

**TNO-rapport****TNO 2013 R11850****Onderzoek naar de blootstelling aan asbest  
tijdens saneringswerkzaamheden**

Onderzoek naar blootstellingsniveaus, bronmaatregelen en  
persoonlijk beschermingsmiddelen in relatie tot de introductie  
van nieuwe grenswaarden voor asbest

Datum	28 november 2013
Auteur(s)	J. Tempelman, J. den Boeft en J. Schinkel
Aantal pagina's	115
Aantal bijlagen	-
Opdrachtgever	Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid Directie Gezond en Veilig werken T.a.v. de heer H. van der Brugge Postbus 90810 2509 LV Den Haag
Projectnaam	Ondersteuning asbestbeleid SZW
Projectnummer	051.02999/01.08

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

© 2013 TNO



## Samenvatting

In navolging van een advies van de Gezondheidsraad is een verlaging van de grenswaarden voor asbest in voorbereiding; naar 2000 vezels/m<sup>3</sup> voor chrysotiel en 300 vezels/m<sup>3</sup> voor amfibool asbest. Deze aanpassingen worden verwerkt in de certificatieschema's asbestverwijdering (SC 530), de asbestinventarisatie (SC 540), de NEN 2990 (eindcontrole na sanering) en NEN 2991 (risicobeoordeling in niet-sloopsituaties). Bij het Ministerie van SZW en bij de branchepartijen (Ascert/CCvD) is de vraag opgekomen of de veronderstelde blootstellingsniveaus tijdens asbest-saneringen nog voldoende onderbouwd zijn, aangezien de laatste metingen van 2003 dateren.

Ook voor het vaststellen van de effecten van bronmaatregelen, protectiefactoren van adembeschermingsmiddelen en andere beheersmaatregelen, bestaat behoefte aan onderbouwing met recente meetgegevens.

In het TNO/RIVM rapport ('Praktische consequenties van het advies van de Gezondheidsraad inzake asbest 2010') [5] is aangegeven dat blootstellingen die de grenswaarden overschrijden in het bijzonder te verwachten zijn in risicoklasse 3 bij het verwijderen van niet-hechtgebonden amfibool asbest (gehalten > 30% m/m, de zogenaamde "hoog-risico saneringen").

Het thans uitgevoerde onderzoek is vooral gericht op het beantwoorden van de centrale vraag:

### **Kan men tijdens de sanering van niet-hechtgebonden asbesthoudende materialen dusdanig effectieve beheers- en beschermingsmaatregelen treffen dat asbestblootstelling boven de grenswaarden wordt voorkomen?**

Om deze vraag goed te kunnen beantwoorden zijn subvragen en onderzoeksoopdrachten geformuleerd die als leidraad voor het onderzoek dienen:

- Leidt een systematische arbeidshygiënische analyse van de gegevens uit 2004 tot bruikbare inzichten?
- Ga na of de in 2004 gerapporteerde blootstellingsniveau 's nog actueel zijn door metingen uit te voeren tijdens de meest risicovolle saneringen.
- Geef de relatie tussen piekconcentraties (15 minuten gemiddelden) en 8-uurs-gemiddelden aan.
- Geef aan welke bronmaatregelen nodig zijn om het hierboven genoemde doel te bereiken.
- Ga na of de thans gebruikte adembeschermingsmiddelen voldoende bescherming bieden en of dit voldoende geborgd is in wet- en regelgeving en keuringsmethoden.
- Onderbouw of lichtmicroscopie (aspecifieke fase-contrast lichtmicroscopie) bij eindcontroles in risicoklasse 2 nog bruikbaar is
- Breng de onzekerheden in kaart die hiermee samenhangen en geef oplossingsrichtingen aan.
- Geef aan In hoeverre de grenzen tussen de risicoklassen 2 en 3 en de indeling in SMA-rt aanpassing behoeven.

## Resultaten van het onderzoek

### Beoordeling beschikbare meetgegevens uit 2004

- Het voor de beoordeling van de blootstellingsniveaus beschikbare aantal metingen (2004) per saneringsscenario is te klein voor een statistische analyse. Ook zijn er weinig herhaalde metingen (hetzelfde scenario meerdere malen bemeten). Hierdoor is de generaliseerbaarheid van de analyseresultaten beperkt. De resultaten zijn wel indicatief voor de asbestsaneringspraktijk.
- Als gevolg van het kleine aantal metingen zijn naast vezelconcentraties van persoonlijke metingen ook vezelconcentraties van stationaire metingen in de analyse betrokken.
- Vezelconcentraties van persoonlijke metingen zijn veelal hoger. Daarom is het mogelijk dat voor een aantal scenario's te lage (gemiddelde) vezelconcentraties worden gerapporteerd.
- De gemeten vezelconcentratie is sterk afhankelijk van het saneringsscenario (combinatie van saneringsmethode en asbesthoudend materiaal). Breukvorming in asbesthoudende materialen leidt altijd tot een forse toename van de asbestvezelconcentraties.
- Voor veel beoordeelde bewerkingen aan asbesthoudende materialen is de spreiding in gemeten vezelconcentraties groot. Dat geldt in het bijzonder voor in de ademzone gemeten vezelconcentraties (persoonlijke metingen). Deze verschillen in vezelconcentraties zijn het gevolg van o.a. de werkwijze, het wel/niet toepassen van bronmaatregelen, de afstand tot de bron, etc.

### Metingen in de praktijk, uitgevoerd in het kader van dit onderzoek (2013)

- Uit SMA-rt-meldingen in de periode mei-oktober 2013 blijkt dat ongeveer 90% van de asbestverwijderingswerkzaamheden betrekking hebben op hechtgebonden asbesthoudende materialen, waarvan de sanering is ingedeeld in risicoklasse 1 (30%) of risicoklasse 2 (60%).
- De resterende 10% van de saneringen hebben betrekking op verwijdering van niet-hechtgebonden asbest, zoals spuitasbest en amosiethoudend plaatmateriaal (risicoklasse 3). Bij deze saneringen kunnen zeer hoge amfibool asbestvezelconcentraties ontstaan, waarvoor de laagste (nieuwe) grenswaarde (300 vezels/m<sup>3</sup>) van toepassing is.
- Om zicht te krijgen op actuele concentratieniveaus die bij risicoklasse 3 saneringen kunnen optreden, zijn praktijkmetingen bij drie saneringen van brandwerend board (amosietboard) en één sanering van spuitasbest uitgevoerd.
- De in de ademzone van de saneerders en de met stationaire meetpunten in het containment gemeten vezelconcentraties zijn zeer hoog. Bij saneringen van amosietboard werden in de ademzone vezelconcentraties tot 127.000.000 vezels/m<sup>3</sup> en stationair tot 31.000.000 vezels/m<sup>3</sup> gemeten. Voor spuitasbest (amosiet) werden in de ademzone tot 51.000.000 vezels/m<sup>3</sup> en stationair in het containment tot 6.000.000 vezels/m<sup>3</sup> gemeten.
- De gemeten vezelconcentraties, zowel de persoonlijke als stationaire, zijn piekwaarden (15 minuten gemiddelden) en geven een reëel beeld van de concentratieniveaus die tijdens het uitvoeren van de (hoog risico) saneringswerkzaamheden kunnen voorkomen. Met het effect van adembeschermingsmiddelen is geen rekening gehouden (concentraties buiten het masker).

- Zorgvuldig demonteren (van amosietboard) leidt tot aanzienlijk lagere vezelconcentraties dan bij sloop waarbij veel breukvlakken ontstaan. Uit de metingen volgt een factor 30 à 40 voor de metingen in de ademzone en minimaal een factor 5 voor de stationaire metingen). De vezelconcentraties in de ademzone zijn vrijwel altijd (veel) hoger dan de concentraties in het containment.
- Om zicht te krijgen op actuele concentratieniveaus die bij risicoklasse 2 saneringen kunnen optreden, zijn praktijkmetingen bij twee openlucht-saneringen van verweerde asbestcementgolfplaten (daken van landbouwloodsen) uitgevoerd.
- In de ademzone van de saneerders werden chrysotiel vezelconcentraties tot 2600 vezels/m<sup>3</sup> en stationaire tot 1300 vezels/m<sup>3</sup> gemeten. Deze concentraties hebben betrekking op een meetduur van 45 minuten.

### **Bronmaatregelen bij saneringen**

- De huidige SC 530 schrijft voor dat een saneringsbedrijf bronmaatregelen (best beschikbare technieken) moet treffen om emissie en verspreiding van asbestvezels zoveel mogelijk te voorkomen. Het saneringsbedrijf moet aantonen dat continue naar verbetering van de kwaliteit wordt gestreefd. Deze punten zijn echter nog onvoldoende specifiek ingevuld.
- De werkmethode kan grote invloed hebben op de hoogte van de vezelconcentraties. Breuk (het ontstaan van breukvlakken) van het asbesthoudende materiaal moet zoveel mogelijk worden voorkomen.
- Door zorgvuldig werken is, afhankelijk van het materiaal en de saneringstechniek een reductie van een factor 10 tot 100 op de emissie en de vezelconcentraties mogelijk.
- Te vermijden bewerkingen/gereedschappen zijn: gritstralen, ijsstralen, pneumatisch gereedschap, haakse slijpers, schuurmachines, zagen en (hoge-snelheids) boren, bezems, borstels, hogedruk (water)sputten en perslucht.
- De effectiviteit van bronmaatregelen is niet of nauwelijks systematisch onderzocht. Dit onderzoek geeft globale reductiefactoren. Voor een meer exacte weergave van de van toepassing zijnde reductiefactoren is het nodig aanvullend onderzoek uit te voeren om daarmee de effecten van maatregelen beter in beeld te krijgen. Oppervlaktebevochtiging is de meest toegepaste bronmaatregel. Afhankelijk van het type bevochtiging en de mate van bevochtigen zijn reductiefactoren van 10 tot wellicht 100 haalbaar.
- Bronafzuiging is vooral geschikt voor kleine oppervlakken en lokale processen (bijv. verwijdering van pakkingen). In de praktijk is het gebruik van de stofzuiger de meest voorkomende vorm van beheersing van de verspreiding van asbestvezels (reductie van een factor 10). Indien de stofzuiger de aangezogen lucht in het containment uitblaast, leidt dit tot opwerpen van asbestvezels. Dit effect (op de vezelconcentraties) kan groter zijn dan de reductie die met afzuigen wordt bereikt.

### **Effectiviteit van adembeschermingsmiddelen**

- De voor adembeschermingsmiddelen gehanteerde wettelijke eisen en testmethoden vragen meer duidelijkheid. In het bijzonder de gehanteerde veiligheidsfactoren verschillen alleen al binnen de EU van land tot land.
- De NEN-EN norm voor het testen van adembeschermingsmiddelen wordt als verouderd gezien. Een meer realistische ISO-norm is naar verwachting in definitieve vorm in de loop van 2014 gereed.
- Met de huidige moderne aangeblazen filtermaskers moet een Simulated Work Place Protection Factor (SWPF) van 2000 haalbaar zijn mits:
  - de maskers conform de voorschriften worden gebruikt en onderhouden

- de dragers zich beter bewust zijn/worden van het belang van het naleven van de voorschriften (bijv. door een asbestsaneringsbranche-breed fit2fit-programma).
- Het belang van een fit2fit-programma blijkt o.a. uit Britse praktijkcijfers over het dragen van maskers: 50% van de personen zet het masker verkeerd op; 36% trekt de draagriemen te strak aan; 21% draagt een masker met een niet juiste pasvorm; 30% van de brildragers draagt een niet goed passend masker en 78% van de maskerdragere realiseert zich niet welk effect scheren heeft op de protectiefactor.
- Te overwegen valt om voor de asbestbranche aanvullende eisen op te stellen door de adembeschermingsapparatuur in de praktijk te laten testen onder reële sanerings-omstandigheden (Simulated Assigned Work Place Protection Factor, SWPF).

#### **Interpretatie van de onderzoeksresultaten in relatie tot de grenswaarden**

- Naar verwachting kan voor vrijwel alle saneringen van hechtgebonden chrysotiel asbesthoudende materialen (risicoklasse 2) aan de nieuwe grenswaarde voor chrysotiel (2000 vezels/m<sup>3</sup>) worden voldaan. Zorgvuldig werken, het toepassen van bronmaatregelen en juist gebruik van adembeschermingsmiddelen kunnen, in die volgorde, blootstelling aan vezelconcentraties boven de grenswaarde voorkomen.
- Voor saneringen van niet-hechtgebonden amfibool asbesthoudende materialen (top risicoklasse 3) kan blootstelling aan vezelconcentraties boven de nieuwe grenswaarde voor amfibool asbest (300 vezels/m<sup>3</sup>) alleen worden voorkomen als maximaal wordt ingezet op zorgvuldig werken én emissiereductie. Daarnaast zijn adembeschermingsmiddelen met een hoge protectiefactor (2000) nodig waarbij stringente eisen (zie paragraaf 9.4) worden gesteld aan de kennis en kunde van saneerders omtrent het gebruik van deze middelen. Voor saneringen van brandwerend board en spuitasbest kan niet worden uitgesloten dat hiernaast ook de taakduur/blootstellingsduur moet worden ingeperkt.
- De berekeningen van vezelconcentraties met reductiefactoren voor zorgvuldig werken, emissiereductie en adembescherming zijn gebaseerd op beperkte datasets, die bovendien ook stationaire metingen bevatten. De resultaten van de berekeningen moeten daarom als grootteorde schattingen worden gezien.
- Het verifiëren van de meest kritische conclusies uit deze studie door metingen in de hedendaagse praktijksituaties, met inbegrip van zorgvuldige werkmethoden, bronmaatregelen (gebruik maken van implementatieprogramma's in Engeland en Australië) en adembeschermingsprogramma's (bijv. fit2fit) wordt daarom nadrukkelijk geadviseerd.
- Met betrekking tot vrijstellingen die thans zijn ingedeeld zijn in risicoklasse 1, wordt aanbevolen om deze te herbeoordelen in relatie tot de nieuwe grenswaarden.

#### **Bruikbaarheid van lichtmicroscopie bij vrijgave na saneringen in risicoklasse 2**

- Fase-contrast lichtmicroscopie (FCM) is niet geschikt voor het meten van vezelconcentraties lager dan ca. 5000 vezels/m<sup>3</sup>. FCM is een specifieke analyse-methode. De onderste bepalingsgrens wordt in de praktijk beperkt door de "achtergrondruis" van altijd in de lucht aanwezige (niet-asbest!) vezelvormige bestanddelen. Met de FCM-techniek kunnen vezels niet worden geïdentificeerd.
- De meetwaarden in de databases die lager dan ca. 5000 vezels/m<sup>3</sup> zijn, moeten dan ook voornamelijk worden toegeschreven aan deze "achtergrondruis".

- Uit de analyse van drie vergelijkende meetsets (FCM-metingen versus SEM/RMA-metingen) blijkt dat (indirecte) toetsing aan grenswaarde van 2000 vezels/m<sup>3</sup> met fase-contrast lichtmicroscopie mogelijk is voor risicoklasse 2 saneringen van chrysotiel asbesthoudende materialen met minder dan 5% amfibool vezels. De meetset kent echter beperkingen.
- Een analyse van een grotere gedetailleerd gedocumenteerde meetset, veel groter dan thans beschikbaar, zal daar definitief uitsluitsel over kunnen geven.
- Toetsing aan een grenswaarde van 300 vezels/m<sup>3</sup> is met lichtmicroscopie niet mogelijk. Dit blijkt eveneens uit de analyse van de vergelijkende meetset.
- Bij het in containment verwijderen van asbesthoudende producten met een oppervlak > 1m<sup>2</sup>, die meer dan 5% amfibool asbest bevatten, en niet zonder breuk te verwijderen zijn, wordt aanbevolen deze sanering in risicoklasse 3 in te delen.
- Een ander argument voor deze herindeling is dat het beschermingsniveau voor sanering van dergelijke materialen in risicoklasse 3 wordt ondergebracht.





# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding en doel .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Specificatie van de onderzoeksvragen .....</b>	<b>15</b>
2.1	Deel A: Inventariseren van onzekerheden en waar mogelijk wegnemen .....	15
2.2	Deel B: Vragen n.a.v. bespreking met Ascet en het Centraal College van Deskundigen Asbest (CCvD).....	16
<b>3</b>	<b>Asbestconcentratieniveaus tijdens saneringswerkzaamheden: beoordeling beschikbare meetgegevens (database 2004) .....</b>	<b>19</b>
3.1	Inleiding .....	19
3.2	Analyse van de 2004-database .....	20
3.3	Toelichting bij de beoordeelde meetgegevens (2004) .....	30
<b>4</b>	<b>Concentratiemetingen bij saneringen: metingen in de praktijk (2013) .....</b>	<b>33</b>
4.1	Inleiding .....	33
4.2	Methodiek en toelichting .....	34
4.3	Saneringen van amosietboard (risicoklasse 3) .....	35
4.4	Sanering spuitasbest (risicoklasse 3) .....	39
4.5	Saneringen asbestcementgolfplaten (risicoklasse 2) .....	40
<b>5</b>	<b>Werkenmethoden en bronmaatregelen bij saneringen .....</b>	<b>43</b>
5.1	Eisen zoals omschreven in SC 530 .....	43
5.2	Werkmethoden .....	44
5.3	Bronmaatregelen .....	45
5.4	Ruimteventilatie .....	49
5.5	Indicatieve reductiefactoren van beheers- en bronmaatregelen .....	49
<b>6</b>	<b>Effectiviteit van adembeschermingsmiddelen .....</b>	<b>51</b>
6.1	Wettelijke eisen in Nederland en de EU .....	51
6.2	Wettelijke eisen t.b.v. de branche zoals geformuleerd in de SC 530 .....	53
6.3	Protectiefactoren: termen en definities .....	53
6.4	Normen en testmethoden .....	55
6.5	Overzicht van de in de asbestsaneringsbranche gebruikte middelen voor adembescherming .....	57
6.6	Onderzoek naar protectiefactoren in de praktijk.....	59
<b>7</b>	<b>Interpretatie van de onderzoeksresultaten in relatie tot de grenswaarden .....</b>	<b>65</b>
7.1	Inleiding en doel.....	65
7.2	Vergelijking van de gemeten concentraties met de grenswaarden.....	67
7.3	Vergelijken van de uitkomsten met grenswaarden na aanpassing van werkmethoden .....	71
7.4	Toetsen van de uitkomsten van bronmaatregelen (inclusief effect van niet breken) aan de grenswaarden .....	73
7.5	Adembescherming.....	77
7.6	Werkmethode, emissiereductie en adembescherming .....	82
7.7	Kan wel/niet aan de grenswaarde worden voldaan? .....	83
7.8	Vrijstellingen ingedeeld in risicoklasse 1 .....	87

<b>8</b>	<b>Bruikbaarheid van fase-contrast lichtmicroscopie bij saneringen in risicoklasse 2</b> .....	<b>89</b>
8.1	Probleemschets .....	89
8.2	Validatie fase-contrast lichtmicroscopie versus SEM/RMA .....	90
<b>9</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>97</b>
9.1	Beoordeling beschikbare meetgegevens uit 2004 .....	97
9.2	Metingen in de praktijk (2013) .....	97
9.3	Bronmaatregelen bij saneringen.....	98
9.4	Effectiviteit van adembeschermingsmiddelen .....	99
9.5	Interpretatie van de onderzoeksresultaten in relatie tot de grenswaarden .....	99
9.6	Bruikbaarheid van fase-contrast lichtmicroscopie bij saneringen in risicoklasse 2 .....	100
9.7	Beantwoording van de onderzoeksvragen .....	101
<b>10</b>	<b>Referenties</b> .....	<b>109</b>
<b>11</b>	<b>Verantwoording en kwaliteitsborging</b> .....	<b>115</b>

# 1 Inleiding en doel

In navolging van een advies van de Gezondheidsraad [1] wordt de grenswaarde voor asbest verlaagd. Deze bedraagt nu 10000 vezels/m<sup>3</sup> (8-uur gemiddelde) voor alle soorten asbest. De (8-uur gemiddelde) grenswaarde wordt 2000 vezels/m<sup>3</sup> voor chrysotiel en 300 vezels/m<sup>3</sup> voor amfibool asbest.

Op dit moment wordt er gewerkt aan het verwerken van deze aanpassingen in de nieuwe certificatieschema's voor de processen van asbestverwijdering (SC 530) [3] en asbestinventarisatie (SC 540) [4]. In dit proces is zowel binnen het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) [2] als binnen de beheersstichting voor certificatie in het werkveld asbest (Ascert) de vraag opgekomen in hoeverre de blootstellingsniveaus als gevolg van de handelingen of werkwijze met asbest, en de protectiefactoren van de verschillende beheersmaatregelen die genomen kunnen worden, voldoende onderbouwd zijn.

In het TNO/RIVM rapport ('Praktische consequenties van het advies van de Gezondheidsraad inzake asbest 2010') [5] is aangegeven onder welke omstandigheden de normoverschrijdende blootstellingen te verwachten zijn. Het betreft in het bijzonder saneringswerkzaamheden in de top van risicoklasse 3 bij het verwijderen van niet-hechtgebonden amfibool asbest (materialen met asbestgehalten > 30% massa/massa). Uit SMA-rt meldingen (risicoklassebepaling) in de periode van mei-oktober 2013 (ruim 52.000 meldingen) blijkt dat het om ongeveer 10% van de asbestsaneringswerkzaamheden gaat.

Hoofddoel van het deze studie is onderzoeken hoe blootstelling aan asbest boven de nieuwe grenswaarden kan worden vermeden. Dit onderzoek dient om vast te stellen welke werkwijzen en middelen nodig zijn om dit doel te bereiken en richt zich op het beantwoorden van de volgende centrale vragen:

- Kan worden onderbouwd dat, wanneer in de gevaarlijkste situatie gewerkt wordt (amfibool asbest, niet-hechtgebonden, etc.), men door het volgen van de juiste werkwijze en het nemen van de juiste maatregelen op een waarde beneden de nieuwe grenswaarden van vezels in de inademingslucht kan uitkomen?
- Is er (een mate van) zekerheid te geven dat een combinatie van werkwijze, materiaal, en alle maatregelen (manier van werken, bronmaatregelen, adembescherming, containment, ventilatie, etc.) de benodigde reductie oplevert?

In hoofdstuk 2 worden deze centrale vragen nader gespecificeerd. De acties van betrokken partijen, die nodig zijn om de blootstellingsdoelstelling te realiseren, kunnen worden gesplitst in korte en lange termijn acties. Hieronder volgt een (niet-limitatieve) opsomming.

Bij *korte* termijn acties ligt de nadruk op emissiebeperking tijdens het saneren en het toetsen van aannames betreffende alle overige zaken (o.a. werkmethoden, adembescherming, ventilatie van het containment) die van belang zijn voor de invoering van de nieuwe grenswaarden:

- Beschrijven van "best practice" techniek(en) en "boosdoeners" vermijden (geen bronmaatregelen nemen, stralen, slijpen, boren, etc.).

In hoofdstuk 5 zijn deze “verboden handelingen” en mogelijk te nemen bronmaatregelen nader uitgewerkt. De resultaten daarvan kunnen worden vastgelegd in de SC 530 [3];

- Toetsen of bij een beperkt-risicosanering in klasse 2, ook bij gebruik van de specifieke fase-contrast lichtmicroscopie (FCM), de kans op overschrijding van de nieuwe grenswaarden klein is. Analyse van databases met vrijgavemetingen<sup>1,2,3</sup>) kan dienen als onderbouwing van de keuze dat bij dit type saneringen de oude methode nog wel/niet acceptabel is;
- Toepassen van scanning-elektronenmicroscopie in combinatie met Röntgenmicroanalyse (SEM/RMA) (bestaande gevalideerde techniek gebaseerd op ISO 14966 [6]) voor de eindcontrole van hoog-risicosaneringen (risicoklasse 3). Een en ander is ook vastgelegd in de nieuwe NEN 2990 [7];
- Uitvoeren van (vezelconcentratie)metingen bij saneringen in de top 5 qua verwachte concentraties (risicoklasse 2 en risicoklasse 3). Voor de selectie van de top 5 wordt gebruik gemaakt van de SMA-rt-systematiek [8] (producteigenschappen en werkmethode);
- Geven van duidelijkheid over haalbaarheid grenswaarden met adembeschermingsmiddelen in combinatie met genoemde aanpassingen in werkmethoden en bronmaatregelen.

De volgende *lange(re)* termijn acties kunnen worden onderscheiden:

- Opnemen van nieuwe grenzen voor risicoklassen in SMA-rt (naar SMA-rt 2.0) [8];
- Prioriteren van de integrale risicobenadering: meer aandacht naar de plekken waar een reële kans op blootstelling bestaat, minder aandacht voor zaken met een zeer beperkte kans op blootstelling (voor concrete voorbeelden zie: [5]);
- Verbeteren van het SMA-rt 2.0-protocol (technische inhoud afstemmen op de resultaten van dit onderzoek en de documentatie daar op afstemmen);
- Verbeteren van het validatieprotocol nieuwe technieken (basis is de NEN 2939 [9]) en levert input voor SMA-rt;
- Richtten van aandacht op nieuwe saneringstechnieken en bronmaatregelen (inclusief validatie en toetsten van de robuustheid);
- Wegnemen (waar mogelijk) van de onzekerheden in de adembescherming (EN-norm, verbeterde ISO-norm, informatie fabrikanten) richtlijnen voor betere passing in SC 530 [3] opnemen;
- Verbeteren van de internationale samenwerking (o.a. met Engeland en Duitsland).

Het huidige onderzoek is hoofdzakelijk gericht op uitvoering van de korte termijn acties.

<sup>1</sup> Database met ruim 95000 records van eindcontrolemetingen conform NEN 2990 beschikbaar gesteld door inspectie-instelling A, waarbij er een koppeling bestaat tussen de risicoklasse (2 en 3), het gesaneerde asbesthoudende materiaal en de gemeten (specifieke) vezelconcentraties

<sup>2</sup> Database met ongeveer 2800 FCM-eindcontrolemetingen conform NEN 2990 beschikbaar gesteld door inspectie-instelling B.

<sup>3</sup> Drie meetsets met vergelijkende metingen (FCM- versus SEM/RMA-metingen (inclusief analyses)).

De hoofdstukken 2 t/m 8 van dit rapport beginnen met een 'hoofdboodschap'. Elke hoofdboodschap bestaat uit een aantal 'one liners' met daarin de belangrijkste bevindingen uit het hoofdstuk. In de hoofdboodschap van hoofdstuk 2 staan de geoperationaliseerde onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 3 (beoordeling beschikbare meetgegevens (2004), hoofdstuk 4 (concentratie metingen bij saneringen: metingen in de praktijk (2013), hoofdstuk 5 (bronmaatregelen bij saneringen) en hoofdstuk 6 (effectiviteit van adembescherming) beschrijven de verzamelde informatie (de feiten).

In hoofdstuk 7 (Interpretatie van resultaten in relatie tot de grenswaarden) wordt op basis van de (meet)informatie en bevindingen uit de onderliggende hoofdstukken de belangrijkste vraag uit dit onderzoek: *Is het mogelijk om, gebruikmakend van de resultaten van dit onderzoek, te komen tot een veilige saneringspraktijk waarbij de nieuwe grenswaarden niet worden overschreden* wordt beantwoord en wordt aangegeven wat voor het realiseren van dit doel nodig is.

In hoofdstuk 8 (Bruikbaarheid fase-contrast lichtmicroscopie bij saneringen in risicoklasse 2) wordt op basis van een beperkte meetset van vergelijkende metingen (fase-contrast microscopie versus scanningelektronen microscopie) beschreven onder welke randvoorwaarden fase-contrast lichtmicroscopie kan worden toegepast voor vrijgave(metingen) van risicoklasse 2 saneringen.

Hoofdstuk 9 geeft de conclusie van het onderzoek weer. Tevens bevat dit hoofdstuk de beantwoording van de onderzoeksvragen A.1 t/m A.4 en B.1 t/m B.5 (zie hoofdstuk 2).



## 2 Specificatie van de onderzoeksvragen

### Hoofdboodschap

- Kan men tijdens de sanering van niet-hechtgebonden asbesthoudende materialen dusdanig effectieve beheers- en beschermingsmaatregelen treffen dat asbestblootstelling boven de grenswaarden wordt voorkomen?
- Leidt een systematische arbeidshygiënische analyse van de gegevens uit 2004 tot bruikbare inzichten?
- Ga na of de in 2004 gerapporteerde blootstellingsniveau 's nog actueel zijn door metingen uit te voeren tijdens de meest risicovolle saneringen.
- Geef de relatie tussen piekconcentraties (15 minuten gemiddelden) en 8-uursgemiddelden aan.
- Geef aan welke bronmaatregelen nodig zijn om het hierboven genoemde doel te bereiken.
- Ga na of de thans gebruikte adembeschermingsmiddelen voldoende bescherming bieden en of dit voldoende geborgd is in wet- en regelgeving en keuringsmethoden.
- Onderbouw of lichtmicroscopie (aspecifieke fase-contrast lichtmicroscopie) bij eindcontroles in risicoklasse 2 nog bruikbaar is
- Breng de onzekerheden in kaart die hiermee samenhangen en geef oplossingsrichtingen aan.
- Geef aan In hoeverre de grenzen tussen de risicoklassen 2 en 3 en de indeling in SMA-rt aanpassing behoeven.

In overleg met het Centraal College van Deskundigen Asbest (CCvD)/Ascert, en de Directie Gezond & Veilig Werken van het Ministerie van SZW, is een aantal onderzoeksvragen geformuleerd, die zijn onderverdeeld in deel A (blootstelling, veiligheidsfactoren en onzekerheden) en deel B (aanvullende vragen voortkomend uit overleg tussen SZW, Ascert/CCvD en TNO).

De beantwoording van de vragen (deel A en deel B) staat in hoofdstuk 9 (Discussie en conclusies).

### 2.1 Deel A: Inventariseren van onzekerheden en waar mogelijk wegnemen

#### 2.1.1 Analyse van onzekerheden (vraag A.1)

Maak een analyse van wat er bekend is over materialen, werkwijze, bronmaatregelen, containment en ventilatie, blootstellingsduur en persoonlijke beschermingsmiddelen. Deze analyse zou gericht moeten zijn op het in kaart brengen van de onzekerheden en de veiligheidsfactoren in het huidige systeem. Hierbij in ieder geval, maar niet uitsluitend, de aspecten meenemen die genoemd staan onder deel B. Op basis hiervan zou een uitspraak gedaan moeten kunnen worden over hoe "veilig" men kan werken met de meest gevaarlijke asbestsoort en/of in activiteiten met de hoogste blootstellingen.

### 2.1.2 *Bronmaatregelen (vraag A.2)*

Geef een overzicht van bronmaatregelen, die de blootstelling aan de meest gevaarlijke asbestsoort, in activiteiten met de hoogste blootstelling substantieel kan verlagen; plus een indicatie van de blootstellingsbeperking die daarmee gepaard zou gaan.

### 2.1.3 *Verifiëren of de niveaus van blootstelling nog actueel zijn (vraag A.3)*

Indien met voldoende kwaliteit en zeggenschap mogelijk binnen de korte termijn waarop we de opdracht uitgevoerd zouden willen zien: verifieer de actuele blootstelling bij de meest risicovolle handelingen in de asbestsanering door het doen van metingen.

### 2.1.4 *Protectiefactoren van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) (vraag A.4) (zie ook deel B)*

Geef aan wat de branche het beste als uitgangspunt kan nemen bij het hanteren van PBM's, uitgaande van de behoefte aan bescherming van de werknemer.

Voor beantwoorden van de onderzoeksvragen (met uitzondering van vraag A.3) is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de beschikbare kennis van TNO op het gebied van asbest en van arbeidshygiëne. Waar mogelijk zijn ook beschikbare literatuurreferenties (w.o. het onderzoek van TNO uit 2004 [13]) en databases (o.a. Exposure Control Efficiency Library (ECEL) [10]) toegepast. De feitelijke beantwoording bestaat uit het onderbouwen van de antwoorden met argumenten en referenties.

Voor het beantwoorden van onderzoeksvraag A.3 zijn metingen tijdens saneringswerkzaamheden uitgevoerd. De selectie van saneringswerkzaamheden vond plaats op basis van SMA-rt-informatie. De top 5 qua vezelconcentraties (risicoklasse 3) is geïnventariseerd op basis van de combinatie van producteigenschappen en werkmethoden.

De monsterneming is uitbesteed aan een geaccrediteerd laboratorium. De SEM/RMA-analyse van de monsters is door TNO uitgevoerd. Voor het vinden van geschikte saneringslocaties zijn o.a. de brancheorganisaties Vereniging voor Verwijdering van Toxische en gevaarlijke Bouwmaterialen (VVTB) en Vereniging voor Aannemers in de Sloop (VERAS) ingeschakeld. Ook de Inspectie van het Ministerie van SZW attendeerde op mogelijk geschikte saneringslocaties. Ook zijn asbestsaneerders en sloopbedrijven rechtstreeks benaderd.

## 2.2 **Deel B: Vragen n.a.v. bespreking met Ascet en het Centraal College van Deskundigen Asbest (CCvD)**

### 2.2.1 *Referentieperiode van 15 minuten t.o.v. grenswaarde 8 uur (vraag B.1)*

- a. Hoe verhoudt zich een grens van "15 minuten gemeten tijdens de hoogste kans op blootstelling" (zoals in de concept Arbobesluitwijziging [11] wordt gegeven als onderscheid tussen de risicoklassen 2 en 3) met de grenswaarde die gesteld is op een tijdgewogen gemiddelde van 8 uur per dag?
- b. Als je zou uitgaan van een 15 minutenmeting, weet je dan zeker dat je ook onder de grenswaarden van 8 uur per dag blijft?



- c. Komt de formulering in de concept Arbobesluitwijziging [11] overeen met de huidige praktijk van indeling van werkzaamheden in risicoklassen; m.a.w. is de huidige indeling in risicoklassen ook gebaseerd op “15 minuten gemeten tijdens de hoogste kans op blootstelling”?
- d. (Zo nee, wat is het gevolg voor de praktijk van deze wijziging in formulering van de referentieperiode van het onderscheid tussen klasse 2 en 3?)

#### 2.2.2 *Protectiefactoren (vraag B.2)*

- a. Aan welke protectiefactoren voor PBM's moet de branche zich verplicht houden?
- b. Waar komt die verplichting vandaan? (bijv. EU norm, branchenorm, aanbeveling, SZW regels)
- c. Welke protectiefactoren geven veel gebruikte adembeschermingsmiddelen in de praktijk? Zowel voor afhankelijke, als onafhankelijke lucht?

#### 2.2.3 *Hoogte van de grens tussen risicoklasse 2 en 3 (vraag B.3)*

- a. Is het voor het verschil tussen de indeling in risicoklasse 2 en 3 van wezenlijk belang om onderscheid te maken tussen de verschillende typen asbest? Zo ja, waarom? Zo nee, waarom niet?
- b. Probeer in te schatten hoeveel saneringen van welk type materiaal (chrysotiel of amfibool) vallen in de categorieën  $< 300.000$  vezels/m<sup>3</sup>; tussen  $300.000-600.000$  vezels/m<sup>3</sup>; tussen  $600.000 - 1.000.000$  vezels/m<sup>3</sup>;  $> 1.000.000$  vezels/m<sup>3</sup>.

#### 2.2.4 *Alternatieven voor werkzaamheden met hoge emissie (vraag B.4)*

- a. Zijn er gegevens (in de SMA-rt database, evt. elders) over lage-emissie alternatieven voor werkzaamheden met hoge emissie?
- b. Zo ja, voor welke werkzaamheden, op welke manier, en tot welke reductie van emissie leidt dit?

#### 2.2.5 *Onderbouwing vrijgavemeting met FCM i.p.v. SEM (vraag B.5)*

- a. Het concept Arbobesluit (artikel 4.51a) [12] schrijft voor dat de vrijgavemeting geschiedt “teneinde vast te stellen of de concentratie van chrysotiel in de lucht lager is dan 2000 vezels per kubieke meter en of de concentratie van de asbest amfibolen actinoliet, amosiet, anthofylliet, tremoliet en crocidoliet gezamenlijk in de lucht lager is dan 300 vezels per kubieke meter”. In de NEN 2990 [7] is uitgewerkt hoe eindbeoordeling na asbestsanering moet plaatsvinden. Hierin is de keuze gemaakt om eindbeoordeling van werkzaamheden in klasse 2 te doen met de fasecontrast-methode in plaats van de SEM-methode. Omdat de fasecontrast-methode niet gevoelig genoeg is om te meten tot onder 2000 vezels/m<sup>3</sup> vindt de vrijgave daarbij plaats aan de hand van de 10.000 vezels/m<sup>3</sup> grens. De rationale hierbij is dat vrijgave van beperkt risicosaneringen aan de hand van 10.000 vezels/m<sup>3</sup> ook waarborgt dat de grens van 2000 vezels/m<sup>3</sup> niet wordt overschreden; (en dat het meten van deze eindbeoordelingen met SEM tot te hoge extra kosten zou leiden die het illegaal verwijderen van asbest in de hand zouden werken).

- b. Deze rationale is kort genoemd in bijlage I van de NEN 2990, maar is niet onderbouwd met een inzichtelijke analyse van meetgegevens. Verzoek is om deze rationale nu wel te onderbouwen met meetgegevens en te laten zien in hoeverre deze opgaat. Dit is noodzakelijk om te kunnen vaststellen dat het voldoet aan de genoemde beschrijving in artikel 4.51a [12].
- c. Dit onderdeel van de opdracht zou in een aparte korte publicatie van TNO terecht moeten komen die in de toekomst gemakkelijk geraadpleegd kan worden en mogelijk als bijlage in de NEN 2990 [7] kan worden opgenomen.

De vragen A.1 t/m A.4 en B.1 t/m B.5 worden in hoofdstuk 9, aansluitend op de conclusies van het onderzoek, beantwoord.

### 3 Asbestconcentratieniveaus tijdens saneringswerkzaamheden: beoordeling beschikbare meetgegevens (database 2004)

#### Hoofdboodschap

- Het voor de beoordeling van de blootstellingsniveaus beschikbare aantal metingen (2004) per saneringsscenario is te klein voor een statistische analyse. Ook zijn er weinig herhaalde metingen (hetzelfde scenario meerdere malen bemeten). Hierdoor is de generaliseerbaarheid van de analyseresultaten beperkt. De resultaten zijn wel indicatief voor de asbestsaneringspraktijk.
- Als gevolg van het kleine aantal metingen zijn naast vezelconcentraties van persoonlijke metingen ook vezelconcentraties van stationaire metingen in de analyse betrokken. Vezelconcentraties van persoonlijke metingen zijn veelal hoger. Daarom is het mogelijk dat voor een aantal scenario's te lage (gemiddelde) vezelconcentraties worden gerapporteerd.
- De gemeten vezelconcentratie is sterk afhankelijk van het saneringsscenario (combinatie van saneringsmethode en asbesthoudend materiaal). Breukvorming in asbesthoudende materialen leidt altijd tot een (forse) toename van de asbestvezelconcentraties.
- Voor veel beoordeelde bewerkingen aan asbesthoudende materialen is de spreiding in gemeten vezelconcentraties groot. Dat geldt in het bijzonder voor in de ademzone gemeten vezelconcentraties (persoonlijke metingen). Deze verschillen in vezelconcentraties zijn het gevolg van o.a. de werkwijze, het wel/niet toepassen van bronmaatregelen, de afstand tot de bron, etc.
- Sommige beheersmaatregelen blijken niet het verwachte effect te hebben. Mogelijke oorzaken zijn het niet in de database voorkomen van meetresultaten waarbij de maatregel niet is getroffen (geen vergelijkingsmogelijkheid), het alleen toepassen van de maatregel bij verwachte hoge concentraties of het niet optimaal gebruik maken van de maatregel.

#### 3.1 Inleiding

TNO voerde in 2004 onderzoek uit ten behoeve van de indeling van asbestsaneringswerkzaamheden in risicoklassen [13]. De voor dat onderzoek verzamelde asbestconcentraties in de lucht, gemeten bij verschillende bewerkingen en verschillende asbesthoudende materialen, zijn in een database<sup>4</sup> vastgelegd. De kwalitatief goede saneringsmetingen zijn geselecteerd en gebruikt voor deze analyse. Het doel van de analyse is het verkrijgen van inzicht in de asbestconcentraties die kunnen voorkomen tijdens saneringen waarbij gebruik gemaakt wordt verschillende saneringsmethoden onder een diversiteit van omstandigheden.

De informatie van 174 metingen bleek geschikt voor de analyse. De oorzaak van het relatief kleine aantal meetresultaten is de hoge kostprijs van asbestmetingen en analyses met behulp van elektronenmicroscopie, waardoor er relatief weinig metingen uitgevoerd worden om bepaalde werkwijzen te valideren.

<sup>4</sup> De basis voor de SMA-rt-database.

Daarnaast zijn er voor diverse opdrachtgevers veel onderzoeken uitgevoerd door laboratoria en ingenieursbureaus waarvan de resultaten niet systematisch geregistreerd en/of gepubliceerd zijn.

### 3.2 Analyse van de 2004-database

Dit deel van het onderzoek richt zich op het beoordelen van beschikbare gegevens uit de (SMA-rt) database. Voor dit onderzoek is alleen gebruik gemaakt van de 174 meetresultaten die de asbestvezelconcentraties beschrijven tijdens saneringswerkzaamheden. De 174 beschikbare meetgegevens hebben betrekking op vele verschillende scenario's:

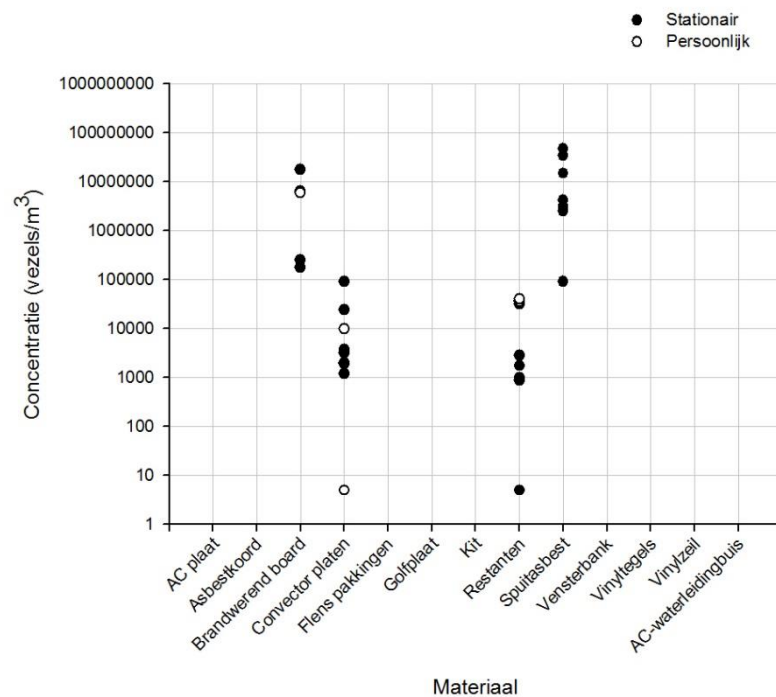
- Sanering van meerdere type asbesthoudende materialen;
- Sanering waarbij verschillende activiteiten bemeten zijn;
- Metingen die hebben plaatsgevonden op uiteenlopende locaties;
- Tijdens de saneringen zijn verschillende bronmaatregelen getroffen;
- De asbestvezelconcentraties zijn bepaald met verschillende analysemethoden;
- Zowel persoonlijke als stationaire (containment) metingen zijn verzameld.

Al deze factoren kunnen potentieel van invloed zijn op de gemeten asbestvezelconcentratie. Doordat het aantal potentiële factoren dat van invloed is op de concentratie aanzienlijk is, is het aantal metingen per (gedetailleerd) scenario relatief klein. Daarom worden de concentraties op een beschrijvende manier gepresenteerd.

De concentraties in de SMA-rt database zijn gerelateerd aan een saneringsactiviteit. Om die reden wordt geen vergelijking gemaakt met de grenswaarde die als een 8-uurs gemiddelde blootstelling is gedefinieerd. Om een goede vergelijking met de grenswaarde te kunnen maken moet gecorrigeerd worden voor o.a. de tijdsduur van de activiteit (taakduur), het effect van werkmethoden, het effect van beheersmaatregelen en het gebruik van adembeschermingsmiddelen. Het doorrekenen van dergelijke scenario's en het vergelijken met de grenswaarden wordt in hoofdstuk 7 beschreven.

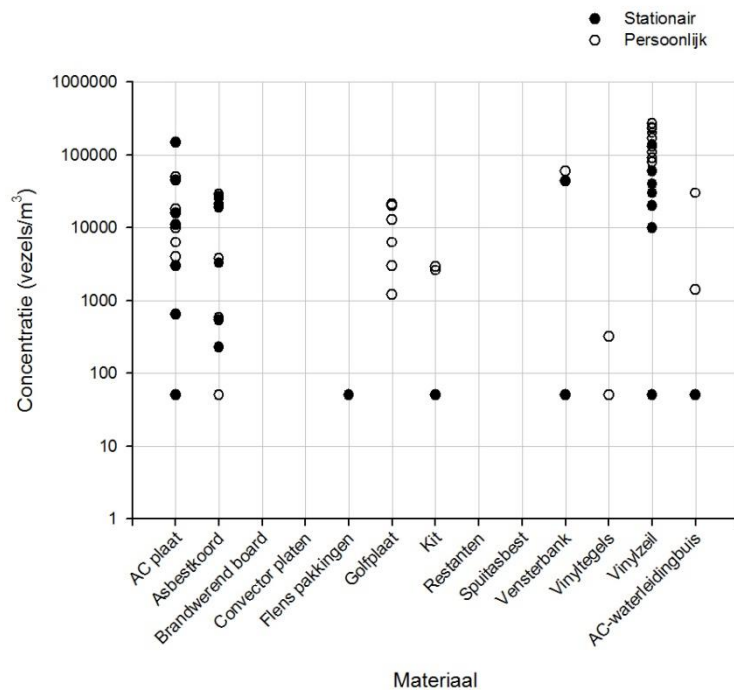
In de SMA-rt database worden de gemeten asbestvezelconcentraties gepresenteerd als een nominale waarde met een betrouwbaarheidsinterval. In dit rapport worden de nominale waarden gepresenteerd. Omdat een verzameling meetwaarden van werk-gerelateerde concentraties een lognormale verdeling volgt, worden de resultaten gepresenteerd als het geometrisch gemiddelde (GM) met een geometrische standaardafwijking (GSD). De GSD is een maat voor de variatie in de meetwaarden.

In dit hoofdstuk worden de gemeten asbestvezelconcentraties per type sanering gepresenteerd. Waar mogelijk is ook onderscheid gemaakt naar toegepaste werkmethode en gebruikte beheersmaatregelen. Figuur 3.1 presenteert de vezelconcentraties gemeten tijdens saneringswerkzaamheden van materialen die amfibool asbest bevatten. Vezelconcentraties gemeten tijdens het saneren van chrysotiel en gecombineerd asbest worden weergegeven in figuur 3.2. De analytische ondergrens<sup>5</sup> voor asbestvezelconcentraties is ongeveer 100 vezels/m<sup>3</sup>. Voor meetwaarden onder deze grens wordt gerekend met waarden van 50 vezels/m<sup>3</sup>.



Figuur 3.1 Amfibool asbestvezelconcentraties (amosiet) tijdens saneringswerkzaamheden van verschillende type materialen, uitgesplitst naar persoonlijke en stationaire metingen.

<sup>5</sup> De analytische ondergrens heeft betrekking op scanningelektronenmicroscopie in combinatie met Röntgenmicroanalyse (SEM/RMA).



Figuur 3.2 Chrysotiel asbestvezelconcentraties tijdens saneringswerkzaamheden van verschillende type materialen, uitgesplitst naar persoonlijke en stationaire metingen.

Uit figuur 3.1 en figuur 3.2 wordt duidelijk dat, hoewel het aantal metingen niet erg groot is, er toch een forse spreiding in blootstelling bestaat. Bijvoorbeeld brandwerend board, dat amosiet bevat, kent meetwaarden van 100.000 vezels/m<sup>3</sup> tot en met 10.000.000 vezels/m<sup>3</sup>. Een meer gedetailleerde toelichting op de gemeten vezelconcentratieniveaus per materiaal wordt hieronder beschreven.

In de database zijn meetresultaten van persoonlijke metingen en stationaire (containment) metingen opgeslagen. Hoewel tijdens de asbestsaneringswerkzaamheden de stationaire meetpunten zich in de directe omgeving van de werkers bevonden, zijn voor het schatten van de blootstelling van de werknemers persoonlijke metingen in de ademzone gewenst. De vereiste bepalingsondergrenzen kunnen echter alleen worden bereikt door langere tijd lucht te bemonsteren met een debiet van 8 liter/min met relatief zware pompen. Aangezien dergelijke pompen niet draagbaar zijn, worden daarom in de praktijk stationaire meetpunten opgesteld in de directe omgeving van de werkers of worden de filterhouders in de ademzone van de werkers met een lange slang verbonden aan een zware pomp. Door het kleine aantal metingen per groep, bestaan onderstaande resultaten uit analyses van zowel persoonlijke als stationaire metingen. Van de 47 beschikbare meetresultaten betreffende amfibool asbest hebben er 6 (13%) betrekking op persoonlijke metingen. Voor chrysotiel asbest zijn 79 van de 127 (62%) meetresultaten persoonlijke metingen. Veelal zijn vezelconcentraties van persoonlijke metingen hoger dan vezelconcentraties van stationaire metingen (zie figuur 3.1 en figuur 3.2).

In tabel 3.1 worden een aantal parameters van de beschrijvende statistiek van bij saneringen gemeten vezelconcentraties (per materiaal) weergegeven.

Tabel 3.1 Asbestconcentraties gemeten bij sanering van verschillende materialen.

Saneringsscenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Amfibool asbest</b>					
1. Brandwerend board	5	198600	8,1	17900	1800000
2. Convector platen	20	497	12,6	<100	920000
3. Restanten	14	220	17,6	<100	4100
4. Spuitasbest	8	468000	7,1	9290	4700000
<b>Chrysotiel asbest</b>					
5. Asbestcement plaat	15	3900	13,3	<100	150000
6. Asbestkoord	12	3700	9,1	<100	29000
7. Flenspakkingen	1	50	-		
8. Golfplaat	8	6490	3,5	1200	21000
9. Asbesthoudende kit	36	60	2,5	<100	2900
10. Vensterbanken	5	3090	43,3	<100	60000
11. Vinyltegels	6	68	2,1	<100	320
12. Vinylzeil	25	26400	12,7	<100	270000
13. AC-waterleidingbuizen	19	120	8,2	<100	30000

Uit tabel 3.1 blijkt dat de gemeten vezelconcentraties (GM's) sterk afhangen van het gesaneerde asbesthoudende materiaal. Bovendien zijn de GSD's (erg) hoog. Dit wijst op een grote variatie in de gemeten concentraties binnen een type sanering. Onderstaande tekst geeft per type materiaal (amfibool asbest of chrysotiel asbest) aan of de grote range in vezelconcentraties te verklaren is door de manier van saneren (werkwijze) of door de gebruikte beheersmaatregelen (emissiereductie). Voor de gehele analyse geldt dat de resultaten zijn gebaseerd op kleine sub-data-sets (scenario's). In een enkel geval bestaat de dataset uit één bemeten situatie. De analyseresultaten zijn, ondanks deze beperkingen, wel indicatief voor de asbestsaneringspraktijk.

### ***Amfibool asbest***

#### *Brandwerend board.*

Amfibool asbest van het type amosiet is onder andere verwerkt in brandwerend board. Tijdens het verwijderen wordt het board veelal gebroken. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de beschrijvende statistische parameters (GM, GSD, Min, en Max) van de twee bemeten scenario's tijdens het verwijderen van brandwerend board. De **vet** gedrukte tekst heeft betrekking op alle (vijf) brandwerend board scenario's.

Tabel 3.2 Asbestconcentraties gemeten bij sanering van brandwerend board (30-60% amosiet).

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen met breken</b>	<b>5</b>	<b>198000</b>	<b>8,1</b>	<b>17880</b>	<b>1800000</b>
Bevochtigen van breuken	3	880000	1,9	590000	1800000
Gebruik van couveusezak	2	21300	1,3	17880	25350

Uit tabel 3.2 blijkt dat het breken van het board leidt tot hoge vezelconcentraties. Bovendien lijkt het gebruik van een couveusezak<sup>6</sup> ten opzichte van het bevochtigen van breukvlakken, de blootstellingen met een factor 40 te verlagen in het geval dat het board toch gebroken wordt.

#### *Asbesthoudende convector platen*

Amfibool asbest (amosiet) kan ook verwerkt zijn in convector platen. In tabel 3.3 staan de beschrijvende statistische parameters voor saneringen van dit type plaatmateriaal.

Tabel 3.3 Asbestconcentraties gemeten bij sanering van amosiet bevattende convector platen.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen zonder breken</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>12,6</b>	<b>&lt;100</b>	<b>9200</b>
Geen maatregelen	2	4700	2,6	2400	9200
Stofzuigen plaat	8	21	7,7	<100	380
Stofzuigen en fixeren plaat	10	39	9,2	<100	990

De bemeeten scenario's hebben alle betrekking op saneringen waarbij de convector platen niet worden gebroken. Uit de concentraties in tabel 3.3 blijkt dat de gemeten concentraties altijd lager dan 10000 vezels/m<sup>3</sup> zijn. Het gebruik van een stofzuiger reduceert de concentraties tot onder de 1000 vezels/m<sup>3</sup>. Het fixeren van het plaatmateriaal, in combinatie met stofzuigen, lijkt geen additioneel effect te hebben. Een verklaring voor de hogere concentratie bij stofzuigen én fixatie ten opzichte van alleen stofzuigen kan zijn dat fixatie alleen wordt toegepast als hoge(re) emissies worden verwacht. Vrijwel alle metingen die bij het saneren van convector platen zijn uitgevoerd, zijn metingen met stationaire meetpunten. De concentraties van persoonlijke metingen zijn veelal hoger dan van stationaire metingen.

#### *Restanten (verwijderen puin en frezen in een wand)*

Bij het verwijderen van puin en het frezen in een mergelwand, die gecontamineerd is met amfibool asbestrestanten, zijn vezelconcentraties gemeten. Het verwijderen van puin (asbestgehalte << 0,1%) vond in de buitenlucht plaats. Het frezen vond in een containment plaats. Het aantal vezels per oppervlakte-eenheid op de mergelwand (bepaald met kleefmonsters) was >1000 vezels/cm<sup>2</sup>.

In beide situaties werd geen gebruik gemaakt van bronmaatregelen. De beschrijvende statistische parameters staan in tabel 3.4. Bij het freesproces lopen de vezelconcentraties op tot enkele duizenden vezels/m<sup>3</sup>.

<sup>6</sup> Een couveusezak of glove bag is alleen bruikbaar voor kleinschalig werk. Het gebruik is aan strikte regels gebonden. De glove bag is niet bruikbaar bij grootschalige verwijdering van amosiet-board.



Tabel 3.4 Asbestconcentraties gemeten bij het verwijderen van puin<sup>7</sup> en het frezen in een mergelwand.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen van asbest verontreinigd puin</b>	<b>8</b>	<b>27</b>	<b>6,2</b>	<b>&lt;100</b>	<b>284</b>
<b>Frezen in een asbest gecontamineerde wand</b>	<b>6</b>	<b>3800</b>	<b>1,1</b>	<b>3200</b>	<b>4100</b>

#### *Sputasbest*

Sputasbest hecht sterk aan oppervlakken en is daardoor erg moeilijk te verwijderen. Bij verwijdering zal breukvorming optreden in het materiaal, waardoor de concentraties in potentie hoger zijn dan bij het verwijderen van hecht gebonden asbesthoudende materialen. Tabel 3.5 geeft gemeten amfibool asbestvezelconcentraties weer bij het verwijderen van sputasbest door middel van, afsteken, schrapen en ijsstralen. Daarnaast is de asbestconcentratie gemeten tijdens het demonteren van onderdelen waarop sputasbest aanwezig was. Bij alle vier methoden is een stofzuiger gebruikt met als doel de vezelconcentraties te verminderen. Desondanks zijn hoge asbestconcentraties gemeten.

Tabel 3.5 Asbestconcentraties gemeten bij het verwijderen van sputasbest.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen van sputasbest</b>	<b>8</b>	<b>470000</b>	<b>7,1</b>	<b>9290</b>	<b>4700000</b>
Ijsstralen en stofzuiger	1	289000	-	-	-
Afschrapen en stofzuiger	3	2910000	1,8	1500000	4700000
Afsteken en stofzuiger	3	326000	1,3	254000	417000
Demonteren en stofzuiger	1	9290	-	-	-

Hoewel het slechts één meting betreft, lijkt het erop dat het demonteren van onderdelen waarop het materiaal sputasbest aanwezig is, tot aanzienlijk lagere concentraties leidt. Het in vergelijking met de andere sputasbestsaneringstechnieken veel minder beroeren van het sputasbest leidt waarschijnlijk tot een veel lagere emissie. Ijsstralen en afsteken lijken vergelijkbare concentraties op te leveren, terwijl het afschrapen van het materiaal de hoogste concentraties veroorzaakt. Opvallend is dat deze hoge concentraties gemeten worden terwijl gebruikt gemaakt wordt van een stofzuiger. Wellicht speelt het opwerpen van gesedimenteerd stof<sup>8</sup> door de uitblaaslucht van de stofzuiger (in het containment) een rol.

<sup>7</sup> Het verwijderen van puin is in strikte zin geen asbestsaneringshandeling conform SC 530. Is puin verontreinigd met asbest dan is het asbestgehalte bepalend of het verwijderen wel/niet een asbestsaneringshandeling is.

<sup>8</sup> Het opwerpen van vezels (resuspensie) kan worden voorkomen door de gefiltreerde uitblaaslucht buiten het containment af te voeren. Nadelen zijn: kans op het doorslaan van stofzuigerfilters; afvoerslangen in het containment en extra doorvoeren door de containmentwand.

### **Chrysotiel asbest**

#### *Asbestcement platen*

In tabel 3.6 worden de beschrijvende statistische parameters van vezelconcentratietingen uitgevoerd bij het verwijderen van asbestcementplaten weergegeven. De database bevat meetresultaten voor breken en niet breken tijdens de sanering, waarbij verschillende bronmaatregelen zijn toegepast. De **vet** gedrukte tekst heeft betrekking op alle (tien) scenario's met breken en alle (vijf) scenario's zonder breken.

Tabel 3.6 Asbestconcentraties gemeten bij sanering van asbestcementplaten.

<b>Scenario</b>	<b>N</b>	<b>GM (v/m<sup>3</sup>)</b>	<b>GSD</b>	<b>Min (v/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Max (v/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Verwijderen met breken</b>	<b>10</b>	<b>17100</b>	<b>3,1</b>	<b>3000</b>	<b>150000</b>
Geen maatregelen	3	14600	2,8	6300	45000
Fixeren van platen	7	18400	3,5	3000	150000
<b>Verwijderen zonder breken</b>	<b>5</b>	<b>200</b>	<b>7,5</b>	<b>&lt;100</b>	<b>4000</b>
Geen maatregelen	2	180	6,0	<100	650
Stofzuiger	1	4000	-	-	-
Fixeren van platen	2	50	-	<100	<100

Uit de GM-parameters in tabel 3.6 blijkt dat het verschil in vezelconcentraties tussen breken van asbestcementplaten en niet breken, waarbij geen maatregel worden getroffen, ongeveer een factor 80 is. Ongeveer eenzelfde factor is van toepassing op de GM's voor alle scenario's 'verwijderen met breken' en alle scenario's 'verwijderen zonder breken'.

Het aanbrengen van een fixeermiddel op de buitenzijde van asbestcementplaten leidt, bij het breken van de platen, niet tot verlaging van vezelconcentraties. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de fixatie alleen aan het oppervlak enig effect heeft, maar niet of nauwelijks effectief is bij het bestrijden van vezelemisaties bij breken van het plaatmateriaal.

### Asbestkoord

Een kleinschalige (niet-industriële) toepassing van chrysotiel asbesthoudend koord zit als afdichtingsmateriaal tussen ramen en kozijnen geklemd. Bij het verwijderen kan blootstelling aan asbestvezels plaatsvinden. Tabel 3.7 geeft een overzicht van de verschillende bemeeten scenario's met bijbehorende beschrijvende statistische parameters.

Tabel 3.7 Asbestconcentraties gemeten bij het (kleinschalig) verwijderen van asbesthoudend afdichtkoord.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen van afdichtkoord</b>	<b>12</b>	<b>3700</b>	<b>9,1</b>	<b>&lt;100</b>	<b>29000</b>
Verwijderen zonder maatregelen	4	23000	1,3	19000	29000
Verwijderen met bevochtigen	4	245	3,1	<100	580
Verwijderen met fixeren	4	9000	2,9	3300	25000

De gegevens in tabel 3.7 maken duidelijk dat het bevochtigen van asbestkoord een effectieve maatregel is om vezelemisaties te reduceren. Een verlaging van de vezelconcentraties met een factor 100 is mogelijk.

Het bewerken van het koord met een fixeerspray is minder tot nauwelijks effectief in vergelijking met bevochtigen. Dit blijkt uit de maximum concentraties van beide scenario's. De maximum concentratie voor verwijderen met fixeren is vrijwel gelijk aan de maximum concentratie zonder fixeren. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat fixeerspray alleen het oppervlak afschermt. Fixeerspray is alleen functioneel zolang het asbestkoord niet wordt beroerd. Het door en door impregneren (met water) lijkt vooralsnog de meest effectieve bronmaatregel.

### Flenspakkingen

Eén meting in de database heeft betrekking op blootstelling van werknemers aan asbestvezels tijdens het afsteken van asbesthoudende flenspakkingen in een trein. Het verwijderen van de flenspakkingen bestond uit het gecontroleerd afsteken, waarbij het werkvlak met een stofzuiger stofvrij werd gehouden. De gemeten vezelconcentratie (< 100 vezels/m<sup>3</sup>) is laag en gelijk aan de detectiegrens van de analysemethode. Bronafzuiging is blijkbaar effectief bij dergelijke lokale, kleinschalige bewerkingen.

### Golfplaten

Asbestcementgolfplaten werden tot 1993 op grote schaal toegepast als dakbedekkingmateriaal. Het verwijderen van (verweerde) golfplaten, maar ook het inpakken van de platen kan leiden tot blootstelling aan asbestvezels. Tabel 3.8 geeft de vezelconcentraties weer die bij het verwijderen en inpakken van de golfplaten, waarbij breuk optrad, werden gemeten.

Tabel 3.8 Asbestconcentraties gemeten bij het verwijderen van golfplaten.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen van gebroken asbestcement golfplaten</b>	<b>8</b>	<b>6490</b>	<b>3,5</b>	<b>1200</b>	<b>21000</b>
Verwijderen met fixeren	4	9600	2,6	3000	21000
Inpakken met fixeren	4	4400	4,5	1200	20000

Doordat de emissie wordt veroorzaakt door het hanteren van de gebroken platen verschillen de vezelconcentraties gemeten concentraties tijdens het verwijderen of het inpakken nauwelijks van elkaar. De GM's verschillen ongeveer een factor 2 en de maximum concentraties zijn vrijwel gelijk.

De database bevat geen meetgegevens die betrekking hebben op het verwijderen van asbestcementplaten zonder breken. Aannemelijk is dat niet breken, op basis van de verschillen tussen breken en niet breken van andere hechtgebonden asbesthoudende materialen (bijv. asbestcementplaten), ook voor asbestcement-golfplaten een gunstig effect heeft op de vezelconcentratieniveaus.

#### *Asbesthoudende kit<sup>9</sup>*

Bij het verwijderen van asbesthoudende kit kunnen asbestsaneerders worden blootgesteld aan asbestvezels. De database bevat 36 situaties die het verwijderen van asbesthoudende kit betreffen. In 34 gevallen werden geen asbestvezels gemeten. In 2 gevallen werd een asbestconcentratie van 2900 vezels/m<sup>3</sup> gemeten.

De kans op het vrijkomen van asbestvezels hangt samen met de plasticiteit van de kit. De plasticiteit is mede afhankelijk van de leeftijd van de kit. Naarmate de kit sterker verhard en/of uitgedroogd is, is de kans op het bij bewerking vrijkomen van vezels groter.

#### *Vensterbanken*

In het geval van sanering van asbesthoudende vensterbanken kan blootstelling aan asbestvezels plaatsvinden doordat de vensterbanken vaak met kit bevestigd zijn en bij het verwijderen beschadigen of breken. De in tabel 3.9 weergegeven vezelconcentraties hebben betrekking op het verwijderen van vensterbanken waarbij breuk en geen breuk optreedt.

Tabel 3.9 Asbestconcentraties gemeten bij het verwijderen van vensterbanken.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen van vensterbanken</b>	<b>5</b>	<b>3090</b>	<b>43,3</b>	<b>&lt;100</b>	<b>60000</b>
Verwijderen met breuken en fixeren	3	48000	1,2	43000	60000
Verwijderen zonder breuken en met fixeren	2	<100	-	<100	<100

<sup>9</sup> Voor het verwijderen van asbesthoudende kit ("kassenkit") uit tuinbouwkassen geldt een vrijstellingsregeling (Regeling sloop tuinbouwkassen met asbest bevattende voegkit [44]) waaraan een door TNO uitgevoerd onderzoek ten grondslag ligt. Momenteel mogen deze kitsaneringswerkzaamheden in risicoklasse 1 worden uitgevoerd.

Uit de parameters in tabel 3.9 blijkt dat (ook) voor asbesthoudende vensterbanken het al dan niet optreden van breuk in hoge mate bepalend is voor de optredende gemeten concentratieniveaus. Bij het breken van vensterbanken zijn de gemeten vezelconcentraties minimaal een factor 500 hoger dan bij saneringen van vensterbanken waarbij geen breuk optreedt, zelfs wanneer de breukvlakken zijn gefixeerd.

#### *Vinyltegels*

Vinyltegels bevatten ca. 2 tot 5% chrysotiel asbest en liggen vastgelijmd op een ondergrond. Om de bitumineuze kit waarmee de tegels zijn gelijmd plastisch te maken werden de tegels verhit en daarna onder wel of niet bevochtigen met water verwijderd. In beide gevallen ontstaan breukvlakken. Tabel 3.10 geeft een overzicht van de gemeten scenario's met bijbehorende beschrijvende statistische parameters.

Tabel 3.10 Asbestconcentraties gemeten bij het verwijderen van vinyltegels.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen van vinyl tegels</b>	<b>6</b>	<b>68</b>	<b>2,1</b>	<b>&lt;100</b>	<b>320</b>
Verwijderen zonder maatregelen	2	126	3,7	<100	320
Verwijderen met bevochtigen	4	50	0	<100	<100

Hoewel tijdens het verwijderen van vinyltegels breukvlakken ontstaan, blijven de vezelconcentraties laag omdat het asbestgehalte laag is en vrijwel alle vezels in de tegelmatrix gebonden blijven. Bovendien zorgt het bevochtigen van de tegels (met water) ervoor dat de concentratie met nog een factor 2 à 3 gereduceerd wordt.

#### *Vinylzeil*

Vinylzeil bestaat uit een vinyltoplaag en een onderlaag van acrylaat-papier met daarin ca. 60% chrysotiel. De asbesthoudende onderlaag is (doorgaans) vastgelijmd aan een vloeroppervlak. Door deze verlijming kunnen bij verwijderen grote breek/scheurvlakken ontstaan. Deze breukvlakken vormen een bron van asbestvezels. Tabel 3.11 geeft de statistische parameters van de bij het verwijderen van vinylzeil gemeten vezelconcentraties weer.

Tabel 3.11 Asbestconcentraties gemeten bij het verwijderen van vinylzeil.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen van vinylzeil</b>	<b>25</b>	<b>26400</b>	<b>12,7</b>	<b>&lt;100</b>	<b>270000</b>
Verwijderen met steekijzer en bevochtigen	19	20500	16,8	<100	270000
Verhitten met verfstripper en bevochtigen	5	44400	2,8	10000	130000
Verhitten met behangstomer en bevochtigen	1	240000	-	-	-

Uit de statistische parameters van de concentraties in tabel 3.11 blijkt dat bij het verwijderen van asbesthoudend vinylzeil, ondanks dat in alle gevallen het materiaal voortdurend is bevochtigd, hoge vezelconcentraties ontstaan. Deze bronmaatregel is duidelijk niet afdoende om de vezelconcentraties te verlagen.

De dataset voor vinylzeil bevat ook resultaten van drie stationaire metingen. In geen van de gevallen werden asbestvezels gemeten.

Gelet de hoogte van de ‘taakgebonden’ concentraties (persoonlijke metingen) bestaat er twijfel over de representativiteit van deze stationaire metingen.

#### *AC-waterleidingbuizen*

De statistische parameters van de vezelconcentraties in tabel 3.12 hebben betrekking op het verwijderen van AC-waterleidingbuizen die meerdere malen kapotgeslagen zijn (actief creëren van breukvlakken). In enkele gevallen werd het breukvlak ingesmeerd met latex.

Tabel 3.12 Asbestconcentraties gemeten bij het verwijderen van AC-waterleidingbuizen.

Scenario	N	GM (v/m <sup>3</sup> )	GSD	Min (v/m <sup>3</sup> )	Max (v/m <sup>3</sup> )
<b>Verwijderen van waterleidingbuizen</b>	<b>19</b>	<b>120</b>	<b>8,2</b>	<b>&lt;100</b>	<b>30000</b>
Verwijderen met bevochtigen	11	160	13,3	<100	30000
Verwijderen met bevochtigen en insmeren met latex	8	80	3,3	<100	1400

Uit tabel 3.12 blijkt dat bij het verwijderen van AC-waterleidingbuizen aanzienlijke vezelconcentraties kunnen worden gemeten. Bij twee persoonlijke metingen werden vezelconcentraties van 30000 vezels/m<sup>3</sup> gemeten. Deze hoge concentraties betreffen alle ongecontroleerde bewerkingen.

De lage vezelconcentraties zijn representatief voor het werken met de gestandaardiseerde KIWA/VEWIN-werkmethoden (“rode boekje”) [39]. Het insmeren (afdekken) van breukvlakken met latex lijkt een effectieve manier om concentraties te reduceren. Opvallend is dat er slechts bij 3 van de 19 metingen asbestvezels zijn gemeten. Dit kan verklaard worden door het toepassen van het KIWA/VEWIN-protocol dat gericht is op het voorkomen van breukvlakken en het verbod op het gebruik van sneldraaiend gereedschap. Voor bewerkingen aan AC-waterleidingbuizen is speciaal gereedschap ontwikkeld.

### **3.3 Toelichting bij de beoordeelde meetgegevens (2004)**

Het voor de beoordeling van de blootstellingsniveaus beschikbare aantal metingen per saneringsscenario is te klein voor een statistische analyse. Ook zijn er weinig herhaalde metingen (hetzelfde scenario meerdere malen bemeten). Hierdoor is de generaliseerbaarheid van de analysesresultaten beperkt.

Het beschikbaar komen van meer (actuele) data over blootstelling aan asbestvezels in de saneringspraktijk is daarom gewenst. Met meer meetresultaten kunnen beter onderbouwde factoren worden aangewezen die (voor een deel) hoge concentratieniveaus veroorzaken.

Als gevolg van het kleine aantal metingen zijn ook de vezelconcentraties van stationaire metingen in de beoordeling van de blootstellingsniveaus betrokken. Figuur 3.1 en figuur 3.2 laten zien dat de vezelconcentraties gemeten met persoonlijke metingen hoger zijn dan de concentraties gemeten met de stationaire metingen.

Ondanks bovengenoemde beperkingen geeft de analyse van de database een duidelijke indicatie voor de aanwezige concentratieniveaus tijdens asbestsaneringswerkzaamheden.

Breukvorming in asbesthoudende materialen leidt altijd tot een (forse) toename van de asbestvezelconcentraties. De wijze van saneren heeft grote invloed op de vezelconcentraties. Voor enkele saneringsmethoden is de geometrische standaarddeviatie (GSD) opvallend groot. Dit duidt op een grote variatie in blootstellingsniveaus van saneerders, die mogelijk samenhangt met de manier van werken.

Sommige beheersmaatregelen blijken niet het verwachte effect te hebben. Een mogelijke verklaring kan zijn dat deze maatregelen alleen ingezet worden als de te verwachten vezelconcentraties hoog zijn. Er is dan wellicht een emissiereducerende factor, maar omdat de gebruikte database geen metingen bevat die het verschil laten zien tussen wel/geen gebruik van beheersmaatregelen, is dat onvoldoende aantoonbaar. Een andere verklaring is dat in sommige situaties de beheersmaatregelen niet optimaal wordt gebruikt.

De analyse van de database is verricht op basis van meetgegevens waarvoor de werksituaties gedetailleerd zijn beschreven. Meetgegevens van minder gedocumenteerde werksituaties vertonen vergelijkbare concentratieniveaus als die in dit hoofdstuk worden weergegeven.





## 4 Concentratieingen bij saneringen: metingen in de praktijk (2013)

### Hoofdboodschap

- Uit SMA-rt-meldingen in de periode mei-oktober 2013 blijkt dat ongeveer 90% van de asbestverwijderingswerkzaamheden betrekking hebben op hechtgebonden asbesthoudende materialen, waarvan de sanering is ingedeeld in risicoklasse 1 (30%) of risicoklasse 2 (60%).
- De resterende 10% van de saneringen hebben betrekking op verwijdering van niet-hechtgebonden asbest, zoals spuitasbest en plaatmateriaal (risicoklasse 3). Bij deze saneringen kunnen zeer hoge amfibool asbestvezelconcentraties ontstaan, waarvoor de laagste (nieuwe) grenswaarde (300 vezels/m<sup>3</sup>) van toepassing is.
- Om zicht te krijgen op actuele concentratieniveaus die bij risicoklasse 3 saneringen kunnen optreden, zijn praktijkmetingen bij drie saneringen van brandwerend board (amosietboard) en één sanering van spuitasbest uitgevoerd.
- De in de ademzone van de saneerders en de met stationaire meetpunten in het containment gemeten vezelconcentraties zijn zeer hoog. Bij saneringen van amosietboard werden in de ademzone vezelconcentraties tot 127.000.000 vezels/m<sup>3</sup> en stationair tot 31.000.000 vezels/m<sup>3</sup> gemeten. Voor spuitasbest (amosiet) werden in de ademzone tot 51.000.000 vezels/m<sup>3</sup> en stationair in het containment tot 6.000.000 vezels/m<sup>3</sup> gemeten.
- De gemeten vezelconcentraties, zowel de persoonlijke als stationaire, zijn piekwaarden (15 minutengemiddelden) en geven een reëel beeld van de concentratieniveaus die tijdens het uitvoeren van de (hoog risico) saneringswerkzaamheden kunnen voorkomen. Met het effect van adembeschermingsmiddelen is geen rekening gehouden (concentraties buiten het masker).
- Zorgvuldig demonteren (van amosietboard) leidt tot aanzienlijk lagere vezelconcentraties dan bij sloop waarbij veel breukvlakken ontstaan. Uit de metingen volgt een factor 30 à 40 voor de metingen in de ademzone en minimaal een factor 5 voor de stationaire metingen). De vezelconcentraties in de ademzone zijn vrijwel altijd (veel) hoger dan de concentraties in het containment.
- Om zicht te krijgen op actuele concentratieniveaus die bij risicoklasse 2 saneringen kunnen optreden, zijn praktijkmetingen bij twee openlucht-saneringen van verweerde asbestcementgolflaten (daken van landbouwloodsen) uitgevoerd.
- In de ademzone van de saneerders werden chrysotiel vezelconcentraties tot 2600 vezels/m<sup>3</sup> en stationair tot 1300 vezels/m<sup>3</sup> gemeten. Deze concentraties hebben betrekking op een meetduur van 45 minuten.

### 4.1 Inleiding

In Nederland worden veel asbestsaneringen uitgevoerd. De Inspectie SZW meldt in haar Sectorrapportage Asbest 2013 [38] voor het jaar 2012 ruim 52000 meldingen van asbestverwijderingswerkzaamheden.

Bij ongeveer 90% van deze saneringen (SMA-rt-meldingen mei-oktober 2013) gaat het om verwijdering van hechtgebonden asbesthoudende materialen waarvan de sanering is ingedeeld in risicoklasse 1 (30%) of risicoklasse 2 (60%).

Bij deze saneringen zijn de asbestconcentraties relatief laag. Ongeveer 10% van de saneringen hebben betrekking op verwijdering van niet-hechtgebonden asbest, zoals spuitasbest en plaatmateriaal (risicoklasse 3). Hierbij kunnen in het containment zeer hoge asbestconcentraties ontstaan en bevatten de te verwijderen materialen vaak amfibool asbest waarvoor de laagste grenswaarde (300 vezels/m<sup>3</sup>) geldt.

Om deze redenen is er voor gekozen om juist tijdens deze meest risicovolle saneringen metingen te verrichten. Bij drie saneringen van amosietplaten (amosiet-board) (zie paragraaf 4.4) en één sanering van spuitasbest (zie paragraaf 4.5) zijn concentratiemetingen (15 minuten gemiddelden) uitgevoerd.

Naast deze metingen tijdens hoog-risicosaneringen, werd tevens onderzoek verricht bij twee openlucht-saneringen van verweerde AC-golfplaten (risicoklasse 2). De meetduur voor beide openlucht-saneringen was ca. 45 minuten (zie paragraaf 4.6).

## 4.2 Methodiek en toelichting

### 4.2.1 *Monsterneming en analyse*

Tijdens de monsterneming wordt een bekende hoeveelheid lucht door een met goud gecoat membraanfilter (Nuclepore) aangezogen. Na de monsterneming worden de asbestvezels op het filter geïdentificeerd en geteld met behulp van scanning elektronenmicroscopie in combinatie met röntgen micro-analyse (SEM/RMA). Deze methode is beschreven in de norm ISO 14966 [6], die eveneens is opgenomen in de Nederlandse normen NEN 2991 [14] en Ontwerp-NEN 2939 [9].

In vrijwel alle normen voor de bepaling van de asbestvezelconcentraties in lucht op de werkplek wordt uitsluitend het aantal vezels met een lengte >5 µm meegeteld. Zoals aangetoond door o.a. Pott en Stanton [15a, 15b] is de carcinogene werking van kortere vezels vele malen kleiner. In de thans nog in Nederland geldende richtlijnen voor asbest in het milieu (alle niet-arbo situaties) wordt het begrip vezelequivalent gebruikt. Hierbij worden kortere vezels wel meegeteld maar met een equivalentiefactor die 10 keer lager is dan vezels van hetzelfde type met een lengte >5 µm.

Bij de introductie van nieuwe grenswaarden zullen deze zowel gaan gelden voor arbeidgerelateerde blootstelling als voor blootstelling in het milieu en gelden aparte grenswaarden voor chrysotiel en amfibool asbestsoorten. Hierbij is ook rekening gehouden met het verschil in carcinogene potentie. Het begrip vezelequivalent komt daarmee te vervallen.

De maximum tijdsperiode gedurende welke een monster genomen kan worden, wordt begrensd door de maximale beladingsgraad van het filter. Is een filter overbeladen, dan is alleen minder betrouwbare microscopische analyse mogelijk. In de arbeidshygiëne geldt een 15-minuten gemiddelde als een "piekwaarde".

Gezien de zeer hoge concentraties die gemeten zijn (zie paragraaf 4.3 en paragraaf 4.4), is 15 minuten ook ongeveer de maximum bemonsteringstijd bij het uitvoeren van metingen tijdens het verwijderen van niet-hechtgebonden materialen. Ondanks een monsternemingsduur van 15 minuten moesten enkele monsters verdund<sup>10</sup> worden om een analyse mogelijk te maken.

#### 4.2.2 *Meting in de ademzone (Personal Air Sampling (PAS))*

Het merendeel van de uitgevoerde metingen is uitgevoerd in de “ademzone” van de werknemers (persoonlijke metingen) tijdens het uitvoeren van saneringshandelingen. De filterhouder is daarbij in de ademzone aangebracht. De meetresultaten hebben dus betrekking op de asbestconcentratie in de directe omgeving van de werknemer, waarbij geen rekening is gehouden met de werking van adembeschermingsmiddelen. De gemeten concentraties (15 minuten gemiddelden) geven een reëel beeld van de asbestconcentratieniveaus tijdens het uitvoeren van het saneringswerk.

#### 4.2.3 *Stationaire meetpunten*

In het containment zijn ook stationaire meetpunten opgesteld waarmee de gemiddelde vezelconcentratie in het containment wordt gemeten. De gemeten concentraties zijn altijd lager dan de gemeten piekwaarden in de ademzone omdat de afstand tot het werk groter is. Door de ventilatie in het containment, die wordt bewerkstelligd door de onderdrukunit, zal menging optreden. De fluctuaties in concentratie zijn veel kleiner dan die in de ademzone. Deze ‘achtergrondconcentratie’ in het containment kan worden verlaagd door het ventilatievoud (aantal luchtwisselingen van de ruimte per uur) op te voeren. Een hoog ventilatievoud in het containment heeft weliswaar een verlagende werking op de gemiddelde asbestconcentratie, maar heeft nauwelijks effect op de concentraties in de ademzone (PAS-meting).

#### 4.2.4 *Relatie tussen uitgevoerde bewerkingen en de asbestconcentratie*

Ter onderbouwing van het nemen van effectieve bronmaatregelen is het van belang om precies te weten bij welke handelingen de hoogste emissies optreden. Tijdens de uitvoering van de saneringswerkzaamheden zijn video-opnamen gemaakt, die zijn gebruikt voor het interpreteren van de gemeten vezelconcentraties.

### 4.3 **Saneringen van amosietboard (risicoklasse 3)**

In de periode juni-juli 2013 zijn bij drie saneringen van amosietboard vezelconcentratiemetingen uitgevoerd.

De saneringen worden aangeduid met:

- sanering 1 - het inpandig verwijderen van gevelbeplating (> 10 m<sup>2</sup>) (demontage)<sup>11</sup>
- sanering 2 - het inpandig verwijderen van plafondplaten (> 10 m<sup>2</sup>) (sloop)<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Bij verdunning wordt het oorspronkelijke filter is suspensie gebracht in een bekende hoeveelheid stofvrij water gehomogeniseerd. Een deel van de suspensie wordt opnieuw gefiltreerd over een goud gecoat filter en geanalyseerd met SEM/RMA. Bij het berekenen van de concentratie wordt de verdunningsfactor verdisconteerd. Het verdunnen van monsters behoort niet tot de standaardhandelingen zoals beschreven in de norm ISO 14966 en leidt tot een enigszins grotere meetonzekerheid.

<sup>11</sup> Demontage: het (zoveel mogelijk) voorkomen van breukvlakken – sloop: meer ruwe manier van verwijderen waarbij veel breukvlakken ontstaan.

- sanering 3 - het verwijderen van plafondplaten uit kelderboxen in een flatgebouw (> 10 m<sup>2</sup>) (sloop)<sup>11</sup>

In deze paragraaf worden de meetresultaten van vezelconcentratiemetingen (in de 'ademzone' van werknemers (saneerders)<sup>12</sup> en stationaire metingen in het containment), in volgorde van uitvoering, bij saneringen van amosietboard (30-60% amosiet) weergegeven.

Het meetresultaat bestaat uit het met behulp van een scanning elektronenmicroscop tellen, meten en karakteriseren van asbestvezels en het vervolgens berekenen van de vezelconcentratie.

Gedurende de saneringswerkzaamheden zijn voor (meestal drie) aansluitende perioden van 15 minuten luchtmonsters genomen.

#### 4.3.1 *Sanering amosietboard (sanering 1)*

Sanering 1 betreft het verwijderen van gevelbeplating aan de binnenzijde van een gebouw. De handelingen bestaan uit het zorgvuldig demonteren en het vervolgens inpakken van het plaatmateriaal in vlak plastic. Vezelconcentratiemetingen zijn uitgevoerd in de 'ademzone' (zie paragraaf 4.2.2) van beide saneerders die min of meer dezelfde handelingen uitvoeren. Daarnaast zijn tegelijkertijd stationaire metingen in het containment uitgevoerd. Tijdens de sanering zijn gedurende drie opeenvolgende perioden van 15 minuten luchtmonsters genomen (zie tabel 4.1, tabel 4.2 en tabel 4.3).

---

<sup>12</sup> In deze paragraaf is het woord 'saneerder' gereserveerd voor die werknemers die in het containment de demontage-/sloophandelingen uitvoeren of daar nauw bij betrokken zijn.

*Concentratiemetingen (piekconcentraties weergegeven als 15 minuten gemiddelden)*

Tabel 4.1 Vezelconcentraties<sup>13</sup> bij saneerder 1 [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	991.000	[857.000 - 1.140.000]
2	2.484.000	[2.035.000 - 3.003.000]
3	228.000	[186.000 - 277.000]

Tabel 4.2 Vezelconcentraties bij saneerder 2 [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	613.000	[508.000 - 733.000]
2	2.279.000	[1.882.000 - 2.735.000]
3	1.708.000	[1399.000 - 2.065.000]

Tabel 4.3 Vezelconcentraties in het containment [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	306.000	[250.000 - 372.000]
2	1.592.000	[1.303.000 - 1.927.000]
3	311.000	[253.000 - 379.000]

Uit de vezelconcentraties blijkt dat de hoogste waarde gemeten in het containment (stationair meetpunt) ongeveer een factor 1,5 lager is dan de hoogste waarde gemeten in de ademzone van saneerder 1 of saneerder 2. Verder valt de grote variatie in gemeten concentraties van meetperiode tot meetperiode op. Voor saneerder 1 is het verschil tussen het hoogste en laagste 15 minuten gemiddelde ongeveer een factor 10. Voor saneerder 2 is deze factor bijna 4 en voor het containment een factor 5.

#### 4.3.2 Sanering amosietboard (sanering 2)

Sanering 2 betreft het verwijderen van plafondbeplating. Het verwijderen bestaat uit het met een koevoet verwijderen van het plaatmateriaal (gat in het plaatmateriaal slaan en lostrekken). Om het plaatmateriaal op maat te maken voor de plastic verpakkingzakken, worden de platen handmatig (opnieuw) in stukken gebroken. Vezelconcentratiemetingen zijn uitgevoerd in de 'ademzone' van twee saneerders. Daarnaast zijn parallel metingen in het containment uitgevoerd. Tijdens de sanering zijn gedurende drie aansluitende perioden van 15 minuten luchtmonsters genomen (zie tabel 4.4, tabel 4.5 en tabel 4.6).

<sup>13</sup> De meest waarschijnlijk verklaring voor de systematisch hogere concentraties in periode 2 is de mate van activiteit in die periode. Uit het video-beeldmateriaal blijkt dat in periode 2, in tegenstelling tot periode 1 en periode 3, beide saneerders met saneringshandelingen (losmaken van het amosietboard) bezig zijn. Een derde saneerder is in die periode bezig met het inpakken van het vrijgekomen materiaal (amosietboard en glas-/steenwolmatten).

Bij de visuele inspectie van de luchtmonsters bleek dat er plukjes asbestvezels op het filteroppervlak lagen en dat er dus sprake was van sterke overbelading. De monsters zijn daarom voor de analyse verdund zoals beschreven in paragraaf 4.2.1.

- *Concentratiemetingen (piekconcentraties weergegeven als 15-minuten gemiddelden)*

Tabel 4.4 Vezelconcentraties bij saneerder 1 [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	21.040.000	[17.180.000 - 25.520.000]
2	-	-
3	48.100.000	[39.620.000 - 57.840.000]

Tabel 4.5 Vezelconcentraties bij saneerder 2 [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	37.120.000	[30.460.000 - 44.800.000]
2	83.640.000	[69.920.000 - 99.280.000]
3	65.840.000	[54.360.000 - 79.000.000]

Tabel 4.6 Vezelconcentraties in het containment [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	17.020.000	[13.860.000 - 20.720.000]
2	31.240.000	[25.520.000 - 37.880.000]
3	27.480.000	[22.640.000 - 33.060.000]

Uit de vezelconcentraties blijkt dat de hoogste waarde gemeten voor het stationaire meetpunt in het containment een factor 2 à 3 lager is dan de hoogste waarde gemeten in de ademzone van saneerder 1 of saneerder 2. De variatie in de (zeer hoge) vezelconcentraties tussen de verschillende meetperiodes zijn veel kleiner dan die bij sanering 1. Voor zowel saneerder 1, saneerder 2 als het containment is het verschil tussen het hoogste en laagste 15 minuten gemiddelde een factor 2 à 3.

#### 4.3.3 Sanering amosietboard (sanering 3)

Sanering 3 betreft het verwijderen van plafondbeplating. Het verwijderen bestaat uit het met een (grote) beitel lossteken van het plaatmateriaal. Het plaatmateriaal wordt daarbij veelal gebroken.

Vezelconcentratiemetingen zijn uitgevoerd in de 'ademzone' van één saneerder. Daarnaast zijn parallel metingen op een stationair meetpunt in het containment uitgevoerd. Tijdens de sanering zijn gedurende drie aansluitende perioden van 15 minuten luchtmonsters genomen (zie tabel 4.7 en tabel 4.8).

- *Concentratiemetingen (piekconcentraties weergegeven als 15 minuten gemiddelden)*

Bij de visuele inspectie van de bemonsterde filters bleek dat vier van de zes monsters overbeladen waren. Deze vier monsters zijn daarom voor de analyse verdund zoals beschreven in paragraaf 4.2.1.

Tabel 4.7 Vezelconcentraties bij de saneerder [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	126.960.000	[108.780.000 - 147.320.000]
2	28.500.000	[23.320.000 - 34.480.000]
3	18.600.000	[15.160.000 - 22.600.000]

Tabel 4.8 Vezelconcentraties in het containment [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	8.760.000	[7.160.000 - 10.640.000]
2	1.839.000	[1.508.000 - 2.221.000]
3	1.405.000	[1.154.000 - 1.693.000]

Uit de vezelconcentraties blijkt dat de hoogste waarde gemeten op het stationaire meetpunt in het containment ongeveer een factor 15 lager is dan de hoogste waarde gemeten in de ademzone van de saneerder.

Verder valt de grote variatie tussen de verschillende meetperioden op. Voor de saneerder is het verschil tussen het hoogste en laagste 15 minuten gemiddelde bijna een factor 7 en voor het containment ruim een factor 6.

#### 4.4 Sanering spuitasbest (risicoklasse 3)

In deze paragraaf worden de meetresultaten van vezelconcentratiemetingen in de 'ademzone' van saneerders en stationaire metingen in het containment bij een sanering van spuitasbest (amosiet) weergegeven. De meetresultaten worden op dezelfde wijze gerapporteerd als in paragraaf 4.3.

In de periode juni-juli 2013 zijn bij één sanering van spuitasbest vezelconcentratiemetingen uitgevoerd. De sanering worden aangeduid met:

- sanering 4 - het in pandig verwijderen van spuitasbest van (< 10 m<sup>2</sup>)

##### 4.4.1 Sanering spuitasbest (sanering 4)

Sanering 4 betreft het verwijderen van spuitasbest van een staalconstructie (liggend I-profiel). Het verwijderen bestaat, na het bevochtigen (oppervlaktebevochtiging) gedurende de voorgaande dag, uit het handmatig verwijderen van de spuitasbestlaag. Tijdens verwijderen wordt aanvullend bevochtigd. Het asbestmateriaal wordt met de hand losgetrokken en zo dicht mogelijk bij de plaats waar het materiaal vrijkomt in een plastic zak gelegd.

Vezelconcentratiemetingen zijn uitgevoerd in de 'ademzone' van beide saneerders. Daarnaast zijn parallel metingen in het containment uitgevoerd. Tijdens de sanering zijn gedurende drie perioden van ongeveer 15 minuten luchtmonsters genomen (zie tabel 4.9, tabel 4.10 en tabel 4.11).

- Concentratiemetingen (15-minuten gemiddelden)

Tabel 4.9 Vezelconcentraties bij saneerder 1 [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	50.780.000	[41.800.000 - 61.120.000]
2	520.000	[428.000 - 627.000]
3	984.000	[804.000 - 1.192.000]

Tabel 4.10 Vezelconcentraties bij saneerder 2 - [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	1.959.000	[1.614.000 - 2.356.000]
2	951.000	[780.000 - 1.149.000]
3	286.000	[233.000 - 347.000]

Tabel 4.11 Vezelconcentraties in het containment [vezels/m<sup>3</sup>].

Periode	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
1	5.557.000	[4.648.000 - 6.592.000]
2	1.518.000	[1.244.000 - 1.835.000]
3	111.000	[89.000 - 137.000]

Uit de vezelconcentraties blijkt dat de hoogste waarde gemeten in het containment ongeveer een factor 10 lager is dan de hoogste waarde gemeten in de ademzone van de saneerders. Verder valt de grote variatie van meetperiode tot meetperiode op. Voor de saneerders is het grootste verschil tussen het hoogste en laagste 15 minuten gemiddelde bijna een factor 100 en voor het containment een factor 50.

#### 4.5 Saneringen asbestcementgolfplaten (risicoklasse 2)

In deze paragraaf worden de meetresultaten van vezelconcentratiemetingen (in de 'ademzone' van saneerders en stationaire metingen) bij saneringen van asbestcementgolfplaten (chrysotiel asbesthoudend) weergegeven. De meetresultaten worden op dezelfde wijze gerapporteerd als in paragraaf 4.3 en paragraaf 4.4.

In september 2013 zijn bij twee saneringen van asbestcementgolfplaten vezelconcentratiemetingen uitgevoerd. De saneringen worden aangeduid met sanering 5 en sanering 6. Het gaat in beide gevallen om het verwijderen van golfplaten (dak van een loods) in de buitenlucht.



#### 4.5.1 Sanering AC-golfplaat (sanering 5)

Sanering 5 betreft het verwijderen van ca. 180 m<sup>2</sup> asbestcementgolfplaten van een dak van een landbouwloods. Tijdens de meetperiode werd ca. 75 m<sup>2</sup> plaatmateriaal verwijderd. Het verwijderen bestaat uit het met een elektrische schroeven-draaier losdraaien van bevestigingsbouten, het optillen van de platen en het rechtstandig verplaatsen van de plaat naar een pallet die, ondersteund door een graafmachine (met pallethouder), zich boven de dakrand bevindt en het op de pallet stapelen van de platen. Het borstelen en schoonzuigen van de ondersteunende dakconstructie is onderdeel van de saneringswerkzaamheden.

Vezelconcentratie metingen zijn uitgevoerd in de 'ademzone' van twee saneerders (taken: losschroeven en afvoeren van de platen en met borstel en stofzuiger reinigen van de ondersteunende dakconstructie). Daarnaast is parallel een (stationaire) meting op de vloer van de loods onder de werkzaamheden uitgevoerd. De drie luchtmonsters hebben betrekking op een meetduur van ca. 45 minuten (zie tabel 4.12).

Tabel 4.12 Vezelconcentraties [vezels/m<sup>3</sup>].

Plaats	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
Saneerder 1	2.600	[1.100 - 5.400]
Saneerder 2	1.400	[390 - 3.700]
Stationair	1.300	[260 - 3.700]

De metingen zijn in de buitenlucht (en in een loods zonder dak) uitgevoerd. Daarom wordt ook de gemiddelde de windsnelheid op de meetdag, die een maat is voor atmosferische verdunning, vermeld. Op de bewuste meetdag was de gemiddelde windsnelheid 2,6 m/s.

De hoogte van de vezelconcentraties (tabel 4.12) worden bepaald door de werkwijze en het uitvoeren van de saneringswerkzaamheden in de buitenlucht.

#### 4.5.2 Sanering AC-golfplaat (sanering 6)

Sanering 6 betreft het verwijderen van ca. 390 m<sup>2</sup> asbestcementgolfplaten van een dak van een landbouwloods. Tijdens de meetperiode werd ca. 15 m<sup>2</sup> plaat verwijderd. De wijze van verwijderen is gelijk aan de methodiek die bij sanering 5 is beschreven. De drie luchtmonsters hebben betrekking op een meetduur van ca. 45 minuten (zie tabel 4.13).

Tabel 4.13 Vezelconcentraties [vezels/m<sup>3</sup>].

Plaats	Concentratie	Betrouwbaarheidsinterval (Poisson 95%)
Saneerder 1	850	[100 - 3.100]
Saneerder 2	570	[70 - 2.100]
Stationair	< 640	[0 - 640]

De metingen zijn in de buitenlucht (en in een loods zonder dak) uitgevoerd. Daarom wordt ook de gemiddelde de windsnelheid op de meetdag, die een maat is voor atmosferische verdunning, vermeld.

Op de bewuste meetdag was de gemiddelde windsnelheid 4 m/s. De hoogte van de vezelconcentraties (tabel 4.13) worden bepaald door de werkwijze en het uitvoeren van de saneringswerkzaamheden in de buitenlucht (effecten van windsnelheid en neerslag).

Mogelijke wordt een deel van het verschil in vezelconcentraties tussen sanering 5 en sanering 6 verklaard door, naast een lagere bronsterkte (5x minder plaatmateriaal verwijderd) door een lagere windsnelheid.

## 5 Werkenmethoden en bronmaatregelen bij saneringen

### Hoofdboodschap

- De huidige SC 530 schrijft voor dat een saneringsbedrijf bronmaatregelen (best beschikbare technieken) moet treffen om emissie en verspreiding van asbestvezels zoveel mogelijk te voorkomen. Het saneringsbedrijf moet aantonen dat continue naar verbetering van de kwaliteit wordt gestreefd. Deze punten zijn echter nog onvoldoende specifiek ingevuld.
- De werkmethode kan grote invloed hebben op de hoogte van de vezelconcentraties. Breuk (het ontstaan van breukvlakken) van het asbesthoudende materiaal moet zoveel mogelijk worden voorkomen.
- Door zorgvuldig werken is, afhankelijk van het materiaal en de saneringstechniek een reductie van een factor 10 tot 100 op de emissie en de vezelconcentraties mogelijk.
- Te vermijden bewerkingen/gereedschappen zijn: gritstralen, ijsstralen, pneumatisch gereedschap, haakse slijpers, schuurmachines, zagen en (hoge-snelheids) boren, bezems, borstels, hogedruk (water)sputten en perslucht.
- De effectiviteit van bronmaatregelen is niet of nauwelijks systematisch onderzocht. Dit onderzoek geeft globale reductiefactoren. Voor een meer exacte weergave van de van toepassing zijnde reductiefactoren is het nodig aanvullend onderzoek uit te voeren om daarmee de effecten van maatregelen beter in beeld te krijgen.
- Oppervlaktebevochtiging is de meest toegepaste bronmaatregel. Afhankelijk van het type bevochtiging en de mate van bevochtigen zijn reductiefactoren van 10 tot wellicht 100 haalbaar.
- Bronafzuiging is vooral geschikt voor kleine oppervlakken en lokale processen (b.v. verwijdering van pakkingen). In de praktijk is het gebruik van de stofzuiger de meest voorkomende vorm van beheersing van de verspreiding van asbestvezels (reductie van een factor 10). Indien de stofzuiger de aangezogen lucht in het containment uitblaast, leidt dit tot opwerpen van asbestvezels. Dit effect (op de vezelconcentraties) kan groter zijn dan de reductie die met afzuigen wordt bereikt.
- Gebruik van een couveusezak, die alleen geschikt is voor kleinschalig werk, reduceert de emissie. Er is echter nauwelijks informatie over het effect van couveusezakken op de vezelconcentratieniveaus beschikbaar.

### 5.1 Eisen zoals omschreven in SC 530

In de SC 530 [3] is op een aantal plaatsen vermeld dat een saneringsbedrijf bronmaatregelen moet treffen om emissie en verspreiding van asbestvezels zoveel mogelijk te voorkomen. Zo wordt in hoofdstuk 7.12.4.1 voor geschreven dat er "bronmaatregelen aanwezig moeten zijn" (zie onderstand citaat uit de SC 530 [3]).

#### 7.12.4.1 Beheersing van asbestverwijdering

*Naast het werkplan moet conform het Arbeidsomstandighedenbesluit een V&G-plan voor de uitvoeringsfase zijn opgesteld. Het bedrijf moet bewerkstelligen dat de werkzaamheden, vermeld in het werkplan, onder beheerste omstandigheden plaatsvinden. Onder beheerste omstandigheden wordt verstaan:*

- **De aanwezigheid en toepassing van werkvoorschriften met betrekking tot:**
  - controle op de conformiteit van een inventarisatierapport met SC-540 Hoofdstuk 7.17
  - voorlichting aan derden over gevaren en risico's; – inrichting werkorganisatie met daarin vastgelegd de bevoegdheden en verantwoordelijkheden van alle betrokkenen bij het asbestverwijderingsproces;
  - het inrichten en onderhouden van de arbeidsplaats om tijdens het verwijderen van asbest onbeheerste en ongewenste verspreiding van asbest naar mens en omgeving te voorkomen;
  - gebruik van middelen/uitrusting;
  - de verpakking en identificatie van het af te voeren asbestbevattende materiaal; – de aanwezigheid van asbest op andere plaatsen in het bouwwerk/object dan in het asbest-inventarisatierapport was aangegeven;
  - controlemeting, ook van ingezette middelen, na verwijdering en oplevering;
  - afvoer van asbest.
- **de aanwezigheid van bronmaatregelen;**
- **toepassing van arbeidshygiënische strategie bij het nemen van maatregelen;**
- **de criteria voor de vrijgave van processen, persoonlijke beschermingsmiddelen en uitrusting ten behoeve van de asbestverwijderingswerkzaamheden;**
- **de voorschriften in het Arbeidsomstandighedenbesluit voor personeel met betrekking tot arbeidsgezondheidskundige aspecten;**
- **de beschikbare informatie over het personeel met betrekking tot hun persoonscertificaten DTA en DAV en inschrijving in het LDAV-register.**
- **Het bedrijf moet aantoonbaar voldoen aan de arbeids- en milieuhygiënische criteria.**

In een ander hoofdstuk is tevens vermeld dat gebruik gemaakt moet worden van de best beschikbare technieken en dat een saneringsbedrijf tevens moeten aantonen dat continue verbetering van de kwaliteit wordt nagestreefd. Bij de controle van het proces door een CKI leidt het niet treffen van bronmaatregelen tot een klasse 2 afwijking. Ook de inspectie SZW zal bij niet naleving een boeterapport [16] uitschrijven.

Omschrijving van deze afwijkingen (zie bijlage 7, SC 530 [3]):

- Er worden geen bronmaatregelen toegepast bij werkzaamheden in containment of afgeschermdde werkruimtecondities;
- Er worden geen bronmaatregelen toegepast bij werkzaamheden in openlucht condities of met de glove bag methode (couveusezakmethode).

## 5.2 Werkmethoden

Uit de analyse in hoofdstuk 3 blijkt dat de manier van werken, los van het treffen van (additionele) bronmaatregelen, grote invloed kan hebben op de hoogte van de vezelconcentraties. Vezels komen vooral vrij als het asbesthoudend materiaal wordt beschadigd. Uit tabel 3.2 en tabel 3.3 blijkt dat een reductie van een factor 200 (vergelijking maximum concentraties) tussen het verwijderen van brandwerend board en convectoren platen (verwante asbesthoudende materialen) zonder breken en enige technische maatregel en het verwijderen met breken en bevochtigen. De meer recente metingen beschreven in hoofdstuk 4 laten zien dat demonteren van platen een factor 40 reductie geeft ten opzicht van het slopen van platen.

Ook tabel 3.6 laat zien dat het wel of niet breken van het asbesthoudend materiaal leidt tot verschillende concentratieniveaus. Het verwijderen van asbestcement platen zonder maatregelen en zonder breken leidt tot 80 keer lagere blootstellingen dan wanneer de platen worden gebroken. Ook het breken van vensterbanken (tabel 3.9) leidt tot 1000 maal hogere blootstellingen dan het verwijderen van niet gebroken vensterbanken.

Het is duidelijk dat wanneer het maken van breukvlakken zoveel mogelijk wordt vermeden, dit tot een lagere asbestvezelemisatie leidt. De mate van reductie hangt echter af van het te bewerken materiaal. Bij de verwijdering van gespijkerd amosiet-board is breken vrijwel niet te vermijden en zal de reductie relatief klein zijn. Bij zorgvuldig demonteren van geschroefde platen is een aanzienlijk hogere reductie haalbaar.

Behalve de manier van werken kan ook het gebruik van type gereedschappen sterk bepalend zijn voor de concentratieniveaus. In de Australische Guide of Practise [17,18] wordt het gebruik van een aantal bewerkingen/gereedschappen verboden omdat deze teveel emissie veroorzaken:

- gritstralen, ijsstralen, pneumatisch gereedschap, haakse slijpers, schuurmachines, zagen en hoge-snelheidsboren;
- bezems en borstels;
- hogedruk (water)sputten e.d.;
- perslucht.

### 5.3 Bronmaatregelen

Bronmaatregelen zijn er opgericht om de emissie van de bron te reduceren door het verminderen van de emissie of het afvangen van de verontreiniging direct bij de bron. Bevochtigen van asbesthoudend materiaal kan worden gezien als een maatregel gericht op het verminderen van de emissie van vezels terwijl het gebruik van een stofzuiger gezien kan worden als een voorbeeld voor het afvangen van de vezels direct na emissie.

#### 5.3.1 *Bevochtigen van het materiaal*

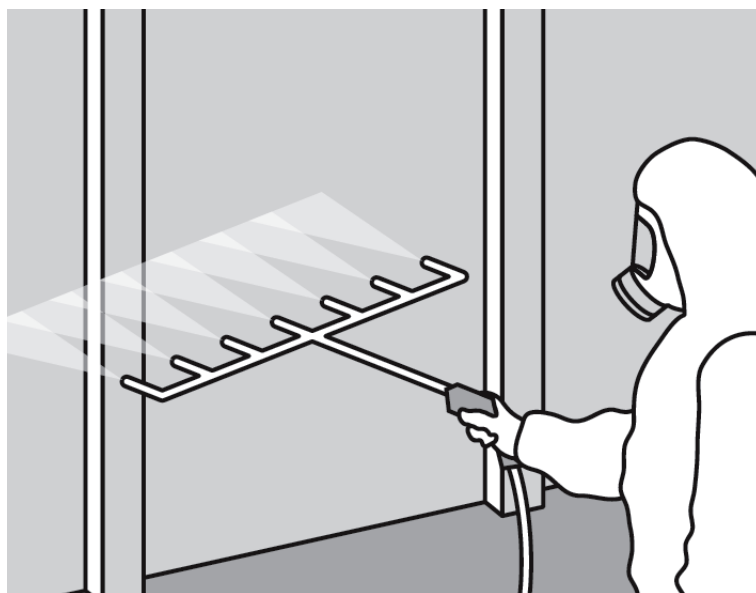
Het bevochtigen van het te behandelen oppervlak is een bronmaatregel die veelvuldig gebruikt wordt bij het reduceren van emissies bij het behandelen of bewerken van objecten. Vooral in de bouw wordt deze techniek veelvuldig toegepast op slijpen en zaagmachines. Ook wordt het bevochtigen van onverharde wegen of ondergrond toegepast ter voorkoming van het opstuiven. Fransman en collega's [10] beschrijven de effectiviteit van bevochtigingssystemen voor het reduceren van stofblootstelling van 84% (95% betrouwbaarheidsinterval (75-89)). Deze reductie met ongeveer een factor 10 is gebaseerd op het toepassen van bevochtigingssystemen in de bouw.

Bevochtigen van het materiaal is een bronmaatregel die ook wordt toegepast in de asbestsanering. Tabel 3.2 laat hoge blootstellingen zien tijdens het verwijderen van brandwerend board ondanks dat het materiaal wordt bevochtigd. Daarentegen laat tabel 3.7 een reductie van bijna een factor 100 in de gemeten vezelconcentraties zien wanneer asbestkoord wordt bevochtigd ten opzichte van niet bevochtigen van het koord.

Tabel 3.10 laat een factor 2 à 3 lagere concentraties zien wanneer vinyltegels worden bevochtigd in vergelijking met situaties waar de tegels niet worden bevochtigd. Bij het verwijderen van vinylzeil wordt, ondanks het bevochtigen van het zeil, aanzienlijke vezelconcentraties gemeten (tabel 3.11). De effectiviteit van deze bronmaatregel verschilt dus aanzienlijk per type sanering. In het algemeen geldt dat de effectiviteit van bevochtigen afhankelijk is van de mate van bevochtiging van het object.

Een belangrijk onderzoek dat specifiek gericht is op de effectiviteit van het nat verwijderen van asbesthoudende materialen is uitgevoerd door Dr. Garry Burdett van Health and Safety Laboratories (HSL) in Groot-Brittannië. Zijn publicatie "*Wet Removal of Asbestos: Final Report*" [19] beschrijft een reductie van de gemeten persoonlijke blootstelling van een factor 50 (geometrisch gemiddelde (GM)) (droog saneren: 26 miljoen vezels/m<sup>3</sup> versus nat saneren: 0,5 miljoen vezels/m<sup>3</sup>). De onderzoeker trok de volgende conclusies.

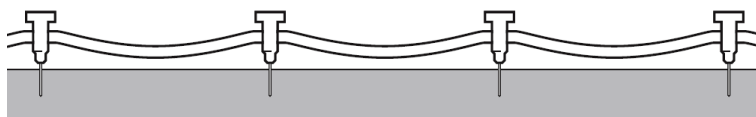
1. Een goed gecontroleerde natte verwijdering (zie figuur 5.1) kan leiden tot een drastische vermindering van de asbestvezelconcentratieniveaus.



Figuur 5.1 Bevochtigingsmethode (wet spray method) [18].

2. Het is duidelijk dat bij "natte" verwijdering, de concentratieniveaus aanzienlijk lager zijn dan bij "droge" verwijdering. Voor het bereiken van een optimaal effect is goed planmatig en zorgvuldig werken essentieel. De tijd besteedt aan planning en zorgvuldige toepassing wordt vaak gecompenseerd door het gemak waarmee het oppervlak daarna te reinigen is en waarmee alle zichtbare restanten worden verwijderd.

3. Met sommige bevochtigingsmiddelen en/of het toevoegen van “wetting agents” worden iets betere resultaten bereikt dan wanneer uitsluitend water wordt gebruikt. Het juist en effectief aanbrengen van de vloeistof is van veel groter belang om een goede emissiebeperking te bewerkstelligen dan het vloeistoftype.
4. Er wordt nauwelijks een samenhang gevonden tussen de gemeten vezelconcentratie in de lucht en het type niet-hechtgebonden asbest dat wordt verwijderd. De concentratie in de lucht hangt vooral samen met de hechtgebondenheid van het betreffende asbesthoudende materiaal.
5. De belangrijkste oorzaak voor een slechte werking is een ongelijkmatige bevochtiging van het asbesthoudende materiaal als gevolg het onjuist of onvolledig toepassen van de beschreven procedure. Multiple-point injectie (zie figuur 5.2), waarbij spuitasbest met meerdere naalden tegelijk wordt geïmpregneerd, geeft in het algemeen de beste resultaten.



Figuur 5.2 Multi-point waterinjectie (water of water based solutions) [18].

6. Een maximaal resultaat wordt bereikt door de combinatie van goede instructie vooraf en een planmatige aanpak van de impregnering. Ook het effectief opruimen verloopt daarna gemakkelijker. Een effectieve reductie kan weliswaar ook worden bereikt met behulp van “enkele-naald-injectie systemen”, maar deze systemen zijn veel afhankelijker van deskundigheid van de gebruiker. Het bevochtigen door bespuiting van het oppervlak lijkt het meest geschikt voor gebruik als een aanvulling op injectiemethoden (bijvoorbeeld voor plaatselijke bevochtiging als tijdens het verwijderen toch nog droge plekken in het asbesthoudend materiaal worden aangetroffen).
7. De toevoeging van een kleurstoffen aan het bevochtigingsmiddel kan een nuttige indicator zijn om plaatsen waarin het water niet is doorgedrongen op te merken.

Er zijn diverse producten op de markt waarmee het oppervlak van asbesthoudende materialen kan worden afgeschermd, waardoor bij breuk de vezelemissie wordt beperkt. Wil een product echt effectief zijn, dan moet dit in het gehele materiaal doordringen. Alleen dan kan bij het breken van platen de vezelemissie effectief worden voorkomen. Recent is een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van een in de handel verkrijgbaar schuimproduct bij het verwijderen van amosiethoudend board. In vergelijking met droog saneren leidt het toepassen van het schuimproduct tot een 2 tot 5 maal lagere emissie.

Middelen die de viscositeit verhogen zullen asbesthoudende restanten langer gebonden houden, maar dringen ook minder gemakkelijk in het materiaal door.

Nat saneren kan een bijzondere effectieve manier zijn om vezelconcentraties in de lucht te verminderen. Echter om de gewenste reductie te bereiken moet een geheel andere werkmethode worden gebruikt dan bij de gebruikelijk "droge sanering". Zorgvuldige instructie is daarbij een vereiste.

Nat saneren heeft ook enkele nadelen. Lekkages moeten te allen tijde worden voorkomen. Met asbest besmet water kan door lekkage in naden en kieren terecht komen. Na de sanering zijn deze openingen niet of nauwelijks te reinigen. Het (natte) afval moet snel en adequaat worden opgeruimd: als het water verdampt is, resteert afval waaruit weer gemakkelijk vezels kunnen vrijkomen.

### 5.3.2 Bronafzuiging

Bronafzuiging komt in vele verschillende vormen voor. De meest effectieve bronafzuiging voor een werkplek wordt gerealiseerd als het ontwerp van de afzuiging en de bron zo optimaal mogelijk op elkaar zijn afgestemd. Voor vaste werkplekken in combinatie met puntbronnen is deze afstemming eenvoudiger dan voor asbestsaneringen.

Bij asbestsaneringen gaat het om tijdelijke werkplekken (in containments) en zijn de bronnen veelal grote objecten (plafondplaten, asbestcementgolfplaten).

Het afsteken van spuitasbest of het afsteken van vloertegels zijn asbestsaneringswerkzaamheden waarbij de bron de puntbron benaderd en afzuiging mogelijk is.

Een mobiel bronafzuigsystemen verdient de voorkeur omdat de saneerder zich tijdens de werkzaamheden verplaatst. In de bouw zijn soortgelijke omstandigheden te vinden.

Naast mobiele afzuigsystemen worden in de bouw ook gereedschappen gebruikt waarbij de afzuiging in het gereedschap is geïntegreerd. Fransman en collega's [10] vonden gemiddeld bijna 90% reductie in stofblootstelling bij de geïntegreerde afzuigsystemen en ongeveer 60% reductie bij mobiele afzuigsystemen. Bronafzuiging wordt bij asbestsaneringen niet op grote schaal toegepast.

De stofzuiger kan als een klein mobiel afzuigstelsel worden gezien. Uit tabel 3.3 blijkt dat stofzuigen bij het saneren van convectoren kan leiden tot een factor 200 lagere vezelconcentraties. Bij het saneren van asbestcement platen (tabel 3.6) blijkt dat het gebruik van een stofzuiger kan leiden tot hogere concentraties in vergelijking met saneren zonder maatregelen. Mogelijk houden deze hogere concentraties verband met het opwerpen<sup>14</sup> van vezels door de in het containment uitgeblazen lucht van de stofzuiger. Uit tabel 3.4 blijkt dat bij saneringen van spuitasbest, ondanks het gebruik van een stofzuiger, de gemeten vezelconcentraties erg hoog zijn. De effectiviteit van de stofzuiger kan niet worden vastgesteld daar er geen meetgegevens van saneringen van spuitasbest beschikbaar zijn waarbij geen stofzuiger wordt toegepast.

### 5.3.3 Couveusezak

Het gebruik van een couveusezak (of glove bag) kan (voor kleine lokale saneringsactiviteiten) een effectieve manier zijn om concentratieniveaus te reduceren.

---

<sup>14</sup> Het opwerpen van vezels (resuspensie) kan worden voorkomen door de gefiltreerde uitblaas-lucht buiten het containment af te voeren. Nadelen zijn: kans op het doorslaan van stofzuiger-filters; afvoerslangen in het containment en extra doorvoeren door de containmentwand.



Tabel 3.2 laat zien dat het gebruik van een couveusezak tijdens het saneren van brandwerend board (amosietboard) leidt tot een 40 keer lagere blootstelling dan bij het bevochtigen van het board. De reductiefactor is op vijf meetresultaten gebaseerd, waarvan er twee betrekking hebben op de couveusezak. In het mechanistische model voor the Advanced REACH Tool [40] wordt een reductiefactor van 100 toegekend aan de niet geventileerde glove bag. Deze factor is vooral gebaseerd op informatie van experts.

#### **5.4 Ruimteventilatie**

In Duitsland wordt een methode toegepast die gericht is op het ventileren van de ruimte waarin gesaneerd wordt [21]. Ruimteventilatie zorgt er vooral voor dat de concentratie in het containment, waar de saneerder zich bevindt, wordt verlaagd. Dit type maatregel is minder effectief dan bronmaatregelen omdat ruimteventilatie een beperkt effect heeft op piekconcentraties. Bovendien wordt bij deze methode een enorme hoeveelheid lucht afgezogen die moet worden gefiltreerd. Ruimteventilatie stelt ook (extra) bouwkundige eisen aan een containment.

#### **5.5 Indicatieve reductiefactoren van beheers- en bronmaatregelen**

Deze paragraaf geeft een overzicht van de beschikbare informatie over bronmaatregelen toepasbaar voor asbestsaneringen. Waarschijnlijk door de steeds wisselende werkplekken en de vaak grote emissiebronnen zijn er (nog) weinig innovatieve maatregelen geïmplementeerd in de asbestsaneringssector.

De informatie beschikbaar voor verschillende bronmaatregelen. Het geeft inzicht in de ordegrrootte en bandbreedte van de effectiviteit van deze maatregelen. Nader onderzoek naar de effectiviteit van bronmaatregelen in de saneringspraktijk is daarom dringend gewenst.

Op basis van de informatie in dit hoofdstuk zijn de indicatieve reductiefactoren aan de verschillende beheers- en bronmaatregelen toegekend (zie het overzicht op de volgende pagina).

Maatregel	Invloed op het verlagen van de vezelconcentraties	Randvoorwaarden en opmerkingen
Werkmethode	10 - 100	Het is erg moeilijk een factor te koppelen aan de werkmethode. De informatie uit hoofdstuk 3 en 4 laat echter wel zien dat het voorkomen van breuken leidt tot aanzienlijk lagere blootstellingen.
Het bevochtigen van het oppervlak van een asbesthoudend materiaal	10	Deze factor is gebaseerd op informatie voornamelijk afkomstig uit de bouw waar oppervlaktebevochtiging veelvuldig wordt toegepast. Ook zijn gegevens uit hoofdstuk 3 gebruikt
Het injecteren van vloeistof in het asbest houdende materiaal	50	Volgens het rapport van Burdett [19] is een factor 50 haalbaar wanneer het asbesthoudende materiaal volledig wordt bevochtigd.
Gebruik van mobiele afzuigunits of stofzuigers	10	De publicatie van Fransman en collega's (2008) [40] laat zien dat afzuigsystemen over het algemeen een reductie van een factor 10 geven. De asbestspecifieke informatie geeft geen eenduidig beeld. Wellicht kunnen hogere reductiefactoren worden gehaald.
Bronafzuiging (lokaal)	> 10	Uitsluitend geschikt voor kleine oppervlakken (b.v. demontage van pakkingen, koord, etc.) of lokale bewerking (b.v. schroeven losdraaien)
Gebruik van couveusezak/glove bag (voor kleinschalige saneringen)	100 <sup>1)</sup>	Er is nauwelijks informatie beschikbaar om het effect van een couveusezak op concentraties te bepalen. Deze factor is gebaseerd op de waarde afgeleid voor de Advanced REACH Tool [40].
Gebruik van schuimproduct	2 - 5	Gebaseerd op recent oriënterend onderzoek gericht op het bepalen van de effectiviteit van het schuimproduct
Verhogen van het ventilatievoud in het containment	1,5 – 2	Een hoog ventilatievoud verlaagt de concentratie in het containment (stationaire meting) maar heeft weinig invloed op de piekconcentraties in de ademzone (persoonlijke metingen).

1) In hoofdstuk 3 is voor de couveusezak een emissiereductie met een factor 40 vastgesteld. De referentiemethode is een methode inclusief het bevochtigen van breukvlakken. Ten opzichte van een droge saneringsmethode, zou op basis van de factor in bovenstaande tabel een factor 400 (10 x 40) van toepassing kunnen zijn. Er is gekozen voor een conservatieve benadering: een factor 100. Deze factor is vooral gebaseerd op informatie van experts (expert judgement).

Een deel van bovengenoemde factoren wordt in hoofdstuk 7 gebruikt voor het verkennen van saneringsscenario's. Scenario's kunnen ook worden doorgerekend voor een combinatie (of stapeling) van factoren. Het niet breken van plaatmateriaal (werkmethode) leidt tot een emissiereductie van ongeveer een factor 10. Wordt deze werkmethode gecombineerd met oppervlaktebevochtiging (ongeveer een reductiefactor 10), dan resulteert dit in een totale reductie de emissie van ongeveer een factor 100 (10 x 10).

Zijn meetgegevens afkomstig van een werkmethode die al gecombineerd is met bronmaatregel oppervlaktebevochtiging, dan kan uiteraard voor bevochtiging geen reductiefactor worden toegekend. In hoofdstuk 7 wordt een en ander nader uitgewerkt.

## 6 Effectiviteit van adembeschermingsmiddelen

### Hoofdboodschap

- De voor adembeschermingsmiddelen gehanteerde wettelijke eisen en testmethoden vragen meer duidelijkheid. In het bijzonder de gehanteerde veiligheidsfactoren verschillen alleen al binnen de EU van land tot land.
- De NEN-EN norm voor het testen van adembeschermingsmiddelen wordt als verouderd gezien. Een meer realistische ISO-norm is naar verwachting in definitieve vorm in de loop van 2014 gereed.
- Met de huidige moderne aangeblazen filtermaskers moet een Simulated Work Place Protection Factor (SWPF) van 2000 haalbaar zijn mits:
  - de maskers conform de voorschriften worden gebruikt en onderhouden
  - de dragers zich beter bewust zijn/worden van het belang van het naleven van de voorschriften (b.v. door een asbestsaneringsbranche-breed fit2fit-programma).
- Het belang van een fit2fit-programma blijkt o.a. uit Britse praktijkcijfers over het dragen van maskers: 50% van de personen zet het masker verkeerd op; 36% trekt de draagriemen te strak aan; 21% draagt een masker met een niet juiste pasvorm; 30% van de brildragers draagt een niet goed passend masker en 78% van de maskerdraggers realiseert zich niet welk effect scheren heeft op de protectiefactor.
- Te overwegen valt om voor de asbestbranche aanvullende eisen op te stellen door de adembeschermingsapparatuur in de praktijk te laten testen onder reële saneringsomstandigheden (Simulated Work Place Protection Factor, SWPF).

### 6.1 Wettelijke eisen in Nederland en de EU

Binnen de EU worden richtlijnen gehanteerd ter bescherming van werknemers tegen de risico's van blootstelling aan asbest op het werk [22]. Deze regels beschrijven de minimumeisen maar in veel landen, waaronder Nederland, worden strengere normen gehanteerd. Ook worden de bestaande normen in veel landen, zoals in Nederland al in 2010 is gebeurd, opnieuw kritisch bekeken. Te verwachten is dat binnenkort meer landen hun grenswaarden zullen verlagen.

De richtlijn is in Nederland geïmplementeerd in het Arbeidsomstandighedenbesluit [25], het Productenbesluit asbest [26], de Productenregeling asbest [27] en het Asbestverwijderingsbesluit 2005 [28].

Het uitgangspunt in Europa is dat adembeschermingsmiddelen pas worden toegepast als alle andere redelijke en praktische maatregelen zijn genomen om blootstelling aan asbestvezels te voorkomen. Het is de laatste bescherming in de veiligheidsketen en beschermt alleen de drager, mits juist gebruikt.

Het Arbeidsomstandighedenbesluit [25] is gericht op werkgevers en werknemers en beschrijft in hoofdstuk 4 de algemene eisen voor het veilig werken met gevaarlijke stoffen. Hoofdstuk 8 heeft betrekking op persoonlijke beschermingsmiddelen. Specifieke eisen waaraan persoonlijke beschermingsmiddelen moeten voldoen, ook de keuze van de middelen, de beschikbaarheid en het gebruik ervan, zijn uitgewerkt in branche-specifieke normen of certificatie-schema's. Voor de asbestverwijderingsbranche is dit de SC 530 [3] (zie ook hoofdstuk 6.2).

Kort samengevat<sup>15</sup> dient een beschermend middel geschikt zijn voor de gevaren (zonder zelf gevaarlijk te zijn) waartegen het dient te beschermen, op de arbeidsplaats gebruikt kunnen worden en afgestemd zijn op de ergonomische eisen en de eisen met betrekking tot de gezondheid van de werknemers.

Als meerdere beschermingsmiddelen tegelijk gedragen dienen te worden, moeten ze op elkaar zijn afgestemd en doelmatig blijven.

De keuze van het beschermingsmiddel, het gebruik en de draagtijd worden bepaald door de ernst van het gevaar, de frequentie van blootstelling en de doelmatigheid van het middel.

De beschermingsmiddelen moeten in voldoende mate beschikbaar zijn en worden onderhouden; ook moeten er maatregelen worden getroffen opdat de middelen daadwerkelijk worden gebruikt.

De keuze van de beschermingsmiddelen wordt gemaakt door de werkgever na een risico-inventarisatie en een onderzoek of de middelen voldoen aan de eisen die uit die inventarisatie voortkomen.

In de SC 530 (asbestverwijdering) en in de SC 540 (asbestinventarisatie + indeling in risicoklassen) is voor elke risicoklassen (zie tabel 6.1), een specifiek veiligheidsregime, waarvan adembeschermingsmiddelen deel uitmaken, opgesteld.

Tabel 6.1 Risicoklassen en adembeschermingsmiddelen.

Risicoklasse	Vezelconcentratie	Voorgeschreven bescherming
1	<0,01 vezel per cm <sup>3</sup>	Hygiënische maatregelen
2	0,01-1 vezel per cm <sup>3</sup>	Volgelaatsmasker met aangeblazen luchtvoorziening
3	>1 vezel per cm <sup>3</sup>	Volgelaatsmasker met onafhankelijke luchtvoorziening

In risicoklasse 1 is de blootstelling onder de grenswaarde, daarom is het gebruik van adembescherming niet verplicht gesteld. Wel dienen maatregelen te worden getroffen om de blootstelling zo laag mogelijk te houden. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door de werkzaamheden zodanig uit te voeren dat er geen of weinig asbesthoudend stof in de lucht komt. De SC 530 meldt over risicoklasse 1: Licht regime, vergelijkbaar met de oude 'vrijstellingsregeling'.

In risicoklasse 2 (SC 530: Standaardregime conform de SC 530) dient een volgelaatsmasker met aangeblazen luchtvoorziening te worden gebruikt. Met een elektrische blower wordt lucht in het masker geblazen via één of meerdere hoog efficiënte deeltjesfilters. Het masker dient het gehele gelaat te bedekken.

In risicoklasse 3 (SC 530: Verzwaard regime conform SC 530, uitsluitend voor verwijdering van 'risicovolle' niet-hechtgebonden materialen zoals spuitasbest, leidingen ketelisolatie, brandwerend board en asbestkarton) dient een volgelaatsmasker met onafhankelijke luchtvoorziening te worden gebruikt. Met een onafhankelijke bron (compressor met één of meerdere hoog efficiënte deeltjesfilters, HEPA) wordt ademlucht continue in een masker geblazen. Het masker dient het gehele gelaat te bedekken.

<sup>15</sup> bron: Arbeidsomstandighedenbesluit [25], artikel 8.1, artikel 8.2 en artikel 8.3)

## 6.2 Wettelijke eisen t.b.v. de branche zoals geformuleerd in de SC 530

Het document SC 530 [3] is opgesteld door de stichting Ascert (de beheersstichting van de certificatieschema's) en vastgesteld door de minister. In de SC 530 [3] worden de eisen beschreven die gelden voor het veilig verwijderen van asbest. Een klein gedeelte van het document gaat in op de persoonlijke beschermingsmiddelen en de eisen waaraan deze moeten voldoen. Deze eisen, die zijn gebaseerd op de huidige grenswaarden, worden hieronder samengevat:

- Persoonlijke beschermingsmiddelen dienen voor en na gebruik op een juiste werking te worden gecontroleerd en op de juiste wijze te worden opgeslagen en onderhouden volgens de instructies van de fabrikant;
- De deeltjesfilters dienen te voldoen aan de eisen die staan vermeld in de Europese normen NEN-EN 143 [29], 144 [29], 12942 [30];
- Bij een masker met aangeblazen luchtvoorziening dient de luchtopbrengst van de blower minimaal 120 liter per minuut, respectievelijk 160 liter per minuut te zijn;
- De accu van de blower die wordt gebruikt voor de aangeblazen lucht dient minimaal 6 uur mee te gaan;
- Bij een systeem met onafhankelijke luchtvoorziening moet de luchtopbrengst bij een druk van 6-8 bar voor één persoon minimaal 300 liter per minuut zijn. Voor elke extra persoon die gebruik maakt van dit systeem moet 150 liter per minuut extra worden toegevoegd;
- Elke 12 maanden dienen de maskers en luchtvoorzieningen te worden gekeurd. Aspecten als pasvorm, beschadigingen, hoofdbanden, vizier, ademcapaciteit, weerstand in- en uitblaasventielen, ademautomaat, trekbeveiliging koppelstuk, luchtslangen, dienen hierbij te worden gecontroleerd;
- De maskers dienen te voldoen aan de eisen zoals gesteld in de Europese normen NEN-EN 132 t/m 144 [29];
- De blowers dienen te voldoen aan de eisen volgens Europese norm NEN-EN 12942 [30].

De SC 530 bevat geen informatie over protectiefactoren. Dit was tot op heden niet gebruikelijk. Geadviseerd wordt om in de SC 530 invulling aan 'doelmatigheid' van persoonlijke beschermingsmiddelen (waaronder adembeschermingsmiddelen) conform het Arbeidsomstandighedenbesluit [25] te geven door de protectiefactoren<sup>16</sup> van de verschillende typen adembescherming op te nemen.

## 6.3 Protectiefactoren: termen en definities

Er zijn diverse protectiefactoren die aangeven wat de mate van bescherming van een adembeschermend middel is; elke protectiefactor heeft zijn eigen definitie. Ze kunnen variëren van protectiefactoren gemeten in het laboratorium tot meting van de mate van bescherming op de werkplek terwijl de drager zijn taak uitvoert. De termen zijn in het Engels en worden ook in Nederland gebruikt.

---

<sup>16</sup> De protectiefactoren van de verschillende typen adembescherming worden beschreven in NEN-EN 529 [41].

De *Protection Factor (PF)* van een masker wordt gedefinieerd als een kwantitatieve meting van de bescherming van een bepaald masker op een bepaald individu. Het is de verhouding van de concentratie van een stof in de omgeving en de concentratie binnen het masker. Als er in de omgeving 1000 deeltjes per  $\text{cm}^3$  aanwezig zijn en de concentratie binnen het masker is 2 deeltjes per  $\text{cm}^3$ , dan is de protectiefactor  $1000:2 = 500$ .

De *Nominal Protection Factor (NPF)* wordt gedefinieerd als de minimale waarde waaraan een masker bij certificering dient te voldoen. Alle maskers in Europa dienen aan eisen te voldoen die vermeld staan in Europese normen. Elk type masker heeft zijn eigen norm en eisen; van lage eisen in het geval van een eenvoudig stofkapje, dat in het huishouden wordt gebruikt, tot zware eisen die aan persluchtmaskers van de brandweer worden gesteld.

Eén van de eisen die in de normen wordt vermeld is een eis voor wat betreft de protectiefactor; deze dient in een onafhankelijk en gespecialiseerd laboratorium te worden gemeten volgens een voorgeschreven protocol. In de Europese norm EN 136 [29] bijvoorbeeld wordt voor volgelaatsmaskers als eis een protectiefactor van 2000 gesteld. Voor dit type masker is de Nominal Protection Factor (NPF) dus 2000.

De *Assigned Protection Factor (APF)* of de *Toegekende Protectiefactor (TPF)* is het minimale beschermingsniveau dat bij 95% van de dragers van een masker op de werkplek verwacht mag worden, mits de drager een goede training heeft gehad en het masker op de juiste manier is onderhouden en afgesteld. Deze waarde wordt berekend door de NPF (zie boven) te delen door een veiligheidsmarge. Deze veiligheidsmarge varieert van land tot land en kan behoorlijk verschillen. Vaak ligt de veiligheidsmarge tussen 5 en 50.

Voor een bepaald type masker met een blower wordt in de norm EN 12942 [30] gesteld dat de NPF 2000 moet zijn. Amerika hanteert bij dit type een APF van 25, Groot Brittannië hanteert een APF van 40, Duitsland werkt met een waarde van 100 en Finland stelt dat de APF 200 is. Overigens geldt in Amerika dat, als het wordt onderbouwd door een wetenschappelijke studie, een APF van 1000 voor het type masker met blower kan gelden. Dit leidt tot verwarring. De per land gekozen veiligheidsfactor hangt vooral af van de inschatting van het "naleefgedrag" van de dragers. Een goede passing, onderhoud etc. bepalen in hoge mate de effectiviteit.

In de meeste relevante Nederlandse bedrijfstakken die adembeschermingsmiddelen gebruiken, wordt momenteel de NEN-EN 529 [41] gehanteerd. In de NEN-EN 529 wordt uitgegaan van een TPF van 40. NEN heeft de Europese norm EN 529 [41] dus letterlijk overgenomen.

De *Work Place Protection Factor (WPF)* is de mate van bescherming van een maskerdrager die is gemeten bij het uitvoeren van zijn dagelijkse werkzaamheden op de werkplek. Er moet dus een echte meting worden verricht, het is geen aanname of berekening. Deze meting wordt vaak verricht door het aanbrenge van monsternamen-apparatuur binnen het masker. Ook de omgevingsconcentratie wordt gemeten (aerosol-test).

Voor de uitvoering van een dergelijke test is een speciale testkamer nodig, zoals o.a. beschikbaar in Nederland en in de UK. Hierdoor wordt een dergelijke specifieke test niet vaak uitgevoerd.

De *Simulated Work Place Protection Factor (SWPF)* is de mate van bescherming die in een laboratorium wordt gemeten terwijl de dragers een bewegingsprotocol uitvoeren dat representatief is voor de taak of de reeks van taken die door de drager verricht moet worden, zoals het verwijderen van asbest.

Als zo'n test wordt uitgevoerd door deskundigen onder omstandigheden die representatief zijn voor het saneren van asbest kan het resultaat worden gezien als een Toegekende Protectiefactor (TPF ofwel APF). Daarnaast is het van belang om het "naleefgedrag" van de dragers op een zodanig peil te brengen dat er geen noodzaak meer is om de thans gebruikte hoge veiligheidsmarges te hanteren. In de praktijk kan de SWPF dus (veel) hoger zijn dan de NPF die in de norm wordt vermeld waardoor, zelfs bij het hanteren van gelijke veiligheidsmarges, ook de TPF hoger kan worden.

#### 6.4 Normen en testmethoden

Er bestaan vele normen voor adembeschermende middelen. Alleen al in Europa zijn er meer dan 25 normen die over dit onderwerp gaan. De meest relevante Nederlandse bedrijfstakken die adembeschermingsmiddelen gebruiken, hanteren de NEN-EN 529 [41]. Daarnaast zijn er nog een groot aantal Britse normen die afwijken van de Europese normen. Ook in Amerika worden eisen gesteld aan maskers; deze normen zijn veelal opgesteld door OSHA (de Amerikaanse "arbeidsinspectie") [43] en door het National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). De eisen die in de Amerikaanse normen worden gesteld wijken af van de Europese eisen; soms zijn de eisen zwaarder of lichter of wordt er op een andere manier of met andere stoffen getest. Daarnaast hebben landen als Japan, Rusland, Saoedi-Arabië en China eigen eisen en normen geformuleerd, die vaak op de Europese normen zijn gebaseerd maar aangepast zijn aan lokale omstandigheden (omgevingstemperatuur, nationale industrie, andere ARBO-eisen, etc.).

In Nederland moeten adembeschermende middelen aan de Europese eisen voldoen. Als de middelen voldoen, mogen ze het CE-merk voeren. De maskers worden door onafhankelijke laboratoria getest volgens eisen en procedures die in de normen zijn beschreven.

Alle Europese normen voor adembescherming zijn op dezelfde wijze opgebouwd. Vaak moet voor ieder type masker, of het nou een neuskapje, een halfmasker of een masker dat het hele gelaat bedekt, dezelfde type testen worden uitgevoerd om een masker te certificeren.

Het meest gebruikte type masker in de asbestbranche is het aangeblazen type, een volgelaatsmasker dat via een slang met een aan een riem gedragen blower is verbonden. De blower is voorzien van één of meerdere filters en blaast schone lucht in het masker. Aan de hand van de Europese norm voor dit aangeblazen masker worden eisen en testmethoden nader toegelicht.

De eisen staan vermeld in Europese norm EN 12942 [30]. De eisen kunnen worden verdeeld in eisen die aan de producten zelf, zoals masker, de filterbussen en de blower worden gesteld en in eisen die gelden voor de apparatuur in combinatie met de drager. Deze laatste eisen zijn veelal bepalend of de apparatuur voldoende bescherming aan de drager biedt. Uiteraard dienen de eisen aan het product zelf ook te worden gehaald. In de norm worden tevens additionele eisen beschreven met betrekking tot brandveiligheid, werken bij hoge temperaturen, geluidsniveau, resterende bescherming bij uitval blower, aantal uit te voeren testen etc.

Het principe van de meting is als volgt:

Een proefpersoon plaatst de filter-blower unit die getest moet worden op zijn gezicht. De blower wordt aangezet en de proefpersoon loopt op een loopband in een omgeving waar een bekende concentratie aan keukenzoutdeeltjes met een deeltjesgrootte van ca. 0,3 µm wordt gegenereerd. Tijdens inademing wordt de concentratie aan keukenzout in het masker gemeten. De verhouding van de concentratie in de omgeving gedeeld door de concentratie in het masker is de nominale protectiefactor. Voor een volledige testprocedure conform deze norm worden in totaal 10 proefpersonen bemeten. De bewegingen die de proefpersoon uitvoert, worden gedaan terwijl hij met een constante snelheid van 6 km/uur op een loopband loopt. Het totale bewegingsprogramma duurt 10 minuten en bestaat uit de volgende bewegingen die elk twee minuten duren:

- Lopen;
- Nee schudden;
- Ja knikken;
- Hardop een tekst voorlezen;
- Lopen.

De gemiddelde ingeademde concentratie per actie van 2 minuten wordt berekend en gedeeld op de omgevingsconcentratie die tijdens de bewegingen wordt gemeten. Bij 3 proefpersonen wordt ook de mate van bescherming van het systeem gemeten terwijl de blower uit staat. De filter-blower units worden ingedeeld in 3 verschillende klassen; de klasse wordt door de fabrikant bepaald. Afhankelijk van de klasse dienen de systemen een bepaalde nominale protectiefactor te halen (zie tabel 6.2).

Tabel 6.2 Geëiste nominale protectiefactoren van filter-blower units.

Klasse	Geëiste NPF blower aan	Geëiste NPF blower uit
1	20	20
2	200	100
3	2000	1000

Desondanks is het de vraag of deze testprotocollen voldoende representatief zijn voor de zware omstandigheden van de asbestbranche. Bij HSL in Groot-Brittannië (Taylor) [31] is een voor asbestsaneerders realistisch bewegingsprotocol opgesteld dat, desgewenst in een gezamenlijk testprogramma, bruikbaar is voor een realistische praktijktest (zie ook paragraaf 6.6).



#### 6.4.1 Toekomstige normen

Er wordt al enige jaren binnen ISO gesproken over een standaard voor adembescherming die wereldwijd zal gelden. In tegenstelling tot de huidige normen wordt het slechts één norm die wereldwijd alle adembeschermingsmiddelen zal omvatten. Het belangrijkste verschil met de huidige normen is dat de nieuwe ISO-norm gebaseerd is op andere uitgangspunten. In tegenstelling tot de huidige normen wordt uitgegaan van complete systemen, ligt de nadruk veel meer op de prestaties van de middelen en wordt er veel meer rekening gehouden met menselijke factoren. Zo zijn er een aantal inspanningsniveaus opgesteld, met de daarbij behorende adem-snelheden en volumina. Dit betekent dat er voor lichte en zware werkzaamheden in dezelfde omgeving verschillende maskers gebruikt kunnen gaan worden.

De middelen worden voor wat betreft de protectiefactoren in verschillende klassen ingedeeld. In de huidige normen is de klasse afhankelijk van het type. Een volge-laatmasker heeft een protectiefactor van 2000 omdat dat in de eis [32] staat en een simpel mondmasker heeft conform de eis in de norm [33] een protectiefactor van 4. In de huidige situatie kunnen de maskers, ook als ze veel beter presteren dan de norm, geen protectiefactor claimen die hoger is.

In de situatie met een nieuwe ISO-norm wordt het masker op basis van metingen in een klasse ingedeeld. Het is dus theoretisch mogelijk dat een masker dat nu een beschermingsfactor van 4 heeft in een hogere klasse wordt ingedeeld, omdat uit onderzoek blijkt dat het een protectiefactor van 200 heeft.

Ook zal de nieuwe ISO-norm een uitspraak doen over de assigned protection factor (APF) van een masker. Zo zal een masker dat in het laboratorium een nominale protectiefactor van 10000 heeft een APF van 2000 hebben. In tabel 6.3 worden de diverse nieuwe beschermingsklassen weergegeven.

Tabel 6.3 Nieuwe klasse-indeling adembeschermende middelen.

Beschermingsklasse	Gemeten NPF	Veiligheidsfactor	APF
1	5	1,25	4
2	20	2	10
3	100	3,33	30,3
4	1000	4	250
5	10000	5	2000
6	100000	10	10000

Met nadruk moet worden gesteld dat de nieuwe ISO-norm nog in ontwikkeling is. Bovenstaande waarden kunnen dus nog wijzigen. De introductie van de norm wordt in de loop van 2014 verwacht.

#### 6.5 Overzicht van de in de asbestsaneringsbranche gebruikte middelen voor adembescherming

Om inzicht te krijgen in welke adembeschermingsmiddelen het meest in Nederland worden gebruikt, zijn een aantal grote toeleveranciers en asbestsaneringsbedrijven benaderd met de vraag welke producten zij het meest verkopen of gebruiken.

Uit de e-mailreacties of telefonische reacties blijkt dat voor risicoklasse 2 werkzaamheden de in tabel 6.4 en figuur 6.1 weergegeven typen adembeschermingsmiddelen het meest worden gebruikt.

Tabel 6.4 Meest gebruikte typen adembescherming bij asbestsanering.

<b>Maskers</b>		<b>Blowers</b>	
<b>Type</b>	<b>Fabrikant</b>	<b>Type</b>	<b>Fabrikant</b>
Sari	Scott	Pro flow	Scott
Gemini	Protector	Power pack	Scott
Vision	Scott	Clean air chemical 2F	Malina
Panorama Nova	Dräger	Bell air GC	Dräger
SR 200	Sundström		
X-plore	Dräger		Dräger

Wat betreft de extra bescherming die onafhankelijke luchtvoorziening oplevert (zoals in Nederland verplicht voor risicoklasse 3 saneringen) zijn de meningen verdeeld. HSE/HSL kent in haar voorlichtingsfolder [34] geen hogere beschermingsfactor toe dan aan "gewone" maskers met aanblaasunit. De extra veiligheid die onafhankelijke lucht oplevert komt vooral doordat de aangezogen lucht van buiten het containment wordt aangezogen (schonere lucht) en het debiet van de aangeblazen lucht in het masker niet afhankelijk is van een batterij (extra zekerheid). De kwaliteit van de aangeblazen maskers is de afgelopen jaren (sterk) verbeterd, waardoor deze voordelen deels zijn achterhaald. Onafhankelijke luchtvoorziening blijft, ondanks nadelen zoals luchtslangen in het containment, vanwege de extra veiligheid en extra zekerheid onverkort nodig. In de praktijk wordt de protectiefactor vooral bepaald door juist gebruik, de hoeveelheid aangeblazen lucht en de passing van het filtermasker. De gebruikte filters, ook die van de maskers met eigen aanblaasunit, zijn vrijwel allemaal van goede kwaliteit.



Het Sari-masker, gefabriceerd door Scott



Het Gemini-masker, gefabriceerd door Protector



Pro Flow blower met Vision masker, gefabriceerd door Scott



Protector PowerPak blower met Vision masker, gefabriceerd door Scott



Blower clean air chemical 2F, gefabriceerd door Malina



Blower Bell air GC met X-plore masker, gefabriceerd door Dräger

Figuur 6.1 Voorbeelden van adembeschermingsmiddelen (inclusief naam van de fabrikant).

## 6.6 Onderzoek naar protectiefactoren in de praktijk

Zoals in paragraaf 6.3 (protectiefactoren: termen en definities) is aangegeven, zijn er voor wat betreft de assigned protection factors (APF) grote verschillen van land tot land. Voor een volgelaatsmasker met blower varieert de waarde tussen 25 (USA) en 200 (Finland).

Ook voor een persluchtsysteem, zoals gebruikt door de brandweer, bestaan er verschillen in APF's per land. Het Verenigd Koninkrijk hanteert een APF van 40, in Duitsland is de APF 500 en in Finland rekent men met 1000 [42].

De APF wordt berekend door de nominale protectiefactor, gemeten onder standaard testcondities in een laboratorium, te delen door een veiligheidsfactor. Deze veiligheidsfactor is gebaseerd op wetenschappelijke studies die veelal op de werkplek zijn uitgevoerd. De resultaten van deze studies zijn zeker niet eenduidig en kunnen sterk in uitkomst verschillen. Vaak wordt er met te weinig proefpersonen gewerkt, waardoor er statistisch gezien geen onderbouwde uitspraken kunnen worden gedaan. Daarnaast speelt er nog een ander probleem.

Zoals al eerder vermeld is de protectiefactor het resultaat van een deling. De omgevingsconcentratie wordt gedeeld door de concentratie in het masker. Als de omgevingsconcentratie van een gevaarlijke stof op de werkplek laag is, zal de concentratie in het masker nog (veel) lager zijn. Dit stelt hoge eisen aan de detectiegrenzen van de apparatuur en de wijze waarop gedetecteerd wordt. Voor asbest speelt dit nauwelijks een rol omdat de concentraties op de werkplek (containment, risicoklasse 3) juist heel hoog zijn. Het is echter niet goed mogelijk om de asbestvezelconcentratie in het masker op een betrouwbare manier te meten zonder daarbij de integriteit van het masker c.q. de passing aan te tasten. De metingen die ooit zijn uitgevoerd door Howie [36] zijn daarom, mede om deze redenen, door veel deskundigen bekritiseerd. Bij de veel kleinere meetsonde die voor het meten van test-aerosol wordt ingebracht speelt dit bezwaar in veel mindere mate.

Een voorbeeld:

De protectiefactor van een masker kan worden gemeten met een deeltjesteller (Portacount, TSI Incorporated). Deze detector heeft als detectiegrens 0,6 deeltjes per  $\text{cm}^3$ .

Als er 60 deeltjes in de lucht aanwezig zijn en er wordt in het masker geen deeltje gemeten, dan kan hooguit de conclusie worden getrokken dat de beschermingsfactor groter is dan 100. De deeltjesconcentratie in het masker kan in theorie immers 0,5 deeltjes per  $\text{cm}^3$  zijn. Zijn er 5 deeltjes per  $\text{cm}^3$  in het masker aanwezig, dan is de protectiefactor 12.

Als er 6000 deeltjes per  $\text{cm}^3$  in de lucht aanwezig zijn en er wordt in het masker geen deeltje gemeten, dan is de beschermingsfactor groter dan 10.000. Zijn er 5 deeltjes per  $\text{cm}^3$  in het masker aanwezig, dan is de protectiefactor 1200.

Dit probleem deed zich in nog sterkere mate voor in de studie van Robert Howie [35], waarbij de asbestconcentratie in de praktijk zowel voor als achter het filter werden gemeten. Gezien de grote meetonzekerheid in de lichtmicroscopische telling van lage concentraties asbestvezels in het masker ("Poissonfout") kwam hij uit op een factor 40. Hoewel de studie van vele kanten sterk werd bekritiseerd (o.a. via een uitgebreide studie van HSL) wordt deze factor tot op de dag van vandaag in de EU-norm gebruikt.

Vanwege de kosten, het arbeidsintensieve karakter en de variatie in resultaten tussen verschillende onderzoeken op de actuele werkplek, worden in laboratoria studies naar de Simulated Work Place Protection Factor (SWPF) uitgevoerd, waarbij de dragers een bewegingsprotocol (zie paragraaf 6.4) uitvoeren dat representatief is voor de taak of de reeks van taken die door de drager (op een werkplek) verricht moet(en) worden. Soms wordt uit de meting van de SWPF de APF bepaald door de gevonden waarde te delen door een factor. Deze methode kent nadelen.

Een aantal nadelen zijn:

- De bewegingen met het masker kunnen van werkplek tot werkplek verschillen, het is moeilijk om dit in een representatief protocol te vangen;
- De testpersoon dient representatief te zijn en een ervaren maskerdrager zal andere resultaten behalen dan een drager die slechts enkele malen per jaar een masker draagt;
- Temperatuur, relatieve vochtigheid etc. kunnen in een laboratorium anders zijn dan op de werkplek.

Op asbestgebied werd door het HSL laboratorium in de UK onderzoek naar de SWPF bij asbestwerkers [36] uitgevoerd. Het onderzoek had betrekking op 21 proefpersonen, 8 proefpersonen met masker type A en 13 proefpersonen met masker type B. De metingen werden aan hun eigen volgelaatsmasker voorzien van een blower uitgevoerd. Per proefpersoon werd 3 tot 3,5 uur gemeten. De verkregen resultaten (10 per seconde) werden gemiddeld over de tijd. Tijdens de meetperiode werd gedurende 5 tot 10 minuten bij 13 proefpersonen de blower uitgeschakeld om het falen van de batterij te simuleren. Er werden alleen SWPF-waarden (geen APF) gemeten.

De belangrijkste resultaten en waarnemingen van het onderzoek zijn:

- Er werd geen verschil gemeten tussen masker type A en type B;
- De gemiddelde protectiefactor per proefpersoon tijdens de meting varieerde tussen 400 en 20.000;
- Behalve de waarde van 400 waren alle waarden hoger dan 2000, dit is de Europese eis die in de betreffende norm wordt vermeld;
- De proefpersoon met een masker met een protectiefactor van 400 was, in tegenstelling tot de andere proefpersonen, nauwelijks getraind in het dragen van een masker;
- Als de blower werd uitgezet daalde de protectiefactor van het masker bij 12 proefpersonen gemiddeld een factor 3, bij één proefpersoon daalde deze een factor 100;
- De maskers van 10 van de 13 proefpersonen hadden met de blower uit nog een protectiefactor hoger dan 2000;
- Alle proefpersonen, behalve één, waren ervaren maskerdragers die regelmatig getraind werden, desondanks werden er nogal wat fouten gemaakt bij het opzetten van het masker.

In Nederland wordt, conform NEN-EN 529, een APF van 40 gebruikt voor de systemen die in de asbestverwijderingsbranche het meest worden gebruikt. Dit is gebaseerd op een veiligheidsfactor van 50 en een NPF volgens de norm van 2000. Er zijn geen recente wetenschappelijke studies uitgevoerd naar de beschermingsfactoren van de systemen die in Nederland het meest worden gebruikt. Omtrent het hanteren van welke correctiefactor is een discussie gaande.

Een onderzoek naar SWPF's (naar analogie van het Britse onderzoek dat hierboven wordt beschreven) kan meer duidelijkheid opleveren over de beschermingsfactor van de in Nederlandse asbestbranche gebruikte adembescherming. Voor een dergelijk onderzoek zou in samenspraak met de asbestindustrie een representatief protocol opgesteld moeten worden. In de UK is een dergelijk protocol beschikbaar.

Er kunnen kleine verschillen bestaan tussen de Nederlandse uitvoeringspraktijk en de in Nederland gebruikte merken en typen adembeschermingsmiddelen en die in de UK.

Het onderzoek moet leiden tot bruikbare en betrouwbare SWPF's voor de gehanteerde adembeschermingsapparatuur. Het kan zijn dat de SWPF (veel) hoger is dan de NPF die in de norm staat vermeld.

Het onderzoek zoals hierboven voorgesteld kan inzicht geven in de mate van bescherming die met aangeblazen systemen gehaald kan worden. Het is echter geen garantie dat in de praktijk deze waarden ook bij alle dragers worden gehaald.

Voor een goede bescherming is training, onderhoud en controle van de mate van bescherming bij elk individu essentieel.

In Groot Brittannië is dit probleem onderkend en heeft de overheid (HSE/HSL) in samenspraak met de asbestbranche het programma fit2fit [37] opgesteld. Omdat een dergelijke benadering ook voor Nederlandse asbestsaneringsbranche van belang kan zijn, wordt hieronder nader op het fit2fit programma ingegaan.

Evenals in Nederland is ook in de UK de werkgever verantwoordelijk voor de veiligheid en dient hij persoonlijke beschermingsmiddelen te verstrekken en te onderhouden. Ook dient het personeel getraind te worden in het gebruik van de middelen. Er werd geconstateerd dat training en onderhoud van adembeschermende middelen in de UK te wensen overliet. Om die reden werd een programma opgesteld om de kwaliteit van de trainingen en controles te verhogen. Daarnaast wordt door de overheid sterk aanbevolen dat elk bedrijf dat adembescherming gebruikt aan een maskerprogramma deelneemt. Dit programma voorziet er in dat op basis van documenten kan worden aangetoond dat er getraind en gecontroleerd is en dat er onderhoud is uitgevoerd. Door de begeleidende deskundigen wordt deze benadering als zeer effectief beschouwd.

Ter bepaling van de protectiefactor onder praktijkomstandigheden (bedrijfsbezoek) worden de maskers op locatie onderworpen aan een kwantitatieve test en wordt gecontroleerd op de staat van onderhoud en eventuele defecten.

Arzoni [45] stelde op basis van informatie van British Safety Industry Federation (BSIF), Asbestos Removal Contractors Association (ARCA) en Institute of Occupational Medicine (IOM) het volgende overzicht samen:

50 % van de personen zet het masker verkeerd op;

36 % trekt de draagriemen te vast aan;

21 % draagt niet de juiste pasvorm van het masker;

30 % bril dragers blijken onvoldoende beschermd te zijn bij een verkeerde maskerveuze;

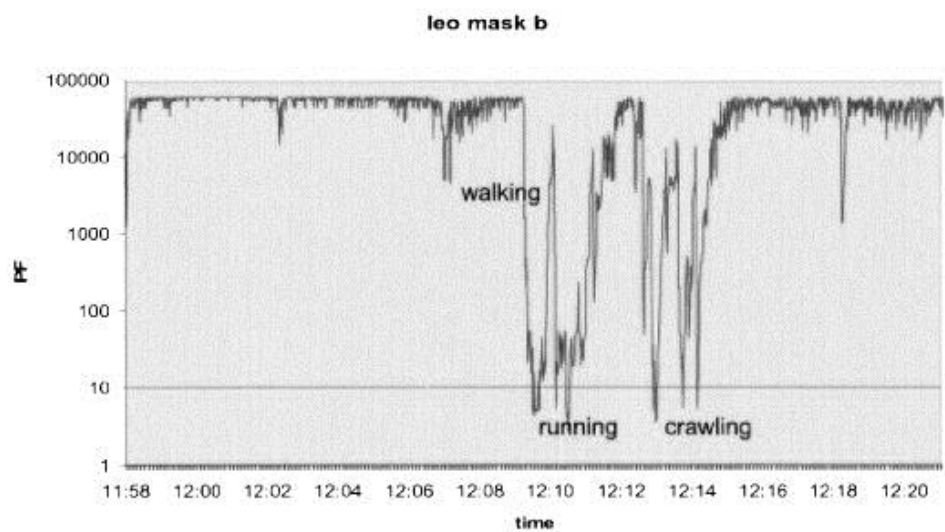
78 % realiseert zich niet wat voor impact scheren heeft op de beschermingsfactor

64 % weet achteraf te melden dat zij door het dragen van het masker zich prettiger voelen (wellicht zal hierdoor in de praktijk de productiviteit ook verhoogd kunnen worden).

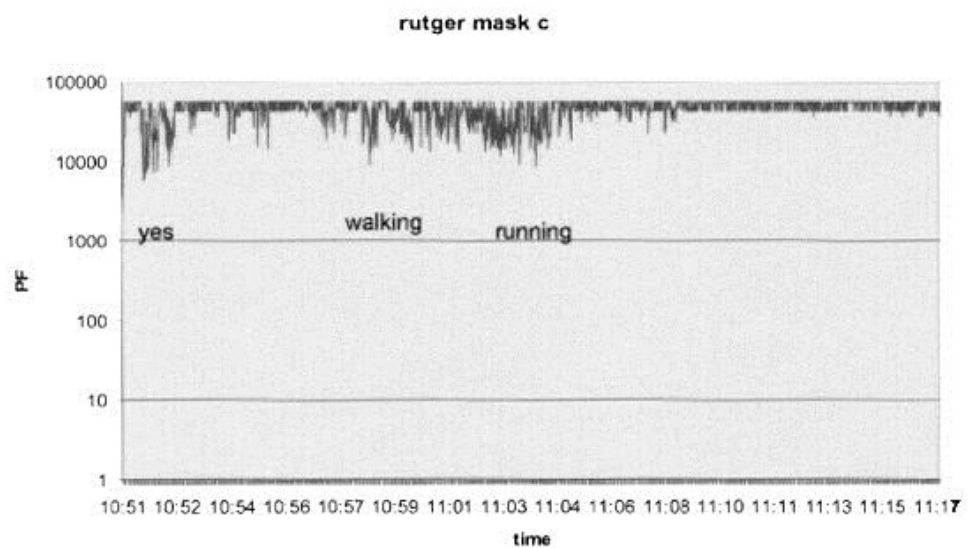
Invoering van het fit2fit-programma in Nederland garandeert niet dat iedere medewerker in de asbestsaneringsbranche altijd volledig beschermd is. Menselijke fouten en falende apparatuur zijn immers niet uit te sluiten.

Wel kan er door het onderzoek naar de Work place protection factors in het laboratorium meer inzicht worden verkregen in de protectiefactoren die haalbaar zijn met de apparatuur die in Nederland worden gebruikt. Ook kan onderzocht worden wat de SWPF voor deze middelen is en of deze afdoende is voor het asbest werk.

Figuur 6.2 laat zien dat voor een masker van slechte kwaliteit en/of bij onjuist gebruik de protectiefactor sterk afhankelijk is van de activiteit die de drager verricht. De meetcurve laat zien dat de protectiefactor van dit filtermasker al bij een relatief kleine inspanning afneemt tot een PF van 10 of zelfs lager



Figuur 6.2 Testresultaten van een (aangeblazen) filtermasker van slechte kwaliteit



Figuur 6.3 Testresultaten van een (aangeblazen) filtermasker van goede kwaliteit.

Wordt een masker/filtercombinatie gebruikt van goede kwaliteit en juist gebruik (zie figuur 6.3), dan blijkt dat ook bij hoge omgevingsconcentraties en bij realistische inspanningen een adequaat beschermingsniveau haalbaar is.

Een fit2fit of daarmee vergelijkbaar programma [37] bij Nederlandse bedrijven zal leiden tot meer bewustwording bij de dragers van adembeschermende middelen. In het bijzonder het individueel meten van de mate van bescherming is een prima motivatiemiddel. Hoewel er ook in Nederland door diverse leveranciers nuttige cursussen worden gegeven in het juist gebruik van adembeschermingsapparatuur, blijkt dat de aangeleerde vaardigheden vaak snel worden vergeten en/of onder tijdsdruk niet worden toegepast. Welke geavanceerde testmethoden ook wordt toepast, de gebruiker is en blijft de belangrijkste kwaliteitsbepalende factor. Uit locatie-inspecties van de CKI's, I-SZW en de RvA blijkt dat hier voor de Nederlandse asbestsaneringsbranche nog de nodige verbeterpunten liggen (zie ook ref. [45]).

Samenvattend:

Een SWPF van 2000 moet met de huidige moderne aangeblazen filtermaskers haalbaar zijn mits:

- De maskers conform de voorschriften worden gebruikt en onderhouden;
- De dragers zich beter bewust zijn/worden van het belang van het naleven van de voorschriften. Gezien de ervaringen in Groot Brittannië is deze bewustwording sterk te verbeteren door een 'fit2fit' - achtig programma [37] in de asbestsaneringsbranche te introduceren.

Te overwegen valt om voor de asbestbranche aanvullende eisen op te stellen door de adembeschermingsapparatuur in de praktijk (SWPF) te laten testen onder reële saneringsomstandigheden.



## 7 Interpretatie van de onderzoeksresultaten in relatie tot de grenswaarden

### Hoofdboodschap

- Naar verwachting kan voor vrijwel alle saneringen van hechtgebonden chrysotiel asbesthoudende materialen (risicoklasse 2) aan de nieuwe grenswaarde voor chrysotiel (2000 vezels/m<sup>3</sup>) worden voldaan. Zorgvuldig werken, het toepassen van bronmaatregelen en juist gebruik van adembeschermingsmiddelen kunnen, in die volgorde, blootstelling aan vezelconcentraties boven de grenswaarde voorkomen.
- Voor saneringen van niet-hecht gebonden amfibool asbesthoudende materialen (top risicoklasse 3) kan blootstelling aan vezelconcentraties boven de nieuwe grenswaarde voor amfibool asbest (300 vezels/m<sup>3</sup>) worden voorkomen als maximaal wordt ingezet op zorgvuldig werken én emissiereductie. Daarnaast zijn adembeschermingsmiddelen met een hoge protectiefactor (2000) nodig die stringente eisen stelt aan de kennis en kunde van saneerders omtrent het gebruik van deze middelen. Voor saneringen van brandwerend board en spuitasbest kan niet worden uitgesloten dat hiernaast ook de taakduur/blootstellingsduur moet worden ingeperkt.
- De berekeningen van vezelconcentraties met reductiefactoren voor zorgvuldig werken, emissiereductie en adembescherming zijn gebaseerd op beperkte datasets die bovendien ook stationaire metingen bevatten. De resultaten van de berekeningen moeten daarom als grootteorde schattingen worden gezien.
- Het verifiëren van de meest kritische conclusies uit deze studie door metingen in de hedendaagse praktijksituaties, met inbegrip van zorgvuldige werkmethoden, bronmaatregelen (gebruik maken van implementatieprogramma's in Engeland en Australië) en adembeschermingprogramma's (b.v. fit2fit) wordt daarom nadrukkelijk geadviseerd.
- Met betrekking tot vrijstellingen die thans zijn ingedeeld in risicoklasse 1, wordt aanbevolen om deze te herbeoordelen in relatie tot de nieuwe grenswaarden.

### 7.1 Inleiding en doel

In dit hoofdstuk worden bevindingen uit de vorige hoofdstukken gecombineerd met als doel het beantwoorden van de belangrijkste vraag uit dit onderzoek: is het mogelijk om, gebruikmakend van de (meet)resultaten en bevindingen van dit onderzoek, te komen tot een veilige saneringspraktijk waarbij de nieuwe grenswaarden niet worden overschreden. Tevens wordt aangegeven wat voor het realiseren van het doel nodig is.

In hoofdstuk 3 worden geometrische gemiddelden (GM) en geometrische standaarddeviaties (GSD) voor de verschillende saneringsmethoden gepresenteerd. Deze waarden zeggen iets over de gemiddelde vezelconcentraties en de spreiding in die concentraties. Met welke statistische parameter de grenswaarde wordt vergeleken is een beleidsmatig vraagstuk. In de regelgeving wordt de grenswaarde veelal vergeleken met het 90-percentiel van de blootstellingsverdeling, hoewel soms ook gekozen wordt voor een meer beschermende benadering en dan wordt de grenswaarde met het 95-percentiel vergeleken.

Voor een vergelijking met de grenswaarde is het daarom van belang om de concentratieverdeling te presenteren. De concentratieverdelingen in dit hoofdstuk worden in de vorm van zogenaamde box-plots weergegeven. De grenzen van de box, het zogenaamde inter-kwartiel, wordt door het 25-percentiel (onder) en het 75-percentiel (boven) gemarkeerd. De liggende lijn in de box is het 50-percentiel. Het uiteinde van de verticale lijn uit de box markeert het 10-percentiel (onder) en het 90-percentiel (boven). De zwarte punt onder geeft de ligging van het 5-percentiel weer. De zwarte punt boven heeft betrekking op het 95-percentiel. Een incomplete box-plot wijst op een te kleine dataset om de percentielen betrouwbaar te kunnen afleiden. Voor een schatting is een incomplete box-plot bruikbaar. In de figuren is tevens de oude en de nieuwe grenswaarde weergegeven. Afhankelijk van de mate van bescherming zal dus het 90-percentiel dan wel het 95-percentiel onder deze waarde moeten liggen wil het scenario worden geclassificeerd als veilig. In dit hoofdstuk wordt het 90-percentiel gebruikt voor de toetsing aan de grenswaarde.

De in dit hoofdstuk gepresenteerde concentratieverdelingen hebben, voor zo ver van toepassing, betrekking op de meetgegevens in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4. Deze meetresultaten betreffen kortdurende metingen tijdens de uitvoering van bepaalde saneringshandelingen (taakgericht) en zijn zowel persoonlijke als stationaire containment metingen. Bij langdurig meten kunnen de filters overbeladen raken en is dus technisch gezien moeilijk.

De variabiliteit in concentraties van kortdurende metingen (piekmetingen) is groot in vergelijking met 8-uurgemiddelde concentraties. Indien een saneringsactiviteit gedurende 8 uren in dezelfde hoedanigheid wordt uitgevoerd kan het meetresultaat van die activiteit aan de grenswaarde (8-uurgemiddelde) worden getoetst. In de saneringspraktijk (met adembescherming) worden aaneengesloten werktijden van 2 uren gevolgd door een uur rust gehanteerd. Onder praktijkomstandigheden heeft een 8-uurgemiddelde daarom deels betrekking op inactiviteit gedurende de rust-uren. Alleen al om die reden zal een 8-uurgemiddelde concentratie lager zijn dan concentraties van piekmetingen.

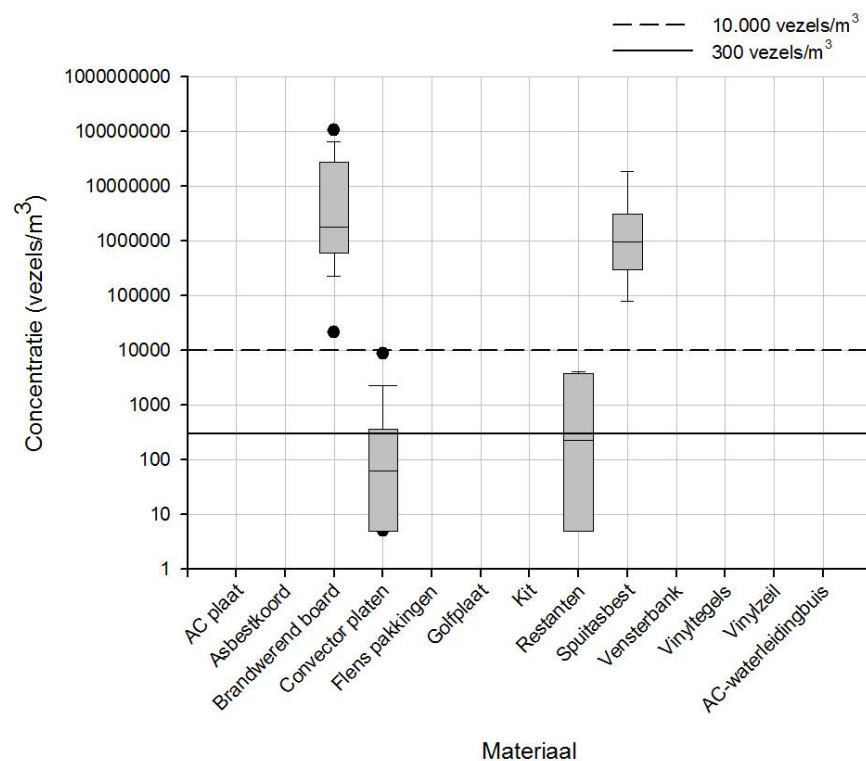
In paragraaf 7.2 worden de voor de scenario's gemeten concentraties (tabel 3.1) getoetst aan de nieuwe grenswaarden. Omdat hierbij niet gecorrigeerd wordt voor daadwerkelijke duur van de saneringen is er sprake van een worst case toetsing. In paragraaf 7.3 worden de effecten van aanpassingen van werkmethoden en/of door het implementeren van bronmaatregelen (hoofdstuk 5) doorgerekend naar in de praktijk voorkomende scenario's. Het effect van twee maatregelen is de vermenigvuldiging van beide individuele reductiefactoren. Bijvoorbeeld wanneer een brandwerend board niet wordt gebroken (reductiefactor 10 (zie hoofdstuk 5)) maar wel wordt bevochtigd (reductiefactor 10), is de berekende concentratie een factor 100 lager ten opzichte van de concentratie bij het breken van droog board. Wanneer een maatregel al is toegepast in het scenario wordt de reductiefactor niet nogmaals doorgerekend (bijv. het niet doorrekenen van de reductiefactor voor aanpassen werkmethode wanneer platen al gedemonteerd worden). De berekende concentraties in deze scenario's worden vervolgens opnieuw getoetst aan de grenswaarde. Aan het eind van de paragraaf 7.3 worden ook de protectiefactoren van adembeschermingsmiddelen (hoofdstuk 6) in de verkenning betrokken.

## 7.2 Vergelijking van de gemeten concentraties met de grenswaarden

### 7.2.1 Worst case vergelijkingen per gesaneerd asbesthoudend materiaal

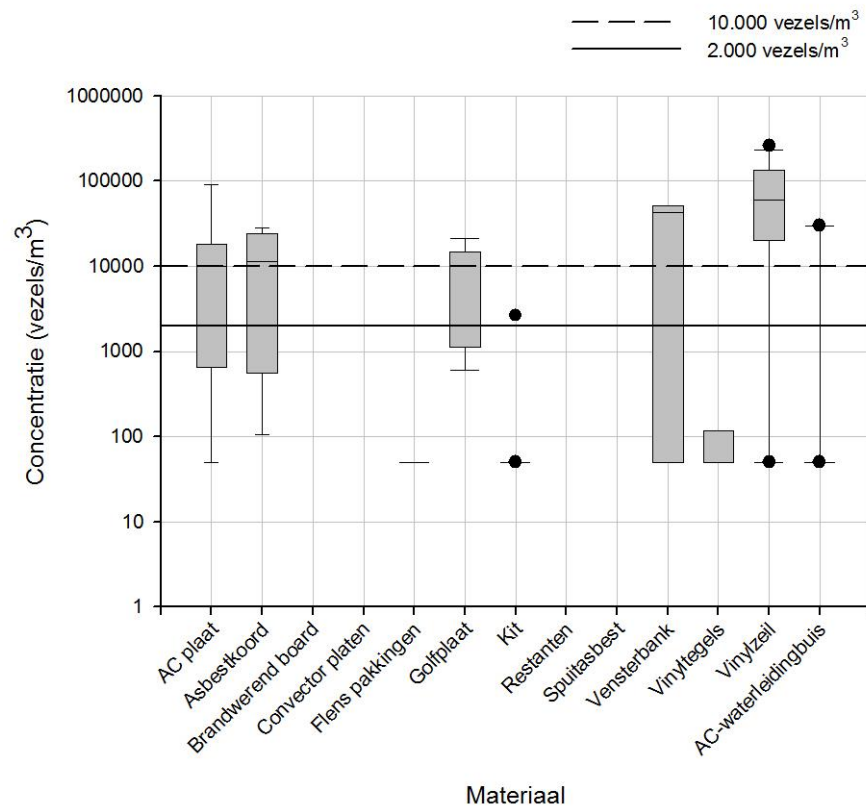
In deze paragraaf worden de verdelingen van vezelconcentraties uit hoofdstuk 3 (analyse) en hoofdstuk 4 (metingen 2013), ongeacht de meetduur, afgezet tegen de nieuwe (en huidige) grenswaarde voor amfibool asbest en chrysotiel asbest. De scenario's (de labels langs de horizontale as van figuur 7.1 en figuur 7.2) komen overeen met de scenario's in tabel 3.1.

Deze (worst) case vergelijking identificeert methoden die vrijwel zeker als veilig kunnen worden bestempeld omdat in de praktijk nooit gedurende 8 uren wordt gesaneerd (zie paragraaf 7.1).



Figuur 7.1 Vezelconcentraties (worst case) van amfibool asbest in de lucht gemeten bij persoonlijke en stationaire containment metingen bij sanering van verschillende materialen.

Uit figuur 7.1 blijkt dat wanneer (worst case) 8 uur per dag gesaneerd wordt, voor alle vier scenario's de nieuwe grenswaarde (300 vezels/m<sup>3</sup>) voor amfibool asbest kunnen worden overschreden. Figuur 7.1 laat ook zien dat bij ca. 75% van de bemeeten saneringen van convector platen en bij ca. 50% van de bemeeten situaties bij het verwijderen van restanten de concentraties wel onder de voorgestelde grenswaarde blijven.

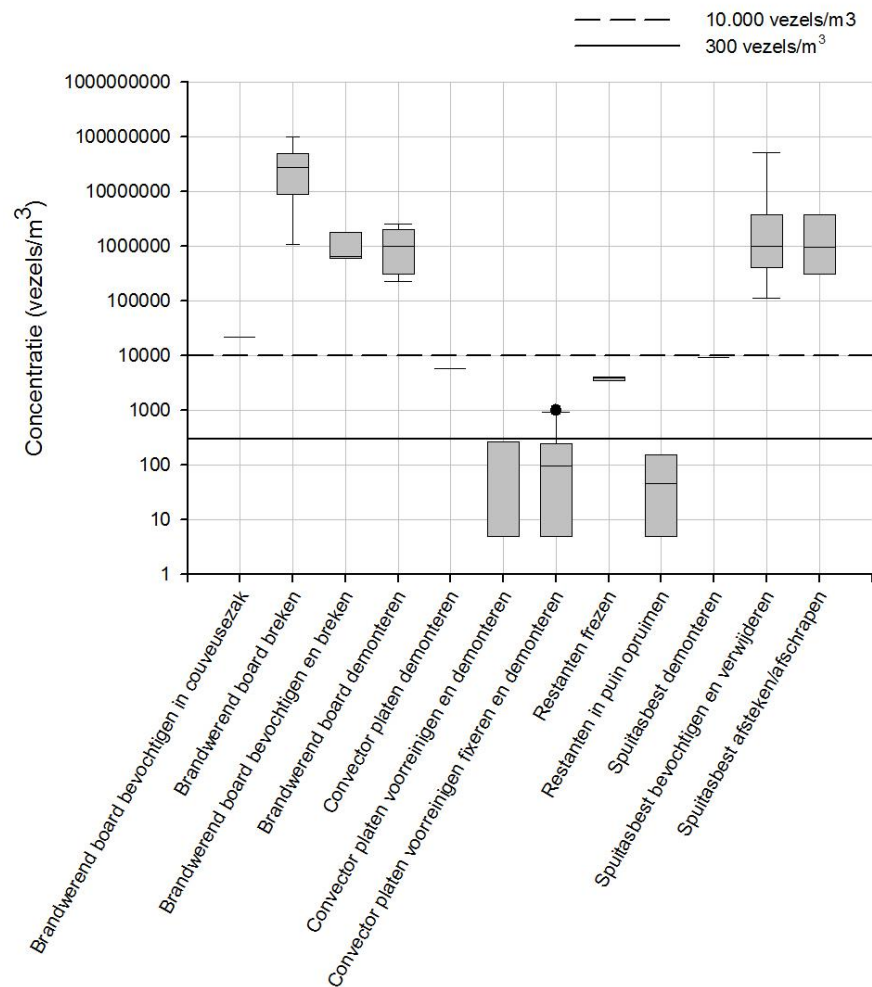


Figuur 7.2 Vezelconcentraties (worst case) van chrysotiel asbest in de lucht gemeten bij persoonlijke en stationaire containment metingen bij sanering van verschillende materialen.

Uit figuur 7.2 blijkt dat wanneer (worst case) 8 uur per dag wordt gesaneerd alleen bij het saneren van flenspakkingen ( $n=1$ ) en vinyltegels ( $n=6$ ) in alle bemeten situaties de concentraties lager zijn dan de nieuwe grenswaarde voor chrysotiel asbest ( $2000 \text{ vezels/m}^3$ ). Bij het verwijderen van kit werd slechts in 2 van de 36 metingen asbest aangetroffen, de in deze gevallen gemeten concentraties lagen boven de (nieuwe) grenswaarde voor chrysotiel asbest. Voor alle andere bemeten situaties zijn de gemeten vezelconcentraties hoger dan de grenswaarde.

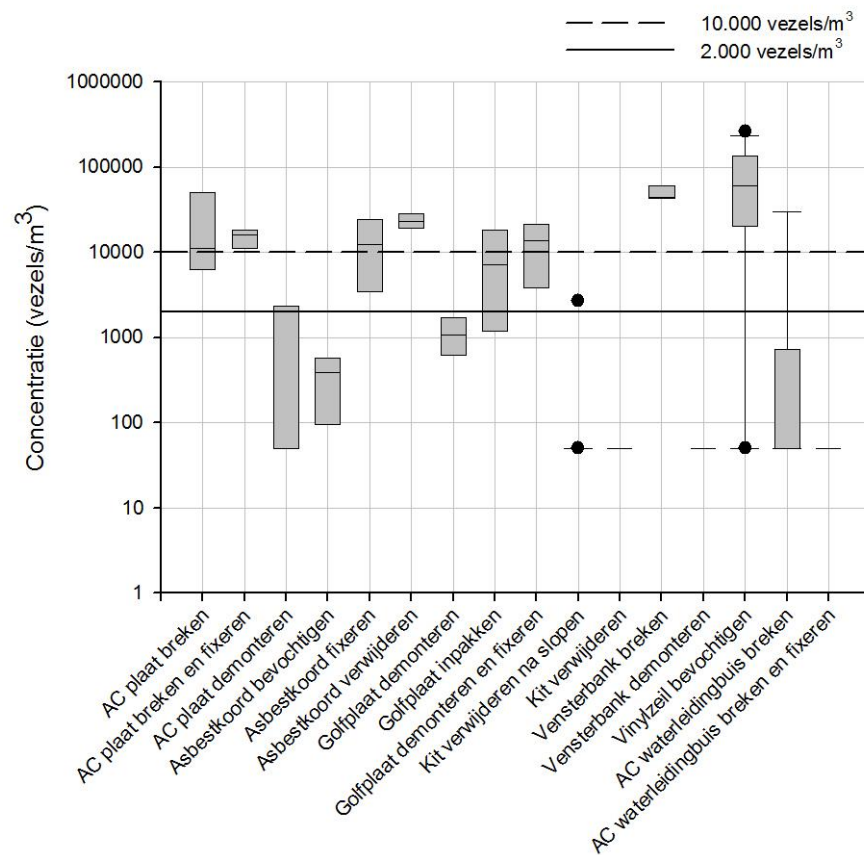
### 7.2.2 *Vergelijkingen van vezelconcentraties (per saneringsmethode) met de voorgestelde grenswaarde*

Uit hoofdstuk 3 en 4 blijkt dat de gemeten vezelconcentraties beïnvloed worden door de gebruikte saneringsmethode. In deze sub-paragraaf wordt per saneringsmethode een vergelijking met de grenswaarde gemaakt voor de materialen die in een worst case vergelijking (paragraaf 7.2.1) een kans op normoverschrijding laten zien. De saneringsmethoden worden voor amfibool asbest gepresenteerd in figuur 7.3 en voor chrysotiel asbest in figuur 7.4. Het opsplitsen naar gemeten concentraties per saneringsmethode heeft in enkele gevallen geleid tot een beperkt aantal gegevens (één meting). Figuur 7.3 en figuur 7.4 geven een indicatie van de (relatieve) relatie tussen vezelconcentraties en saneringsmethoden.



Figuur 7.3 Vezelconcentraties (worst case) van amfibool asbest in de lucht gemeten (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden.

Uit figuur 7.3 blijkt dat de (worst case) concentraties behorend bij het verwijderen van met asbest besmet puin (geen reguliere saneringshandeling) de nieuwe grenswaarde voor amfibool asbest niet overschrijdt. Indien convactor platen voor demonteren met een stofzuiger worden gereinigd, worden vezelconcentraties gemeten die de voorgestelde grenswaarde benaderen. Voor de overige saneringsmethoden zijn aanvullende maatregelen nodig om de concentraties aan de grenswaarde te laten voldoen.



Figuur 7.4 Vezelconcentraties (worst case) van chrysotiel asbest in de lucht gemeten (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden.

Uit figuur 7.4 blijkt dat de vezelconcentraties (worst case) behorend bij de saneringsmethoden:

- Het verwijderen van asbestkoord mits voldoende bevochtigd (n=4);
- Het demonteren van golfplaten (n=6);
- Het verwijderen van kit in niet sloop situaties (n=4);
- Het demonteren van vensterbanken (n=2);
- Het verwijderen van AC-waterleidingbuizen met het gebruik van latex (fixeren) (n=6);

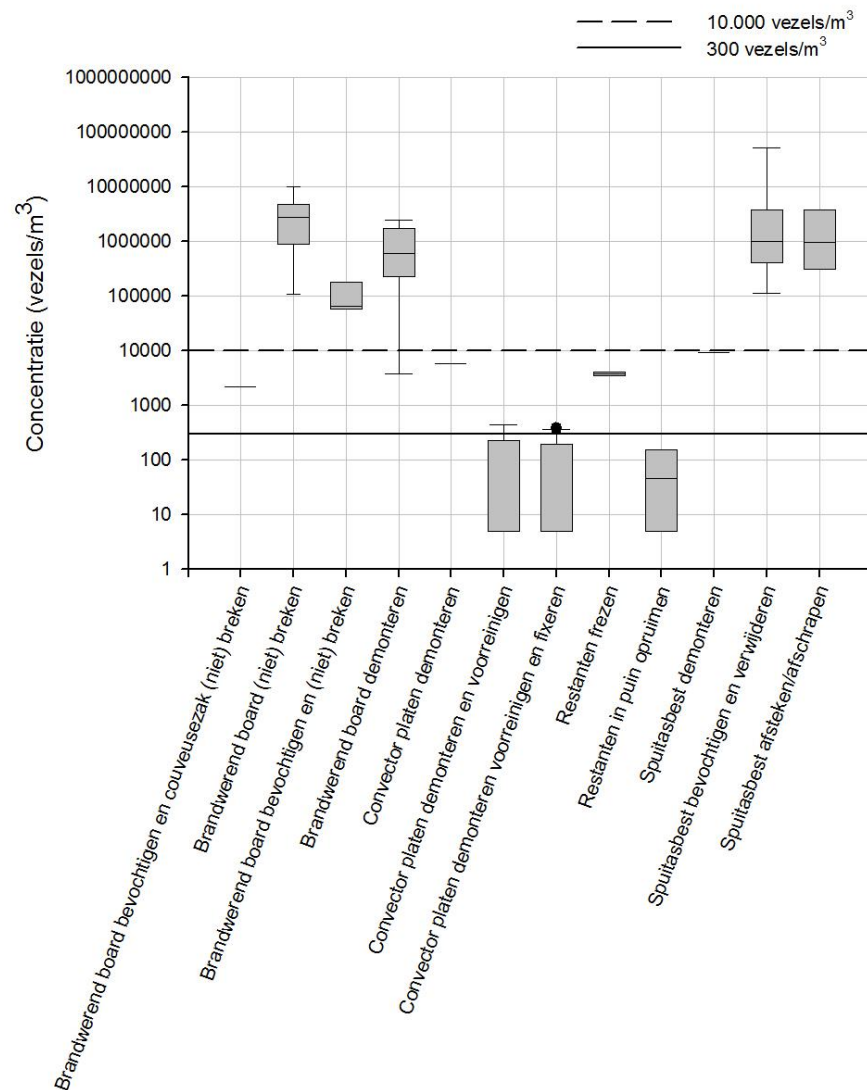
lager zijn dan de nieuwe grenswaarde voor chrysotiel asbest. Bij het verwijderen van kit na slopen zijn in slechts 2 van de 32 situaties verhoogde asbestconcentraties gemeten. Bij het verwijderen van waterleidingbuizen zonder fixeren met latex was dit in 3 van de 13 keer het geval. Voor de overige saneringsmethoden zijn aanvullende maatregelen nodig om aan de nieuwe grenswaarde te voldoen.

### **7.3 Vergelijken van de uitkomsten met grenswaarden na aanpassing van werkmethoden**

Uit de informatie in de hoofdstuk 3 (analyse 2004) en hoofdstuk 4 (metingen 2013) blijkt dat het voorkomen van breukvlakken in het asbesthoudend materiaal (demonteren in plaats van slopen) leidt tot lagere vezelconcentraties. Uit de analyse in hoofdstuk 5 (Werkmethoden en bronmaatregelen bij saneringen) blijkt dat een zorgvuldig toegepaste werkmethode, waarbij breuk zoveel mogelijk wordt voorkomen, tot een afname van de emissie met een factor van 10 tot 100 kan leiden. Het effect van het voorkomen van breuk op vezelconcentraties wordt geïllustreerd met figuur 7.5 (amfibool asbest) en figuur 7.6 (chrysotiel asbest). Alleen voor de saneringsmethoden waarbij op de horizontale as 'niet breken' staat aangegeven is een emissiereductiefactor van 10 toegepast.

Voor het sanering van spuitasbest, vinylzeil en AC-waterleidingbuizen en bij het frezen wordt verondersteld dat het breken van het materiaal niet kan worden voorkomen. Voor het verwijderen van asbestkoord en kit wordt verondersteld dat het al dan niet breken van het materiaal niet relevant is.

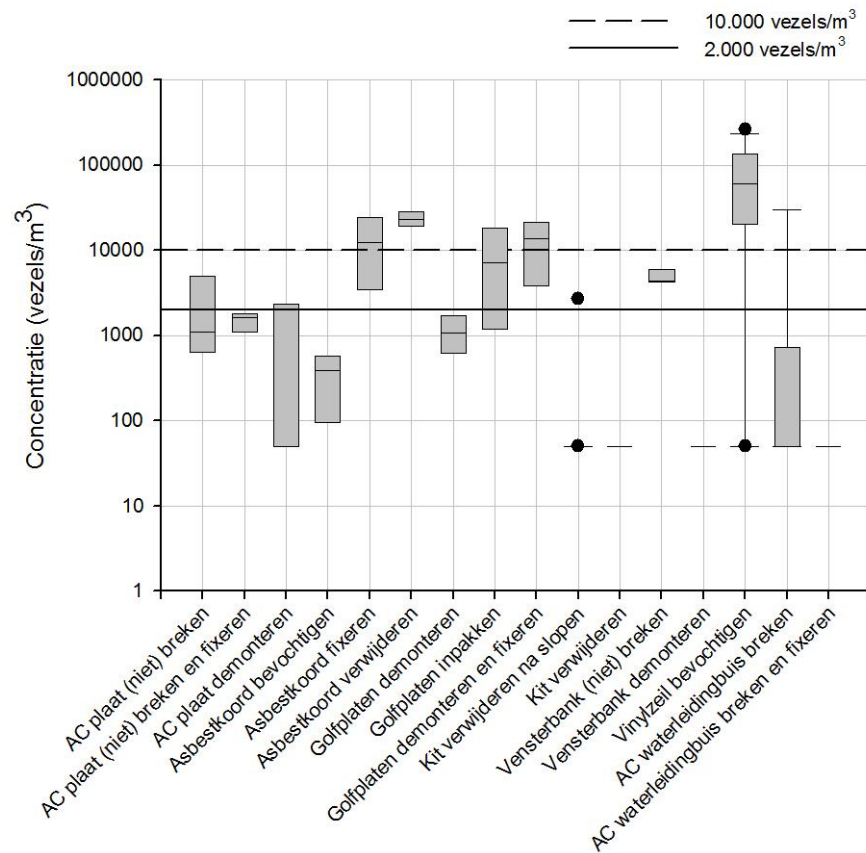
Bij deze vergelijking wordt nog steeds aangenomen dat saneerders gedurende 8 uur per dag deze activiteit uitvoeren.



Figuur 7.5 Berekende vezelconcentraties van amfibool asbest indien breuk van het asbesthoudend materiaal wordt voorkomen.

Uit figuur 7.5 blijkt dat het voorkomen van breuk bij het verwijderen van brandwerend board (aanname emissiereductie: factor 10) onvoldoende is om het 90-percentiel van vezelconcentraties kleiner dan de grenswaarde te laten zijn. Bij de andere saneringsmethoden wordt het asbesthoudende materiaal al gedemonteerd of kan de activiteit niet zonder breken worden uitgevoerd.





Figuur 7.6 Berekende vezelconcentraties van chrysotiel asbest indien breuk van het asbesthoudend materiaal wordt voorkomen.

Uit figuur 7.6 blijkt dat indien bij het verwijderen van asbestcement(AC-)platen breuk wordt voorkomen de vezelconcentraties in de buurt van de grenswaarde (2000 vezels/m<sup>3</sup>) liggen. Bij het verwijderen van vensterbanken lijkt het effect van niet breken veel groter te zijn dan de factor 10 die doorgerekend is. De berekende concentraties voor saneren zonder breken liggen veel hoger dan de gemeten concentraties bij demonteren. Wanneer vensterbanken worden gedemonteerd liggen de gemeten concentraties meer dan een factor 10 onder de grenswaarde.

#### 7.4 Toetsen van de uitkomsten van bronmaatregelen (inclusief effect van niet breken) aan de grenswaarden

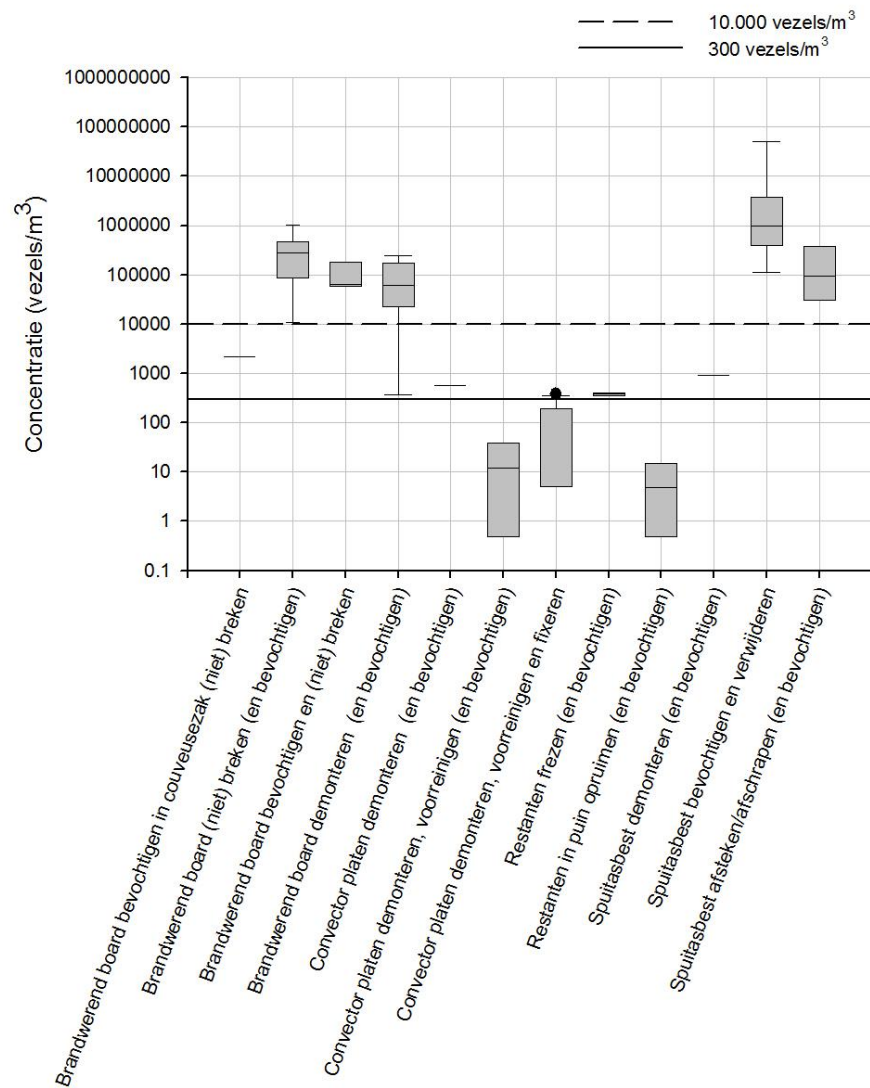
In deze paragraaf worden de gemeten concentraties, (deels) gecorrigeerd voor het effect van het niet breken (figuur 7.5 en figuur 7.6) gebruikt als uitgangspunt om effecten van bronmaatregelen (hoofdstuk 5) door te rekenen. Met behulp van box-plots worden de effecten van én niet breken én emissiereductie geïllustreerd en de berekende vezelconcentraties getoetst aan de grenswaarde.

#### 7.4.1 *Oppervlaktebevochtiging van het asbesthoudend materiaal*

In hoofdstuk 5 worden twee bevochtigingstechnieken beschreven: oppervlakte-bevochtiging en bevochtiging door (multi)injectie. Voor oppervlaktebevochtiging wordt uitgegaan van een emissiereductie met een factor 10. Met injectietechnieken is een emissiereductie van een factor 50 haalbaar (zie hoofdstuk 5).

Voor het doorrekenen van het effect van bevochtiging is met een factor 10 gerekend (conservatieve aanname). Voor het toetsten van de berekende concentraties aan de grenswaarde wordt aangenomen dat een saneerder gedurende 8 uren (de gehele werkdag) de saneringshandelingen (inclusief bevochtiging) uitvoert.

Figuur 7.7 en figuur 7.8 laten zien wat de vezelconcentraties zijn indien tijdens de saneringsmethode oppervlaktebevochtiging wordt toegepast én het breken van het materiaal wordt voorkomen. Voor de saneringsmethoden waarvoor de reductiefactor voor oppervlaktebevochtiging is toegepast wordt dit in figuur 7.7 en figuur 7.8 met 'en bevochtiging' aangegeven. Is bevochtigen/fixeren onderdeel van de standaard-saneringsmethode dan is geen reductiefactor toegepast.



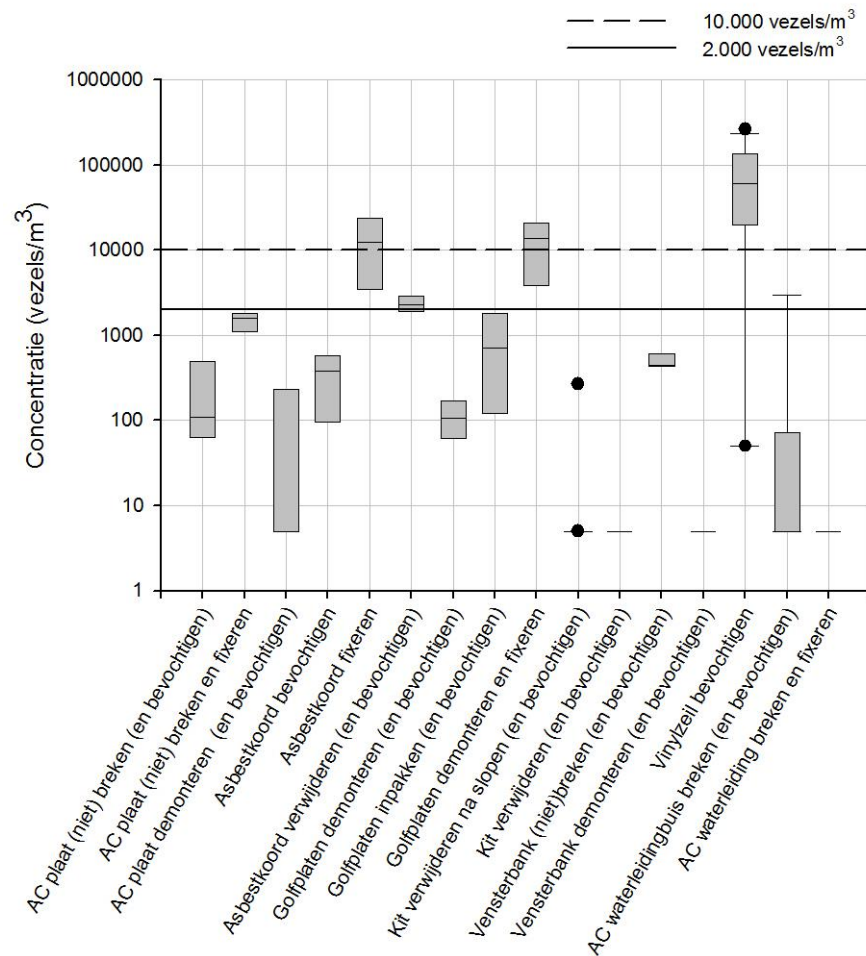
Figuur 7.7 Berekende vezelconcentraties van amfibool asbest (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden waarbij het materiaal niet wordt gebroken en gebruikt gemaakt wordt van oppervlaktebevochtiging.

Uit figuur 7.7 blijkt dat de vezelconcentraties bij het demonteren van convector platen, die worden voor gereinigd met een stofzuiger en worden bevochtigd, onder de grenswaarde kunnen liggen.

Ook bij het verwijderen van bevochtigd met asbest verontreinigd puin kunnen de concentraties onder de grenswaarde komen. Dit is uiteraard afhankelijk van het asbestgehalte in het puin.

De berekende concentraties tijdens het frezen in met asbest verontreinigde mergelwanden met behulp van een freesmachine, die het te behandelen oppervlak bevochtigd, liggen in de buurt van de grenswaarde. De concentraties zijn mede afhankelijk van de mate van asbestverontreiniging van de mergelwand.

Het demonteren van bevochtigde convector platen zal naar schatting leiden tot concentraties rondom de grenswaarde. Voor het verwijderen van brandwerend board en spuitasbest zijn één of meerdere grootteorde(n) extra reductie nodig om aan de grenswaarde te kunnen voldoen. In beide gevallen zou een extra emissiereductie van een factor 5 (multi-injectie in plaats van oppervlakte-bevochtiging) niet toereikend zijn.



Figuur 7.8 Berekende vezelconcentraties van chrysotiel asbest (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden waarbij het materiaal niet wordt gebroken en gebruikt gemaakt wordt van oppervlaktebevochtiging.

Uit figuur 7.8 blijkt dat voor een ruim aantal saneringstechnieken (inclusief geen breuk en bevochtigen) het 90-percentiel van de berekende vezelconcentraties kleiner is dan de grenswaarde. In het geval van het verwijderen van AC-platen lijkt het mogelijk te zijn om zonder breken en met bevochtigen op vezelconcentraties van net onder de grenswaarde uit te komen. Voor de saneringstechnieken asbestkoord fixeren en asbestkoord verwijderen en bevochtigen liggen de berekende concentraties boven de grenswaarde.

Meetresultaten hebben echter laten zien dat wanneer het asbestkoord doordrenkt wordt met water, de concentraties bij een sanering onder de grenswaarde kunnen liggen. Het emissie-reducerende effect van bevochtigen van dit materiaal op de vezelconcentratie is blijkbaar veel groter dan de geschatte reductiefactor van 10. De concentraties bij het verwijderen van golfplaten zijn sterk afhankelijk van de mate van verwerking van de golfplaten. De berekende concentraties bij het demonteren en bevochtigen van golfplaten liggen rondom de grenswaarde. Het verwijderen van vinylzeil resulteert in hoge vezelconcentraties, zelfs wanneer dit gebeurt tijdens continue bevochtigen van het zeil. Wellicht neemt het zeil het water niet op, waardoor deze maatregelen niet effectief is. Het verwijderen van AC-waterleidingbuizen lijkt nauwelijks verhoogde concentraties asbest op te leveren, zeker niet wanneer de buizen worden behandeld met latex. Er zijn echter enkele metingen verricht waarbij de concentraties boven de grenswaarde liggen. Dit is het gevolg van ongecontroleerde handelingen (zie hoofdstuk 3).

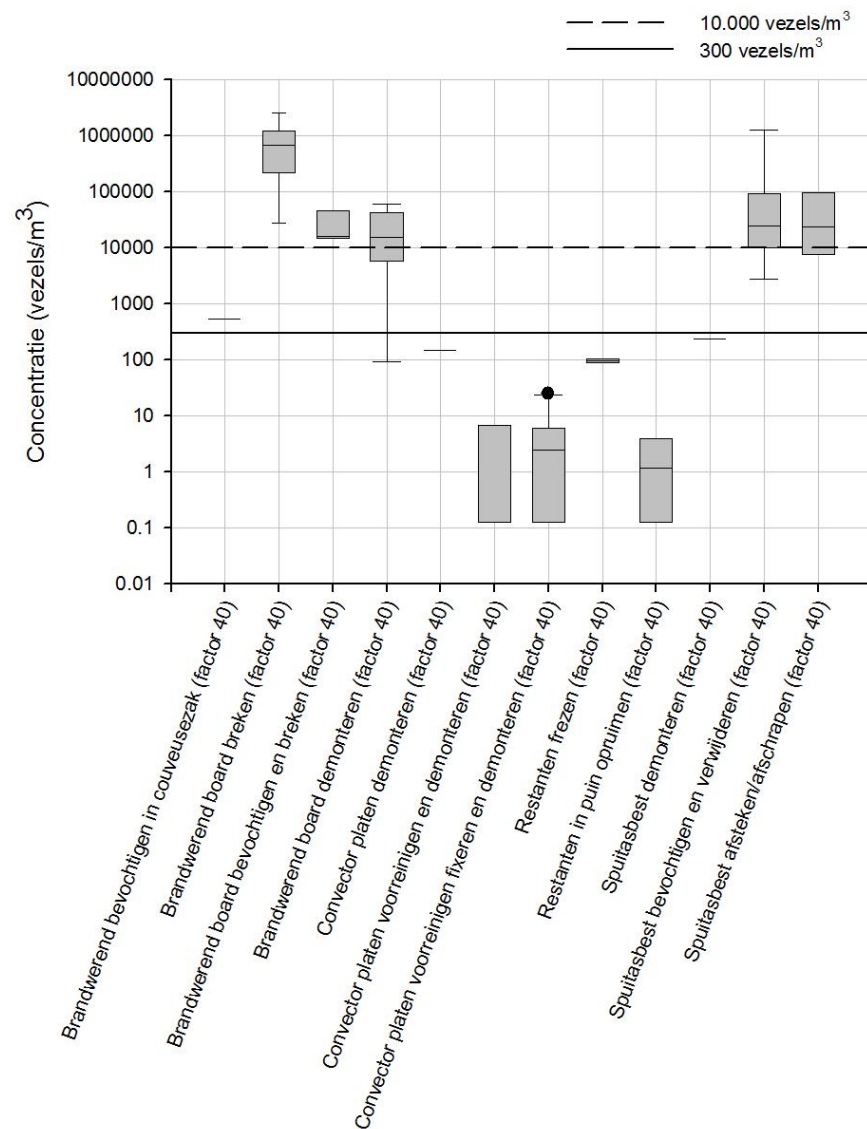
#### 7.4.2 Bronafzuiging

In hoofdstuk 5 is bronafzuiging als bronmaatregel genoemd. Het effect van deze maatregel is vergelijkbaar met het effect van oppervlaktebevochtiging (factor 10). Omdat bij de verschillende saneringsmethoden óf het gebruik van water óf het gebruik van (mobiele)afzuiging mogelijk is, is geen aparte vergelijking gemaakt. Figuur 7.7 en figuur 7.8 illustreren daarom (bij benadering) ook het effect van bronafzuiging. Bronafzuiging lijkt het best toepasbaar voor het verwijderen van brandwerend board, frezen, het verwijderen van spuitasbest, het verwijderen van AC-platen, het verwijderen van asbestkoord, het verwijderen van kit en het verwijderen van vinylzeil omdat hier zogenaamde lokale puntbronnen leiden tot emissie. Bij het verwijderen van golfplaten, vensterbanken en waterleidingbuizen zijn de objecten dermate groot dat bronafzuiging nauwelijks effectief is. Het gebruik van een stofzuiger om gecontamineerde objecten zoals convectoren en golfplaten schoon te zuigen lijkt wel een reducerend effect op de vezelconcentraties te hebben.

### 7.5 Adembescherming

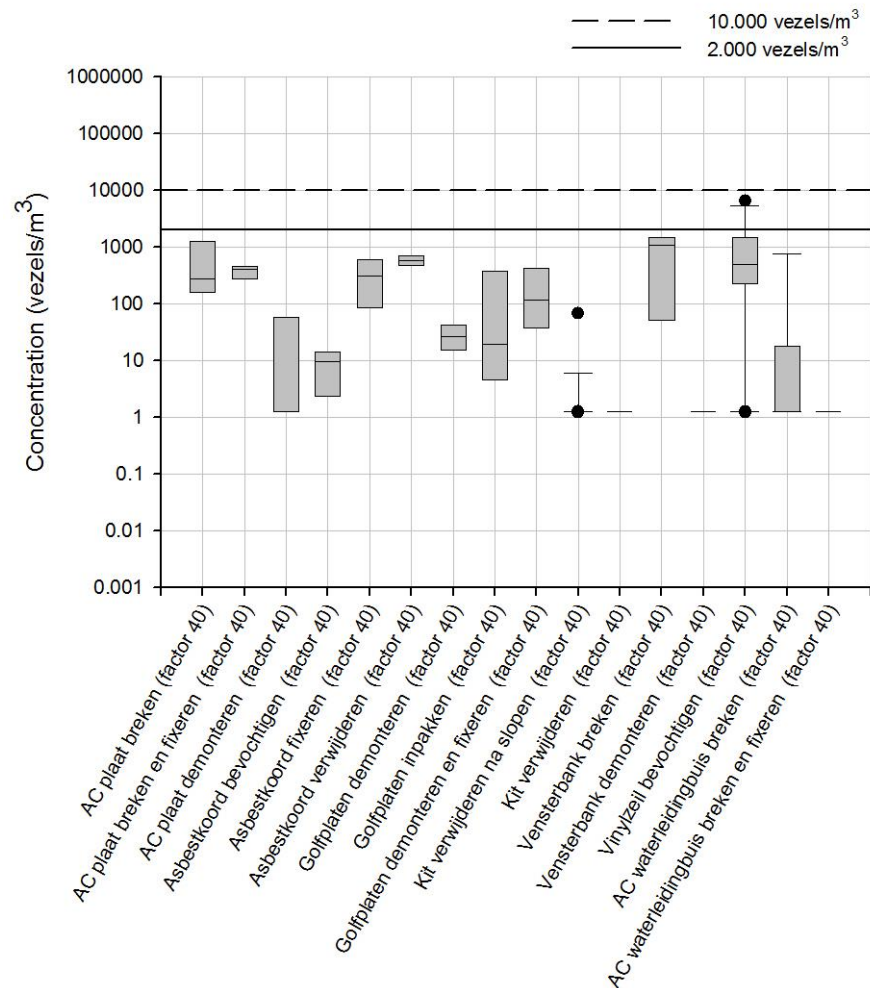
Volgens de arbeidshygiënische strategie is het toepassen van adembescherming de laatste in de keten van de te treffen maatregelen. Alleen als het niet mogelijk is om met zorgvuldig werken in combinatie met maximale bronmaatregelen met genoeg zekerheid de vezelconcentraties onder de grenswaarde te krijgen, wordt adembescherming als beschermingsmaatregel ingezet. De vigerende NEN-EN norm geeft aan dat voor de thans gebruikte adembeschermingsmiddelen, zowel die met aangeblazen lucht als met 'onafhankelijke lucht', een protectiefactor van 40 moet worden gehanteerd (zie paragraaf 6.3 en paragraaf 6.5). Deze norm wordt inmiddels door veel deskundigen als verouderd beschouwd. Bij juist gebruik van adembeschermingsmiddelen (zie hoofdstuk 6 voor de randvoorwaarden) wordt een protectiefactor van 2000 haalbaar geacht.

Figuur 7.9 toont het effect van een protectiefactor van 40 op de amfibool vezelconcentraties. Figuur 7.10 heeft betrekking op chrysotiel vezelconcentraties. Beide figuren hebben alleen betrekking op het effect van adembescherming op de vezelconcentraties.



Figuur 7.9 Berekende vezelconcentraties van amfibool asbest (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden en het gebruik van adembescherming met een protectiefactor van 40.

Uit figuur 7.9 blijkt dat voor het saneren van brandwerend board en sputtasbest (risicoklasse 3 saneringen) het alleen toepassen van adembescherming (PF=40) niet toereikend is om aan de (nieuwe) grenswaarde voor amfibool asbest (300 vezels/m<sup>3</sup>) te voldoen. Bij het demonteren van convector platen lijkt deze protectiefactor afdoende. Zeker gezien het feit dat bovenstaande berekeningen uitgaan van de taakmetingen en daardoor 8 uur per dag saneren impliceren.

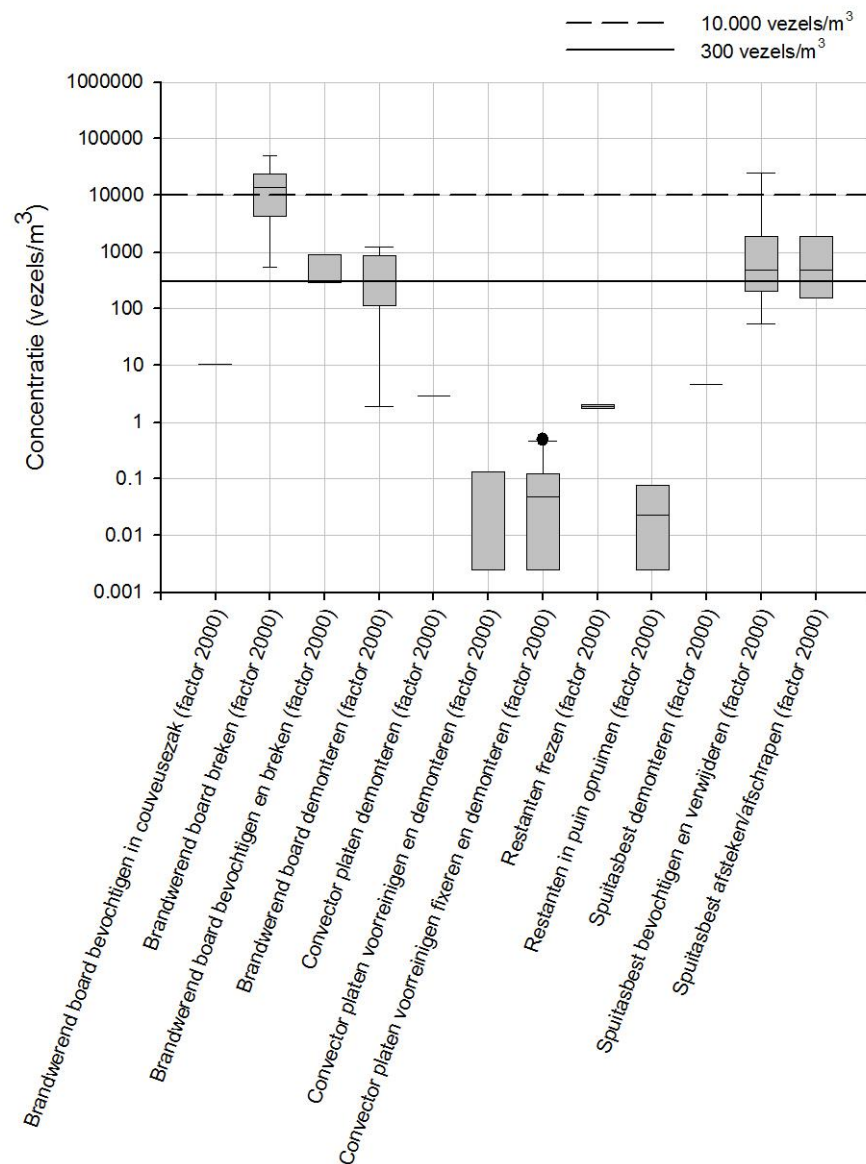


Figuur 7.10 Berekende vezelconcentraties van chrysotiel asbest (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden en het gebruik van adembescherming met een protectiefactor van 40.

Uit figuur 7.10 blijkt dat voor bijna alle (genoemde) saneringsmethoden (veelal risicoklasse 2 saneringen) het toepassen van adembescherming met een protectiefactor van 40 voldoende lijkt te zijn om aan de (nieuwe) grenswaarde voor chrysotiel asbest (2000 vezels/m<sup>3</sup>) te voldoen. Het verschil tussen de berekende concentraties en de nieuwe grenswaarde is klein. De kleine marge is gebaseerd op een kleine dataset. Daar staat tegenover dat het om een worst case vergelijking (8 uur saneren per dag) gaat.

Bij het verwijderen van vinylzeil is adembescherming met een protectiefactor van 40 niet afdoende (90-percentiel > grenswaarde).

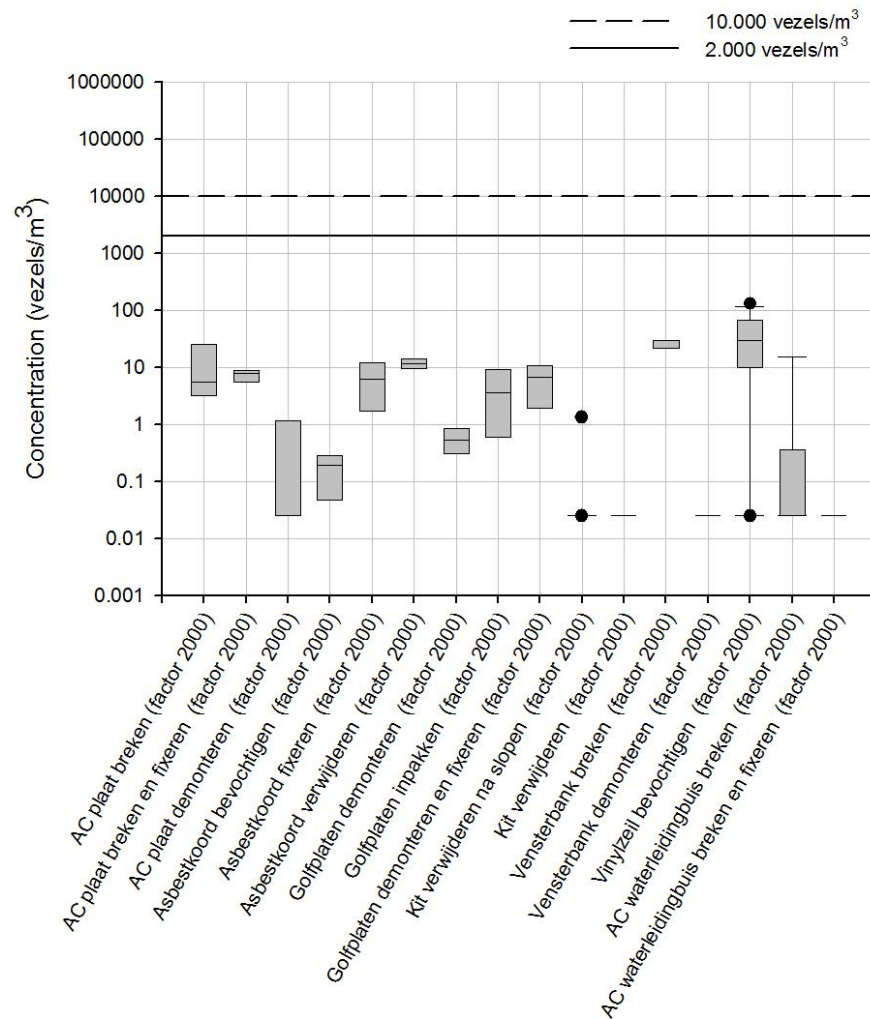
Figuur 7.11 toont het effect van adembescherming met een (mogelijk haalbare) protectiefactor van 2000 op de amfibool vezelconcentraties. Figuur 7.12 heeft betrekking op de chrysotiel vezelconcentraties. In zowel figuur 7.11 als figuur 7.12 is het effect van een zorgvuldige werkmethode en emissiereductie niet betrokken.



Figuur 7.11 Berekende vezelconcentraties van amfibool asbest in de lucht gemeten (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden en het gebruik van adembescherming met een protectiefactor van 2000.

Een protectiefactor van 2000 voor adembescherming is niet voldoende om de vezelconcentraties die ontstaan bij het saneren van brandwerend board en spuit-asbest onder de nieuwe grenswaarde te brengen (zie figuur 7.11).





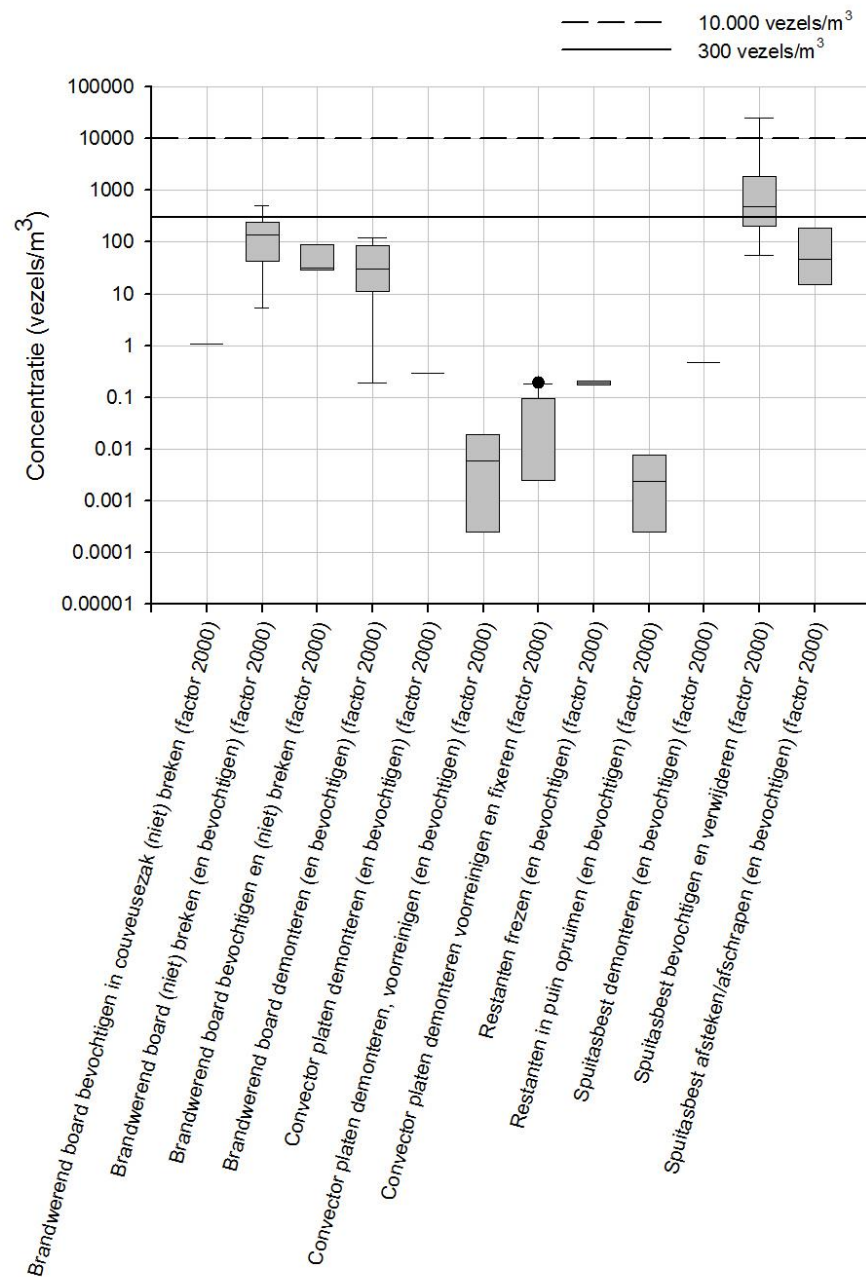
Figuur 7.12 Berekende vezelconcentraties van chrysotiel asbest in de lucht gemeten (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden en het gebruik van adembescherming met een protectiefactor van 2000.

Uit figuur 7.12 blijkt dat met een protectiefactor van 2000 voor adembescherming, een factor die onder strikte randvoorwaarden mogelijk haalbaar is, voor alle saneringsmethoden voldaan kan worden aan de (nieuwe) grenswaarde voor chrysotiel asbest. Het hoogste 90-percentiel (voor vinylzeil) ligt ongeveer een factor 20 onder de grenswaarde.

Deze bevinding is geen uitnodiging om voor deze saneringsmethoden zorgvuldig werken in combinatie met emissiereductie achterwege te laten. Een robuuste bescherming van saneerders vraagt om zorgvuldig werken én emissiereductie én als sluitstuk een optimale adembescherming.

## 7.6 Werkmethode, emissiereductie en adembescherming

In deze paragraaf wordt het effect van de combinatie van én zorgvuldig werken (reductiefactor 10) én een emissiereductie met een factor 10 én adembescherming met een protectiefactor van 2000 voor amfibool asbest met behulp van box-plots uitgewerkt.



Figuur 7.13 Berekende vezelconcentraties van amfibool asbest (persoonlijke en stationaire containment metingen) bij verschillende saneringsmethoden met reductiefactoren voor werkmethode (factor 10), emissiereductie (factor 10) en adembescherming (factor 2000).

Voor het 'verwijderen van brandwerend board' (zonder het gebruik van een couveusezak die alleen toepasbaar is bij kleinschalige saneringen) zijn drie datasets met meetgegevens beschikbaar. Van de drie de bemeten situaties heeft geen enkele situatie betrekking op de meest ideale situatie (niet breken, wel bevochtigen). De blootstelling voor zo'n (ideale) situatie betreft dus een berekende blootstelling. De uitkomsten van deze berekeningen liggen in alle drie gevallen rondom de voorgestelde grenswaarde, mits met adembescherming een protectiefactor van 2000 wordt gerealiseerd. In het geval van een worst case benadering, uitgaande van een 8 uur durende sanering, kan voor dit materiaal niet gegarandeerd worden dat aan de nieuwe grenswaarde voor amfibool asbest wordt voldaan (90-percentiel > grenswaarde) (zie figuur 7.13).

Indien een maximale blootstellingsduur van 3 x 2 uren (in plaats van de worst case benadering van 8 uur) wordt aangehouden, dan is het 90-percentiel van de vezelconcentraties van de verschillende brandwerend board scenario's ongeveer gelijk aan de grenswaarde.

Voor het verwijderen van spuitasbest is voor de adembescherming gerekend met protectiefactor van 2000. Omdat bij het verwijderen van spuitasbest breken niet te voorkomen is, is een factor 10 voor de werkwijze (niet breken) op dit scenario niet van toepassing. Voor één van de twee bemeten situaties geldt dat bevochtigen al onderdeel is van het scenario. In dat geval is voor bevochtigen geen emissie-reductiefactor van 10 in rekening gebracht.

Voor één van de bemeten scenario's is, om minimaal aan de grenswaarde te voldoen, een extra reductie met een factor 50 nodig. Als de oppervlaktebevochtiging wordt vervangen door multi-point injectie kan in theorie nog een extra emissie-reductie met een factor 5 worden gerealiseerd. Door de taakduur van een saneerder tot slechts 48 minuten per dag in te perken kan (theoretisch) nog een reductie met een factor 10 worden gerealiseerd.

## 7.7 Kan wel/niet aan de grenswaarde worden voldaan?

In hoofdstuk 3 t/m 6 is een overzicht gegeven van de verzamelde informatie over vezelconcentraties (deels recentelijk gemeten), effectiviteit van beheersmaatregelen (werkwijze en bronmaatregelen) en protectiefactoren van adembeschermingsmiddelen. Deze informatie is gebundeld in de scenarioberekeningen gepresenteerd in de voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk.

Bij het vergelijken van de berekende vezelconcentraties met grenswaarden is het goed te realiseren dat op deze concentraties onzekerheden van toepassing zijn. Deze onzekerheden worden veroorzaakt doordat:

- Datasets relatief klein zijn en dus beperkt representatief;
- Het grootste deel van de data gedateerd is (10 jaar of ouder);
- Ook stationaire metingen gebruikt zijn om persoonlijke blootstellingen te schatten;
- Reductiefactoren onderbouwd, maar onvoldoende robuust zijn;
- Berekeningen uitgaan van 8-uur saneren per dag.

### - **Blootstellingsduur/taakduur**

Een factor die in de berekeningen nog niet is meegenomen is de blootstellingsduur. De bemeten scenario's dienen als basis voor de in de figuren 7.1 tot en met figuur 7.13 weergegeven berekende vezelconcentraties.

Deze metingen zijn kortdurende taakgerichte metingen. De berekeningen zijn gebaseerd op de aanname deze kortdurende taakgerichte metingen representatief zijn voor de gehele werkdag. In de praktijk zal de saneringstaak veelal niet gedurende de gehele werkdag worden uitgevoerd. Daarom kunnen de berekeningen als worst case berekeningen worden getypeerd. Indien het verwijderen van het asbesthoudende materiaal per werkdag slechts 2 uur in plaats van 8 uur in beslag neemt, dan zal de werkdagblootstelling ruwweg een factor 4 (8 uur / 2 uur) lager zijn dan de concentratie die gemeten is tijdens het uitvoeren van de sanering. Wordt de saneringstaak gedurende de hele werkdag uitgevoerd, dan kan de kortdurende meting wel representatief zijn voor de werkdagblootstelling.

**- Wel/niet voldoen aan grenswaarde**

Ondanks beperkingen in de berekende vezelconcentraties, zijn deze concentraties op z'n minst indicatief voor het vaststellen of voor de verkende saneringsscenario's wel/niet aan de grenswaarde kan worden voldaan.

**- Chrysotiel (voldoet aan grenswaarde)**

Uit hoofdstuk 4 blijkt dat de vezelconcentraties van stationaire (containment) metingen gemiddeld ongeveer een factor 10 lager liggen dan die van de persoonlijke metingen. Uit hoofdstuk 6 volgt dat een protectiefactor 40 voor adembescherming reëel is. Figuur 7.10 geeft de chrysotiel vezelconcentraties (ook stationaire metingen) weer voor een protectiefactor voor adembescherming van 40. Uit figuur 7.10 blijkt dat met uitzondering van het scenario 'vinylzeil bevochtigen' het 90-percentiel van de vezelconcentraties < chrysotiel grenswaarde. Op basis van deze constatering kan worden geconcludeerd dat voor het saneren van:

- vlakke AC-platen;
- asbestkoord;
- AC-golfplaten;
- (kassen)kit,
- vensterbanken;
- AC-waterleidingbuizen;

voldaan kan worden aan de grenswaarde voor chrysotiel, mits juiste werkmethode worden gehanteerd (niet breken) en optimaal gebruik van bronmaatregelen wordt gemaakt. Het gegeven dat de resultaten van de scenarioberekeningen (figuur 7.10) ook op meetresultaten van stationaire metingen zijn gebaseerd, vergt een (extra) veiligheidsfactor van 10. Uit figuur 7.2 blijkt dat de worst case berekeningen tijdens het saneren van flenspakkingen en vinyltegels zo laag zijn dat verwacht kan worden dat tijdens deze saneringsmethoden de concentraties ook beneden de nieuwe grenswaarde zullen blijven.

Indien tijdens het saneren van AC-platen, convector platen, AC-golfplaten en vensterbanken het materiaal breekt of wanneer bij het saneren van asbestkoord of AC-waterbuizen niet de juiste bronmaatregelen (bevochtigen, fixeren met latex) worden toegepast is de veiligheidsmarge een stuk kleiner. Voor deze saneringsmethoden geldt (met uitzondering van het verwijderen van AC-golfplaten) dat de onderbouwing van de concentratieniveaus is gebaseerd op kleine datasets die veelal meer dan 10 jaar oud zijn. Het is daarom nadrukkelijk gewenst om bovenstaande conclusies (voor enkele scenario's), door middel van metingen in de hedendaagse saneringspraktijk, te toetsen.

- *Chrysotiel (voldoet (nog) niet aan grenswaarde)*

Uit figuur 7.10 blijkt dat voor het scenario 'Vinylzeil bevochtigen' met de huidige werkmethode en adembescherming (protectiefactor 40) niet aan de (nieuwe) grenswaarde voor chrysotiel kan worden voldaan (90-percentiel van vezelconcentraties > grenswaarde). De meetresultaten voor het scenario hebben betrekking op de jaren 1993 en 1998. Het 90-percentiel van de vezelconcentratieverdeling dat gebaseerd is op 25 persoonlijke metingen, ligt bijna een factor 5 hoger dan de voorgestelde grenswaarde.

Uit figuur 7.12 blijkt dat indien de protectiefactor voor adembeschermingsmiddelen naar 2000 wordt verhoogd, met voldoende zekerheid aan de grenswaarde kan worden voldaan. Ook voor dit scenario is het wenselijk om deze bevindingen in de hedendaagse saneringspraktijk te toetsen.

- *Amfibool asbest (voldoet aan grenswaarde)*

Uit figuur 7.9 blijkt dat voor het saneren van convectorenplaten, waarbij adembeschermingsmiddelen met een protectiefactor van 40 worden ingezet, met een (ruime) marge aan de (nieuwe) grenswaarde voor amfibool asbest kan worden voldaan. Het toepassen van juiste werkmethode en het optimaal benutten van bronmaatregelen zijn noodzakelijke randvoorwaarden.

Indien tijdens het saneren van convectorenplaten het materiaal breekt is de veiligheidsmarge een stuk kleiner. Voor deze saneringsmethoden geldt dat de onderbouw van de concentratieniveaus is gebaseerd op een kleine dataset die minimaal 10 jaar oud is. Het is daarom nadrukkelijk gewenst om bovenstaande conclusies, door middel van metingen in de hedendaagse saneringspraktijk, te toetsen.

- *Amfibool asbest (voldoet (nog) niet aan grenswaarde)*

Uit figuur 7.9 blijkt dat de amfiboolhoudende materialen brandwerend board en spuitasbest, met de huidige werkmethode en adembescherming met een protectiefactor 40, niet aan de (nieuwe) grenswaarde voor amfibool asbest kan worden voldaan.

Het verwijderen van brandwerend board is 28 keer bemeten in vier verschillende situaties. Het breken van brandwerend board in een couveusezak is twee keer stationair bemeten en geeft dus een enige onderbouw over blootstellingen in de hedendaagse saneringspraktijk.

Uit figuur 7.11 blijkt dat bij een protectiefactor 2000 voor adembescherming, de voor het scenario 'brandwerend board bevochtigen in couveusezak' de gemeten concentraties ongeveer een factor 30 kleiner dan de grenswaarde zijn (8-uurs sanering). Deze factor wordt voldoende geacht om te concluderen dat voor dit scenario, met in achtname van genoemde randvoorwaarden, aan de grenswaarde kan worden voldaan. Het gebruik van een couveusezak is echter alleen geschikt voor kleinschalige saneringen.

Een grootschalige sanering van brandwerend board is bemeten in 1993. Tijdens deze sanering zijn drie metingen, waarvan twee persoonlijke metingen, verzameld. Tijdens de sanering werd het board gebroken en bevochtigd. In 2013 zijn acht persoonlijke en zes stationaire metingen tijdens het verwijderen brandwerend board uitgevoerd. Tijdens deze sanering werd het board gebroken met een koevoet of beitel. Daarnaast zijn in 2013 zes persoonlijke metingen en drie stationaire metingen verricht tijdens het demonteren van brandwerend board.

Figuur 7.13 illustreert dat indien deze drie datasets de basis vormen voor de berekende concentraties voor het verwijderen van bevochtigd brandwerend board zonder breken, de 90-percentielen van de vezelconcentraties dicht bij de grenswaarde liggen. Omdat recent verzamelde persoonlijke metingen grotendeels ten grondslag liggen aan deze berekeningen wordt verondersteld dat deze concentraties representatief zijn voor de hedendaagse saneringspraktijk. Op basis van deze gegevens kan echter niet met zekerheid worden aangetoond dat voor deze scenario's de grenswaarde wordt gehaald.

Aanvullende praktijkmetingen moeten aantonen of optimale werkmethoden (niet breken) in combinatie met bronmaatregelen (bevochtigen) en adembescherming met een protectiefactor van 2000 leiden tot vezelconcentraties die kleiner zijn dan de grenswaarde. Daarbij kan rekening worden gehouden met een taakduur van 6 uur (of minder) in plaats van 8 uur.

Indien uit de praktijkmetingen blijkt dat niet aan de grenswaarde kan worden voldaan, moet naar alternatieve saneringsmethoden en bronmaatregelen worden gezocht. Het verkorten van de toegestane taakduur per werkdag kan een onderdeel van die maatregelen zijn.

De scenario's voor het verwijderen van spuitasbest zijn op twee datasets gebaseerd. Eén dataset is verzameld in 2013 en bestaat uit acht metingen, waarvan zes persoonlijke metingen. Tijdens deze sanering werd (oppervlakte)bevochtigd spuitasbest met de hand in een zak gedaan.

De tweede dataset bestaat enkel uit stationaire metingen en heeft betrekking op het jaar 1997. Deze dataset bevat een meting waarbij een schoongemaakte kolom werd verwijderd na een spuitasbestsanering en illustreert een niet representatieve saneringshandeling.

De overige zeven metingen zijn verricht bij een fijn-sanering, waarbij spuitasbest werd afgestoken/afgeschraapt en tevens een stofzuiger werd gebruikt om de vezelconcentraties te beheersen.

De recente metingen uit 2013 laten zien dat het berekende 90-percentiel van de verdeling van vezelconcentraties, na doorrekenen van een protectiefactor 2000 voor adembescherming, nog steeds een factor 50 boven de voorgestelde grenswaarde ligt.

Een verder reductie van de emissie zou kunnen worden gerealiseerd door het toepassen van (multi-)injectiebevochtiging waarvan de reductiefactor op vezelconcentratie groter wordt geacht dan voor oppervlaktebevochtiging of door het gebruik van een stofzuiger als puntafzuiging op de plaats waar het spuitasbest wordt losgemaakt. Het verkorten van de toegestane taakduur per werkdag kan een onderdeel van aanvullende maatregelen zijn.

Op basis van de huidige berekeningen kan niet met zekerheid worden gesteld dat voor het saneren van spuitasbest aan de (nieuwe) grenswaarde voor amfibool asbest kan worden voldaan. Aanvullend onderzoek zal dit moeten uitwijzen. De primaire vraag voor dat onderzoek is: wat is de vezelconcentratie indien zorgvuldig werken worden gecombineerd met (multi-) injectiebevochtigingstechnieken, punt-afzuiging (stofzuiger) en adembescherming met protectiefactor van 2000?

Resultaten van het aanvullende onderzoek zullen moeten uitwijzen of nieuwe saneringsmethoden (werkwijze en/of bronmaatregelen) toereikend zijn. Tot die tijd kan full-shift (8-uurs) blootstelling worden verlaagd door de toegestane tijd waarbij een werknemer saneringswerkzaamheden uitvoert (de taakduur) te reduceren.

### **7.8 Vrijstellingen ingedeeld in risicoklasse 1**

Saneringshandelingen die zijn vrijgesteld en thans zijn ingedeeld in risicoklasse 1 (bron: Asbest in Bouwbesluit 2012 – Informatieblad Ministerie van Infrastructuur en Milieu) zijn:

- Verwijderen van asbesthoudende waterleidingbuizen, gasleidingbuizen, rioolleidingbuizen en mantelbuizen, voor zover zij deel uitmaken van het ondergrondse openbare gas-, water- en rioolleidingnet;
- Verwijderen van geklemde asbesthoudende vloerplaten onder verwarmingstoestellen;
- Verwijderen van asbesthoudend beglazingskit dat is verwerkt in de constructie van kassen;
- Verwijderen van asbesthoudende pakkingen uit verbrandingsmotoren, procesinstallaties of verwarmingstoestellen met een nominaal vermogen lager dan 2250 kilowatt.

Op grond van de bevindingen in paragraaf 7.7, betreffende AC-waterleidingbuizen en (kassen)kit, wordt geconcludeerd dat voor deze asbesthoudende materialen, mits de genoemde randvoorwaarden in acht worden genomen, aan de nieuwe grenswaarden kan worden voldaan.

Aanbevolen wordt om voor alle bovengenoemde asbesthoudende materialen de meetresultaten waarop destijds de vrijstellingen zijn gebaseerd te herbeoordelen in relatie tot de nieuwe grenswaarden.





## 8 Bruikbaarheid van fase-contrast lichtmicroscopie bij saneringen in risicoklasse 2

### Hoofdboodschap

- Fase-contrast lichtmicroscopie (FCM) is niet geschikt voor het meten van vezelconcentraties lager dan ca. 5000 vezels/m<sup>3</sup>. FCM is een aspecifieke analysemethode. De onderste bepalingsgrens wordt in de praktijk beperkt door de “achtergrondruis” van altijd in de lucht aanwezige (niet-asbest!) vezelvormige bestanddelen. Met de FCM-techniek kunnen vezels niet worden geïdentificeerd.
- De meetwaarden in de databases die lager dan ca. 5000 vezels/m<sup>3</sup> zijn, moeten dan ook voornamelijk worden toegeschreven aan deze “achtergrondruis”.
- Uit de analyse van drie vergelijkende meetsets (FCM-metingen versus SEM/RMA-metingen) blijkt dat (indirecte) toetsing aan de grenswaarde van 2000 vezels/m<sup>3</sup> met fase-contrast lichtmicroscopie mogelijk is voor risicoklasse 2 saneringen van chrysotiel asbesthoudende materialen met minder dan 5% amfibool vezels. De meetset kent echter beperkingen.
- Een analyse van een grotere gedetailleerd gedocumenteerde meetset, veel groter dan thans beschikbaar, zal daar definitief uitsluitsel over kunnen geven.
- Toetsing aan een grenswaarde van 300 vezels/m<sup>3</sup> is met lichtmicroscopie niet mogelijk. Dit blijkt eveneens uit de analyse van de vergelijkende meetset.
- Bij het in containment verwijderen van asbesthoudende producten met een oppervlak > 1m<sup>2</sup>, die meer dan 5% amfibool asbest bevatten, en niet zonder breuk te verwijderen zijn, wordt aanbevolen deze sanering in risicoklasse 3 in te delen.
- Een ander argument voor deze herindeling is dat het beschermingsniveau voor sanering van dergelijke materialen in risicoklasse 3 wordt ondergebracht.

### 8.1 Probleemschets

Het concept Arbobesluit (artikel 4.51a) [12] schrijft voor dat de vrijgavemeting geschiedt “teneinde vast te stellen of de concentratie van chrysotiel in de lucht lager is dan 2000 vezels per kubieke meter en of de concentratie van de asbest amfibolen actinoliet, amosiet, anthofylliet, tremoliet en crocidoliet gezamenlijk in de lucht lager is dan 300 vezels per kubieke meter”. In de NEN 2990 [7] is uitgewerkt hoe de eindbeoordeling na asbestsanering zou moeten plaatsvinden. Hierin is voornamelijk de keuze gemaakt om eindbeoordeling van werkzaamheden in klasse 2 uit te voeren met de fase-contrast-methode (FCM-methode) [7] in plaats van de scanning elektronenmicroscopie methode (SEM-methode) [6, 7]. Omdat FCM-methode niet gevoelig genoeg is om tot onder 2000 vezels/m<sup>3</sup> te meten, vindt de vrijgave daarbij plaats aan de hand van de 10000 vezels/m<sup>3</sup> grens. De overweging hierbij is dat vrijgave van beperkt-risico saneringen aan de hand van <10000 vezels/m<sup>3</sup> ook met een voldoende mate van zekerheid waarborgt dat de grens van 2000 vezels/m<sup>3</sup> niet wordt overschreden; (en dat het meten van deze eindbeoordelingen met SEM tot te hoge extra kosten zou leiden die het illegaal verwijderen van asbest in de hand zouden werken).

Deze rationale is kort genoemd in bijlage I van de NEN 2990 [7], maar is niet onderbouwd met een inzichtelijke analyse van meetgegevens.

In dit hoofdstuk wordt op basis drie meetsets met vergelijkende metingen (FCM-meting versus SEM-meting) onderzocht of en in hoeverre de rationale opgaat.

## **8.2 Validatie fase-contrast lichtmicroscopie versus SEM/RMA**

Er zijn momenteel in Nederland geen databases van enige omvang beschikbaar op grond waarvan een onderbouwde relatie tussen uitkomsten van fase-contrast lichtmicroscopie (FCM) en SEM/RMA-analyses kan worden gelegd. Wel kan op basis van de vele analyses van luchtmonsters met SEM/RMA die het TNO-laboratorium de afgelopen 10 jaar, voor diverse asbestlaboratoria en ingenieursbureaus heeft geanalyseerd, worden afgeleid dat asbestvezelconcentraties > 2000 vezels/m<sup>3</sup> lucht zelden worden aangetroffen in containments die eerder conform NEN 2990 waren vrijgegeven (visuele inspectie + vezelconcentratie metingen met fase-contrast-microscopie). Om deze stelling te onderbouwen zijn recentelijk door bij Fenelab<sup>17</sup> aangesloten laboratoria/inspectie-instellingen parallel FCM- en SEM/RMA-metingen bij risicoklasse 2 saneringen uitgevoerd. De resultaten van deze metingen (drie sets) zijn weergegeven in tabel 8.1.

Het gaat om beperkt gedocumenteerde meetresultaten en moeten daarom als indicatief worden aangeduid. De laboratoria/inspectie-instellingen verzamelen nog meer meetgegevens om deze stelling met meer zekerheid te onderbouwen.

---

<sup>17</sup> Fenelab is de branchevereniging voor geaccrediteerde laboratoria en kalibratie- en inspectie-instellingen in Nederland.

Tabel 8.1 (Asbest)vezelconcentraties<sup>18</sup> van parallel uitgevoerde monsterneming ten behoeve van het vergelijken van FCM- en SEM/RMA-analyse-resultaten.

FCM (vezels/m <sup>3</sup> ) nominaal	FCM (vezels/m <sup>3</sup> ) Poisson (95%)	SEM/RMA (asbest- vezels/m <sup>3</sup> ) nominaal	SEM/RMA (asbest- vezels/m <sup>3</sup> ) Poisson (95%)	Opmerkingen
1838		383	1119	Totaal 3 amfibool vezels (geen chrysotiel)
919			1068	Geen asbestvezels
1378			1068	Geen asbestvezels
1838		715	2581	Totaal 2 amfibool vezels (geen chrysotiel)
1838			1068	Geen asbestvezels
2756			1068	Geen asbestvezels
919		179	995	Totaal 1 amfibool vezel (geen chrysotiel)
1378			1068	Geen asbestvezels
2756			1068	Geen asbestvezels
2297			1068	Geen asbestvezels
1378			1068	Geen asbestvezels
1700	3400	<790		Geen asbestvezels, verwijdering pakkingen ca. 30 stuks,
1700	3400	<790		30-60% chrysotiel
940	2400	<800		Geen asbestvezels, reiniging mogelijke besmetting
940	2400	<800		kelderboxen, amosiet
2100	4100	<820		Geen asbestvezels, verwijderen buismateriaal,
2100	4100	<820		chrysotiel 10-15%, crocidoliet 2-5%
1200	2700	<820		Geen asbestvezels, verwijdering vloertegels en lijmlaag,
1200	2700	<810		chrysotiel 2-5%
1200	2800	<820		Geen asbestvezels, reiniging stofbesmetting meterkast,
1200	2800	<820		amosiet
<10000		<300		Verwijdering vensterbank, chrysotiel 10-15%
<10000		<300		Verwijdering vinyl tegels (met lijm), chrysotiel 0,1-2%
<10000		<300		Verwijdering buis, chrysotiel 10-15%
<10000		<300		Verwijdering vlakke plaat, 2-5% (asbesttype ?)
<10000		<300		Verwijdering koker, chrysotiel 15-30%
<10000		<1300		Verwijdering koker, chrysotiel 15-30% (duplo), 6 amfibool vezels
<10000		<300		Verwijdering wandbeplating, chrysotiel 10-15%
<10000		<300		Verwijdering golfplaatbesmetting chrysotiel 10-15%, crocidoliet 2-5%
<10000		<300		Verwijdering plafondbeplating, chrysotiel 2-5%
<10000		<300		Verwijdering vlakke plaat, 2-5% (asbesttype ?)

Voor twee van de drie meetsets zijn met de FCM-methode bepaalde nominale vezelconcentraties beschikbaar gesteld.

<sup>18</sup> Fase-contrast lichtmicroscopie is een specifieke analysetechniek. Asbestvezels kunnen niet worden onderscheiden van andere anorganische vezels en organische vezels. Met de SEM/RMA-analysetechniek kunnen alle vezels op basis van de elementensamenstelling worden gekarakteriseerd.

Voor één meetset is ook de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval (Poisson) verstrekt. De concentraties liggen alle rond de bepalingsgrens van de FCM-analysemethode en ruim onder de vrijgavegrens van 10000 vezels/m<sup>3</sup>. Dat geldt eveneens voor de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval. Voor de derde meetset wordt volstaan met de vermelding dat voldaan wordt aan <10000 vezels/m<sup>3</sup>.

Uit resultaten van de parallele metingen (SEM/RMA-analyse) blijkt dat alle nominale vezelconcentraties (veel) kleiner zijn dan 1300 asbest vezels/m<sup>3</sup>. Indien alle met SEM/RMA gekarakteriseerd vezels in tabel 8.1 chrystiel vezels zouden zijn, dan zou gelden: als FCM<10000 vezels/m<sup>3</sup> dan SEM<2000 chrysootiel vezels/m<sup>3</sup>. In tabel 8.1 komen ook amfibool vezelconcentraties voor. Daarom is de inhoud van tabel 8.1 nader geanalyseerd.

Op basis van de informatie in de SEM/RMA-kolommen en informatie in de opmerkingen-kolom (tabel 8.1) is tabel 8.2 gemaakt. Tabel 8.2 bevat een clustering van metingen uit tabel 8.1 (n is het aantal clusters) van metingen op basis van getelde chrysootiel vezels, getelde amfibool vezels en het voorkomen van chrysootiel en/of amfibool asbest in het gesaneerde materiaal. Een '0' in de tabel betekent dat er nul vezels zijn geteld. Een '?' betekent niet bekend. Het teken '>0' betekent dat er één of meer vezels zijn geteld'. En '+' betekent dat er chrysootiel of amfibool asbest in het gesaneerde materiaal voorkomt. Een '-' betekent dat er geen chrysootiel of amfibool asbest in het materiaal voorkomt. De tekencombinatie '+?' betekent mogelijk (een deel van de benodigde informatie ontbreekt).

Tabel 8.2 Overzicht van clusters op basis van het gestelde aantal chrysootiel of amfibool vezels en het voorkomen van chrysootiel of amfibool asbest in het gesaneerde asbesthoudend materiaal.

Cluster-nummer	n aantal metingen	Vezels chrysootiel	Vezels amfibool	Materiaal chrysootiel	Materiaal amfibool	Gebruik vergelijking
1	3	0	>0	?	?	+ amf
2	8	0	0	?	?	+ chr/amf
3	4	0	0	+	-	+ chr
4	4	0	0	-	+	x amf
5	2	0	0	+	+	+ chr/amf
6	6	?	?	+	-	x
7	1	?	>0	+	-	x besmetting
8	2	?	?	+?	?	x
9	1	?	?	+	+	x

De meest rechtse kolom in tabel 8.2 geeft aan of een cluster wel ('+ chr') voor de chrysootiel toets (is de gemeten vezelconcentratie < 2000 vezels/m<sup>3</sup> ?) of wel ('+ amf') voor de amfibool toets (is de gemeten vezelconcentratie < 300 vezels/m<sup>3</sup> ?) kan worden gebruikt of niet ('x') voor één van beide toetsen kan worden gebruikt.

De cluster 1 in tabel 8.2 (n=3) moet aan de amfibool grenswaarde worden getoetst omdat om een amfibool concentratie gaat. De cluster 2 moet aan de chrysootiel én amfibool grenswaarde worden getoetst omdat het gesaneerde materiaal niet bekend is. Voor cluster 3 volstaat de chrysootiel toets.

Cluster 4 heeft betrekking op amfiboolhoudend materiaal, dus toetsen aan de grenswaarde voor amfibool asbest. Cluster 5 moet aan beide grenswaarden worden getoetst omdat het om een sanering van chrysotiel- en amfiboolhoudend asbest gaat. In cluster 7 worden amfiboolvezels vastgesteld terwijl het gesaneerde materiaal geen amfibool asbest bevat. Wellicht gaat het hier om een besmetting. Voor cluster 7 is niet bekend of er wél chrysotiel vezels zijn geteld. Omdat voor de clusters 6, 8 en 9 niet bekend is of en hoeveel vezels (van welk type asbest) er geteld zijn, blijft ook deze cluster buiten de vergelijking.

In tabel 8.3 is het SEM/RMA-deel overgenomen en aangevuld met twee toetskolommen (rechts), één chrysotiel asbest en één voor amfibool asbest.

Tabel 8.3 Toetsen van de SEM/RMA-concentraties aan de grenswaarden.

SEM/RMA (asbest- vezels/m <sup>3</sup> ) nominaal	SEM/RMA (asbest- vezels/m <sup>3</sup> ) Poisson (95%)	Opmerkingen	Chrysotiel toets  < 2000 v/m <sup>3</sup>	Amfibool toetst  < 300 v/m <sup>3</sup>
383	1119	Totaal 3 amfibool vezels (geen chrysotiel)	-	voldoet niet
	1068	Geen asbestvezels	voldoet	voldoet niet
	1068	Geen asbestvezels	voldoet	voldoet niet
715	2581	Totaal 2 amfibool vezels (geen chrysotiel)	-	voldoet niet
	1068	Geen asbestvezels	voldoet	voldoet niet
	1068	Geen asbestvezels	voldoet	voldoet niet
179	995	Totaal 1 amfibool vezel (geen chrysotiel)	-	voldoet?
	1068	Geen asbestvezels	voldoet	voldoet niet
	1068	Geen asbestvezels	voldoet	voldoet niet
	1068	Geen asbestvezels	voldoet	voldoet niet
	1068	Geen asbestvezels	voldoet	voldoet niet
		Geen asbestvezels, verwijdering pakkingen ca. 30 stuks,	voldoet	-
<790		30-60% chrysotiel	ok	-
<790		Geen asbestvezels, reiniging mogelijke besmetting	-	voldoet niet
<800		kelderboxen, amosiet	-	voldoet niet
<820		Geen asbestvezels, verwijderen buismateriaal,	voldoet	voldoet niet
<820		chrysotiel 10-15%, crocidoliet 2-5%	voldoet	voldoet niet
<820		Geen asbestvezels, verwijdering vloertegels en lijmlaag,	voldoet	-
<810		chrysotiel 2-5%	voldoet	-
<820		Geen asbestvezels, reiniging stofbesmetting meterkast,	-	voldoet niet
<820		amosiet	-	voldoet niet
<300		Verwijdering vensterbank, chrysotiel 10-15%	(voldoet)	-
<300		Verwijdering vinyltegels (met lijm), chrysotiel 0,1-2%	(voldoet)	-
<300		Verwijdering buis, chrysotiel 10-15%	(voldoet)	-
<300		Verwijdering vlakke plaat, 2-5% (asbesttype ?)	(voldoet)	(voldoet niet)
<300		Verwijdering koker, chrysotiel 15-30%	(voldoet)	-
<300		Verwijdering koker, chrysotiel 15-30% (duplo), 6 amfibool vezels	-	besmetting?
<1300		Verwijdering wandbeplating, chrysotiel 10-15%	(voldoet)	-
<300		Verwijdering golfplaatbesmetting chrysotiel 10-15%, crocidoliet 2-5%	(voldoet)	(voldoet niet)
<300		Verwijdering plafondbeplating, chrysotiel 2-5%	(voldoet)	-
<300		Verwijdering vlakke plaat, 2-5% (asbesttype ?)	(voldoet)	-

De clusters 2, 3 en 5 (14 van de 31 metingen) in tabel 8.2 kunnen voor de chrysotiel grenswaarde toetst worden gebruikt. Uit tabel 8.3 blijkt dat de SEM/RMA-vezelconcentraties (nominaal en de bovengrens van het Poisson-interval) voor de metingen die vallen in de clusters 2, 3 en 5 steeds kleiner zijn dan 2000 vezels/m<sup>3</sup>.

In de chrysotiel toets kolom wordt dit aangegeven met 'voldoet'. Staat er in de chrysotiel test kolom '-' dan is de toets niet van toepassing op het meetresultaat. Dit is bijvoorbeeld het geval (zie ook voorgaande tekst) als er alleen amfibool vezels zijn aangetroffen.

Indien verondersteld wordt dat de '?' in de kolommen met vezelaantallen van tabel 8.2 ook 0 vezels betreffen (aanname is gebaseerd op de kleiner dan ('<') rapportages van de concentraties), dan is de chrysotiel toets op 9 (extra) metingen van toepassing. Het voldoen aan de chrysotiel toets is met '(voldoet)' aangegeven.

Uit tabel 8.3 blijkt dat, wellicht op één uitzondering na, alle vezelconcentraties die als amfibool kunnen worden aangeduid groter zijn dan 300 vezels/m<sup>3</sup> en daarmee niet voldoen aan de amfibool test ('voldoet niet').

Uit bovenstaande analyse blijkt dat ongeveer de helft (14 van 31) van de metingen gebruikt kan worden voor toetsing aan de (nieuwe) grenswaarde voor chrysotiel asbest. Indien wordt aangenomen dat van de metingen waarvoor geen aantallen getelde vezels zijn gerapporteerd wel de eindresultaten kunnen worden gebruikt, dan komt ongeveer 75% (23 van de 31) metingen in aanmerking voor de toets aan de chrysotiel grenswaarde. Voor alle 23 metingen is de met SEM/RMA-analyse-methode bepaalde chrysotiel vezelconcentratie een factor twee (op meer) kleiner dan 2000 vezels/m<sup>3</sup>. In tabel 8.3 wordt dit aangeduid met 'voldoet' of '(voldoet)'.

Toetsing aan een grens van 300 vezels/m<sup>3</sup> is met lichtmicroscopie (FCM) niet mogelijk. De gemeten amfiboolvezelconcentraties zijn ongeveer gelijk aan de (nieuwe) grenswaarde of veel hoger. Bij het in containment verwijderen van asbesthoudende producten met een oppervlak > 1m<sup>2</sup>, die meer dan 5% amfibool-asbest bevatten, en niet zonder breuk te verwijderen zijn, wordt aanbevolen deze sanering in risicoklasse 3 in te delen, aangezien voor deze materialen de amfibool-concentratie in de lucht bepalend zal zijn voor de vrijgave. Bovendien is het in relatie tot de nieuwe grenswaarde voor amfibool, die een factor 33 lager is dan voorheen, gewenst dat ook het beschermingsniveau voor sanering van dergelijke materialen in risicoklasse 3 wordt ondergebracht.

De resultaten van de kleine set vergelijkende metingen zijn positief (indicatief) voor het kunnen toepassen van de FCM-analysemethode (met toetsen op 10000 (optische) vezels/m<sup>3</sup>) voor risicoklasse 2 saneringen waar uitsluitend chrysotiel houdende materialen worden gesaneerd.

Voor een betere fundering van de toepasbaarheid van FCM-analyses voor risicoklasse 2 saneringen van chrysotiel houdende materialen is een ruimere dataset met vergelijkende metingen gewenst.

Een 'goede' vergelijkende meting wordt gekenmerkt door gedetailleerde documentatie over de uitgevoerde saneringswerkzaamheden, één of meerdere analyses van het gesaneerde materiaal (analysecertificaten), en analysecertificaten en onderliggende data van de FCM- en SEM/RMA-analyses. De voor de analyse gebruikte meetset bevat in dit opzicht de nodige hiaten.





## 9 Conclusies

### 9.1 Beoordeling beschikbare meetgegevens uit 2004

- Het voor de beoordeling van de blootstellingsniveaus beschikbare aantal metingen (2004) per saneringsscenario is te klein voor een statistische analyse. Ook zijn er weinig herhaalde metingen (hetzelfde scenario meerdere malen bemeeten). Hierdoor is de generaliseerbaarheid van de analyseresultaten beperkt. De resultaten zijn wel indicatief voor de asbestsaneringspraktijk.
- Als gevolg van het kleine aantal metingen zijn naast vezelconcentraties van persoonlijke metingen ook vezelconcentraties van stationaire metingen in de analyse betrokken. Vezelconcentraties van persoonlijke metingen zijn veelal hoger. Daarom is het mogelijk dat voor een aantal scenario's te lage (gemiddelde) vezelconcentraties worden gerapporteerd.
- De gemeten vezelconcentratie is sterk afhankelijk van het saneringsscenario (combinatie van saneringsmethode en asbesthoudend materiaal). Breukvorming in asbesthoudende materialen leidt altijd tot een (forse) toename van de asbestvezelconcentraties.
- Voor veel beoordeelde bewerkingen aan asbesthoudende materialen is de spreiding in gemeten vezelconcentraties groot. Dat geldt in het bijzonder voor in de ademzone gemeten vezelconcentraties (persoonlijke metingen). Deze verschillen in vezelconcentraties zijn het gevolg van o.a. de werkwijze, het wel/niet toepassen van bronmaatregelen, de afstand tot de bron, etc.

### 9.2 Metingen in de praktijk (2013)

- Uit SMA-rt-meldingen in de periode mei-oktober 2013 blijkt dat ongeveer 90% van de asbestverwijderingswerkzaamheden betrekking hebben op hechtgebonden asbesthoudende materialen, waarvan de sanering is ingedeeld in risicoklasse 1 (30%) of risicoklasse 2 (60%).
- De resterende 10% van de saneringen hebben betrekking op verwijdering van niet-hechtgebonden asbest, zoals spuitasbest en plaatmateriaal (risicoklasse 3). Bij deze saneringen kunnen zeer hoge amfibool asbestvezelconcentraties ontstaan, waarvoor de laagste (nieuwe) grenswaarde (300 vezels/m<sup>3</sup>) van toepassing is.
- Om zicht te krijgen op actuele concentratieniveaus die bij risicoklasse 3 saneringen kunnen optreden, zijn praktijkmetingen bij drie saneringen van brandwerend board (amosietboard) en één sanering van spuitasbest uitgevoerd.
- De in de ademzone van de saneerders en de met stationaire meetpunten in het containment gemeten vezelconcentraties zijn zeer hoog. Bij saneringen van amosietboard werden in de ademzone vezelconcentraties tot 127.000.000 vezels/m<sup>3</sup> en stationair tot 31.000.000 vezels/m<sup>3</sup> gemeten. Voor spuitasbest (amosiet) werden in de ademzone tot 51.000.000 vezels/m<sup>3</sup> en stationair in het containment tot 6.000.000 vezels/m<sup>3</sup> gemeten.
- De gemeten vezelconcentraties, zowel de persoonlijke als stationaire, zijn piekwaarden (15 minuten-gemiddelden) en geven een reëel beeld van de concentratieniveaus die tijdens het uitvoeren van de (hoog risico) saneringswerkzaam-

heden kunnen voorkomen. Met het effect van adembeschermingsmiddelen is geen rekening gehouden (concentraties buiten het masker).

- Zorgvuldig demonteren (van amosietboard) leidt tot aanzienlijk lagere vezelconcentraties dan bij sloop waarbij veel breukvlakken ontstaan. Uit de metingen volgt een factor 30 à 40 voor de metingen in de ademzone en minimaal een factor 5 voor de stationaire metingen). De vezelconcentraties in de ademzone zijn vrijwel altijd (veel) hoger dan de concentraties in het containment.
- Om zicht te krijgen op actuele concentratieniveaus die bij risicoklasse 2 saneringen kunnen optreden, zijn praktijkmetingen bij twee openlucht-saneringen van verweerde asbestcementgolfplaten (daken van landbouwloodsen) uitgevoerd.
- In de ademzone van de saneerders werden chrysotiel vezelconcentraties tot 2600 vezels/m<sup>3</sup> en stationair tot 1300 vezels/m<sup>3</sup> gemeten. Deze concentraties hebben betrekking op een meetduur van 45 minuten.

### 9.3 Bronmaatregelen bij saneringen

- De huidige SC 530 schrijft voor dat een saneringsbedrijf bronmaatregelen (best beschikbare technieken) moet treffen om emissie en verspreiding van asbestvezels zoveel mogelijk te voorkomen. Het saneringsbedrijf moet aantonen dat continue naar verbetering van de kwaliteit wordt gestreefd. Deze punten zijn echter nog onvoldoende specifiek ingevuld.
- De werkmethode kan grote invloed hebben op de hoogte van de vezelconcentraties. Breuk (het ontstaan van breukvlakken) van het asbesthoudende materiaal moet zoveel mogelijk worden voorkomen.
- Door zorgvuldig werken is, afhankelijk van het materiaal en de saneringstechniek een reductie van een factor 10 tot 100 op de emissie en de vezelconcentraties mogelijk.
- Te vermijden bewerkingen/gereedschappen zijn: gritstralen, ijsstralen, pneumatisch gereedschap, haakse slijpers, schuurmachines, zagen en (hoge-snelheids) boren, bezems, borstels, hogedruk (water)sputten en perslucht.
- De effectiviteit van bronmaatregelen is niet of nauwelijks systematisch onderzocht. Dit onderzoek geeft globale reductiefactoren. Voor een meer exacte weergave van de van toepassing zijnde reductiefactoren is het nodig aanvullend onderzoek uit te voeren om daarmee de effecten van maatregelen beter in beeld te krijgen.
- Oppervlaktebevochtiging is de meest toegepaste bronmaatregel. Afhankelijk van het type bevochtiging en de mate van bevochtigen zijn reductiefactoren van 10 tot wellicht 100 haalbaar.
- Bronafzuiging is vooral geschikt voor kleine oppervlakken en lokale processen (bijv. verwijdering van pakkingen). In de praktijk is het gebruik van de stofzuiger de meest voorkomende vorm van beheersing van de verspreiding van asbestvezels (reductie van een factor 10). Indien de stofzuiger de aangezogen lucht in het containment uitblaast, leidt dit tot opwerpen van asbestvezels. Dit effect (op de vezelconcentraties) kan groter zijn dan de reductie die met afzuigen wordt bereikt.

#### 9.4 Effectiviteit van adembeschermingsmiddelen

- De voor adembeschermingsmiddelen gehanteerde wettelijke eisen en testmethoden vragen meer duidelijkheid. In het bijzonder de gehanteerde veiligheidsfactoren verschillen alleen al binnen de EU van land tot land.
- De NEN-EN norm voor het testen van adembeschermingsmiddelen wordt als verouderd gezien. Een meer realistische ISO-norm is naar verwachting in definitieve vorm in de loop van 2014 gereed.
- Met de huidige moderne aangeblazen filtermaskers moet een Simulated Work Place Protection Factor (APF) van 2000 haalbaar zijn mits:
  - De maskers conform de voorschriften worden gebruikt en onderhouden
  - De dragers zich beter bewust zijn/worden van het belang van het naleven van de voorschriften (b.v. door een asbestsaneringsbranche-breed fit2fit-programma).
- Het belang van een fit2fit-programma blijkt o.a. uit Britse praktijkcijfers over het dragen van maskers: 50% van de personen zet het masker verkeerd op; 36% trekt de draagriemen te strak aan; 21% draagt een masker met een niet juiste pasvorm; 30% van de brildragers draagt een niet goed passend masker en 78% van de maskerdraggers realiseert zich niet welk effect scheren heeft op de protectiefactor.
- Te overwegen valt om voor de asbestbranche aanvullende eisen op te stellen door de adembeschermingsapparatuur in de praktijk te laten testen onder reële sanerings-omstandigheden (Simulated Work Place Protection Factor, SWPF).

#### 9.5 Interpretatie van de onderzoeksresultaten in relatie tot de grenswaarden

- Naar verwachting kan voor vrijwel alle saneringen van hechtgebonden chrysotiel asbesthoudende materialen (risicoklasse 2) aan de nieuwe grenswaarde voor chrysotiel (2000 vezels/m<sup>3</sup>) worden voldaan. Zorgvuldig werken, het toepassen van bronmaatregelen en juist gebruik van adembeschermingsmiddelen kunnen, in die volgorde, blootstelling aan vezelconcentraties boven de grenswaarde voorkomen.
- Voor saneringen van niet-hecht gebonden amfibool asbesthoudende materialen (top risicoklasse 3) kan blootstelling aan vezelconcentraties boven de nieuwe grenswaarde voor amfibool asbest (300 vezels/m<sup>3</sup>) alleen worden voorkomen als maximaal wordt ingezet op zorgvuldig werken én emissiereductie. Daarnaast zijn adembeschermingsmiddelen met een hoge protectiefactor (2000) nodig die stringente eisen (zie paragraaf 9.4) stelt aan de kennis en kunde van saneerders omtrent het gebruik van deze middelen. Voor saneringen van brandwerend board en spuitasbest kan niet worden uitgesloten dat hiernaast ook de taakduur/blootstellingsduur moet worden ingeperkt.
- De berekeningen van vezelconcentraties met reductiefactoren voor zorgvuldig werken, emissiereductie en adembescherming zijn gebaseerd op beperkte datasets, die bovendien ook stationaire metingen bevatten. De resultaten van de berekeningen moeten daarom als grootteorde schattingen worden gezien.
- Het verifiëren van de meest kritische conclusies uit deze studie door metingen in de hedendaagse praktijksituaties, met inbegrip van zorgvuldige werkmethoden, emissiereductietechniek (gebruik maken van implementatieprogramma's in

Engeland en Australië) en adembeschermingsprogramma's (b.v. fit2fit) wordt daarom nadrukkelijk geadviseerd.

- Met betrekking tot vrijstellingen die thans zijn ingedeeld zijn in risicoklasse 1 wordt aanbevolen om deze te herbeoordelen in relatie tot de nieuwe grenswaarden.

#### **9.6 Bruikbaarheid van fase-contrast lichtmicroscopie bij saneringen in risicoklasse 2**

- Fase-contrast lichtmicroscopie (FCM) is niet geschikt voor het meten van vezelconcentraties lager dan ca. 5000 vezels/m<sup>3</sup>. FCM is een specifieke analysemethode. De onderste bepalingsgrens wordt in de praktijk beperkt door de "achtergrondruis" van altijd in de lucht aanwezige (niet-asbest!) vezelvormige bestanddelen. Met de FCM-techniek kunnen vezels niet worden geïdentificeerd.
- De meetwaarden in de databases die lager dan ca. 5000 vezels/m<sup>3</sup> zijn, moeten dan ook voornamelijk worden toegeschreven aan deze "achtergrondruis".
- Uit de analyse van drie vergelijkende meetsets (FCM-metingen versus SEM/-RMA-metingen) blijkt dat (indirecte) toetsing aan grenswaarde van 2000 vezels/m<sup>3</sup> met fase-contrast lichtmicroscopie mogelijk is voor risicoklasse 2 saneringen van chrysotiel asbesthoudende materialen met minder dan 5% amfibool vezels. De meetset kent echter beperkingen.
- Een analyse van een grotere gedetailleerd gedocumenteerde meetset, veel groter dan thans beschikbaar, zal daar definitief uitsluitsel over kunnen geven.
- Toetsing aan een grenswaarde van 300 vezels/m<sup>3</sup> is met lichtmicroscopie niet mogelijk. Dit blijkt eveneens uit de analyse van de vergelijkende meetset.
- Bij het in containment verwijderen van asbesthoudende producten met een oppervlak > 1m<sup>2</sup>, die meer dan 5% amfibool asbest bevatten, en niet zonder breuk te verwijderen zijn, in risicoklasse 3 in te delen.
- Een ander argument voor deze herindeling is dat het beschermingsniveau voor sanering van dergelijke materialen in risicoklasse 3 wordt ondergebracht.

## 9.7 Beantwoording van de onderzoeksvragen

In deze paragraaf wordt getracht om op basis van de onderzoeksresultaten, zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken, een beknopt antwoord te formuleren op de in hoofdstuk 2 gestelde onderzoeksvragen

### Deel A: Inventariseren van onzekerheden en deze waar mogelijk wegnemen

#### Vraag A.1 Analyse van onzekerheden

Maak een analyse van wat er bekend is over materialen, werkwijze, emissiebeperkende maatregelen, containment en ventilatie, blootstellingsduur en persoonlijke beschermingsmiddelen. Deze analyse zou gericht moeten zijn op het in kaart brengen van de onzekerheden en de veiligheidsfactoren in het huidige systeem. Hierbij in ieder geval, maar niet uitsluitend, de aspecten meenemen die genoemd staan onder deel B. Op basis hiervan zou een uitspraak gedaan moeten kunnen worden over hoe "veilig" men kan werken met de meest gevaarlijke asbestsoort en/of in activiteiten met de hoogste blootstellingen.

#### *Antwoord:*

Er zijn concrete maatregelen nodig om de concentratie op de werkplek bij hoog-risicosaneringen drastisch te verminderen. Zoals toegelicht in hoofdstuk 7 is dit alleen mogelijk door alle zeilen bij te zetten door het verbeteren van werkmethoden het gelijktijdig toepassen van bronmaatregelen, en het gebruik van adequate adembeschermingsmiddelen. Bij het consequent toepassen van al deze maatregelen moet het mogelijk zijn om te bewerkstelligen dat de asbestconcentratie in de ingeademde lucht tenminste lager is dan het niveau van de nieuwe grenswaarde. De via de ademlucht opgenomen dosis asbestvezels wordt daarbij vooral bepaald door de hoge concentraties tijdens saneringshandelingen (piekwaarden) die samenvallen met de momenten van grote inspanning waarbij de protectiefactor van een filtermasker tijdelijk kan terugvallen. Verhoging van het ventilatievoud in het containment zal wel de gemiddelde concentratie in het containment verlagen maar heeft relatief weinig invloed op de piekblootstelling op korte afstand van de bron. Ondanks alle technische verbetermaatregelen die genomen kunnen worden is het gedrag van de saneerders op de werkvloer cruciaal voor de effectiviteit daarvan en vormt daardoor tevens de grootste bron van onzekerheid. Deze onzekerheid is te verkleinen door o.a.:

- Training in het gebruik van de meest effectieve bronmaatregelen;
- Verbeteringen bij het overbrengen van de beschreven kennis (SC 530) naar de mensen op de werkvloer;
- Het verbeteren van de scholing m.b.t. het gebruik van adembeschermingsmiddelen (fit2fit);
- Naleving van de hygiëne- regels bij decontaminatie, opslag en transport van de adembeschermingsmiddelen;
- Regelmatig onderhoud en keuring van de adembeschermingsmiddelen;
- Het voortdurend werken aan het verhogen c.q. op peil houden van de motivatie van de medewerkers.

### Vraag A.2 Emissiebeperkende maatregelen

Geef een overzicht van emissiebeperkende maatregelen, die de blootstelling aan de meest gevaarlijke asbestsoort/ in activiteiten met de hoogste blootstelling substantieel kan verlagen; plus een indicatie van de blootstellingsbeperking die daarmee gepaard zou gaan.

*Antwoord:*

Onderstaande tabel (uit hoofdstuk 5) geeft een overzicht van de effecten van de verschillende werkwijzen en bronmaatregelen die genomen kunnen worden om de emissie te beperken.

Maatregel	Invloed op het verlagen van de vezelconcentraties	Randvoorwaarden en opmerkingen
Werkmethode	10 - 100	Het is erg moeilijk een factor te koppelen aan de werkmethode. De informatie uit hoofdstuk 3 en 4 laat echter wel zien dat het voorkomen van breuken leidt tot aanzienlijk lagere blootstellingen.
Het bevochtigen van het oppervlak van een asbesthoudend materiaal	10	Deze factor is gebaseerd op informatie voornamelijk afkomstig uit de bouw waar oppervlaktebevochtiging ook veelvuldig wordt toegepast. Ook zijn gegevens uit hoofdstuk 3 gebruikt
Het injecteren van vloeistof in het asbest houdende materiaal	50	Volgens het rapport van Burdett [19] is een factor 50 haalbaar wanneer het asbesthoudende materiaal volledig wordt bevochtigd.
Gebruik van mobiele afzuigunits of stofzuigers	10	De publicatie van Fransman en collega's (2008) [40] laat zien dat afzuigsystemen over het algemeen een reductie van een factor 10 geven. De asbest specifieke informatie geeft geen eenduidig beeld. Wellicht kunnen hogere reductiefactoren worden gehaald.
Bronafzuiging (lokaal)	>10	Uitsluitend geschikt voor kleine oppervlakken (b.v. demontage pakkingen, koord, etc.) of lokale bewerking (b.v. schroeven losdraaien)
Gebruik van couveusezak/glove bag (voor kleinschalige saneringen)	100 <sup>1)</sup>	Er is nauwelijks informatie beschikbaar om het effect van een couveusezak op concentraties te bepalen. Deze factor is gebaseerd op de waarde afgeleid voor de Advanced REACH Tool [40].
Gebruik van schuimproduct	2 - 5	Gebaseerd op recent oriënterend onderzoek gericht op het bepalen van de effectiviteit van het schuimproduct
Verhogen van het ventilatievoud in het containment	1,5 – 2	Een hoog ventilatievoud verlaagt de concentratie in het containment (stationaire meting) maar heeft weinig invloed op de piekconcentraties in de ademzone (persoonlijke metingen).

Zorgvuldig werken en bronmaatregelen zijn altijd de eerst aangewezen manier om de concentratie op de werkplek te verlagen. Adembescherming moet dus worden beschouwd als een additionele maatregel.

**Vraag A.3 Verifiëren of de niveaus van blootstelling nog actueel zijn**

Indien met voldoende kwaliteit en zeggenschap mogelijk binnen de korte termijn waarop we de opdracht uitgevoerd zouden willen zien: verifieer de actuele blootstelling bij de meest risicovolle handelingen in de asbestsanering door het doen van metingen.

*Antwoord:*

De thans uitgevoerde metingen bij hoog-risicosaneringen laten zien dat de orde-grootte van de gemeten concentraties overeenkomt met die uit het onderzoek in 2004. Dat wil zeggen dat de asbestconcentraties in het containment nog steeds zeer hoog zijn. Evenals in 2004 is de spreiding in gemeten concentraties bij verschillende saneerders binnen hetzelfde containment relatief groot. Deze verschillen zijn reëel en komen voort uit kleine verschillen in werkwijze, afstand tot de bron, lokale luchtstromingen etc.. Bij het vergelijken van werkmethoden moet terdege rekening worden gehouden met deze spreiding. De spreiding kan enigszins worden verkleind door de werkmethoden strikter te protocolleren, maar door de aard van het werk zijn de mogelijkheden daarvoor beperkt.

Ongeveer 10 % van alle asbestverwijderingswerkzaamheden valt in risicoklasse 3 (gebaseerd op 52.000 SMA-rt-meldingen). Een deel ca. 20 tot 30% daarvan betreft kleinschalig werk aan niet-hechtgebonden materialen die daarom niet als hoog-risico sanering conform de definitie uit de NEN 2990 wordt aangemerkt.

De twee metingen die als onderdeel van dit onderzoek zijn uitgevoerd in risicoklasse 2 betreffen de verwijdering van asbesthoudende golfplaten in de buitenlucht. De beschreven werkwijze- het demonteren van de platen en het zoveel mogelijk vermijden van breuk- werd daarbij strikt gevolgd. De gemeten concentraties laten slechts incidenteel, tijdens de meest intensieve saneringshandelingen, een lichte overschrijding zien van de (nieuwe!) grenswaarde. Geconcludeerd wordt dan ook dat het huidige veiligheidsregime voldoet voor dit type sanering.

**Vraag A.4, zie ook deel B Protectiefactoren van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's)**

Geef aan wat de branche het beste als uitgangspunt kan nemen bij het hanteren van PBM's, uitgaande van de behoefte aan bescherming van de werknemer.

*Antwoord:*

Uit het onderzoek blijkt dat een Toegepaste Protectiefactor van 2000 in de praktijk haalbaar zou moeten zijn bij een juist gebruik van filtermasker met aangeblazen lucht, voorzien van een goed passend gelaatsstuk. De thans geldende keuringsnormen bieden onvoldoende duidelijkheid inzake de werkelijke beschermingsfactor voor specifieke werkzaamheden op de werkplek. Overwogen kan worden om de meest gebruikte typen adembeschermingsmiddelen aan een aanvullende praktijktest te onderwerpen, waarbij uitgegaan wordt van een voor saneringswerkzaamheden specifiek "bewegingsprotocol". Zoals eerder aangegeven is juist gebruik daarbij cruciaal.

Wat betreft de effectiviteit van adembescherming met onafhankelijke luchttoevoer, zoals thans voorgeschreven voor risicoklasse 3 saneringen, ontbreekt in de literatuur een harde onderbouwing dat deze effectiever zouden zijn dan de voor risicoklasse 2 voorgeschreven adembeschermingsmiddelen (aangeblazen volgelaatsmasker met eigen filters). De extra zekerheid bestaat vooral in het feit dat de aangeblazen lucht van buiten het containment wordt aangevoerd en voldoende luchttoevoer is gegarandeerd. Nadeel is juist weer dat de toevoerslangen in het containment de bewegingsvrijheid beperken waardoor men over de slangen kan struikelen. Na afloop van de sanering moeten ook de slangen zorgvuldig gedecontamineerd worden. Het onvoldoende schoonmaken van materieel na een hoog-risicosanering blijkt in de praktijk een bron te zijn van kruiscontaminatie. Zo worden er b.v. met enige regelmaat sporen amosiet aangetroffen bij risicoklasse 2 saneringen waarbij er uitsluitend chrysotiel in het te verwijderen materiaal aanwezig is.

## **Deel B: Vragen n.a.v. bespreking met Ascet en het Centraal College van Deskundigen Asbest (CCvD)**

### **Vraag B.1 Referentieperiode van 15 minuten t.o.v. grenswaarde 8 uur**

Hoe verhoudt zich een grens van "15 minuten gemeten tijdens de hoogste kans op blootstelling" (zoals in de concept Arbobesluitwijziging [11] wordt gegeven als onderscheid tussen de risicoklassen 2 en 3) met de grenswaarde die gesteld is op een tijdgewogen gemiddelde van 8 uur per dag?

*Antwoord:*

De in het rapport vermelde 15-minuten concentraties zijn gemeten tijdens het uitvoeren van de saneringshandelingen en zijn dus te beschouwen als worst case. In de praktijk zullen saneringshandelingen worden afgewisseld met taken zoals inpakken, afvoeren van materiaal etc. waarbij de blootstelling lager zal zijn. Daarnaast zijn er ook nog rustperiodes.

Als je zou uitgaan van een 15 minuten-meting, weet je dan zeker dat je ook onder de grenswaarden van 8 uur per dag blijft?

*Antwoord:*

Dat klopt. De piekwaarden gelden steeds voor de saneringshandelingen. Alle andere handelingen zullen ofwel bij een 0-blootstelling plaatsvinden (rusttijden) ofwel bij een lager concentratieniveau worden uitgevoerd (inpakken, transport etc.).

Komt de formulering in de concept Arbobesluitwijziging [10] overeen met de huidige praktijk van indeling van werkzaamheden in risicoklassen; m.a.w. is de huidige indeling in risicoklassen ook gebaseerd op "15 minuten gemeten tijdens de hoogste kans op blootstelling"?

*Antwoord:*

Ja. De metingen die dienden ter onderbouwing van de huidige SMA-rt geven de concentratieniveaus tijdens saneringshandelingen weer. De SMA-rt dient vooral om een veiligheidsregime vast te stellen en gaat daarom uit van "worst case". De grenswaarde voor arbeidgerelateerde blootstelling is ook in het verleden gebaseerd geweest op een 8-uurs gemiddelde blootstelling.



Daarnaast werd voor piekblootstellingen (gedefinieerd als een 15-min gemiddelde) een maximum van 2x de grenswaarde aangehouden. De grenswaarde is en blijft de waarde om retrospectief de daadwerkelijke blootstelling te toetsen.

(Zo nee, wat is het gevolg voor de praktijk van deze wijziging in formulering van de referentieperiode van het onderscheid tussen klasse 2 en 3?)

*Antwoord:*

N.v.t.

### **Vraag B.2 Protectiefactoren**

Aan welke protectiefactoren voor PBM's moet de branche zich verplicht houden? Waar komt die verplichting vandaan? (bijv. EU norm, branchenorm, aanbeveling, SZW regels)

*Antwoord:*

Het Arbeidsomstandighedenbesluit [25], artikel 8.1, artikel 8.2 en artikel 8.3 vermeldt: "Een beschermend middel dient geschikt zijn voor de gevaren (zonder zelf gevaarlijk te zijn) waartegen het dient te beschermen, op de arbeidsplaats gebruikt kunnen worden en afgestemd zijn op de ergonomische eisen en de eisen met betrekking tot de gezondheid van de werknemers" De branche dient in detail in te vullen hoe en met welke middelen dit doel wordt bereikt. De branche heeft dit uitgewerkt in SC 530 en moet daarbij grotendeels afgaan op de gegevens die door leveranciers van adembeschermingsmiddelen worden verstrekt. Deze leveranciers baseren zich op de NEN-EN-normen waarbij nog steeds een protectiefactor van 40 (luchtaangedreven volgelaatsmasker) wordt aangehouden. Zoals toegelicht in dit rapport wordt door deskundigen sterk getwijfeld aan deze conservatieve waarde en wordt een aanzienlijk hogere factor haalbaar geacht. Voor het werk in risicoklasse 3 schrijft de SC 530 voor dat met onafhankelijke lucht gewerkt moeten worden. Hierbij wordt gefilterde lucht van buiten het containment aangezogen en via slangen naar de maskers aangevoerd. Op die manier is men verzekerd van voldoende luchttoevoer en niet afhankelijk van een batterij-aangedreven ventilator. Dit leidt dus niet zozeer tot een hogere protectiefactor maar wel tot wat meer zekerheid voor de gebruiker.

Welke protectiefactoren geven veel gebruikte adembeschermingsmiddelen in de praktijk? Zowel voor afhankelijke, als onafhankelijke lucht?

*Antwoord:*

Zie de toelichting bij vraag A.4

### **Vraag B.3 Hoogte van de grens tussen risicoklasse 2 en 3**

Is het voor het verschil tussen de indeling in risicoklasse 2 en 3 van wezenlijk belang om onderscheid te maken tussen de verschillende typen asbest? Zo ja, waarom? Zo nee, waarom niet?

*Antwoord:*

De concentratiegrenzen tussen de risicoklassen zoals aangegeven in het TNO-rapport uit 2004 [13] zijn altijd bedoeld geweest als indicatieve waarden van de concentratieniveaus die bij sanering van bepaalde asbesthoudende producten kunnen optreden. In risicoklasse 3 zijn uitsluitend niet-hechtgebonden asbesthoudende producten ondergebracht die niet door een eenvoudige demontage te verwijderen zijn. De combinatie materiaal/saneringshandeling is dus in de eerste plaats bepalend.

Anders dan voorheen zullen er nu verschillende grenswaarden voor amfibool asbest en chrysotiel worden gehanteerd. Zoals uitgebreid toegelicht in het TNO/RIVM-rapport uit 2010 [5] kan een gecombineerde blootstelling aan agentia met eenzelfde werkingsmechanisme worden beoordeeld door te werken met een overschrijdingsfactor F. In dit geval kan F worden beschreven als:

$$F = C_{\text{chrysotiel}}/2000 + C_{\text{amfibool}}/300.$$

Er is sprake van overschrijding van de grenswaarde als  $F > 1$ .

Aangezien de grenswaarde voor amfibool-asbestsoorten aanzienlijk lager is dan die voor chrysotiel is het dus inderdaad van belang te weten welke asbestsoorten in een product aanwezig zijn.

Een harde grens tussen klasse 2 en 3 is in termen van een "enkelvoudige" concentratiewaarde dus niet aan te geven. In termen van concentraties is deze grens pas goed te bepalen als met meer zekerheid is vastgesteld dat de nagestreefde protectiefactor voor adembeschermingsmiddelen wordt gehaald. Indeling van de risicoklasse op basis van de combinatie materiaaltype/saneringshandeling is betere basis om onderscheid te maken tussen de risicoklassen 2 en 3. De sanering van alle niet-hechtgebonden producten die ook amfibool bevatten worden daardoor, op enkele goed omschreven uitzonderingen na, altijd in klasse 3 ingedeeld.

Probeer in te schatten hoeveel saneringen van welk type materiaal (chrysotiel of amfibool) vallen in de categorieën  $< 300.000$  vezels/m<sup>3</sup>; tussen  $300.000$ - $600.000$  vezels/m<sup>3</sup>; tussen  $600.000$  –  $1.000.000$  vezels/m<sup>3</sup>;  $> 1.000.000$  vezels/m<sup>3</sup>.

*Antwoord:*

Zoals ook al weergegeven in het antwoord op de vorige vraag kan een grens tussen risicoklassen niet meer door "enkelvoudig" concentratieniveau worden aangegeven. Indeling van de risicoklasse op basis van de combinatie materiaaltype/saneringshandeling is betere basis om onderscheid te maken tussen de risicoklassen 2 en 3. De sanering van alle niet-hechtgebonden producten die ook amfibool bevatten worden daardoor, op enkele goed omschreven uitzonderingen na, altijd in klasse 3 ingedeeld.

Ook de saneringen die thans in risicoklasse 3 zijn ingedeeld komen vrijwel overeen met indeling die uitsluitend op basis van materiaaltype/saneringshandeling gemaakt zou zijn. Saneringen van vrijwel alle niet-hechtgebonden producten die amfibool asbest bevatten bevinden zich in risicoklasse 3.

Het is niet te verwachten door een nieuwe indeling het aantal saneringshandelingen dat in klasse 3 valt veel zal veranderen.

In feite zit er dus een groot 'gat' tussen enerzijds de zeer hoge concentraties bij hoog-risicosaneringen en anderzijds de reguliere saneringen van hechtgebonden asbesthoudende materialen die in risicoklasse 2 zijn ingedeeld en die uitsluitend chrysotiel bevatten. Hoewel ook hier zeker nog verbeteringen mogelijk zijn laat het onderzoek zien dat het bestaande beschermingsregime, zoals beschreven in de SC 530,

#### **Vraag B.4 Alternatieven voor werkzaamheden met hoge emissie**

Zijn er gegevens (in de SMA-rt database, evt. elders) over lage-emissie alternatieven voor werkzaamheden met hoge emissie?

*Antwoord:*

De SMA-rt maakt vooral onderscheid in verschillende saneringstechnieken maar zijn voor grootschalige saneringen in risicoklasse 3 (= hoog-risicosaneringen) toch vooral gebaseerd op de in Nederland gebruikelijke "droge" methode. Bevochtigingstechnieken worden wel als bronmaatregel genoemd, vooral bij kleinschalige saneringen zoals het verwijderen van asbestkoord of een losliggend plaatje. Een complete "natte" saneringsmethode voor grootschalige risicoklasse 3 saneringen ("Engelse methode") is in de SMA-rt niet opgenomen. Zoals beschreven in dit rapport kan met geen enkele gangbare "droge" techniek het vereiste effect worden bereikt.

Zo ja, voor welke werkzaamheden, op welke manier, en tot welke reductie van emissie leidt dit?

*Antwoord:*

*Hierop wordt in hoofdstuk 3 uitgebreid ingegaan. Zie ver ook de tabel onder vraag A.2*

#### **Vraag B.5 Onderbouwing vrijgavemeting met FCM i.p.v. SEM**

Het concept Arbobesluit (artikel 4.51a) [12] schrijft voor dat de vrijgavemeting geschiedt "teneinde vast te stellen of de concentratie van chrysotiel in de lucht lager is dan 2000 vezels per kubieke meter en of de concentratie van de asbest amfibolen actinoliet, amosiet, anthofylliet, tremoliet en crocidoliet gezamenlijk in de lucht lager is dan 300 vezels per kubieke meter". In de NEN 2990 is uitgewerkt hoe eindbeoordeling na asbestsanering zou moeten plaatsvinden. Hierin is de keuze gemaakt om eindbeoordeling van werkzaamheden in klasse 2 te doen met de fasecontrast-methode in plaats van de SEM-methode. Omdat de fasecontrast-methode niet gevoelig genoeg is om te meten tot onder 2000 vezels/m<sup>3</sup> vindt de vrijgave daarbij plaats aan de hand van de 10.000 vezels/m<sup>3</sup> grens. De rationale hierbij is dat vrijgave van beperkt risicosaneringen aan de hand van 10.000 vezels/m<sup>3</sup> ook waarborgt dat de grens van 2000 vezels/m<sup>3</sup> niet wordt overschreden; (en dat het meten van deze eindbeoordelingen met SEM tot te hoge extra kosten zou leiden die het illegaal verwijderen van asbest in de hand zouden werken). Deze rationale is kort genoemd in bijlage I van de NEN 2990, maar is niet onderbouwd met een inzichtelijke analyse van meetgegevens. Verzoek is om deze rationale nu wel te onderbouwen met meetgegevens en te laten zien in hoeverre deze opgaat.

Dit is noodzakelijk om te kunnen vaststellen dat het voldoet aan de genoemde beschrijving in artikel 4.51a [12].

*Antwoord:*

Deze stelling kan voor wat betreft de blootstelling aan chrysotiel (grenswaarde 2000 v/m<sup>3</sup>) deels worden onderbouwd met meetgegevens. Belangrijk steunbewijs wordt verkregen uit parallel uitgevoerde metingen FCM versus SEM/RMA, waarvan een beperkt aantal beschikbaar is. Het is gewenst deze aanname met meer parallel uitgevoerde metingen te onderbouwen. Aan labs/inspectie-instelling is gevraagd aanvullende metingen uit te voeren.

Toetsing aan een grens van 300 vezels/m<sup>3</sup>, de grenswaarde voor amfibool asbesttypen, is met lichtmicroscopie niet mogelijk.

Wanneer de resultaten in detail zijn uitgewerkt, kan hiervan een validatierapport of publicatie worden uitgebracht die als bijlage in de volgende versie van de NEN 2990 kan worden opgenomen. Voor het huidige onderzoek is het in de eerste plaats van belang te weten of FCM nog betrouwbaar genoeg is voor de eindcontrole van risicoklasse 2 saneringen.

Uit de analyse van drie vergelijkende meetsets (FCM-metingen versus SEM/RMA-metingen) blijkt dat (indirecte) toetsing aan grens van 2000 vezels/m<sup>3</sup> met fasecontrast lichtmicroscopie mogelijk is voor risicoklasse 2 saneringen van chrysotiel asbesthoudende materialen met minder dan 5% amfibool vezels. De meetset kent echter beperkingen.

Een analyse van een grotere gedetailleerd gedocumenteerde meetset, veel groter dan thans beschikbaar, zal daar definitief uitsluitsel over kunnen geven.

## 10 Referenties

- [1] Gezondheidsraad (2010)  
*Asbest; Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling.*  
Den Haag, Gezondheidsraad
- [2] Aker, E. van den (2013)  
*Ontwikkeling van inzicht in blootstelling aan asbest (n.a.v. nieuwe grenswaarden asbest (startnotitie))*  
Den Haag, Ministerie van Sociale zaken en Werkgelegenheid
- [3] Stichting Certificatie Asbest(2011)  
*Werkveldspecifiek certificatieschema voor het Procescertificaat Asbestverwijdering – document: SC-530: 2011, versie 02*  
Stichting Ascet, Houten
- [4] Stichting Certificatie Asbest(2011)  
*Werkveldspecifiek certificatieschema voor het Procescertificaat Asbestinventarisatie – document SC-540: 2011, versie 02*  
Stichting Ascet, Houten
- [5] Tempelman, J.; Tromp, P.C.; Swartjes, F.A.; Knol, A.B. (2010)  
*Praktische consequenties van het advies van de Gezondheidsraad inzake asbest 2010*  
TNO-034-UT-2010-01344, TNO, Utrecht/RIVM 607647001, RIVM, Bilthoven
- [6] Nederlands Normalisatie-instituut (2003)  
*Buitenlucht – Bepaling van de numerieke concentratie van anorganische vezelachtige deeltjes – Scanning elektronenmicroscopie methode.*  
NEN-ISO 14966: 2003 en, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft
- [7] Nederlands Normalisatie-instituut (2012)  
*Lucht – eindcontrole na asbestverwijdering*  
NEN 2990:2012 nl, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft
- [8] Stichting Certificatie Asbest (2009)  
SMA-rt 2009-APR Risicoclassificatie ([www.asbestinfo.nl](http://www.asbestinfo.nl))  
Stichting Ascet, Houten
- [9] Nederlands Normalisatie-instituut (2008)  
*Werkplekatmosfeer – Bepaling van de concentratie aan respirabele asbestvezels in de lucht bij het werken met of in de directe omgeving van asbest of asbesthoudende producten, met behulp van microscopische technieken*  
NEN 2939: 2008 Ontw. nl, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft
- [10] Fransman, W. et al. (2008)  
*Development and Evaluation of an Exposure Control Efficacy Library (ECEL)*  
Ann Occup Hyg, 2008; 52(7): 567-575.
- [11] Arbobesluitwijziging (concept)

- [12] Overheidsinformatie (2013)  
*Arbeidsomstandighedenbesluit - artikel 4.51a. Eindbeoordeling*  
Verkregen op 16 oktober, 2013 van  
[http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/volledig/geldigheidsdatum\\_16-10-2013#Hoofdstuk4\\_Afdeling5\\_4](http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/volledig/geldigheidsdatum_16-10-2013#Hoofdstuk4_Afdeling5_4)
- [13] Tempelman, J.; Tromp, P.C.; Stax, L. (2004)  
*Risicogerichte classificatie van werkzaamheden met asbest - Onderzoek en onderbouwing van de mogelijkheden tot het risicogericht indelen van werkzaamheden met asbest en asbesthoudende materialen*  
Rapport R 2004/523, TNO, Utrecht
- [14] Nederlands Normalisatie-instituut (2005)  
*Lucht – Risicobeoordeling in en rondom gebouwen of constructies waarin asbesthoudende materialen zijn verwerkt*  
NEN 2991: 2005 nl, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft
- [15a] Pott, F. ; K. H. Friedrichs, K.H. (1972)  
*Tumoren der Ratte nach i.p.-Injektion faserförmiger Stäube*  
Naturwissenschaften 59, 318
- [15b] Stanton, M.F.; Layard, M.; Tegeris, A.; Miller, E.; May, M.; Morgan, E; Smith, A. (1981)  
*Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous minerals*  
J Natl Cancer Inst 1981; 67:965-975.
- [16] Inspectie SZW (2013)  
*Sancties bij overtreden diverse wetten*  
Verkregen op 16 oktober, 2013 van  
[http://www.inspectieszw.nl/onderwerpen/toezicht\\_en\\_handhaving/handhaving\\_en\\_sancties/sancties\\_bij\\_overtreden\\_diverse\\_wetten/#alinea5](http://www.inspectieszw.nl/onderwerpen/toezicht_en_handhaving/handhaving_en_sancties/sancties_bij_overtreden_diverse_wetten/#alinea5)
- [17] Safe Work Australia (2011)  
*How to manage and control asbestos in the workplace (code of practice)*  
Safe Work Australia ([www.safeworkaustralia.gov.au](http://www.safeworkaustralia.gov.au)), Canberra
- [18] Safe Work Australia (2011)  
*How to safely remove asbestos (Code of practice)*  
Safe Work Australia ([www.safeworkaustralia.gov.au](http://www.safeworkaustralia.gov.au)), Canberra
- [19] Burdett, G.; Revell, G. (1995)  
*Wet Removal of Asbestos: Final Report*  
R/L/MF/95/08.1995, Health and Safety Executive (HSE)
- [20] Beste practice (G.B.), zoals besproken tijdens een werkbezoek van TNO aan HSL in maart 2013
- [21] BG Bau - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (2010)  
*Asbest Informationen über Abbruch, Sanierungs und instandhaltungsarbeiten*  
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft ([www.bgbau.de](http://www.bgbau.de)), Berlin

- [22] Richtlijnen van de Europese Unie  
*Richtlijn (83/477/EEG (PbEG L 263) gewijzigd bij 91/382/EEG (PbEG L 206) en Richtlijn 2003/18/EG, PbEG L097)* bevatten regels ter bescherming van werknemers tegen de risico's van blootstelling aan asbest op het werk. De richtlijn is in Nederland geïmplementeerd in het Arbeidsomstandighedenbesluit [25], het Productenbesluit asbest [26], de Productenregeling asbest [27] en het Asbestverwijderingsbesluit 2005 [28].
- [23] Committee on hazardous substances AGS (2007)  
*Technical Rules for Hazardous Substances – Asbestos Demolition, reconstruction or maintenance work*  
TRGS 519, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund
- [24] Health and Safety Executive (HSE) (2013)  
*Respiratory protective equipment at work, a practical guide*  
HSG 53 (Fourth edition, published 2013), Health and Safety Executive (HSE), London
- [25] Overheidsinformatie (2013)  
*Arbeidsomstandighedenbesluit*  
Verkregen op 16 oktober, 2013 van  
[http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/geldigheidsdatum\\_16-10-2013](http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/geldigheidsdatum_16-10-2013)
- [26] Overheidsinformatie (2013)  
*Productenbesluit asbest*  
Verkregen op 16 oktober, 2013 van  
[http://wetten.overheid.nl/BWBR0017778/geldigheidsdatum\\_16-10-2013](http://wetten.overheid.nl/BWBR0017778/geldigheidsdatum_16-10-2013)
- [27] Overheidsinformatie (2013)  
*Productenregeling asbest*  
Verkregen op 16 oktober, 2013 van  
[http://wetten.overheid.nl/BWBR0018026/geldigheidsdatum\\_16-10-2013](http://wetten.overheid.nl/BWBR0018026/geldigheidsdatum_16-10-2013)
- [28] Overheidsinformatie (2013)  
*Asbestverwijderingsbesluit 2005*  
Verkregen op 16 oktober, 2013 van  
[http://wetten.overheid.nl/BWBR0019316/geldigheidsdatum\\_23-03-2011](http://wetten.overheid.nl/BWBR0019316/geldigheidsdatum_23-03-2011)
- [29] Nederlands Normalisatie-instituut (1991, 1992)  
*Ademhalingsbeschermingsmiddelen*  
NEN-EN 132: 1992 en: Definities  
NEN-EN 133: 1992 en: Indeling  
NEN-EN 135: 1992 en: Lijst van gelijkwaardige termen  
NEN-EN 136: 1991 en: Volgelaatsmaskers – Eisen, beproevingsmethoden, merken  
NEN-EN 140: 1991 en: Halfmaskers en kwartmaskers - Eisen, beproevingsmethoden, merken  
NEN-EN 141: 1991 en: Gasfilters en combinatiefilters – Eisen, beproeving, merken  
NEN-EN 142: 1991 en: Mondstukgarnituren - Eisen. Beproeving, merken  
NEN-EN 143: 1991 en: Deeltjesfilters - Eisen. Beproeving, merken  
NEN-EN 144-1: 1992 en: Afsluiters voor gasflessen – Schroefdraadverbinding voor afsluiters  
Nederlands Normalisatie-instituut, Delft

- [30] Nederlands Normalisatie-instituut (1998, 2008)  
*Ademhalingsbeschermingsmiddelen*  
NEN-EN 12942: 1998/A2:2008 en: Ademhalingsbeschermingsmiddelen - Aangedreven filters gecombineerd met volgelaatmaskers, halfgelaatmaskers of kwartgelaatmaskers - Eisen, beproeving, merken  
Nederlands Normalisatie-instituut, Delft
- [31] HSL-bewegingsprotocol in Groot-Brittannië (Taylor) zoals besproken tijdens een werkbezoek van TNO aan HSL in maart 2013
- [32] ISO werkgroep TC94  
Masterdocument of Requirements ISO TC94/SC15/WG2 & WG3 N008 Rev 2 2013-02-15 (restricted). *Dit betreft een intern werkdocument van ISO en is nog niet openbaar verkrijgbaar*
- [33] Nederlands Normalisatie-instituut (2009)  
*Ademhalingsbeschermingsmiddelen*  
NEN-EN 12942: 2005+A1(H): Filterende halfmaskers ter bescherming tegen deeltjes – Eisen, beproeving, merken  
Nederlands Normalisatie-instituut, Delft
- [34] Health and Safety Executive (HSE) (2003)  
*Selection of suitable respiratory protective equipment for work with asbestos*  
(revised 2003)  
Health and Safety Executive (HSE), London
- [35] Howie, R. M. (2001)  
*Effectiveness of safety equipment Australia SE400AT positive-pressure demand filtering device during asbestos removal operations*  
Report No. RMH/01/196, Robin Howie Associates, Edinburgh
- [36] Clayton, M.P.; Rajan, B.; Baily, A.; Vaughan, N.P. (2002)  
*Performance of power assisted respirators during simulated asbestos removal*  
Am. Occup. Hyg, vol 46, No 1, pp49-59, 2002
- [37] Health and Safety Executive (HSE) (2013)  
*Website fit2fit*  
<http://www.fit2fit.org>, Health and Safety Executive (HSE), London
- [38] Inspectie SZW (2013), *Sectorrapportage Asbest 2013*  
Ministerie van Sociale zaken en Werkgelegenheid, Den Haag
- [39] Vewin/Kiwa (2010)  
*Veilig werken met asbestcementleidingen – in het ondergrondse openbare waterleiding-, gas- en rioolafvalwaternet ('het rode boekje')*  
Vewin/Kiwa, Den Haag/Rijswijk
- [40] Fransman, W.; et al (2011)  
*Advanced reach tool (ART): Development of the mechanistic model*  
Ann Occup Hyg, 2011: 55 (9), 957-979.
- [41] Nederlands Normalisatie-instituut (2005)  
*Ademhalingsbeschermingsmiddelen*  
NEN-EN 529:205 en: Aanbevelingen voor keuze, gebruik, verzorging en onderhoud – Praktijkrichtlijn  
Nederlands Normalisatie-instituut, Delft



- [42] Clayton, M.P.; Rajan-Sithamparanadarajah, B.; Vaughan, N.P. (2012)  
*Performance Studies on respiratory protective devices in the workplace  
Part 1: Variations in measures of performance*  
Journal of the International Society for Respiratory Protection Vol 29, no 1,  
2012
- [43] Occupational Safety and Health Administration (OSHA) (2009)  
*Assigned Protection Factors for the Revised Respiratory Protection  
Standard*  
OSHA 3352-02 2009, Occupational Safety and Health Administration  
(www.osha.gov), Washington
- [44] Ministerie van VROM (2000)  
*Regeling sloop tuinbouwkassen met asbestbevattende voegkit  
(Nr. DGM/SAS/2000146168)*  
Staatscourant, 27 december 2000, nr. 250 / pag. 60
- [45] Arzoni, R.J. (2013)  
*Zijn afhankelijke adembeschermingsmiddelen wel veilig?*  
RIR-publicatie, 2013



## 11 Verantwoording en kwaliteitsborging

**Naam en adres van de opdrachtgever:**

Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid  
Directie Gezond en Veilig werken  
T.a.v. de heer H. van der Brugge  
Postbus 90810  
2509 LV Den Haag

**Naam en functies van medewerkers:**

J. Tempelman, Senior Technical Consultant  
J. den Boeft, Technical Consultant  
J. Schinkel, Researcher  
R. de Jong, Research medewerker  
E. Voogd, Research scientist  
E. Tielemans, Manager Research Chemical Safety

**Bedrijven aan wie deelopdrachten werden uitbesteed:**

ProQares b.v., Rijswijk (adembescherming)  
Leo Steenweg Consultancy, Schiedam/Rijswijk (adembescherming)

**Kwaliteitsborging**

Het onderzoek is uitgevoerd onder een kwaliteitssysteem dat voldoet aan ISO-9001. Analyses zijn uitgevoerd onder de RvA-Testen-accreditatie van TNO-AEC (accreditatie nr. L-026). De monsterneming is onder RvA-Testen accreditatie uitbesteed aan een geaccrediteerd laboratorium.

**Brancheverenigingen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van het onderzoek**

VVTB  
VERAS  
Ascert  
Fenelab Technische Commissie Asbest

**Datum waarop of tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgehad:**


Mei tot en met november 2013

**Naam en paraaf tweede lezer:**

J. den Boeft

**Ondertekening:**

J. Tempelman  
Projectleider

**Autorisatie vrijgave:**

Dr. L.A. van de Kuil  
Research Manager