartion rate waarschijnlijk hoger; deze kan niet met dezelfde formule bepaald worden. Op basis van deze gegevens is monstername naar categorie 4 verplaatst.

Vanwege het feit dat generation rates geen betrekking hebben op poeders, en voor poeders niet het oppervlak, maar de toegevoegde energie belangrijker lijkt te zijn, zijn enkel handelingen met poeders opnieuw overwogen. Dit heeft geleid tot de volgende aanpassingen:

- Het storten (van kleine hoogte, (2-0,5m)) en afvullen van poeders is verplaatst van categorie 3 naar categorie 2. De toegevoegde energie is bij deze handelingen door de valbeweging redelijk hoog.
- Het storten van poeders van grote hoogte (>2m) gaat gepaard met groot oppervlak en veel toegevoegde energie en is daarom in categorie 1 geplaatst.
- Het strooien van poeders is van categorie 1 naar categorie 2 verplaatst. Strooien gaat weliswaar gepaard met een relatief groot oppervlak, maar de toegevoegde energie is niet erg groot.
- Indien poeders worden toegevoegd van een kleinere hoogte dan 0,5 m, dan heeft dat de term toevoegen gekregen i.p.v. storten. Deze handeling is in categorie 3 gebleven.

De uiteindelijk op deze wijze verkregen indeling is weergegeven in tabel 2 (p.3)