

# Validatie Verbetercheck Oplosmiddelen Metaalbewerking en Metalektro

Versie: november 2007

Omdat mensen de motor zijn **Arbo Unie** 



**Datum**

november 2007

**Kenmerk**

RAP 07 27278

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Verbetercheck Oplosmiddelen	
1.2 Validatie	
<b>2 Materiaal en methode</b>	<b>7</b>
2.1 Goede Praktijken	
2.2 Blootstellingsmodel	
<b>3 Resultaten</b>	<b>12</b>
3.1 Goede Praktijken	
3.2 Blootstellingsmodel	
<b>4 Discussie</b>	<b>22</b>
4.1 Goede Praktijken	
4.2 Blootstellingsmodel	
<b>5 Conclusie en advies</b>	<b>28</b>
5.1 Goede Praktijken	
5.2 Blootstellingsmodel	
<b>Literatuur</b>	<b>31</b>
<b>Bijlagen</b>	
1 Toelichting blootstellingsmodel	32
2 Checklist determinanten blootstelling	35
3 Niet meegenomen componenten	40
4 Lijst grenswaarden en soortelijke massa's	41
5 Verbeteringen blootstellingsmodel	43
6 Gedetailleerde resultaten metingen	45
7 Beschrijving aangetroffen werksituaties	52
8 Correlatie blootstellingsmodel en metingen na log-transformatie	54
9 Sensitiviteit en specificiteit blootstellingsmodel	56

## Samenvatting

De Praktijkrichtlijn of Verbetercheck Oplosmiddelen (PO) is een geautomatiseerde en praktische beoordelingsmethodiek voor het gebruik van en omgaan met oplosmiddelen in de metaalsector die te maken hebben met de volgende handelingen:

1. reinigen middels dompelen
2. verf verwerkingsgereed maken
3. verfspuiten schoonmaken
4. kwasten en rollen
5. handmatig verfspuiten

Deze rapportage beschrijft de validatie van bovenstaande handelingen.

Bij de eerste 3 handelingen zijn zogenaamde goede praktijken gevalideerd. Doel hiervan is om vast te stellen of onderstaande goede praktijken ook daadwerkelijk goed zijn en voldoen aan de wettelijke eisen met betrekking tot blootstelling aan oplosmiddelen (de zogenaamde blootstellingsindex moet lager zijn dan 1):

- reinigen middels dompelen middels een (half) gesloten systeem, al dan niet met automatische vergrendeling en/of vul- en dampretoursysteem;
- verf verwerkingsgereed maken middels een kleurenmengsysteem of verfaanmaakmachine;
- verfspuiten schoonmaken middels een gesloten wassysteem.

Bij deze goede praktijken zijn blootstellingsmetingen uitgevoerd, die statistisch zijn geanalyseerd.

Voor alle drie praktijken blijkt de gemiddelde blootstellingsindex ruimschoots onder de waarde 1 te liggen. Geconcludeerd kan worden dat deze praktijken dus inderdaad als 'Goede Praktijken' kunnen worden aangemerkt. Bij het verf verwerkingsgereed maken is daarnaast nog een tweede goede praktijk aangetroffen, namelijk het handmatig mengen van verf op een tafel met randafzuiging of afzuigkap.

Bij de handelingen 'kwasten en rollen' en 'handmatig verfspuiten' is een blootstellingsmodel ([www.blootstellingsbeoordeling.nl](http://www.blootstellingsbeoordeling.nl)) gevalideerd. Dit model is door de FOSAG/VMB branches ontwikkeld. De eerste ontwikkeling van het model heeft destijds plaatsgevonden in het kader van het project Scheepsschilders van de Arbeidsinspectie. Het model berekent of aan de grenswaarde wordt voldaan, op basis van ondermeer het verbruik en de ventilatiecapaciteit. Zowel de metingen als het model hebben als output een vergelijkbare blootstellingsindex. De validiteit van de modelberekeningen is bestudeerd, met de meetwaarden als gouden standaard.

Deze validiteit is beoordeeld op basis van een tweetal factoren, namelijk: 1) de mate van correlatie tussen model en metingen en 2) of het niveau van de blootstellingsindex model en blootstellingsindex metingen goed overeenkomt.

Ten opzichte van het oorspronkelijke blootstellingsmodel zijn enkele noodzakelijke verbeteringen aangebracht met betrekking tot het verbruik en de ventilatie-capaciteit. Dit verbeterde model is gevalideerd. Voor zowel kwasten en rollen als handmatig verfspuiten is de correlatie tussen het verbeterde model en metingen hoog (R is resp. 0,84 en 0,94). Bij handmatig verfspuiten neigt het verbeterde model echter naar een lichte overschatting van de blootstelling, terwijl er bij kwasten en rollen sprake is van een duidelijke onderschatting van de blootstelling. Derhalve is het noodzakelijk om voor kwasten en rollen een veiligheidsfactor toe te passen. De sociale partners moeten in overleg met de overheid bepalen welk afkappunt het meest wenselijk is. Door toepassing van een veiligheidsfactor is het verbeterde model te beschouwen als een kwantitatief onderbouwde schatting van de blootstelling.

## 1 Inleiding

### 1.1 Verbetercheck Oplosmiddelen

Uit inspecties van de Arbeidsinspectie bleek dat het in veel bedrijven binnen de metaalbewerking en metaalektro nog ontbreekt aan een goede beoordeling van de (mogelijke) blootstelling aan oplosmiddelen. Daarnaast wees eerder onderzoek uit dat behoefte is aan én ook mogelijkheden zijn voor een praktisch beoordeling- en beheersinstrument. Sociale partners in de metaal hebben een plan van aanpak ondertekend om ondernemers te stimuleren tot het nemen van de juiste beheersmaatregelen en te komen tot praktische hulpmiddelen. Als onderdeel van dit plan van aanpak is de Praktijkrichtlijn of Verbetercheck Oplosmiddelen (PO) ontwikkeld.

De PO is een geautomatiseerde en praktische beoordelingsmethodiek ten aanzien van het gebruik van en omgaan met oplosmiddelen voor bedrijven in de metaal-sector die te maken hebben met de volgende activiteiten:

- a) reinigen middels dompelen;
- b) verf verwerkingsgereed maken;
- c) verfspuiten schoonmaken;
- d) kwasten en rollen;
- e) handmatig verfspuiten.

### 1.2 Validatie

Eén van de uitgangspunten bij het opstellen van de PO is dat het instrument, in overleg met de Arbeidsinspectie, is gevalideerd. Dit betekent dat ná validatie het instrument gebruikt kan worden om de blootstelling te beoordelen. Hierdoor kan worden voorkomen dat elk bedrijf blootstellingsmetingen moet uitvoeren. Het toepassen van gevalideerde werksituaties met de bijbehorende randvoorwaarden is dan voldoende borging van een veilige werksituatie.

#### Leeswijzer

De activiteiten die zijn opgenomen in de PO zijn, afhankelijk van de handeling, langs één van onderstaande routes gevalideerd. Deze routes worden in de rapportage los van elkaar beschreven:

#### *Validatie van goede praktijken*

Bij de volgende handelingen zijn goede praktijken gevalideerd:

- reinigen middels dompelen;
- verf verwerkingsgereed maken;
- verfspuiten schoonmaken.

#### *Validatie van blootstellingsmodel*

Door de FOSAG/VMB branches is een richtlijn ontwikkeld voor het verwerken van verven in de scheepsconservering ([www.blootstellingsbeoordeling.nl](http://www.blootstellingsbeoordeling.nl)). De eerste ontwikkeling van het model heeft plaatsgevonden in het kader van het project

Scheepsschilders van de Arbeidsinspectie. Het model is te beschouwen als een kwantitatief onderbouwde schatting en berekent op basis van een aangepaste OAR-formule of aan de grenswaarde wordt voldaan.

Voor een uitgebreide toelichting op dit blootstellingsmodel wordt verwezen naar bijlage 1.

In het kader van de ontwikkeling van de PO is dit blootstellingsmodel gevalideerd bij de volgende handelingen:

- kwast- en rolapplicatie in de productieruimte ('kwasten en rollen');
- handmatig verfspuiten.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Goede Praktijken

#### **Meetstrategie en meetmethode**

Er zijn blootstellingsmetingen uitgevoerd bij de volgende Goede Praktijken:

- reinigen middels dompelen: (half)gesloten systemen, al dan niet met automatische vergrendeling en/of vul- en dampretoursysteem;
- verf verwerkingsgereed maken: kleurenmengsysteem / verfaanmaakmachine;
- verfspuiten schoonmaken: gesloten wassysteem.

De persoonsgebonden metingen zijn uitgevoerd onder representatieve omstandigheden, bij medewerkers met ervaring met de betreffende werkzaamheden. De metingen zijn taakgericht uitgevoerd, met een minimale meetduur van 5 minuten. De meetduur is hierbij gelijk aan de daadwerkelijke werkzaamheden, hetgeen betekent dat er geen pauzes zijn meegenomen in de meetduur. Bij iedere handeling zijn maximaal 3 metingen van een Goede Praktijk in hetzelfde bedrijf bij dezelfde persoon uitgevoerd. De volgende exclusiecriteria zijn gehanteerd: geen periodiek onderhoud van het systeem, andere bronnen in de omgeving, andere werkzaamheden met blootstelling aan oplosmiddelen, werkzaamheden in besloten ruimte of buiten.

Naast de metingen bij deze duidelijk gedefinieerde Goede Praktijken zijn voor de drie onderzochte handelingen (reinen middels dompelen, verf verwerkingsgereed maken en verfspuiten schoonmaken) ook metingen uitgevoerd in situaties die in de praktijk niet bleken te voldoen aan bovenstaande criteria. Het totale aantal metingen per handeling kan hierdoor in één bedrijf groter dan 3 zijn. De resultaten van deze metingen zijn gegroepeerd op basis van de aangetroffen beheersmaatregelen conform het Stoffenmanager blootstellingsmodel ([www.stoffenmanager.nl](http://www.stoffenmanager.nl)) en tevens geanalyseerd.

Alle metingen zijn uitgevoerd door gecertificeerde arbeidshygiënist. De metingen zijn uitgevoerd met lowflowpompen in combinatie met NIOSH-koolbuizen (100/50 mg) met een flow van 200 ml/minuut. De chemische analyse van de koolbuizen is uitgevoerd door de RPS groep. Na extractie met koolstofdисульфide zijn de monsters, met behulp van GC-MS, geanalyseerd op ruim 250 verschillende oplosmiddelen.

#### **Verzamelde gegevens**

Tijdens de metingen is door de arbeidshygiënist, aan de hand van een vragenlijst informatie verzameld over de volgende determinanten (zie bijlage 2):

- Inhoud en ventilatie van de werkruimte;
- Meetduur;
- Beheersmaatregelen op de werkplek;
- Omgevingsfactoren in de werkruimte;
- Samenstelling van producten (uit veiligheidsinformatiebladen).

Als criterium voor oplosmiddelen oftewel Vluchtige Organische Stoffen (VOS) is gehanteerd dat deze een dampspanning hebben die groter is dan 0,01 kPa bij 20 °C. Stoffen waarvan het kritisch effect niet is gebaseerd op het Organo Psycho Syndroom (OPS) (bijv. isocyanaten) zijn niet meegenomen bij het berekenen van de blootstellingsindex (zie bijlage 3).

Van alle oplosmiddelen die in de analyse zijn aangetroffen is informatie verzameld over de grenswaarde. Hierbij is eerst uitgegaan van de informatie in Dohsbase waarbij de volgende volgorde is gehanteerd: Europese grenswaarde, Nederlandse grenswaarde, 'strengste' grenswaarde in EU land, 'strengste' grenswaarde in niet-EU land. Als in Dohsbase geen grenswaarde beschikbaar was, is waar mogelijk een grenswaarde vastgesteld of afgeleid (kick-off waarde systematiek Dohsbase). In bijlage 4 is een overzicht opgenomen van alle gehanteerde waarden. De oplosmiddelen waarvoor op deze wijze geen grenswaarde kon worden vastgesteld of afgeleid zijn niet meegenomen bij het berekenen van de blootstellingsindex (zie bijlage 3).

### **Gebruik van bestaande meetgegevens**

Naast de nieuw uitgevoerde metingen, is getracht om bestaande meetgegevens voor de omschreven Goede Praktijken te achterhalen. Als criterium is gehanteerd dat de metingen na het jaar 2000 moesten zijn uitgevoerd. De branches hebben hiervoor hun leden aangeschreven en Arbo Unie heeft via de arbeidshygiënisten haar klanten benaderd. Uiteindelijk zijn op deze wijze alleen bestaande gegevens voor de handeling verf verwerkingsgereed beschikbaar gekomen. Dit betrof vier metingen, waarvan twee metingen bij de omschreven Goede Praktijk. Deze resultaten zijn samen met de nieuwe meetgegevens geanalyseerd.

### **Verwerking en statistische analyse**

De meetgegevens zijn verwerkt tot een Blootstellingsindex. De blootstellingsindex uit de metingen ( $Bl_m$ ) is berekend uit de aangetroffen concentraties van alle oplosmiddelen ( $C_i$ ), gedeeld door de grenswaarde van de oplosmiddelen ( $OEL_i$ ), volgens de volgende formule:

$$Bl_m = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{OEL_i}$$

Waarin:

- $Bl_m$  Blootstellingsindex metingen
- $C_i$  Gemeten concentratie van het oplosmiddel ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
- $i$  Index over alle oplosmiddelen in de verf
- $OEL_i$  Occupational Exposure Limit van het oplosmiddel ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

Hierbij is de grenswaarde voor het tijdgewogen gemiddelde van 8 uur gehanteerd. Dit betekent dat de aangetroffen concentratie tijdens de meting is vergeleken met de grenswaarde voor blootstelling gedurende 8 uur.

Statistische analyses zijn uitgevoerd met behulp van SAS System for Windows (version 8.2). De blootstellingsgegevens zijn getoetst op lognormaliteit. Metingen met een blootstellingsindex lager dan 0,01 zijn vervangen door de waarde 0,007. Per cluster metingen (gedefinieerde goede praktijk of ander gangbare praktijk) is een geometrisch gemiddelde (GM), geometrisch standaarddeviatie (GSD), 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI) en overschrijdingskans (p) berekend, uitgaande van een grenswaarde voor de blootstellingsindex van 1.

## 2.2 Blootstellingsmodel

### **Meetstrategie en meetmethode**

Voor de validatie van het blootstellingsmodel zijn metingen uitgevoerd bij de volgende handelingen:

- kwast- en rolapplicatie in de productieruimte ('kwasten en rollen');
- handmatig verfspuiten.

De metingen zijn uitgevoerd onder representatieve omstandigheden, bij medewerkers met ervaring met betreffende werkzaamheden. De metingen zijn taakgericht uitgevoerd, met een minimale meetduur van 1 uur voor kwasten en rollen en 20 minuten voor handmatig verfspuiten. Bij iedere handeling zijn maximaal 3 metingen in hetzelfde bedrijf bij dezelfde persoon uitgevoerd. De volgende exclusiecriteria zijn gehanteerd: andere werkzaamheden met blootstelling aan oplosmiddelen, werkzaamheden in besloten ruimte of buiten. De meet- en analysemethode zijn gelijk aan hetgeen beschreven is onder Goede Praktijken. De metingen zijn uitgevoerd met een flow tussen 50 en 200 ml/minuut. De arbeidshygiënist heeft, afhankelijk van de te verwachten meetduur en de omstandigheden (wordt een hoge blootstelling verwacht?), op basis van deskundigheid gekozen voor de juiste flow in deze range.

*NB: Bij kwasten/rollen en handmatig verfspuiten is het in enkele gevallen vorgekomen dat er meerdere personen dezelfde werkzaamheden uitvoerden. Deze situaties zijn bij de validatie wel meegenomen en gebruikt voor verbetering van het model.*

### **Verzamelde gegevens**

Tijdens de metingen is door de arbeidshygiënist informatie verzameld over de determinanten van blootstelling. Als aanvulling op hetgeen beschreven is onder Goede Praktijken is informatie verzameld over de volgende determinanten (zie bijlage 6):

- mengverhouding van de gebruikte basis, harder en verdunner;
- verbruikte hoeveelheid verf;
- verwerkingsduur (netto tijd van handelingen met oplosmiddelen); deze verwerkingsduur is gebruikt bij de berekeningen van de blootstellingsindex model (zie verder).

Van alle oplosmiddelen die zijn opgenomen in de veiligheidsinformatiebladen van de gebruikte producten én van de oplosmiddelen die in de analyse zijn aangetroffen, is informatie verzameld over de grenswaarde en soortelijke massa.

Voor het verzamelen van informatie over de grenswaarde is de systematiek gehanteerd, zoals beschreven onder Goede Praktijken. Voor het verzamelen van informatie over de soortelijke massa is de volgende hiërarchie gehanteerd:

- 1) Dohsbase;
- 2) PhysProp database ([www.syrres.com/esc/physdemo.htm](http://www.syrres.com/esc/physdemo.htm));
- 3) Chemfinder ([www.chemfinder.com](http://www.chemfinder.com));
- 4) GESTIS Stoffdatenbank ([www.hvbg.de/d/bia/gestis/stoffdb/index.html](http://www.hvbg.de/d/bia/gestis/stoffdb/index.html));
- 5) [www.ilpi.com/msds](http://www.ilpi.com/msds).

Bij een range is de hoogste soortelijke massa genomen (worst case). In bijlage 4 is een lijst opgenomen van alle gehanteerde waarden. De oplosmiddelen waarvoor geen soortelijke massa kon worden achterhaald zijn niet meegenomen bij het berekenen van de blootstellingsindex model (zie bijlage 3).

In de analysecertificaten zijn in een aantal gevallen naast de individuele componenten ook totaalfracties C8-C10 en/of C10-C12 gerapporteerd. Waar dit het geval was, is door het analyselaboratorium aan de hand van het chromatogram bepaald in hoeverre deze fracties overlappen met al opgenomen individuele componenten. In enkele gevallen bleek er, na aftrek van de aangetroffen individuele componenten, sprake te zijn van een grote restfractie, bestaande uit alifatische koolwaterstoffen. Deze fractie is in dit geval als 'nafta'-fractie bij de analyse meegenomen.

### ***Gebruik van bestaande meetgegevens***

Ook voor de validatie van het blootstellingsmodel is getracht om bestaande meetgegevens te achterhalen (zie voor werkwijze onder Goede Praktijken). Naast de analyseresultaten zouden van dergelijke metingen ook voldoende gegevens beschikbaar moeten zijn over ondermeer de ventilatie van de ruimte, het verbruik en de mengverhouding van basis, harder en verdunner. Uiteindelijk bleek dit geen bruikbare resultaten op te leveren. De validatie van het model is dan ook uitsluitend gebaseerd op nieuwe meetgegevens.

### ***Verwerking en statistische analyse***

Uit de verzamelde gegevens is een blootstellingsindex model ( $BI_{b, OAR}$ ) berekend en uit de analyseresultaten van de metingen een blootstellingsindex metingen ( $BI_m$ ). Voor een toelichting op het model en de wijze van berekening wordt verwezen naar bijlage 1. Ten opzichte van het oorspronkelijke model zijn enkele verbeteringen aangebracht, die in bijlage 5 worden toegelicht. Alle verdere analyses zijn uitgevoerd op dit verbeterde model. Bovendien is nagegaan of het models middels de AWARE-brush benadering kon worden verbeterd (zie bijlage 1).

De samenhang tussen modelberekeningen en meetwaarden is in kaart gebracht door de data grafisch weer te geven en een regressielijn met Pearson correlatiecoëfficiënt (R) te bepalen. Dit is zowel gedaan met de ongetransformeerde als met de log-getransformeerde waarden.

De analyses zijn uitgevoerd mét en zonder de metingen waarbij er sprake was van niet-geforceerde natuurlijke ventilatie (zie bijlage 5). Bij de regressieanalyses is, in analogie aan de validatiestudie Stoffenmanager, als uitgangspunt gehanteerd dat correlaties (R) rond 0,5 of hoger een aanwijzing zijn voor een goede nauwkeurigheid van het model.

Om inzicht te krijgen in een eventueel benodigde 'veiligheidsfactor' die in de PO kan worden ingebouwd, is per handeling de sensitiviteit en specificiteit van het model berekend.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Goede Praktijken

##### **Overzicht metingen**

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van het aantal bedrijven waarbij metingen zijn uitgevoerd en het aantal metingen per handeling. De details per meting zijn te vinden in bijlage 6.

Tabel 1: Overzicht uitgevoerde metingen

Handeling	Aantal bedrijven	Aantal metingen
Reinigen middels dompelen	5	20
Verf verwerkingsgereed maken	10	32
Verfspuiten schoonmaken	10	34

Niet al deze metingen voldeden aan de gedefinieerde Goede Praktijk. In bijlage 7 is per handeling een beschrijving van de aangetroffen werksituaties gegeven. Voor de statistische analyse zijn de metingen per handeling als volgt gegroepeerd:

- GP: Goede Praktijk = gesloten, afgezogen systeem
- LEV+ : effectieve lokale afzuiging
- LEV- : overige metingen, geen effectieve lokale afzuiging

Bij het verf verwerkingsgereed maken zijn voor de volledigheid naast bovengenoemde categorieën nog twee aparte categorieën voor andere handelingen opgenomen. Deze hadden betrekking op het maken van verf in grote hoeveelheden:

- VM1 : verf maken, kuip met randafzuiging
- VM2 : verf maken, kuip met randafzuiging, deksel open/dicht

##### **Reinigen middels dompelen**

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de resultaten voor de handeling reinigen middels dompelen. In figuur 1 zijn de resultaten grafisch weergegeven in een zogenaamde boxplot. Uit de resultaten blijkt dat de blootstellingsindex bij de Goede Praktijk ruimschoots onder de waarde 1 ligt. Dit blijkt ook te gelden voor de metingen in de categorie LEV- (klep open, afzuiging uit). Deze bevinding is echter gebaseerd op een beperkt aantal metingen (N=3).

Tabel 2: Gemiddelde blootstellingsniveaus reinigen middels dompelen

Situatie	N	AM	GM	GSD	95% BI	p
GP	14	0,02	0,02	1,9	0,01-0,02	< 0,1%
LEV-	3	0,06	0,06	1,4	0,03-0,14	< 0,1%

Verklaring afkortingen:

N = aantal metingen

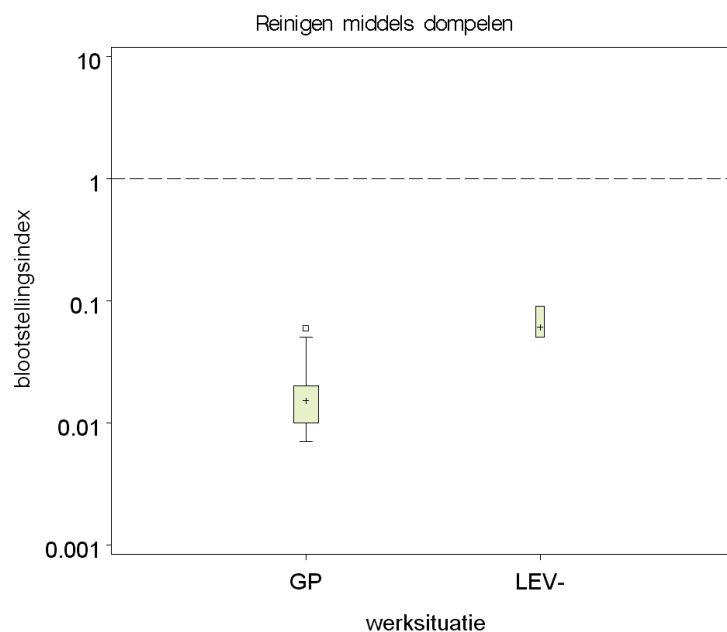
AM = arithmetrisch (= rekenkundig) gemiddelde

GM = geometrisch gemiddelde

GSD = geometrische standaarddeviatie

95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval rondom het GM

p = kans op overschrijding van de grenswaarde (blootstellingsindex van 1)



Figuur 1: Boxplot blootstellingsindex reinigen middels dompelen

### Verf verwerkingsgereed maken

In tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de resultaten voor de handeling verf verwerkingsgereed maken. In figuur 2 zijn de resultaten grafisch weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat de blootstellingsindex bij de Goede Praktijk ruimschoots onder de waarde 1 ligt. Dit blijkt ook te gelden voor de metingen in de categorie LEV+ (effectieve lokale afzuiging). Aangezien deze uitspraak gebaseerd is op voldoende metingen (N=10), kan deze praktijk als tweede goede praktijk worden aangemerkt. Gerealiseerd moet echter worden dat er bij deze praktijk sprake is van een grote variatie in de meetresultaten en dat de hoogste meetwaarde de grenswaarde benadert. Bij de gedefinieerde Goede Praktijk (GP) is de blootstelling lager en minder variabel.

Tabel 3: Gemiddelde blootstellingsniveaus verf verwerkingsgereed maken

Situatie	N	AM	GM	GSD	95% BI	p
GP	8	0,02	0,01	2,16	0,01-0,03	< 0,1%
LEV+	10	0,16	0,06	4,57	0,02-0,18	3,1%
LEV-	7	0,52	0,41	2,07	0,21-0,81	11,3%
VM1	3	0,03	0,03	1,70	0,01-0,10	< 0,1%
VM2	2	13,46	13,43	1,08	6,46-27,95	100%

N = aantal metingen

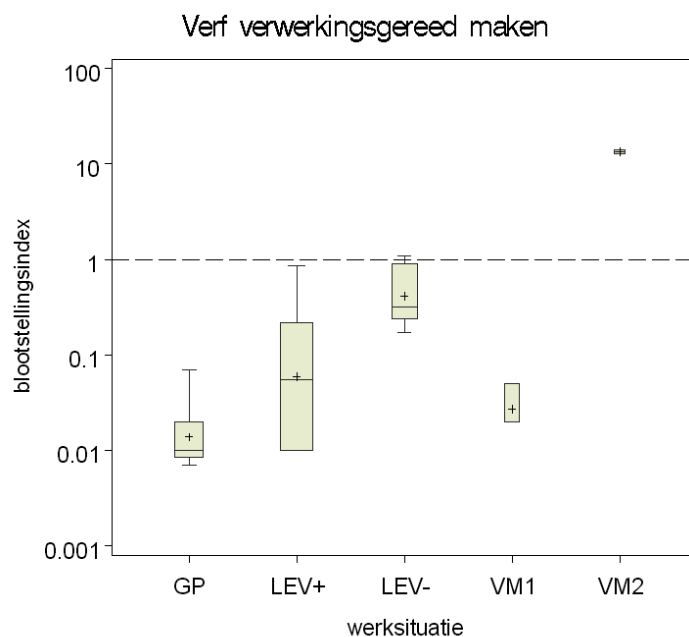
AM = arithmetisch (= rekenkundig) gemiddelde

GM = geometrisch gemiddelde

GSD = geometrische standaarddeviatie

95% BI= 95% betrouwbaarheidsinterval rondom het GM

P = kans op overschrijding van de grenswaarde (blootstellingsindex van 1).



Figuur 2: Boxplot blootstellingsindex verf verwerkingsgereed maken

### Verfspuiten schoonmaken

In tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de resultaten voor de handeling verfspuiten schoonmaken. In figuur 3 zijn de resultaten grafisch weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat de blootstellingsindex bij de Goede Praktijk ruimschoots onder de waarde 1 ligt. Dit blijkt ook te gelden voor de metingen in de categorie LEV+ (effectieve lokale afzuiging). Deze bevinding is echter gebaseerd op een beperkt aantal metingen (N=2).

Vanwege dit kleine aantal metingen is de schatting van de gemiddelde blootstelling bij LEV+ erg onnauwkeurig, wat zich ondermeer uit in een zeer breed betrouwbaarheidsinterval. Een ander gevolg is dat de kans op overschrijding van de grenswaarde niet betrouwbaar kan worden geschat.

Tabel 4: Gemiddelde blootstellingsniveaus verfspuiten schoonmaken

Situatie	N	AM	GM	GSD	95% BI	p
GP	9	0,07	0,04	3,93	0,01-0,11	0,9%
LEV+	2	0,17	0,13	2,53	0,00-563	1,5%
LEV-	22	1,44	0,93	2,61	0,61-1,42	46,9%

N = aantal metingen

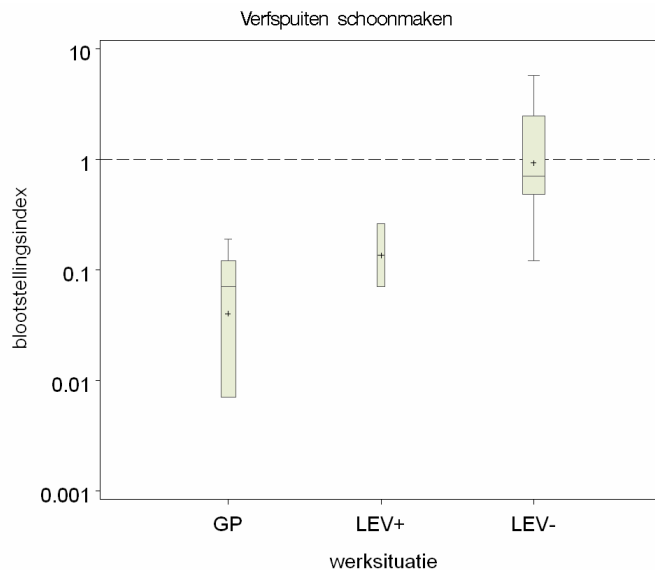
AM = arithmetisch (= rekenkundig) gemiddelde

GM = geometrisch gemiddelde

GSD = geometrische standaarddeviatie

95% BI= 95% betrouwbaarheidsinterval rondom het GM

p = kans op overschrijding van de grenswaarde (blootstellingsindex van 1).



Figuur 3: Boxplot blootstellingsindex verfspuiten schoonmaken

### 3.2 Blootstellingsmodel

#### **Overzicht metingen**

In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van het aantal bedrijven waarbij metingen zijn uitgevoerd en het aantal metingen per handeling.

Tabel 5: *Overzicht uitgevoerde metingen*

Handeling	Aantal bedrijven	Aantal metingen
Kwasten en rollen	7	20
Handmatig verfspuiten	6	14

De gedetailleerde resultaten van de metingen zijn te vinden in bijlage 6. In tabel 6 wordt een overzicht gegeven van de range van de belangrijkste parameters en uitkomsten bij de uitgevoerde metingen. Per handeling wordt in de tabel de minimale en maximale waarde van de betreffende parameter gegeven.

Tabel 6: *Range parameters en uitkomsten metingen*

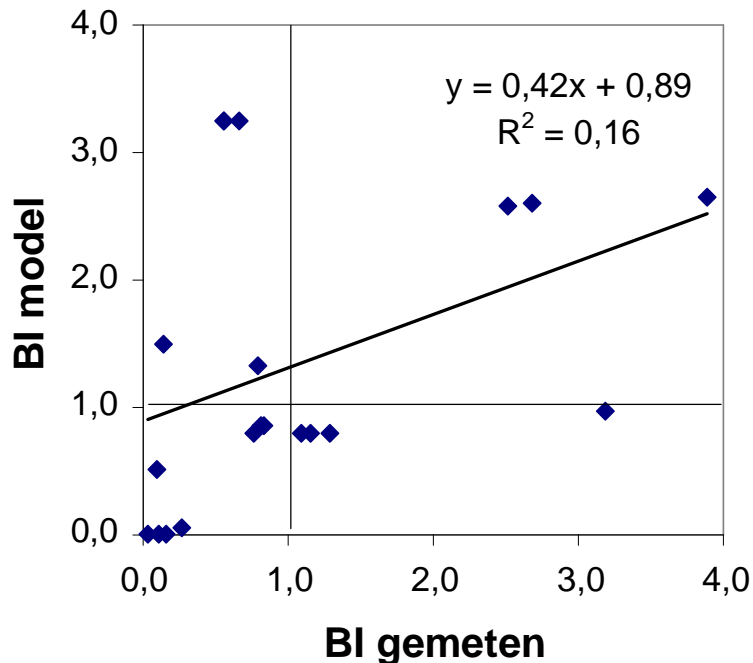
	Kwasten en rollen (N=20)	Handmatig verfspuiten (N=14)
Verbruik per tijd	0,07 - 3,4 liter/uur	0,7 - 28,2 liter/uur
Inhoud werkruimte	5 - 37.500 m <sup>3</sup>	1 - 37.500 m <sup>3</sup>
Type ventilatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ruimteventilatie</li> <li>- lokale afzuiging</li> <li>- niet geforceerde natuurlijke ventilatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ruimteventilatie</li> <li>- spuitcabine</li> <li>- afzuigwand</li> <li>- ruimteventilatie</li> <li>- niet geforceerde natuurlijke ventilatie</li> </ul>
Capaciteit ventilatie	54 - 25.000 m <sup>3</sup> /uur	9.000 - 36.000 m <sup>3</sup> /uur
BI gemeten	0,03 - 3,89	0,07 - 7,04
BI model (OAR)	0,01 - 3,25	0,09 - 7,33
BI model (AWARE-brush)	0,00 - 6,18	0,01 - 0,25

#### **Gehanteerde model**

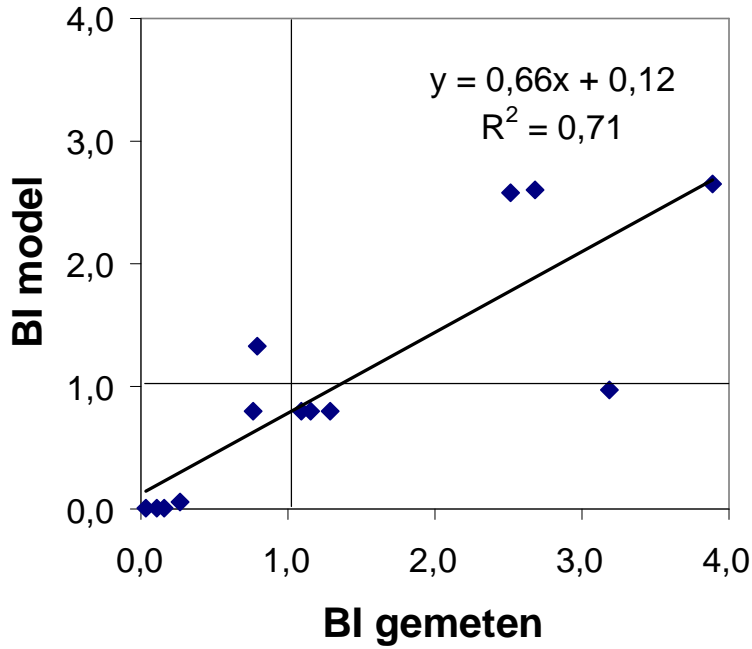
Uit de 1<sup>e</sup> analyses bleek dat de AWARE-brush benadering de blootstelling sterk onderschatte (zie bijlage 6). Hier zijn dan ook verder geen statistische analyses mee uitgevoerd. Waar bij de bespreking van de resultaten gesproken wordt over 'het model', wordt het verbeterde model, zonder AWARE-brush verbetering bedoeld (zie bijlage 5).

**Correlatie blootstellingsmodel en metingen**

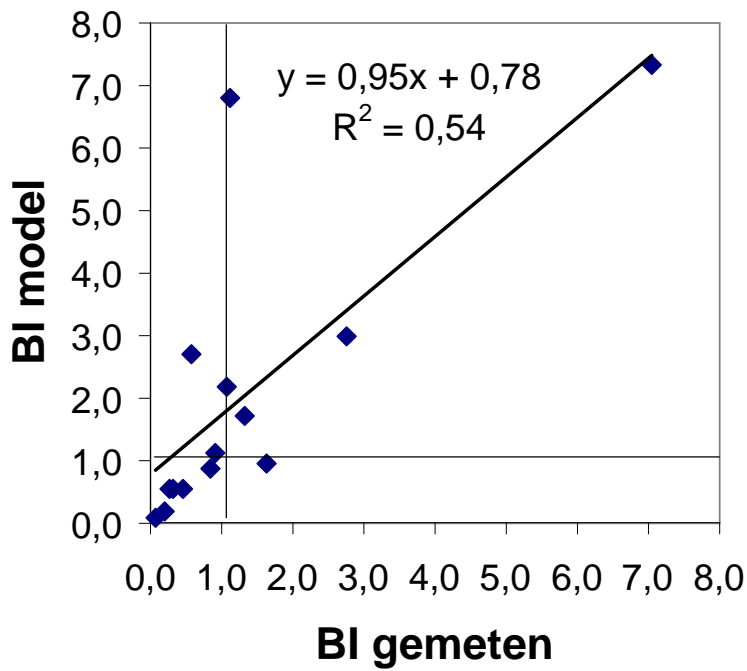
In figuur 4 t/m 7 is het verband tussen de 'gemeten' blootstellingsindex ( $BI_{\text{gemeten}}$ ) en de blootstellingsindex volgens het model ( $BI_{\text{model}}$ ) grafisch weergegeven. Figuur 4 en 5 hebben betrekking op de handeling kwasten en rollen, figuur 6 en 7 op de handeling handmatig verfspuiten. Voor beide handelingen is eerst een grafiek opgenomen met alle metingen en vervolgens een grafiek exclusief de metingen met niet-geforceerde natuurlijke ventilatie (aangeduid als 'exclusief natuurlijke ventilatie'). Voor niet-geforceerde natuurlijke ventilatie is gerekend met een default "worst-case" ventilatievoud van 0,1. Alle grafieken laten de ongetransformeerde waarden zien. In bijlage 8 zijn de resultaten opgenomen voor de log-getransformeerde waarden. De grafieken met de log-getransformeerde waarden zijn minder goed interpreteerbaar voor niet ingewijden, maar zijn vanuit statistisch oogpunt beter, aangezien meetseries lognormaal verdeeld zijn.



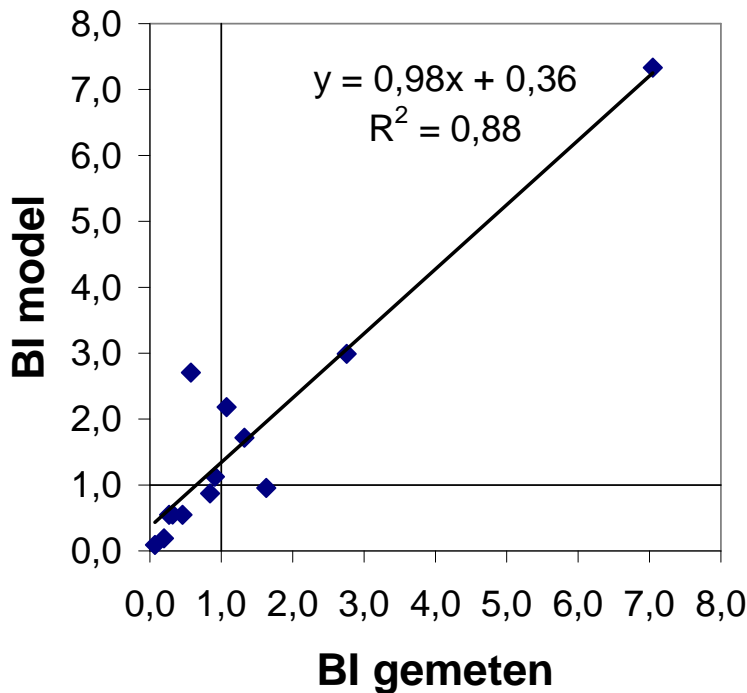
Figuur 4: Relatie 'gemeten' blootstellingsindex vs. blootstellingsindex model  
Handeling: kwasten en rollen, inclusief natuurlijke ventilatie (N=20)



Figuur 5: Relatie 'gemeten' blootstellingsindex vs. blootstellingsindex model  
 Handeling: kwasten en rollen, exclusief natuurlijke ventilatie (N=13)



Figuur 6: Relatie 'gemeten' blootstellingsindex vs. blootstellingsindex model  
 Handeling: handmatig verfspuiten, inclusief natuurlijke ventilatie (N=14)



*Figuur 7: Relatie 'gemeten' blootstellingsindex vs. blootstellingsindex model  
Handeling: handmatig verfspuiten, exclusief natuurlijke ventilatie  
(N=13)*

Voor beide handelingen geldt dat het verband tussen de gemeten blootstellingsindex en de blootstellingsindex model duidelijk verbetert als de metingen met niet-geforceerde natuurlijke ventilatie buiten beschouwing worden gelaten (figuur 5 en 7). Bij deze metingen is er namelijk sprake van een sterke overschatting van de blootstellingsindex door het model, waardoor de meetpunten als 'uitbijter' in de grafiek komen. Wanneer wordt uitgegaan van de loggetransformeerde waarden (zie bijlage 8) is deze zelfde trend te zien.

Uit de verklaarde variantie ( $R^2$ ) kan de correlatie coëfficiënt ( $R$ ) tussen BI gemeten en BI model worden berekend. Deze factoren zijn als volgt:

*Kwasten en rollen:*

- ongetransformeerd:  $R^2=0,71$ ;  $R=0,84$
- log-getransformeerd:  $R^2=0,88$ ;  $R=0,94$

*Handmatig verfspuiten:*

- ongetransformeerd:  $R^2=0,88$ ;  $R=0,94$
- log-getransformeerd:  $R^2=0,83$ ;  $R=0,91$

Dit wijst erop dat het model zich goed verhoudt ten opzichte van de daadwerkelijke metingen; situaties met hoge en lage blootstelling worden door beide methodieken vergelijkbaar beoordeeld. Dit wordt onderbouwd door statistische toetsing van de

richtingscoëfficiënt van de lijn in de grafieken. Deze wijkt in alle gevallen (figuur 4 t/m 11) significant af van 0 ( $p < 0,05$ ), hetgeen betekent dat er een significant verband bestaat tussen de gemeten blootstellingsindex en de blootstellingindex model.

Wanneer beide handelingen met elkaar worden vergeleken (figuur 5 en 7 of figuur 9 en 11 in bijlage 8) valt op dat het model bij handmatig verfspuiten licht neigt naar overschatting van de blootstelling, hoewel het aandeel onterechte uitspraken (model geeft andere uitspraak dan de metingen) in beide richtingen redelijk in balans is. Bij kwasten en rollen is daarentegen sprake van een onderschatting van de blootstelling door het model.

### **Veiligheidsfactor**

Om het blootstellingsmodel in te kunnen bouwen in de Praktijkrichtlijn Oplossmiddelen is het wenselijk dat het oordeel op basis van het blootstellingsmodel (situatie is al dan niet voldoende beheerst) zoveel mogelijk overeenkomst met de werkelijke situatie. Naast een hoge correlatie is het dus van belang dat de hoogte van de schatting van het model overeenkomt met het niveau van de blootstellingsmetingen. Een te lage schatting van het model kan ertoe leiden dat gevaarlijke situaties onterecht als veilig worden aangemerkt. Een te hoge schatting van het model is daarentegen te conservatief en leidt tot maatregelen in een werksituatie die wel veilig is.

Om te onderzoeken wat de optimale situatie is, kan per handeling de sensitiviteit en specificiteit van het model berekend worden bij verschillende mogelijke 'afkappunten'. Dit punt vormt de grens tussen de uitspraak 'situatie voldoende beheerst' en 'situatie onvoldoende beheerst'. De *sensitiviteit* zegt iets over het vermogen van het model om alle situaties waarin de blootstelling onvoldoende is beheerst, op te sporen. De *specificiteit* zegt iets over het vermogen van het model om uitsluitend de situaties met onvoldoende beheersing op te sporen en dus goede situaties ook daadwerkelijk als goede situaties te beoordelen. In bijlage 9 wordt nader ingegaan op de wijze waarop sensitiviteit en specificiteit van het model kunnen worden berekend en zijn de berekeningen van deze parameters voor verschillende afkappunten opgenomen.

In tabel 7 en 8 zijn de resultaten van de berekeningen van sensitiviteit en specificiteit opgenomen zonder toepassing van een veiligheidsfactor, dus met een afkappunt = 1.

Tabel 7: *Sensitiviteit en specificiteit model (handmatig verfspuiten)*

Afkappunt	Sensitiviteit	Specificiteit
1	80%	75%

Voor handmatig verfspuiten geldt dat, zonder toepassing van een veiligheidsfactor, de sensitiviteit van het model 80% is. In 4/5 van de gevallen waarin de blootstelling niet voldoende beheerst is, geeft het model dit ook als uitkomst. In 1/5 van de gevallen geeft het model dan - onterecht - aan dat er geen maatregelen getroffen hoeven te worden. De specificiteit van het model bedraagt, zonder toepassing van een veiligheidsfactor, 75%. Dit betekent dat in 3/4 van de gevallen waarin de blootstelling voldoende beheerst is, het model dit ook als uitkomst geeft.

In 1/4 van de gevallen waarin de blootstelling voldoende beheerst is, beveelt het model echter aan om maatregelen te nemen.

*Tabel 8: Sensitiviteit en specificiteit model (kwasten en rollen)*

<b>Afkappunt</b>	<b>Sensitiviteit</b>	<b>Specificiteit</b>
1	43%	83%

Voor kwasten en rollen geldt dat, zonder toepassing van een veiligheidsfactor, met name de sensitiviteit van het model erg laag is (43%). Dit betekent dat in 57% van de gevallen waarin de blootstelling niet voldoende beheerst is, het model aangeeft dat dit wel het geval is.

## 4 Discussie

### 4.1 Goede Praktijken

Om een uitspraak te doen over het al dan niet voldoende beheerst zijn van de blootstelling aan oplosmiddelen wordt de blootstellingsindex vergeleken met de waarde 1. Deze blootstellingsindex wordt, conform de gebruikelijke additieregels bij gemengde blootstelling, berekend op basis van de aangetroffen componenten en hun individuele grenswaarde (OEL). Omdat de Praktijkrichtlijn Oplosmiddelen (PO) bedoeld is om een uitspraak te doen over de blootstelling aan oplosmiddelen is ervoor gekozen om de stoffen waarvan het kritisch effect niet gebaseerd is op het Organo Psycho Syndroom (OPS) niet mee te nemen bij het berekenen van de blootstellingsindex (zie bijlage 3). Voor de Goede Praktijken gaat het hier alleen om de stof methylmethacrylaat, die bij één meting bij de handeling 'reinigen middels dompelen' werd aangetroffen. De hoeveelheid van deze stof maakte slechts 3% uit van de totale hoeveelheid aangetroffen oplosmiddelen. Deze stof heeft geen publieke grenswaarde meer. Vergelijking met de oude grenswaarde levert een blootstellingsindex van minder dan 2% ( $< 0,02$ ) op, waardoor ook hier de conclusie is dat de blootstelling doeltreffend is beheerst.

Van enkele stoffen kon geen grenswaarde worden vastgesteld of afgeleid (zie bijlage 3). Voor de Goede Praktijken ging het hierbij om isobutylbenzeen en ethylcyclohexaan. Deze oplosmiddelen konden niet meegenomen worden bij het berekenen van de blootstellingsindex. Het aandeel van deze stoffen in de totale hoeveelheid oplosmiddelen varieerde van 0,9% tot 60% (gemiddeld: 23%). Een groot deel van deze metingen valt echter, bij de indeling van de praktijken, niet onder de goede praktijk (GP). Dit was alleen het geval bij de metingen VV10, VV30 en VV31. Het aandeel van de onbekende stof in de totale hoeveelheid oplosmiddelen was hier lager (resp. 0,9%, 21% en 16%). De afwezigheid van een grenswaarde heeft hier naar verwachting niet of nauwelijks effect op de uitkomst.

Bij het selecteren van bedrijven om de metingen uit te voeren is primair gezocht naar bedrijven waar de omschreven goede praktijk, onder de vastgestelde condities, wordt toegepast. Bij het bezoek aan het bedrijf bleek in de praktijk echter vaak dat de toegepaste praktijk toch niet aan de voorwaarden voldeed. Bij alle bezochte bedrijven zijn echter wel metingen uitgevoerd. Om de aangetroffen werksituaties te groeperen is ondermeer uitgegaan van de indeling zoals die in de Stoffenmanager wordt gehanteerd voor de mate van beheersing op transmissieniveau (NF = Near Field) (zie bijlage 7). Bij het Stoffenmanager model wordt op basis van deze indeling een score 0,03; 0,1; 0,3 of 1 toegekend, welke een verhouding aangeeft tussen de te verwachten blootstellingen in het near-field (de werkplek van betrokkene;  $< 1$  meter afstand tot ademzone). In figuur 1 t/m 3 wordt de blootstellingsindex weergegeven zoals berekend voor de verschillende groepen werksituaties. Hoewel dit niet direct kwantitatief te vertalen is, blijkt uit deze figuren wel dat de blootstelling van de verschillende groepen in lijn is met de indeling volgens het Stoffenmanager model. De gehanteerde indeling leidt tot redelijk éénduidige groepen, waarbij de metingen

met een lage score (Goede Praktijk; GP) over het algemeen een lage blootstellingsindex hebben en de metingen met een hoge score (LEV-) een hoge blootstellingsindex. De metingen met een tussenliggende score (LEV+) leiden tot een blootstellingsindex die tussen de andere groepen in ligt.

Bij de handeling verf verwerkingsgereed maken waren twee metingen (VV9 en VV10) waarbij zich een duidelijke bron van oplosmiddelen in het zogenaamde Far Field (= FF; op meer dan 1 meter afstand in de werkruimte) bevond. Het betrof hier een blik met uitdampende verf. Omdat de indeling van de toegepaste praktijken is gericht op de blootstelling in het Near Field, zonder verstoring van het Far Field, is deze situatie niet meegenomen in de analyses.

## 4.2 Blootstellingsmodel

Om de blootstellingsindex volgens het model te kunnen berekenen, is uitgegaan van de samenstelling van de producten volgens het veiligheidsinformatieblad (VIB). In het VIB worden componenten vaak met een range (bijv. 25-50%) aangegeven. Voor de berekening is steeds uitgegaan van de bovengrens van deze range. De hoeveelheid vrijkomend oplosmiddel zal hierdoor gemiddeld genomen worden overschat, waardoor de berekening van de blootstellingsindex model conservatief is.

In het veiligheidsinformatieblad zijn naast individuele componenten soms groepen stoffen opgenomen (bijv. 'xyleen (technisch mengsel)' of 'aromatische koolwaterstoffen'). Bij de analyseresultaten worden deze dan als individuele componenten terug gevonden. Om een zo goed mogelijke vergelijking te kunnen maken tussen de BI model en BI gemeten is ook voor deze groepen stoffen een zo goed mogelijke inschatting van OEL en soortelijke massa gemaakt (zie bijlage 4). Omgekeerd bleek er in de analysecertificaten (op basis van het chromatogram) soms sprake te zijn van een grote restfractie, bestaande uit alifatische koolwaterstoffen, die niet als individuele component geïdentificeerd konden worden. Deze fractie is in dat geval als 'nafta'-fractie bij de analyse meegenomen voor het berekenen van de BI gemeten.

Analoog aan hetgeen onder Goede Praktijken is beschreven, zijn stoffen waarvan het kritisch effect niet gebaseerd is op het Organo Psycho Syndroom (OPS) niet meegenomen bij het berekenen van de blootstellingsindex (zie bijlage 3). Het betrof hier over het algemeen stoffen die in het VIB waren meegenomen en dus gebruikt zouden worden voor de berekening van BI model. Met uitzondering van 2-methoxy-1-methylacetaat zijn al deze stoffen door het lab echter niet opgenomen in de lijst met oplosmiddelen die in de oplosmiddelenscreen kunnen worden aangetoond. Dit betekent dat deze stoffen niet terug (kunnen) komen in de berekening van BI metingen. Als de componenten wel zouden worden meegenomen, zou BI model in een aantal gevallen veel hoger komen te liggen dan BI metingen. Het weglaten van deze componenten geeft een meer reëel beeld van de samenhang tussen BI model en BI metingen.

*N.B. In de digitale praktijkrichtlijn heeft de opdrachtgever ervoor gekozen om bij de berekening van de blootstellingsindex alle oplosmiddelen die voldoen aan de definitie*

*van dampspanning mee te nemen (dus ook oplosmiddelen waarvan het kritisch effect niet gebaseerd is op OPS). Hoewel hierbij vanuit toxicologisch oogpunt vraagtekens bij te plaatsen zijn ("appels en peren bij elkaar optellen"), betekent dit in ieder geval dat de berekening van de blootstellingsindex in deze gevallen aan de conservatieve kant is.*

Van alle componenten is informatie over de grenswaarde (OEL) en de soortelijke massa nodig, om de vrijkomende hoeveelheid oplosmiddel te kunnen berekenen. Van enkele componenten was deze informatie niet te achterhalen (zie bijlage 3). Deze komen ook niet voor op de AWARE-stoffenlijst. Deze componenten zijn niet meegenomen bij de berekening van de blootstellingsindex. Voor het blootstellingsmodel ging het hierbij om twee situaties:

- 1-ethoxy-2-propanol: deze stof komt bij twee metingen in het VIB voor. Het aandeel van deze component in de uiteindelijke verf is relatief klein: de gebruikte harder bevat 25% van deze component. Per liter bereide verf wordt echter slechts 13 ml (=1,3%) harder gebruikt.
- 1,2-diethylbenzeen: deze stof komt bij één meting voor in de analyse. Het aandeel van deze component in de totale hoeveelheid oplosmiddelen bedroeg slechts 0,1%.

Gezien het kleine aandeel van genoemde componenten heeft het weglaten van deze componenten naar verwachting dan ook niet of nauwelijks effect op het uiteindelijke resultaat.

Bij de eerste analyses is nagegaan of het model (OAR) middels de AWARE-brush benadering kon worden verbeterd. De verdampingsfactor in het model wordt dan niet standaard op 1 gezet (zoals bij de toegepaste OAR), maar berekend op basis van de dampspanning van de gebruikte oplosmiddelen. Als deze benadering zou worden toegepast in de PO, zou dit betekenen dat van alle gebruikte oplosmiddelen ook de dampspanning bekend zou moeten zijn. Dit vergt een extra inspanning bij het inrichten van de PO én bij de toepassing ervan door de gebruiker. Toepassing van de AWARE-brush benadering is dan ook alleen zinvol als deze zou leiden tot een verbetering van het model. Uit de eerste analyses werd duidelijk dat de AWARE-brush niet tot de gewenste verbetering zou leiden. Ook gaf de AWARE-brush over het algemeen een grote(re) onderschatting van de blootstellingsindex dan de OAR (zie bijlage 6). Dit betekent dat een hogere veiligheidsfactor zou moeten worden ingebouwd. Om deze redenen is ervoor gekozen om geen verdere statistische analyses uit te voeren met de AWARE-brush.

In het oorspronkelijke model ([www.blootstellingsbeoordeling.nl](http://www.blootstellingsbeoordeling.nl)) wordt uitgegaan van 'het verbruik'. In de praktijk zijn situaties denkbaar waarbij meerdere medewerkers tegelijkertijd in dezelfde ruimte een bepaalde handeling uitvoeren. Dit leidt tot een mogelijk hogere blootstelling aan oplosmiddelen dan op grond van het verbruik van de betreffende persoon te verwachten is.

Bij de opzet van de studie is 'andere werkzaamheden met blootstelling aan oplosmiddelen in de ruimte' als exclusie criterium gehanteerd. Dit bleek in de praktijk bij de

metingen echter niet altijd haalbaar. Ook bij de toepassing van de PO in de praktijk zullen situaties voorkomen waarbij meerdere medewerkers tegelijkertijd in dezelfde ruimte een bepaalde handeling uitvoeren (bijv. meerdere spuitwanden naast elkaar of meerdere medewerkers tegelijk aan het kwasten en rollen). Er is voor gekozen om het model zodanig aan te passen, dat in dergelijke situaties het totale verbruik toegerekend wordt aan één persoon. Bij de metingen is dit in een enkel geval voorgekomen, waarbij een andere medewerker op een afstand van maximaal enkele meters ook werkzaamheden met oplosmiddelen verrichtte.

Het toerekenen van het totale verbruik aan één persoon zal leiden tot een grotere hoeveelheid vrijkomende oplosmiddelen, waardoor de berekening van de blootstellingsindex conservatief is.

Naast het verbruik is een tweede verbetering in het oorspronkelijk model ([www.blootstellingsbeoordeling.nl](http://www.blootstellingsbeoordeling.nl)) aangebracht voor de in te vullen ventilatiecapaciteit (zie bijlage 5). In situaties waarin zowel lokale afzuiging als ruimteventilatie aanwezig is, wordt bij de ventilatiecapaciteit alleen de lokale afzuiging ingevuld. Deze situatie komt relatief vaak voor bij de handeling handmatig verfspuiten (combinatie afzuigwand/cabine en ruimteventilatie). Bij de handeling kwasten en rollen is deze situatie niet aangetroffen. Bij aanwezigheid van meerdere spuitcabines, wanden of andere lokale afzuigingen wordt de capaciteit van één cabine, wand of andere afzuiging ingevuld (te weten de voorziening waarvoor de medewerker zich bevindt). Ook deze situatie komt relatief vaak voor bij de handeling handmatig verfspuiten (meerdere afzuigwanden of cabines) en is bij de handeling kwasten en rollen bij één meting (meerdere afzuigwanden) aangetroffen (voor details: zie bijlage 6). Het blootstellingsmodel gaat ervan uit dat alle oplosmiddelen die verbruikt worden, in één keer vrijkomen op de werkplek. Afhankelijk van de mate van ventilatie, worden deze sneller of langzamer van de werkplek afgevoerd, hetgeen leidt tot een lagere of hogere blootstelling op de werkplek. Door bij situaties met lokale afzuiging én ruimteventilatie alleen de lokale afzuiging in te vullen, wordt de ventilatiecapaciteit t.o.v. het oorspronkelijk model lager en de blootstellingsindex hoger. Hetzelfde geldt als bijv. bij meerdere spuitcabines de capaciteit van één cabine wordt ingevuld (lagere ventilatiecapaciteit, hogere blootstellingsindex model). Deze verbetering leidt dus ook tot een relatief conservatieve schatting van de blootstellingsindex. Door deze verbetering aan te brengen, zijn de blootstellingsindexen model veel meer in lijn met de blootstellingsindexen gemeten.

Het oorspronkelijke model ([www.blootstellingsbeoordeling.nl](http://www.blootstellingsbeoordeling.nl)) gaat alleen uit van mechanische ventilatie. Het model is zodanig aangepast dat het ook toegepast kan worden bij geforceerde natuurlijke ventilatie (zie bijlage 6). Daarnaast is getracht om het model ook aan te passen voor een situatie met niet-geforceerde natuurlijke ventilatie. Er is in dat geval uitgegaan van een default 'worst-case' ventilatievoud 0,1. Achtergrond hiervan is dat in de literatuur waarden worden gerapporteerd van minimaal 0,2.

Bij de handelingen handmatig verfspuiten en kwasten en rollen wordt normaliter een dusdanige blootstelling aan oplosmiddelen verwacht, dat het toepassen van

lokale afzuiging en/of mechanische ruimteventilatie nodig is, om de blootstelling voldoende te beheersen. Als hiervoor desondanks niet is gekozen, moet gegarandeerd zijn dat de blootstellingsindex model altijd een overschatting geeft van de gemeten waarde. Om deze reden is gekozen voor de lage default waarde 0,1. Uit de resultaten blijkt dat de metingen met niet-geforceerde natuurlijke ventilatie echter sterk afwijken van de overige metingen. Het model zou hierdoor 'verslechteren', waardoor voor alle situaties een hogere veiligheidsfactor toegepast zou moeten worden. Er is daarom voor gekozen om, zoals oorspronkelijk bedoeld, het model niet in te zetten voor situaties met uitsluitend niet-geforceerde natuurlijke ventilatie.

In paragraaf 3.2 wordt een overzicht gegeven van de range van situaties waarvoor het model is gevalideerd. Er is sprake van een grote range in de volgende parameters: verbruik per tijd, inhoud werkruimte, type ventilatie, capaciteit ventilatie en gemeten blootstellingsindex. Geconcludeerd kan worden dat het model toepasbaar is voor een breed werkingsgebied.

Het model is bedoeld om een zo goed mogelijke weergave van de werkelijkheid te geven. Dit betekent dat BI model een zo nauwkeurig mogelijke voorspelling moet geven van BI gemeten. Een model heeft echter altijd onzekerheden. Er is voor gekozen om hierbij uit te gaan van de worst-case situatie, waardoor de schatting conservatief is (eerder te hoog dan te laag). Zoals hierboven beschreven, is dit uitgangspunt terug te vinden bij de volgende gemaakte keuzes:

- bij componenten in VIB uitgaan van bovengrens range;
- bij meerdere personen het verbruik toerekenen aan één persoon;
- bij situaties met lokale afzuiging én ruimteventilatie alleen lokale afzuiging invullen; bij meerdere lokale afzuigingen capaciteit van één afzuiging invullen.

Deze keuzes vormen een onderdeel van de model instructie in de PO. Als deze instructies worden opgevolgd, blijkt het model bij handmatig verfspuiten de blootstelling licht te overschatten, terwijl er bij kwasten en rollen sprake is van een onderschatting van de blootstelling.

Als het blootstellingsmodel één-op-één ingebouwd wordt in de Praktijkrichtlijn Oplosmiddelen (dus zonder toepassing van een veiligheidsfactor), betekent dit dat het oordeel op basis van het blootstellingsmodel leidend is voor de uitspraak of er al dan niet maatregelen getroffen moeten worden. Bij beide handelingen zijn 13 metingen uitgevoerd. Om inzicht te krijgen in het effect hiervan is als praktisch hulpmiddel de sensitiviteit en specificiteit berekend.

Zonder toepassing van een veiligheidsfactor is de situatie als volgt:

*Handmatig verfspuiten:*

- In 20% van de gevallen waarin de blootstelling volgens de metingen **niet** beheerst is, zegt het model dat dit wel zo is;
- In 25% van de gevallen waarin de blootstelling **wel** beheerst is, zegt het model dat dit niet zo is.

*Kwasten en rollen:*

- In 57% van de gevallen waarin de blootstelling volgens de metingen **niet** beheerst is, zegt het model dat dit wel zo is;
- In 17% van de gevallen waarin de blootstelling **wel** beheerst is, zegt het model dat dit niet zo is.

Op basis hiervan is duidelijk dat het toepassen van een veiligheidsfactor voor de handeling kwasten en rollen in ieder geval noodzakelijk is. Het model doet, in situaties waarin de blootstelling niet beheerst is, anders vaker een foute dan een goede uitspraak. Voor de handeling handmatig verfspuiten is een veiligheidsfactor niet nodig.

## 5 Conclusie en advies

### 5.1 Goede Praktijken

Validatie van de Goede Praktijken heeft als doel om vast te stellen of deze praktijken ook daadwerkelijk goed zijn, d.w.z. dat de blootstelling in deze situaties voldoende beheerst is. In dit onderzoek zijn de volgende goede praktijken gevalideerd:

- reinigen middels dompelen middels een (half) gesloten systeem, al dan niet met automatische vergrendeling en/of vul- en dampretoursysteem;
- verf verwerkingsgereed maken middels een kleurenmengsysteem of verfaanmaakmachine;
- verfspuiten schoonmaken middels een gesloten wassysteem.

Voor deze drie praktijken blijkt de gemiddelde blootstellingsindex ruimschoots onder de waarde 1 te liggen (0,02; 0,01 en 0,04). Bij toepassing van deze praktijken onder de aangegeven condities zal normoverschrijding niet of nauwelijks voorkomen (kans op normoverschrijding is kleiner dan 1%). Geconcludeerd kan worden dat deze praktijken inderdaad als 'Goede Praktijken' kunnen worden aangemerkt.

Bij het verf verwerkingsgereed maken is daarnaast nog een tweede goede praktijk aangetroffen. Dit betrof het handmatig mengen van verf op een tafel met randafzuiging of afzuigkap. De gemiddelde blootstellingsindex lag ook hier ruimschoots onder de waarde 1 (0,06), met een kans op normoverschrijding kleiner dan 5% (3,1%).

Uit de validatiestudie is gebleken dat het nauwkeurig omschrijven van de randvoorwaarden voor het voldoen aan de omschreven Goede Praktijk essentieel is. Samengevat zijn de condities waaronder de Goede Praktijken zijn gevalideerd:

- gesloten systemen worden ook inderdaad gesloten gehouden (dus geen klep open of frequent openen van systeem);
- afzuiging is in werking;
- afgezogen lucht wordt naar buiten de werkruimte afgevoerd;
- bij gebruik van een gesloten wassysteem wordt niet eerst handmatig schoongemaakt;
- systemen worden periodiek onderhouden;
- er zijn geen andere bronnen van oplosmiddelen in de omgeving;
- er zijn geen andere werkzaamheden met blootstelling aan oplosmiddelen in de nabije omgeving;
- de werkzaamheden worden binnen uitgevoerd.

#### **Advies**

Bovenstaande condities moeten in de PO goed worden beschreven. Als aan deze condities wordt voldaan, leidt toepassing van de omschreven Goede Praktijken tot een voldoende beheerste situatie. In dat geval kunnen blootstellingsmetingen achterwege gelaten worden.

De tweede goede praktijk, die bij het verf verwerkingsgereed maken is aangetroffen, zou eveneens in de PO kunnen worden ingebouwd. Ook hier is in principe sprake van een voldoende beheerste situatie. Bij inbouw van deze goede praktijk is het ook hier van belang om de condities goed te omschrijven.

## 5.2 Blootstellingsmodel

Ten opzichte van het oorspronkelijke blootstellingsmodel zijn enkele noodzakelijke verbeteringen aangebracht, die in bijlage 5 staan beschreven. Dit verbeterde model is gevalideerd. Het toepassen van de AWARE-brush methodiek, leidde uiteindelijk niet tot de gewenste verbetering van het blootstellingsmodel en is daarom achterwege gelaten. Wanneer alleen de metingen met mechanische ventilatie of geforceerde natuurlijke ventilatie worden meegenomen, blijken de uitkomsten van het verbeterde model goed te correleren met de gemeten blootstelling aan oplosmiddelen bij zowel kwasten en rollen als handmatig verfspuiten ( $R$  is, bij ongetransformeerde waarden, resp. 0,84 en 0,94). Alle aangetroffen verbanden zijn significant.

Samengevat zijn de condities waaronder het blootstellingsmodel is gevalideerd:

- handelingen: kwasten en rollen en handmatig verfspuiten;
- berekening van de blootstellingsindex op basis van alleen de oplosmiddelen waarvan het kritisch effect gebaseerd is op OPS;
- de werkzaamheden worden binnen uitgevoerd;
- mechanische ventilatie of geforceerde natuurlijke ventilatie, die voldoet aan de voorwaarden zoals beschreven in bijlage 5.

Uit de vergelijkingen van de regressielijn en de grafische weergave wordt duidelijk dat het model zeer goed correleert met de metingen. Het model kan derhalve gebruikt worden al een kwantitatief onderbouwde schatting. Bij handmatig verfspuiten neigt het model eerder naar een lichte overschatting van de blootstelling, terwijl er bij kwasten en rollen sprake is van een onderschatting van de blootstelling.

Om te komen tot een zo optimaal mogelijk model is het van belang om een goed 'afkappunt' te kiezen. De sensitiviteit en specificiteit van het model geven hierbij handvatten. Het model moet in ieder geval een hoge sensitiviteit hebben (onveilige situaties worden ook daadwerkelijk als onveilig gedetecteerd). Bij een zeer hoge sensitiviteit zal de specificiteit echter dalen (ook veilige situaties worden dan vaker onterecht als onveilig aangeduid).

### **Advies**

Voor kwasten/rollen wordt dringend geadviseerd om een veiligheidsfactor toe te passen. De sociale partners moeten in overleg met de overheid bepalen welk afkappunt het meest wenselijk is. Arbo Unie kan helpen om de gevolgen van deze keuze nader inzichtelijk te maken.

## **Dankwoord**

De auteurs zijn diverse personen zeer erkentelijk voor hun bijdrage aan deze studie:

- Kuntina Flach (AU) voor het onvermoeibaar benaderen van bedrijven en het uitvoeren van de metingen;
- Henk van Huizen (AU) voor de technische ondersteuning bij het ontwerpen van de Excelsheets, het controleren en invoeren van de gegevens en de redactie van het rapport;
- Paul Beumer, Leo Janssen, Vivianne Raedts (AU), Age Osinga en Anne van Lith (AN) voor het uitvoeren van de metingen;
- John West (AU) en Meindert Bakker (AN) voor het kritisch meedenken over de opzet van de studie resp. de analyse van de resultaten;
- De begeleidingscommissie voor het zoeken en benaderen van bedrijven;
- Jenda Horak (FOCWA) voor het mogen laten uitvoeren van een aantal goede praktijkmetingen binnen deze branche.

## Literatuur

- Benodigde gegevens voor de beoordeling van de blootstelling aan oplosmiddelen; ArboNed; A. Duivestein; IJmuiden; 2006.
- De OAR in de metaalsector, voorwaarden en ontwikkelingsscenario's; B&A Groep Beleidsonderzoek & -Advies en IndusTox Consult; D. Hanemaayer e.a.; Den Haag; 2003
- De toepasbaarheid van de OAR voor verfspuiten, eindrapportage; IVAM; M. van Niftrik en J. Terwoert; Amsterdam; 2004.
- DOHSBase Compare 06-02; bibliotheekprogramma met gegevens over arbeids-hygiënische grenswaarden en meetmethoden; DOHSBase v.o.f.; Eersel; 2006.
- Inventarisatie VOS-gebruik en VOS-blootstelling in de metaalbranche en prioritering; TNO; B.P. Alblad e.a.; Hoofddorp; 2002.
- Model om inhalatoire blootstelling te schatten in het MKB; TNO Chemie; M. Le Feber e.a.; Zeist; 2003.
- Occupational Air Requirement (OAR) en vervanging van oplosmiddelen voor verf en verfproducten; TNO; J.P. Zock e.a.; Zeist; 1998.
- Ontwikkeling van een software instrument voor het opzetten van gevaarlijke stoffenbeleid door MKB bedrijven; TNO Chemie en Arbo Unie; T.A.J. Noy; Amsterdam; 2004.
- SAS System for Windows, version 8.2; SAS Institute, Cary, NC.
- The AWARE code; IVAM; H. Krop en P. van Broekhuizen; Amsterdam, 2006.
- Validatie KVGGO rekenmodule ventilatie; Arbo Unie; J. West en H. Heussen; Harderwijk; 2005.
- Validatie van de Stoffenmanager; TNO Kwaliteit van Leven en Arbo Unie; E. Tielemans e.a.; Zeist; 2007.
- [www.lasrook-online.nl](http://www.lasrook-online.nl)

## Bijlagen

### Bijlage 1 Toelichting blootstellingsmodel

([www.blootstellingsbeoordeling.nl](http://www.blootstellingsbeoordeling.nl))

#### Berekening OAR

In het FOSAG/VMB model ([www.blootstellingsbeoordeling.nl](http://www.blootstellingsbeoordeling.nl)) wordt eerst de OAR berekend. OAR staat voor Occupational Air Requirement. Dit is het benodigde volume lucht om met 1 liter verf de grenswaarde te bereiken.

De oorspronkelijke OAR-formule bevat tevens de verdampingsfactor van het oplosmiddel:  $f_i$ . Bij het FOSAG/VMB model is deze factor standaard op 1 gesteld, waardoor deze factor wegvalt uit de formule. In onderstaande formule is de factor daarom niet opgenomen. Bij de AWARE berekening (zie verder) komt deze factor wel terug. Als gesproken wordt over "de OAR" wordt verder bedoeld de OAR volgens het FOSAG/VMB model, dus zonder de verdampingsfactor. Deze wordt als volgt berekend:

$$OAR = \sum_{i=1}^n \frac{V_i \cdot \rho_i \cdot 1.000}{OEL_i}$$

Waarin:

OAR	Occupational Air Requirement (m <sup>3</sup> /l)
$V_i$	Volume oplosmiddel (VOS) per liter verf (ml/l)
$i$	index over alle oplosmiddelen in de verf
$\rho_i$	Soortelijke massa van het oplosmiddel (g/ml)
$OEL_i$	Occupational Exposure Limit van het oplosmiddel (mg/m <sup>3</sup> )

Om het volume van elk individueel oplosmiddel per liter verf ( $V_i$ ) te berekenen wordt gebruik gemaakt van het volume basiscomponent, hardercomponent en verdunner per liter verf (basis + harder + verdunner).

$$V_i = \frac{(V_b \cdot p_{b,i} + V_h \cdot p_{h,i} + V_v \cdot p_{v,i})}{100}$$

Waarin:

$V_b$	volume basiscomponent per liter verf (basis + harder + verdunner) (ml/l)
$p_{b,i}$	fractie oplosmiddel i in de basiscomponent (%)
$V_h$	volume hardercomponent per liter verf (basis + harder + verdunner) (ml/l)
$p_{h,i}$	fractie oplosmiddel i in de hardercomponent (%)
$V_v$	volume verdunner per liter verf (basis + harder + verdunner) (ml/l)
$p_{v,i}$	fractie oplosmiddel i in de verdunner (%)

**Berekening benodigde ventilatie en blootstellingsindex (OAR)**

Vervolgens wordt de benodigde ventilatie volgens OAR ( $Q_{OAR}$ ) in de specifieke situatie berekend. Waar de OAR uitgaat van 1 liter verf, wordt hier berekend wat het benodigde volume lucht is om met de verbruikte hoeveelheid verf de grenswaarde te bereiken. Door dit benodigde volume lucht te delen door de verwerkingsduur, wordt de benodigde ventilatie per tijdseenheid berekend:

$$Q_{OAR} = \frac{OAR \cdot Ve}{T}$$

Waarin:

$Q_{OAR}$	Benodigde ventilatie volgens OAR (m <sup>3</sup> /uur)
OAR	Occupational Air Requirement (m <sup>3</sup> /l)
Ve	Verbruik (l)
T	Verwerkingsduur (uur). Dit is de netto duur van de handelingen met oplosmiddelen.

De benodigde ventilatie volgens OAR wordt vervolgens gedeeld door de daadwerkelijke ventilatie, om op deze wijze de blootstellingsindex ( $BI_{b,OAR}$ ) te berekenen. Als er in de gegeven situatie precies geventileerd wordt wat nodig is, heeft de BI de waarde 1. Als de daadwerkelijke ventilatie lager is dan de benodigde ventilatie ligt de BI hoger dan 1, omgekeerd ligt deze onder 1.

$$BI_{b,OAR} = \frac{Q_{OAR}}{Q_d}$$

Waarin:

$BI_{b,OAR}$	Blootstellingsindex berekend m.b.v. OAR
$Q_{OAR}$	Benodigde ventilatie volgens OAR (m <sup>3</sup> /uur)
$Q_d$	Daadwerkelijke ventilatie (m <sup>3</sup> /uur)

**Berekening AWARE**

Naast de OAR is bij de validatie in eerste instantie ook de AWARE berekend. Hierbij is uitgegaan van de AWARE brush. Als verder gesproken worden over "de AWARE" wordt de AWARE brush bedoeld. Hoewel de uitkomsten hiervan uiteindelijk niet zijn meegenomen bij de validatie, zijn onderstaand voor de volledigheid wel de formules voor de berekening van de AWARE en de blootstellingsindex model ( $BI_{b,AWARE}$ ) opgenomen. De AWARE berekent ook het benodigde volume lucht om met 1 liter verf de grenswaarde te bereiken. De AWARE-formule bevat (in tegenstelling tot de OAR volgens het FOSAG/VMB model) echter wel de verdampingsfactor van het oplosmiddel  $f_i$ . De AWARE wordt als volgt berekend:

$$AWARE = \sum_{i=1}^n \frac{v_i \cdot \rho_i \cdot 1.000 \cdot f_i}{OEL_i}$$

Waarin:

$AWARE$	Benodigde ventilatie (m <sup>3</sup> /l)
$V_i$	Volume oplosmiddel (VOS) per liter verf (ml/l)
$i$	Index over alle oplosmiddelen in de verf
$\rho_i$	Soortelijke massa van het oplosmiddel (g/ml)
$f_i$	Verdampingsfactor van het oplosmiddel
$OEL_i$	Occupational Exposure Limit van het oplosmiddel (mg/m <sup>3</sup> )

De verdampingsfactor ( $f_i$ ) wordt berekend met de volgende formule:

$$f_i = \frac{p_i}{30.000}$$

Waarin:

$p_i$	dampspanning van het oplosmiddel (Pa)
$i$	index over alle oplosmiddelen in de verf

#### **Berekening benodigde ventilatie en blootstellingsindex (AWARE)**

Analoog aan hetgeen beschreven is bij de OAR, kan met behulp van de AWARE, gegevens over de daadwerkelijke ventilatie, het verbruik en de verwerkingstijd de blootstellingsindex model ( $Bl_{b,AWARE}$ ) worden berekend:

$$Bl_{b,AWARE} = \frac{Q_{AWARE}}{Q_d}$$

Waarin:

$Bl_{b,AWARE}$	Blootstellingsindex berekend m.b.v. AWARE
$Q_{AWARE}$	Benodigde ventilatie volgens AWARE (m <sup>3</sup> /uur)
$Q_d$	Daadwerkelijke ventilatie (m <sup>3</sup> /uur)

#### **Blootstellingsindex (gemeten)**

De blootstellingsindex volgens de modellen (OAR en AWARE) worden in de validatie vergeleken met de blootstellingsindex, zoals berekend uit de metingen. De blootstellingsindex uit de metingen ( $Bl_m$ ) wordt berekend uit de aangetroffen concentraties van alle oplosmiddelen ( $C_i$ ), gedeeld door de grenswaarde van de oplosmiddelen ( $OEL_i$ ), volgens de volgende formule:

$$Bl_m = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{OEL_i}$$

Waarin:

$Bl_m$	Blootstellingsindex metingen
$C_i$	Gemeten concentratie van het oplosmiddel (mg/m <sup>3</sup> )
$i$	index over alle oplosmiddelen in de verf
$OEL_i$	Occupational Exposure Limit van het oplosmiddel (mg/m <sup>3</sup> )

**Bijlage 2 Checklist determinanten blootstelling***Invulinstructie*

Vul deze vragenlijst per individuele meting in. Als er meerdere metingen bij één handeling of binnen één bedrijf worden ingevuld, betekent dit dat de lijst dus voor elke afzonderlijke meting ingevuld moet worden.

Onderwerp	Gegevens
<b>BEDRIJF</b>	
Naam	
Locatie (bezoekadres)	
<b>ACTIVITEIT</b>	
Omschrijving van het proces  (bijv. spuiten van speeltoestellen, reinigen van machine-onderdelen t.b.v. onderhoudswerkzaamheden, etc.)	
Handeling	<input type="checkbox"/> Verf verwerkingsgereed maken <input type="checkbox"/> Handmatig verfspuiten <input type="checkbox"/> Kwast- en rolapplicatie <input type="checkbox"/> Verfspuiten schoonmaken <input type="checkbox"/> Reinigen middels dompelen
<b>GEGEVENS RUIMTE</b>	
Naam van de ruimte waar de handeling plaatsvindt	
Afmetingen ruimte:	
- Hoogte:	..... m
- Inhoud:	..... m <sup>3</sup>
Capaciteit afzuiging (Q):	
- Ruimtelijke afzuiging (totaal)	..... m <sup>3</sup> /h
- Lokale afzuiging (totaal van alle afzuigingen in de ruimte)	..... m <sup>3</sup> /h
Totaal	..... m <sup>3</sup> /h

Onderwerp	Gegevens																		
<p>Bijzonderheden ruimte</p> <p>Maak in je <b>eigen aantekeningen</b> een schets van de ruimte en noteer daarin gegevens betreffende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- deuren, luiken, etc. (lokalisatie, open/dicht tijdens metingen)</li> <li>- effectiviteit van de ventilatie (lokalisatie toegen afvoer, al dan niet in werking tijdens metingen, controle goede werking m.b.v. rookbuisjes)</li> </ul> <p>Noteer <b>bijzonderheden</b> (die een verklaring kunnen zijn voor evt. uitschieters bij de resultaten) in het veld <b>hiernaast</b>.</p>																			
<p><b>PRODUCT/STOF-IDENTIFICATIE</b></p> <p>Vul voor alle gebruikte stoffen onderstaande gegevens zo goed mogelijk in. Neem daarnaast waar mogelijk kopieën van de VIB's mee voor aanvullende informatie. Let er bij verf op dat je de gegevens van de basis, harder en verdunner invult. Bij reinigen / ontvetten gaat het om de gebruikte reinigings- of ontvettingsmiddel(en).</p>																			
<p>Naam stof 1</p> <p>Type stof</p> <p>Samenstelling</p> <p>N.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S.v.p. de volledige samenstelling invullen (vluchtige en niet-vluchtige componenten)</li> <li>- Bij (gewicht) % de bovengrens aanhouden</li> </ul>	<p>.....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Basis</li> <li><input type="checkbox"/> Harder</li> <li><input type="checkbox"/> Verdunner</li> <li><input type="checkbox"/> Reinigings- of ontvettingsmiddel</li> </ul> <table border="0"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Stofnaam</u></th> <th style="text-align: left;"><u>CAS-nummer</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Gew. %</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> </tbody> </table>	<u>Stofnaam</u>	<u>CAS-nummer</u>	<u>Gew. %</u>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<u>Stofnaam</u>	<u>CAS-nummer</u>	<u>Gew. %</u>																	
.....	.....	.....																	
.....	.....	.....																	
.....	.....	.....																	
.....	.....	.....																	
.....	.....	.....																	

Onderwerp	Gegevens
<p>Naam stof 2</p> <p>Type stof</p> <p>Samenstelling</p> <p>N.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S.v.p. de volledige samenstelling invullen (vluchtige en niet-vluchtige componenten)</li> <li>- Bij (gewicht) % de bovengrens aanhouden</li> </ul>	<p>.....</p> <p><input type="checkbox"/> Basis  <input type="checkbox"/> Harder  <input type="checkbox"/> Verdunner  <input type="checkbox"/> Reinigings- of ontvettingsmiddel</p> <p><u>Stofnaam</u>                      <u>CAS-nummer</u> Gew. %</p> <p>.....                                      .....</p> <p>.....                                      .....</p> <p>.....                                      .....</p> <p>.....                                      .....</p> <p>.....                                      .....</p>
<p>Naam stof 3</p> <p>Type stof</p> <p>Samenstelling</p> <p>N.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S.v.p. de volledige samenstelling invullen (vluchtige en niet-vluchtige componenten)</li> <li>- Bij (gewicht) % de bovengrens aanhouden</li> </ul>	<p>.....</p> <p><input type="checkbox"/> Basis  <input type="checkbox"/> Harder  <input type="checkbox"/> Verdunner  <input type="checkbox"/> Reinigings- of ontvettingsmiddel</p> <p><u>Stofnaam</u>                      <u>CAS-nummer</u> Gew. %</p> <p>.....                                      .....</p> <p>.....                                      .....</p> <p>.....                                      .....</p> <p>.....                                      .....</p> <p>.....                                      .....</p>
<p><b>Alleen invullen voor handelingen met verf:</b></p> <p>Mengverhouding basis : harder</p> <p>Maximale hoeveelheid verdunning</p>	<p>..... : .....</p> <p>..... %</p>

Onderwerp	Gegevens
<b>PROCES</b>	
Hoeveelheid <b>verbruikt</b> product  Vul hier het absolute aantal liter in dat van het eindproduct (basis + harder + verdunner) is verbruikt in de totale meetduur. <b>Let op:</b> trek de weggegooide verf dus af van de hoeveelheid verf die aan het begin is aangemaakt!	..... liter
Is er sprake van aërosolvorming?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nee
Type proces  (Eén antwoord aankruisen)	<input type="checkbox"/> In een gesloten systeem <input type="checkbox"/> Ingesloten in een matrix <input type="checkbox"/> Niet-verspreidend gebruik <input type="checkbox"/> Wijd-verspreidend gebruik
Procestemperatuur	..... °C
Blootstellingspatroon tijdens monsternamperiode  (Eén antwoord aankruisen)  Bij intermitterend s.v.p. de bijzonderheden noteren. Hoe was het blootstellingspatroon? (bijv. steeds korte periodes met korte periodes rust, één grote pauze tussen twee lange periodes werk, etc.)	<input type="checkbox"/> Continu <input type="checkbox"/> Intermitterend. Zo ja, zie onder  Toelichting bij intermitterend:
Patroon van beheersmaatregelen	<input type="checkbox"/> Gesloten systeem <input type="checkbox"/> <b>Effectieve</b> lokale afzuiging <input type="checkbox"/> Scheiding mens en bron <input type="checkbox"/> Ruimte ventilatie <input type="checkbox"/> Anders, namelijk.....
Ademhalingsbescherming  Bij type soort masker en filter invullen (bijv. halfgelaats, A2-filter)	<input type="checkbox"/> Ja, type..... <input type="checkbox"/> Nee

Onderwerp	Gegevens
<p><b>Alleen invullen bij gebruik ademhalingsbescherming</b></p> <p>Wanneer worden de filters vervangen? Is dit op basis van de verbruikstijd (bijv. na 8 uur dragen), de kalendertijd (bijv. elke maand) of iets anders (als hij stinkt, ..... etc.).</p> <p>(Een mogelijkheid aankruisen en verder invullen)</p>	<p><input type="checkbox"/> Op basis van verbruikstijd, namelijk .....</p> <p><input type="checkbox"/> Op basis van kalendertijd, namelijk .....</p> <p><input type="checkbox"/> Anders, namelijk .....</p>
<p><b>Alleen invullen bij gebruik ademhalingsbescherming</b></p> <p>Hoe worden de filters opgeborgen?</p> <p>Beschrijf de situatie. Denk aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- filters blijven op het masker of worden eraf gehaald</li> <li>- losse filters of masker met filters afgesloten of niet</li> <li>- opgeslagen bij chemische stoffen of in aparte kast</li> </ul>	

**Bijlage 3 Niet meegenomen componenten**

Van alle oplosmiddelen die zijn opgenomen in de veiligheidsinformatiebladen van de gebruikte producten én van de oplosmiddelen die in de analyse zijn aangetroffen, is informatie verzameld over de grenswaarde en soortelijke massa. De systematiek die hierbij is gehanteerd, is beschreven in hoofdstuk 2.

Bij een deel van de oplosmiddelen is het kritisch effect bij de normstelling niet gebaseerd op neurologische effecten. Het meenemen van deze stoffen bij de berekening van de blootstellingsindex zou een onevenredig groot effect hebben. Om deze reden zijn deze oplosmiddelen niet meegenomen bij de berekening. Onderstaand zijn deze componenten weergegeven. Per component is aangegeven bij welke metingen deze werd toegepast (voor de codering van de metingen: zie bijlage 6) en of de handeling onder de Goede Praktijken of het blootstellingsmodel valt.

CAS-nummer	Naam component	Toegepast bij meting	Betreft validatie
80-62-2	Methylmethacrylaat	RD20	Goede Praktijk
28182-81-2	Hexane, 1,6-diisocyanato-, homopolymer / Alifatisch polyisocyanaat	HV2-3, HV9-10, HV14 KR11-12, KR 17-18	Blootstellingsmodel
104-78-9	N,N,-diethyl-1,3-diaminopropaan	KR13-16	Blootstellingsmodel
108-65-6	2-methoxy-1-methylacetaat	KR17-18	Blootstellingsmodel
-	Alpha-(1,3-xylenediyl)bis(12-hydroxyoctadecanamide)	HV13	Blootstellingsmodel
61791-53-5	N-talk-1,3-diaminopropaan dioleaat	HV13	Blootstellingsmodel
41556-26-7	bis (1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl)sebacaat	HV14	Blootstellingsmodel

Bij een ander deel van de oplosmiddelen kon de grenswaarde en/of de soortelijke massa niet worden vastgesteld of afgeleid. Ook deze componenten konden niet worden meegenomen bij de berekening van de blootstellingsindex. Onderstaand zijn deze componenten weergegeven.

CAS-nummer	Naam component	Toegepast bij meting	Betreft validatie
1569-02-4	1-ethoxy-2-propanol	HV7 en HV8	Blootstellingsmodel
538-93-2	Isobutylbenzeen	VV10	Goede Praktijk
135-01-3	1,2-diethylbenzeen	KR17	Blootstellingsmodel
1678-91-7	Ethylcyclohexaan	VV30-32, VS26-31	Goede Praktijk

## Bijlage 4 Lijst grenswaarden en soortelijke massa's

CAS-nr	Naam	Grenswaarde 8u (mg/m <sup>3</sup> )	SM (g/ml)	P (Pa)
100-41-4	Ethylbenzeen	215	0,9	930
100-42-5	Styreen	107	0,9	808
100-51-6	Benzylalcohol	45	1,04	13
103-65-1	Propylbenzeen (n-)	100	0,86	455
104-51-8	Butylbenzeen	100	0,86	137
106-42-3	p-Xyleen	210	0,9	820
107-15-3	1,2-Diaminomethaan	18	0,9	1330
107-98-2	1-Methoxy-2-propanol	375	0,9	1080
108-08-7	2,3-Dimethylpentaan	1000	onbekend	10560
108-10-1	Methyl-iso-butylketon (MIBK)	104	0,8	700
108-21-4	Isopropylacetaat	425	0,9	6100
108-38-3	m-Xyleen	210	0,9	670
108-65-6	1-Methoxy-2-propylacetaat	550	0,97	510
108-67-8	1,3,5-Trimethylbenzeen	100	0,86	250
108-87-2	Methylcyclohexaan	1600	0,8	4800
108-88-3	Tolueen	150	0,9	2800
108-93-0	Cyclohexanol	1	0,96	130
108-94-1	Cyclohexanon	40,8	0,95	470
109-99-9	Tetrahydrofuraan	300	0,9	19300
110-12-3	5-Methyl-2-hexanon	233	0,89	onbekend
110-19-0	Isobutylacetaat	480	0,87	2000
110-54-3	Hexaan	72	0,7	16000
110-82-7	Cyclohexaan	700	0,8	10400
111-65-9	Octaan	1450	0,7	1400
111-84-2	Nonaan	1050	0,72	430
1120-21-4	Undecaan	350	0,74	5
112-07-2	2-Butoxy-ethylacetaat/butylglycolacetaat	133	0,94	onbekend
112-40-3	Dodecaan	1000	onbekend	18
123-86-4	Butylacetaat (n-Butylacetaat)	480	0,9	1070
124-18-5	Decaan	1000	0,7	160
127-18-4	Tetrachlooretheen	138	1,6	1800
1330-20-7	Xyleen (technisch mengsel)	210	0,9	800
135-98-8	sec-Butylbenzeen	22	0,86	233
138-86-3	Limoneen	110	0,84	206
141-78-6	Ethylacetaat	550	0,9	9700
142-82-5	Heptaan	1200	0,7	4800
1477-55-0	Bis-aminomethyl benzeen	0,1	1,05	4
25340-17-4	Diethylbenzeen	27,5	onbekend	76
526-73-8	1,2,3-Trimethylbenzeen	100	0,9	180
57-55-6	Propyleenglycol	155	1,04	13

CAS-nr	Naam	Grenswaarde 8u (mg/m <sup>3</sup> )	SM (g/ml)	P (Pa)
611-14-3	2-Ethyltolueen	215	0,9	930
620-14-4	3-Ethyltolueen	215	0,9	930
622-96-8	4-Ethyltolueen	215	0,9	930
64-17-5	Ethanol	1000	0,8	5600
64742-48-9	Nafta (aardolie), licht arom. (kp: 162-192 °C)	116	0,75	300
64742-49-0	Nafta, met H2 beh. Zwaar (kp: 140-165 °C)	300	0,9	4000
64742-82-1	Nafta (aardolie), met H2 ontw.zwaar	116	2,1	80000
64742-94-5	Solvent nafta, zwaar aromatisch	100	0,9	4000
64742-95-6	Solvent nafta, licht aromatisch	100	0,9	200
64742-96-7	Petroleumdestillaten C9-C12	116	2,1	80000
67-56-1	Methanol	260	0,8	12800
67-63-0	2-Propanol (isopropylalcohol)	650	0,8	4200
67-64-1	Aceton	1210	0,8	24700
70657-70-4	2-Methoxypropylacetaat	25	0,97	523
71-23-8	Propanol	250	0,8	2753
71-36-3	1-Butanol	310	0,8	700
71-43-2	Benzeen	3,25	0,9	10000
75-09-2	Dichloormethaan	350	1,33	46550
75-65-0	2-Methyl-2-propanol	300	0,8	4000
78-83-1	2-Methyl-1-propanol	150	0,8	1200
78-92-2	2-Butanol	450	0,8	1720
78-93-3	2-Butanon (MEK)	590	0,8	10500
8052-41-3	Kookpuntenbenzine, aromatisch	575	0,9	4000
90-72-2	2,4,6-Trimethylbenzeen	100	0,97	3
95-47-6	o-Xyleen	210	0,9	670
95-63-6	1,2,4-Trimethylbenzeen	100	0,9	210
96-29-7	Ethylmethylketoxim	36	0,9	140
96-37-7	Methylcyclopentaan	1000	onbekend	18354
98-82-8	Cumeen	100	0,9	430
98-83-9	2-Fenylpropeen (methylstyreen)	20	0,9	300
99-87-6	4-Isopropyltolueen	150	0,9	200
	Aromatische koolwaterstoffen	575	0,9	4000
	ethyltolueen (isomeren)	150	onbekend	onbekend
	KPbenzine, alif. (kp: 120-180 °C)	116	2,1	80000
	KPbenzine, alif. (kp: 24-140 °C)	116	0,87	4000
	Nafta-fractie chromatogram (alifaten)	116	0,9	4000

\* Gegevens over de dampspanning waren alleen nodig voor het berekenen van de BI model AWARE-brush. Omdat na de 1e analyses is besloten geen verdere analyses met AWARE-brush uit te voeren, zijn de op dat moment nog ontbrekende gegevens over de dampspanning niet verder nagezocht.

## Bijlage 5 Verbeteringen blootstellingsmodel

Bij het conceptueel nadenken over het blootstellingsmodel ([www.blootstellingsbeoordeling.nl](http://www.blootstellingsbeoordeling.nl)) kwamen enkele hiaten c.q. onduidelijkheden in het model naar voren. Naar aanleiding hiervan zijn de volgende noodzakelijke verbeteringen in het model aangebracht:

- 1 In het model wordt '**het verbruik**' in de specifieke situatie meegenomen. In de praktijk zijn er situaties denkbaar waarbij meerdere medewerkers tegelijkertijd in dezelfde ruimte een bepaalde handeling uitvoeren (bijv. meerdere spuitwanden naast elkaar of meerdere medewerkers tegelijk aan het kwasten en rollen). In deze situaties wordt uitgegaan van het *totale* verbruik. Dit totale verbruik wordt toegerekend aan één persoon.
- 2 In het model wordt uitgegaan van '**de daadwerkelijke ventilatie**' in een werkruimte. Hierbij wordt oorspronkelijk de som van de ruimteventilatie en de lokale afzuigingen bedoeld. Aangezien de mate van ventilatie bepaalt of de aanwezig oplosmiddelen in voldoende mate worden verdund / afgevoerd, is deze factor van grote invloed op de berekende blootstellingindex (blootstellingsindex model). Een goede lokale afzuiging heeft echter een veel groter effect op de mate van afvoer dan aanwezige ruimteventilatie. Als dit onderscheid niet wordt gemaakt geeft het model een zelfde uitkomst bij bijv. een lokale afzuiging van 5.000 m<sup>3</sup>/h als bij een ruimteventilatie van 5.000 m<sup>3</sup>/h. Om hiervoor te corrigeren is in het model een verbetering aangebracht bij de in te vullen ventilatiecapaciteit. Deze wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Soort ventilatie	In te vullen ventilatiecapaciteit
Lokale afzuiging + ruimteventilatie	Alleen lokale ventilatie
Meerdere spuitcabines, wanden of andere lokale afzuigingen	Capaciteit van één cabine, wand of andere afzuiging
Geen lokale afzuiging, wel ruimteventilatie	Capaciteit ruimteventilatie

- 3 In het model wordt oorspronkelijk alleen uitgegaan van mechanische ventilatie. Het model is zodanig aangepast dat het ook toegepast kan worden bij **geforceerde natuurlijke ventilatie**. Hiervoor moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan (gebaseerd op lasrook online):
  - de hal is minimaal 6 meter hoog;
  - er zijn voorzieningen aanwezig als roosters en kleppen, die bedoeld zijn voor ventilatie (te openen deuren of ramen vallen hier niet onder);
  - het systeem is voorzien van een wind/weersafhankelijke regeling zodat het systeem ook in koudere perioden of bij regen gebruikt kan worden;

- het aërodynamisch oppervlak is bekend. Dit is het netto benodigde oppervlak bij natuurlijke ventilatie; ofwel, het zuivere doorstroomoppervlak van een natuurlijke ventilatievoorziening in de kleinste doorsnede ná aftrek van belemmerende delen.

Als aan deze voorwaarden wordt voldaan wordt de ventilatiecapaciteit afgeleid uit onderstaande tabel. De verkregen ventilatiecapaciteit wordt ingevuld bij capaciteit ruimteventilatie.

Oppervlakte natuurlijke ventilatie (m <sup>2</sup> )	Ventilatiecapaciteit (m <sup>3</sup> /uur)
0,45	550
0,7	800
0,9	1.000
1	1.200
1,3	1.500
1,5	1.750
1,8	2.200
2	2.600
2,2	2.750
2,5	2.900
2,6	3.350
3	3.800
3,5	4.050
4	5.100
5	6.400
6	7.700
7	9.000

- 4 Naast het inbouwen van geforceerde ventilatie is ook getracht het model aan te passen voor een situatie met **niet-geforceerde natuurlijke ventilatie**. Dit betreft situaties met natuurlijke ventilatie zónder roosters of kleppen of in een lage hal (lager dan 6 meter). Er is in dat geval uitgegaan van een default "worst-case" ventilatievoud 0,1 (in de literatuur worden waarden gerapporteerd van minimaal 0,2). Bij de validatie is de samenhang tussen het model en de metingen onderzocht inclusief en exclusief de metingen met niet-geforceerde natuurlijke ventilatie. Op basis van de resultaten van deze analyses (zie rapport) is uiteindelijk besloten om deze optie niet als aanpassing / verbetering in de PO in te bouwen.

Het verbeterde model, dat in deze rapportage wordt gevalideerd is dus het model, waarin de verbeteringen zoals omschreven onder 1, 2 en 3 zijn aangebracht.

**Bijlage 6 Gedetailleerde resultaten metingen****Goede Praktijken***Reinigen middels dompelen*

Code meting	Werksituatie	Code	Meetduur (uur)	Blootstellings-index
RD1	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,33	0,06
RD2	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,33	0,05
RD3	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,18	0,02
RD4	Gesloten systeem, stationaire meting	GP	0,63	0,01
RD5	Gesloten systeem, stationaire meting	GP	0,48	0,01
RD6	Gesloten systeem, stationaire meting	GP	0,48	0,01
RD7	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,57	0,02
RD8	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,42	0,02
RD9	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,42	0,01
RD13	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,20	0,01
RD14	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,18	0,00
RD15	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,25	0,01
RD16	Open systeem (klep open, afzuiging uit)	LEV-	0,18	0,05
RD17	Open systeem (klep open, afzuiging uit)	LEV	0,15	0,09
RD18	Open systeem (klep open, afzuiging uit)	LEV	0,17	0,05
RD19	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,25	0,01
RD20	(Half)gesloten systeem (afgezogen)	GP	0,27	0,02

*Verf verwerkingsgereed maken*

Code meting	Werksituatie	Code	Meetduur (uur)	Blootstellings-index
VV1	Handmatig mengen zonder afzuiging	LEV-	0,38	0,90
VV2	Handmatig mengen op tafel randafzuiging	LEV+	0,25	0,01
VV3	Handmatig mengen op tafel randafzuiging	LEV+	0,17	0,86
VV4	Gesloten kleurenmengmachine	GP	2,50	0,00
VV5	Gesloten kleurenmengmachine	GP	2,50	0,07
VV6	Handmatig mengen met afzuigkap	LEV+	0,12	0,06
VV7	Handmatig mengen met afzuigkap	LEV+	0,13	0,05
VV8	Handmatig mengen met afzuigkap	LEV+	0,12	0,07
VV9	Gesloten kleurenmengmachine, verstoring door uitdampende verf	-	3,50	0,19
VV10	Gesloten kleurenmengmachine, verstoring door uitdampende verf	-	3,50	0,20
VV11	Handmatig mengen zonder afzuiging	LEV-	0,12	0,17
VV12	Handmatig mengen zonder afzuiging	LEV-	0,12	0,66
VV13	Handmatig mengen zonder afzuiging	LEV-	0,20	1,09
VV14	Verf maken, kuip met randafzuiging	VM1	0,53	0,05
VV15	Verf maken, kuip met randafzuiging	VM1	0,30	0,02

Code meting	Werksituatie	Code	Meetduur (uur)	Blootstellings-index
VV16	Verf maken, kuip met randafzuiging	VM1	0,35	0,02
VV17	Kuip met randafzuiging, deksel open/dicht	LEV-	0,27	0,32
VV18	Kuip met randafzuiging, deksel open/dicht	LEV-	0,27	0,24
VV19	Kuip met randafzuiging, deksel open/dicht	LEV-	0,27	0,25
VV20	Gesloten kleurenmengmachine	GP	0,22	0,00
VV21	Gesloten kleurenmengmachine	GP	0,25	0,02
VV22	Gesloten kleurenmengmachine	GP	0,25	0,02
VV23	Gesloten kleurenmengmachine	GP	0,23	0,01
VV24	Gesloten kleurenmengmachine	GP	0,23	0,01
VV25	Gesloten kleurenmengmachine	GP	0,23	0,01
VV26	Verf maken, kuip met randafzuiging, deksel open/dicht	VM2	0,43	12,68
VV27	Verf maken, kuip met randafzuiging, deksel open/dicht	VM2	0,42	14,23
VV28	Handmatig mengen op tafel randafzuiging	LEV+	0,17	0,01
VV29	Handmatig mengen op tafel randafzuiging	LEV+	0,18	0,01
VV30	Handmatig mengen op tafel randafzuiging	LEV+	0,22	0,05
VV31	Handmatig mengen op tafel randafzuiging	LEV+	0,17	0,22
VV32	Handmatig mengen op tafel randafzuiging	LEV+	0,17	0,27

*Verfspuiten schoonmaken*

Code meting	Werksituatie	Code	Meetduur (uur)	Blootstellings-index
VS1	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV-	0,18	0,40
VS2	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV-	0,12	3,19
VS3	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV-	0,17	5,76
VS4	Gesloten wasmachine, lucht terug in ruimte gevoerd	LEV-	0,30	1,67
VS5	Gesloten wasmachine, lucht terug in ruimte gevoerd	LEV-	0,20	3,34
VS6	Gesloten wasmachine, lucht terug in ruimte gevoerd	LEV-	0,22	1,10
VS7	Gesloten wasmachine zonder afzuiging, frequent open	LEV	0,20	0,57

Code meting	Werksituatie	Code	Meetduur (uur)	Blootstellings-index
VS8	Gesloten wasmachine zonder afzuiging, frequent open	LEV	0,17	0,63
VS9	Gesloten wasmachine zonder afzuiging, frequent open	LEV	0,17	0,63
VS10	Gesloten wasmachine zonder afzuiging, blijf dicht	GP	0,18	0,07
VS11	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV	0,17	0,78
VS12	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV	0,17	0,42
VS13	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV	0,18	0,37
VS14	Gesloten wasmachine, lucht terug in ruimte gevoerd	LEV	0,08	3,81
VS15	Gesloten wasmachine, lucht terug in ruimte gevoerd	LEV	0,08	2,69
VS16	Gesloten wasmachine, lucht terug in ruimte gevoerd	LEV	0,08	2,48
VS17	Gesloten wasmachine met afzuiging, klep deels open	LEV+	0,17	0,26
VS18	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,17	0,12
VS19	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,17	0,07
VS20	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,17	0,14
VS21	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV-	0,08	0,12
VS22	Handmatig schoonmaken voor afzuigwand	LEV+	0,17	0,07
VS23	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,18	0,05
VS24	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,17	0,19
VS25	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,22	0,07
VS26	Gesloten wasmachine zonder afzuiging, frequent open	LEV	0,18	0,84
VS27	Gesloten wasmachine zonder afzuiging, frequent open	LEV	0,18	0,57
VS28	Gesloten wasmachine zonder afzuiging, frequent open	LEV	0,17	0,47
VS29	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV	0,18	0,51
VS30	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV	0,17	0,94
VS31	Handmatig schoonmaken zonder afzuiging	LEV	0,17	0,48
VS32	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,17	0,00
VS33	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,17	0,00
VS34	Gesloten wasmachine met afzuiging	GP	0,17	0,00

## Blootstellingsmodel

## Kwasten en rollen

Code	Verbruik (l)	Verwerkings duur (uur)	Verbruik per tijd (l/uur)	Type ventilatie	Capaciteit ventilatie (m <sup>3</sup> /uur)	Inhoud werkruimte (m <sup>3</sup> )	Gebruikte producten	BI gemeten	BI model OAR	BI model AWARE-brush
KR1	0,37	3,67	0,10	Lokale afzuiging	25.000	2.700	Ta/lr 35/65	0,16	0,01	0,00
KR2	0,37	3,67	0,10	Lokale afzuiging	25.000	2.700	Ta/lr 35/65	0,11	0,01	0,00
KR3	0,29	3,67	0,08	Lokale afzuiging	25.000	2.700	Ru/lr & TA n-Butanol	0,03	0,01	0,00
KR4	3,75	1,10	3,41	Ruimteventilatie	5.700	254	Interprime 820 HB primer graybase Interprime 820 Curing Agent Interspray Thinner 925	3,89	2,65	0,07
KR5	3,75	1,12	3,35	Ruimteventilatie	5.700	254	Interprime 820 HB primer graybase Interprime 820 Curing Agent Interspray Thinner 925	2,68	2,60	0,07
KR6	3,75	1,13	3,32	Ruimteventilatie	5.700	254	Interprime 820 HB primer graybase Interprime 820 Curing Agent Interspray Thinner 925	2,51	2,58	0,07
KR7	1,25	1,00	1,25	Ruimteventilatie	5.700	254	Interprime 820 HB primer graybase Interprime 820 Curing Agent Interspray Thinner 925	3,19	0,97	0,03
KR8	0,08	1,10	0,07	Niet geforceerde natuurlijke ventilatie (VV=0,1)	54	540	Celsor urethancoat	0,56	3,25	6,18
KR9	0,08	1,10	0,07	Niet geforceerde natuurlijke ventilatie (VV=0,1)	54	540	Celsor urethancoat	0,66	3,25	6,18
KR10	0,08	1,10	0,07	Niet geforceerde natuurlijke ventilatie (VV=0,1)	54	540	Celsor urethancoat	0,56	3,25	6,18
KR11	0,50	1,20	0,42	Niet geforceerde natuurlijke ventilatie (VV=0,1)	720	7.200	Autocolor Nexia 488 (P488-MX02) Promix 987 (Autocolor P210-987)	0,14	1,50	0,02*
KR12	0,50	3,50	0,14	Niet geforceerde natuurlijke ventilatie (VV=0,1)	720	7.200	Autocolor Nexia 488 (P488-MX02) Promix 987 (Autocolor P210-987)	0,10	0,51	0,01*

Code	Verbruik (l)	Verwerkings duur (uur)	Verbruik per tijd (l/uur)	Type ventilatie	Capaciteit ventilatie (m <sup>3</sup> /uur)	Inhoud werkruimte (m <sup>3</sup> )	Gebruikte producten	BI gemeten	BI model OAR	BI model AWARE-brush
KR13	6,00	2,05	2,93	Ruimteventilatie	6.000	1.515	Hempadur 15509 Hempadur 97580 Hempel's thinner 08450	0,76	0,80	0,02
KR14	6,00	2,05	2,93	Ruimteventilatie	6.000	1.515	Hempadur 15509 Hempadur 97580 Hempel's thinner 08450	1,29	0,80	0,02
KR15	6,00	2,05	2,93	Ruimteventilatie	6.000	1.515	Hempadur 15509 Hempadur 97580 Hempel's thinner 08450	1,15	0,80	0,02
KR16	6,00	2,05	2,93	Ruimteventilatie	6.000	1.515	Hempadur 15509 Hempadur 97580 Hempel's thinner 08450	1,09	0,80	0,02
KR17	2,00	2,55	0,78	Niet geforceerde natuurlijke ventilatie (VV=0,1)	3.750	37.500	Sigmadur HB Finish Base (lead free colours) Sigmadur 520 / 550 Hardener Haku GB 930	0,81	0,86	0,02
KR18	2,00	2,55	0,78	Niet geforceerde natuurlijke ventilatie (VV=0,1)	3.750	37.500	Sigmadur HB Finish Base (lead free colours) Sigmadur 520 / 550 Hardener Haku GB 930	0,83	0,86	0,02
KR19	0,50	1,77	0,28	Lokale afzuiging: 3 afzuigwanden; capaciteit van 1 afzuigwand is meegenomen.	9.000	1.103	Monopox-sf-hb Haku GB 930	0,27	0,06	0,00
KR20	1,00	1,20	0,83	Lokale afzuiging (inblaas)	1.920	5	Südwest All-Grund Interlac 665 Light Base Tint	0,79	1,33	0,23

\* Bij deze metingen bevatte het gebruikte product 5-methyl-2-hexanon (CAS-nummer: 110-12-3). Aangezien de dampspanning van deze component onbekend is, is deze niet meegenomen bij de AWARE-brush berekening.



## Handmatig verfspuiten

Code	Verbruik (l)	Verwerkings duur (uur)	Verbruik per tijd (l/uur)	Type ventilatie	Capaciteit ventilatie (m <sup>3</sup> /uur)	Inhoud werkruimte (m <sup>3</sup> )	Gebruikte producten	BI gemeten	BI model OAR	BI model AWARE-brush
HV1	55,00	3,75	14,67	Lokale afzuiging (afzuigwand)	36.000	8.000	Barilline primer HB grijs 104115B723 Baril 5800	0,84	0,87	0,02
HV2	4,50	3,10	1,45	Lokale afzuiging: 4 afzuigwanden; capaciteit van 1 afzuigwand is meegenomen	15.000	1.000	Aerodur CF Primer 37047 Hardener S66/22R Thinner C25/90 S	0,20	0,19	0,01
HV3	1,50	2,15	0,70	Lokale afzuiging: 4 afzuigwanden; capaciteit van 1 afzuigwand is meegenomen	15.000	1.000	Aerodur CF Primer 37047 Hardener S66/22R Thinner C25/90 S	0,07	0,09	0,02
HV4	0,49	0,35	1,40	In hal met inhoud 660 m <sup>3</sup> en ruimteventilatie 20.000 m <sup>3</sup> /uur staan 5 spuitcabines (één in werking tijdens meting); inhoud en capaciteit van 1 spuitcabine is meegenomen.	12.600	1	Prestalum 600 50/50 Xyleen (isomeren mengsel)	0,46	0,55	0,24
HV5	0,52	0,37	1,41	In hal met inhoud 660 m <sup>3</sup> en ruimteventilatie 20.000 m <sup>3</sup> /uur staan 5 spuitcabines (één in werking tijdens meting); inhoud en capaciteit van 1 spuitcabine is meegenomen.	12.600	1	Prestalum 600 50/50 Xyleen (isomeren mengsel)	0,32	0,55	0,24
HV6	0,63	0,45	1,40	In hal met inhoud 660 m <sup>3</sup> en ruimteventilatie 20.000 m <sup>3</sup> /uur staan 5 spuitcabines (één in werking tijdens meting); inhoud en capaciteit van 1 spuitcabine is meegenomen.	12.600	1	Prestalum 600 50/50 Xyleen (isomeren mengsel)	0,27	0,55	0,24

Code	Verbruik (l)	Verwerkings duur (uur)	Verbruik per tijd (l/uur)	Type ventilatie	Capaciteit ventilatie (m <sup>3</sup> /uur)	Inhoud werkruimte (m <sup>3</sup> )	Gebruikte producten	BI gemeten	BI model OAR	BI model AWARE-brush
HV7	12,20	1,82	6,70	Lokale afzuiging (spuitcabine); inhoud en capaciteit betreffen deze cabine	16.000	113	Wijzopox dekverf KS A Wijzopox dekverf KSB Wijzonol spuitverdunding EP	0,91	1,13	0,05
HV8	6,70	1,18	5,68	Lokale afzuiging (spuitcabine); inhoud en capaciteit betreffen deze cabine	16.000	113	Wijzopox dekverf KS A Wijzopox dekverf KSB Wijzonol spuitverdunding EP	1,63	0,95	0,04
HV9	25,00	1,10	22,73	Lokale afzuiging (spuitcabine); inhoud en capaciteit betreffen deze cabine	36.000	4.200	Selemix 7-532 Autocolor P210-987	1,32	1,72	0,02*
HV10	50,00	2,18	22,94	Lokale afzuiging (spuitcabine); inhoud en capaciteit betreffen deze cabine	36.000	4.200	Autocolor Nexia 488 (P488-MX02) Autocolor P210-987 Autocolor Turbo Plus verdunner P850-1392	0,57	2,70	0,03*
HV11	120,00	4,25	28,24	Ruimteventilatie	6.000	1.086	Hempel Hempadur 15500 Thinner 845	7,04	7,33	0,20
HV12	60,00	6,00	10,00	Lokale afzuiging: 3 afzuigwanden; capaciteit van 1 afzuigwand is meegenomen	9.000	1.800	Hempel Shopprimer ZS 15899 Hempel Galvosil Liquid 99751 Hempel Thinner 8570	1,07	2,18	0,25
HV13	15,00	1,17	12,82	Lokale afzuiging (afzuigwand)	9.000	1.103	Hempadur 15579 (50630) Hempel's Curing Agent 95570 Haku GB 930	2,76	2,99	0,08
HV14	60,00	4,45	13,48	Niet geforceerde natuurlijke ventilatie (VV=0,1)	3.750	37.500	Sigmadur 550 base Sigmadur 520/550 hardener Haku GB 930	1,12	6,80	0,18

\* Bij deze metingen bevatte het gebruikte product de volgende componenten met onbekende dampspanning:

HV9: 5-methyl-2-hexanon (CAS-nummer: 110-12-3)

HV10: 5-methyl-2-hexanon (CAS-nummer: 110-12-3) en 2-butoxy-ethylacetaat (CAS-nummer: 112-07-02)

Deze componenten zijn niet meegenomen bij de AWARE-brush berekening.

### Bijlage 7 Beschrijving aangetroffen werksituaties

In paragraaf 2.1 is een overzicht gegeven van het aantal bedrijven waarbij metingen zijn uitgevoerd en het aantal metingen per handeling. Om de verschillende aangetroffen werksituaties te kunnen groeperen is mede uitgegaan van de indeling zoals die in de stoffenmanager wordt gehanteerd voor de mate van beheersing op transmissieniveau (NF). In onderstaande tabel is deze indeling opgenomen.

Voor meer informatie wordt verwezen naar

[www.stoffenmanager.nl/achtergrond.asp](http://www.stoffenmanager.nl/achtergrond.asp) (deskundigeninformatie).

*Indeling stoffenmanager - mate van beheersing op transmissieniveau (NF) (bewerkt)*

Criteria NF	Score	Toelichting
Bronafscherming met lokale afzuiging	0,03	Omkasting van de bron met afzuiging in de omkasting
Lokale afzuiging	0,1	Afzuiging die erop gericht is om lokaal, d.w.z. op één bepaald punt, schadelijke stoffen af te voeren.
Kleine ruimte (<100 m <sup>3</sup> ) met goede mechanische ventilatie	0,3	
Grote ruimte (meer dan 1.000 m <sup>3</sup> )	0,3	
Ruimte (100 - 1.000 m <sup>3</sup> ) met goede mechanische ventilatie	1	
Ruimte (<1.000 m <sup>3</sup> ) zonder enige vorm van beheersing	1	

Deze systematiek is gebruikt om de verschillende werksituaties in 3 groepen in te delen:

1. GP: Goede Praktijk: bronafscherming met lokale afzuiging
2. LEV+: effectieve lokale afzuiging
3. LEV-: overige praktijken (alles samengevat, niet verder onderverdeeld naar grootte van de ruimte)

Per handeling wordt in onderstaande tabellen een uitsplitsing gegeven van de aangetroffen werksituaties. In de laatste kolom is weergegeven hoe de betreffende werksituatie is gegroepeerd.

*Reinigen middels dompelen*

Werksituatie	Aantal metingen	Code
(half) gesloten systeem	14	GP
open systeem (klep open, afzuiging uit)	3	LEV-
ultrasoon reinigen	3	- <sup>1</sup>
<b>Totaal</b>	<b>20</b>	

<sup>1</sup> Omdat bij deze metingen geen oplosmiddelen zijn gebruikt, zijn de resultaten niet meegenomen bij de verwerking en analyse.

*Verf verwerkingsgereed maken*

Werksituatie	Aantal metingen	Code
gesloten kleurenmengmachine	8	GP
gesloten kleurenmengmachine, verstoring door uitdampende verf	2	- <sup>1</sup>
handmatig mengen op tafel met randafzuiging	7	LEV+
handmatig mengen op tafel met afzuigkap	3	LEV+
handmatig mengen zonder afzuiging	4	LEV-
kuip met randafzuiging, deksel open/dicht	3	LEV-
verf maken (grote hoeveelheden), kuip met randafzuiging	3	VM1 <sup>2</sup>
verf maken (grote hoeveelheden), kuip met randafzuiging, deksel open/dicht	2	VM2 <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>32</b>	

<sup>1</sup> Omdat de uitslag van deze meting verstoord is door uitdampende verf in de nabijheid van de werkplek, zijn de resultaten niet meegenomen bij de verwerking en analyse.

<sup>2</sup> Bij deze metingen was geen sprake van het mengen van kleine hoeveelheden verf (verf verwerkingsgereed maken), maar van het maken van verf in grote hoeveelheden. Omdat dit een ander soort handeling betreft zijn deze metingen bij de verwerking als aparte categorie, met aparte codering, meegenomen.

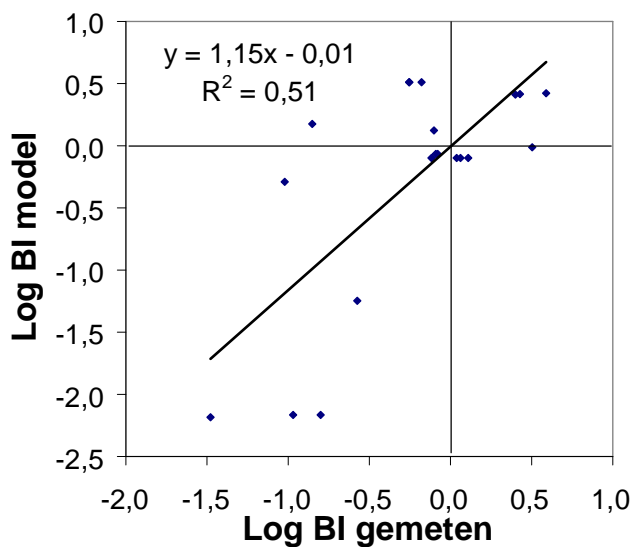
*Verfspuiten schoonmaken*

Werksituatie	Aantal metingen	Code
gesloten wasmachine met afzuiging	9	GP
gesloten wasmachine zonder afzuiging, blijft wel dicht	1	GP
gesloten wasmachine met afzuiging, klep deels open	1	LEV+
gesloten wasmachine zonder afzuiging, frequent open	6	LEV-
gesloten wasmachine, lucht wordt terug de ruimte in gevoerd	6	LEV-
handmatig schoonmaken voor afzuigwand	1	LEV+
handmatig schoonmaken zonder afzuiging	10	LEV-
<b>Totaal</b>	<b>34</b>	

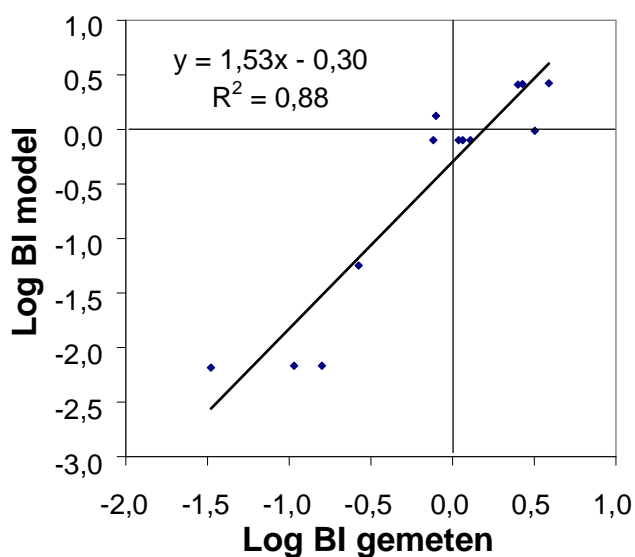


### Bijlage 8 Correlatie blootstellingsmodel en metingen na log-transformatie

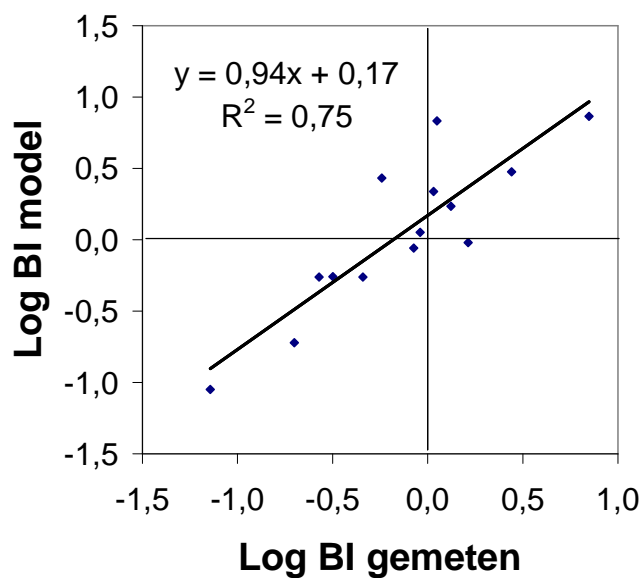
In paragraaf 3.2 is het verband tussen de 'gemeten' blootstellingsindex ( $BI_{gemeten}$ ) en de blootstellingsindex volgens het model ( $BI_{model}$ ) voor verschillende situaties grafisch weergegeven. De grafieken die in deze paragraaf getoond worden, hebben allen betrekking op de ongetransformeerde waarden. In deze bijlage zijn de resultaten opgenomen voor de log-getransformeerde waarden.



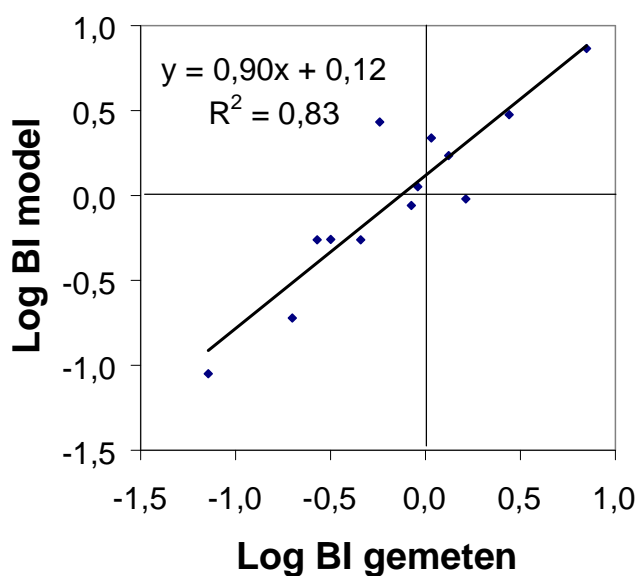
Figuur 8: Relatie 'gemeten' blootstellingsindex vs. blootstellingsindex model  
Handeling: kwasten en rollen, inclusief natuurlijke ventilatie (N=20)



Figuur 9: Relatie 'gemeten' blootstellingsindex vs. blootstellingsindex model  
Handeling: kwasten en rollen, exclusief natuurlijke ventilatie (N=13)



Figuur 10: Relatie 'gemeten' blootstellingsindex vs. blootstellingsindex model  
Handeling: handmatig verfspuiten, inclusief natuurlijke ventilatie  
(N=14)



Figuur 11: Relatie 'gemeten' blootstellingsindex vs. blootstellingsindex model  
Handeling: handmatig verfspuiten, exclusief natuurlijke ventilatie  
(N=13)



## Bijlage 9 Sensitiviteit en specificiteit blootstellingsmodel

Om inzicht te krijgen in een eventueel benodigde 'veiligheidsfactor' die in de PO kan worden ingebouwd, kan per handeling de sensitiviteit en specificiteit van het blootstellingsmodel berekend worden bij verschillende mogelijke 'afkappunten'. In deze bijlage wordt toegelicht op welke wijze de sensitiviteit en specificiteit van het model kunnen worden berekend. Vervolgens zijn deze parameters berekend voor het afkappunt 1 (dus *zonder* toepassing van een veiligheidsfactor) en voor andere afkappunten (dus *met* toepassing van een veiligheidsfactor).

### Begrippen

Het model beoogt een uitspraak te doen over het al dan niet voldoende beheerst zijn van de blootstelling op de werkplek. Deze uitspraak wordt gedaan op basis van de blootstellingsindex (BI). Uitgangspunt is dat  $BI_{\text{model}}$  een goede voorspelling geeft van  $BI_{\text{metingen}}$  (= gouden standaard). Bij een  $BI_{\text{metingen}} < 1$  is de blootstelling voldoende beheerst en bij een  $BI_{\text{metingen}} \geq 1$  is dit niet het geval. Als er geen correctie wordt toegepast, wordt het afkappunt voor  $BI_{\text{model}}$  ook bij 1 gelegd. Dus:

- $BI_{\text{model}} < 1$ : voldoende beheerst;
- $BI_{\text{model}} \geq 1$ : onvoldoende beheerst.

Onderstaand wordt het effect van alternatieve afkappunten bestudeerd. Een voorbeeld:

- $BI_{\text{model}} < 0,9$ : voldoende beheerst;
- $BI_{\text{model}} \geq 0,9$ : onvoldoende beheerst.

In 2x2 tabellen wordt weergegeven waar de metingen uit de validatie in verschillende situaties worden ingedeeld. Voor alle situaties wordt de sensitiviteit en specificiteit berekend. De *sensitiviteit* zegt iets over het vermogen van het model om alle situaties waarin de blootstelling onvoldoende is beheerst, op te sporen. De *specificiteit* zegt iets over het vermogen van het model om uitsluitend de situaties met onvoldoende beheersing op te sporen. Deze worden als volgt berekend:

standaard -> ↓ model	Niet beheerst ( $BI_{\text{metingen}} \geq 1$ )	Beheerst ( $BI_{\text{metingen}} < 1$ )
Niet beheerst ( $BI_{\text{model}} \geq 1$ )	a	b
Beheerst ( $BI_{\text{model}} < 1$ )	c	d

$$\text{Sensitiviteit} = \frac{a}{a+c} \times 100\%$$

Betekenis: in welk percentage van de gevallen waarin de blootstelling niet voldoende beheerst is, geeft het model dit ook als uitkomst

$$\text{Specificiteit} = \frac{d}{b+d} \times 100\%$$

Betekenis: in welk percentage van de gevallen waarin de blootstelling voldoende beheerst is, geeft het model dit ook als uitkomst

**Handmatig verfspuiten**

N.B. Als er tussen de verschillende afkappunten relatief grote sprongen zitten (bijv. tussen 1,2 en 1,8) betekent dit dat er hiertussen gezien de verdeling van de punten geen wijzigingen zijn.

Afkappunt:  $BI_{model} = 0,8$

standaard -> ↓ model	Niet beheerst ( $BI_{metingen} \geq 1$ )	Beheerst ( $BI_{metingen} < 1$ )
Niet beheerst ( $BI_{model} \geq 0,8$ )	5	3
Beheerst ( $BI_{model} < 0,8$ )	0	5

Sensitiviteit =  $5/5 \times 100\% = 100\%$

Specificiteit =  $5/8 \times 100\% = 63\%$

Afkappunt:  $BI_{model} = 1$

standaard -> ↓ model	Niet beheerst ( $BI_{metingen} \geq 1$ )	Beheerst ( $BI_{metingen} < 1$ )
Niet beheerst ( $BI_{model} \geq 1$ )	4	2
Beheerst ( $BI_{model} < 1$ )	1	6

Sensitiviteit =  $4/5 \times 100\% = 80\%$

Specificiteit =  $6/8 \times 100\% = 75\%$

Afkappunt:  $BI_{model} = 1,2$

standaard -> ↓ model	Niet beheerst ( $BI_{metingen} \geq 1$ )	Beheerst ( $BI_{metingen} < 1$ )
Niet beheerst ( $BI_{model} \geq 1,2$ )	4	1
Beheerst ( $BI_{model} < 1,2$ )	1	7

Sensitiviteit =  $4/5 \times 100\% = 80\%$

Specificiteit =  $7/8 \times 100\% = 88\%$

Afkappunt:  $BI_{model} = 1,8$

standaard -> ↓ model	Niet beheerst ( $BI_{metingen} \geq 1$ )	Beheerst ( $BI_{metingen} < 1$ )
Niet beheerst ( $BI_{model} \geq 1,8$ )	3	1
Beheerst ( $BI_{model} < 1,8$ )	2	7

Sensitiviteit =  $3/5 \times 100\% = 60\%$

Specificiteit =  $7/8 \times 100\% = 88\%$

**Kwasten en rollen**

Onderstaand is het afkappunt alleen verlaagd. Een verhoging van het afkappunt (> 1) geeft een verslechtering van zowel de sensitiviteit als de specificiteit. Het grote verschil tussen afkappunt 0,8 en 0,9 wordt veroorzaakt door 3 metingen met een  $BI_{model}$  van 0,8 (dus precies op het afkappunt).

Afkappunt:  $BI_{model} = 1$

<b>standaard -&gt;</b> ↓ <b>model</b>	<b>Niet beheerst</b> <b>(<math>BI_{metingen} \geq 1</math>)</b>	<b>Beheerst</b> <b>(<math>BI_{metingen} &lt; 1</math>)</b>
Niet beheerst ( $BI_{model} \geq 1$ )	3	1
Beheerst ( $BI_{model} < 1$ )	4	5

Sensitiviteit =  $3/7 \times 100\% = 43\%$

Specificiteit =  $5/6 \times 100\% = 83\%$

Afkappunt:  $BI_{model} = 0,9$

<b>standaard -&gt;</b> ↓ <b>model</b>	<b>Niet beheerst</b> <b>(<math>BI_{metingen} \geq 1</math>)</b>	<b>Beheerst</b> <b>(<math>BI_{metingen} &lt; 1</math>)</b>
Niet beheerst ( $BI_{model} \geq 0,9$ )	4	1
Beheerst ( $BI_{model} < 0,9$ )	3	5

Sensitiviteit =  $4/7 \times 100\% = 57\%$

Specificiteit =  $5/6 \times 100\% = 83\%$

Afkappunt:  $BI_{model} = 0,8$

<b>standaard -&gt;</b> ↓ <b>model</b>	<b>Niet beheerst</b> <b>(<math>BI_{metingen} \geq 1</math>)</b>	<b>Beheerst</b> <b>(<math>BI_{metingen} &lt; 1</math>)</b>
Niet beheerst ( $BI_{model} \geq 0,8$ )	7	2
Beheerst ( $BI_{model} < 0,8$ )	0	4

Sensitiviteit =  $7/7 \times 100\% = 100\%$

Specificiteit =  $4/6 \times 100\% = 67\%$