

Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

www.mep.tno.nl

T 055 549 34 93
F 055 549 32 01
info@mep.tno.nl

TNO-rapport

R 2002/078

**Oriënterende studie naar blootstellingsrisico's
door met asbest verontreinigde bodem**

Datum	februari 2002
Auteurs	P.C. Tromp
Projectnummer	32657
Trefwoorden	asbest bodem blootstellingsrisico's
Bestemd voor	SKB Postbus 420 2800 AK Gouda

Alle rechten voorbehouden.

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

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

Samenvatting

Inleiding en doelstelling

Bij belanghebbenden bestaat grote behoefte aan een duidelijker vaststelling van de risico's verbonden aan asbest in de bodem en de inpassing daarvan in de verschillende beleidskaders. Het inschatten van risico's op het gebied van asbest in de bodem is op dit moment nog een werkveld wat in de kinderschoenen staat. Ook de normstelling op dit gebied verkeert nog in een beginstadium. Om invulling te geven aan de behoefte van een duidelijker vaststelling van de risico's is in opdracht van het SKB, door TNO-MEP een oriënterende studie uitgevoerd naar de risico's van asbest in grond.

Doelstelling van het onderzoek is het komen tot eenduidigheid en een draagvlak op het gebied van risico's van asbest in bodem. Daarbij dient een antwoord te worden gegeven op de volgende vragen:

- wanneer is de verontreinigingssituatie op een locatie urgent?
- tot wat voor norm en in welke situaties is hergebruik gerechtvaardigd?
- kan ook voor asbest functiegericht worden gesaneerd?

Uiteindelijk zullen op basis van de verkregen inzichten voorlopige beleidsaanbevelingen worden geformuleerd. Hierbij zal worden aangegeven hoe provincies/gemeenten om moeten gaan met asbest in de bodem, zowel vanuit het perspectief van de bestaande regelgeving als ook vanuit de gewenste situatie.

Onderzoeksaanpak

Om tot een realistische beoordeling van het blootstellingsrisico voor gebruikers en omwonenden te komen zijn enerzijds simulatieproeven uitgevoerd onder geconditioneerde omstandigheden en anderzijds zijn meetgegevens uit de praktijk verzameld.

Middels simulatieproeven op laboratoriumschaal is de emissie van asbestvezels vanaf de bodem naar de lucht onderzocht. Bij de experimenten is uitgegaan van zogenaamde 'worst case' omstandigheden, dat wil zeggen droge zandgrond en vrijwel ongebonden asbesthoudend vezelmateriaal (< 1 mm) waarbij veel activiteit wordt gesimuleerd (m.b.v. een ventilator). Onderzochte variabelen zijn: de concentratie asbest in de bodem, de mate van bodemactiviteit en de vochtigheidsgraad van de bodem.

Zoveel mogelijk meetgegevens zijn verzameld van onder andere eigen TNO-MEP onderzoeken, maar ook van laboratoria, onderzoeksbureaus, gemeenten (o.a. grondbanken) en andere instellingen. Daarnaast zijn meetgegevens uit de literatuur gehaald; met name uit Engeland, Duitsland en de Verenigde Staten. Al de meetresultaten zijn in een bestand ondergebracht en vervolgens is getracht correlaties te vinden tussen het asbestgehalte in de bodem, omgevingsfactoren en de concentraties asbest in de lucht.

Simulatieproeven

De beperkte simulatieproeven laten zien dat onder de toegepaste ‘worst case’ omstandigheden (droge zandgrond in combinatie met vrijwel ongebonden amosiet-asbest) pas een asbestvezelconcentratie in de lucht wordt gemeten boven de ca. 5 mg/kg. In dezelfde proeven wordt bij een asbestconcentratie van ca. 90 mg/kg het MTR-niveau overschreden.

Uit de simulatieproeven van TNO-MEP en IOM blijkt dat het type asbest en het type grond wel enige invloed hebben op de uiteindelijke vezelemissie, maar dat de vochtigheidsgraad en bodemactiviteit doorslaggevende factoren zijn bij de beoordeling van het blootstellingsrisico. Slechts een geringe bodemvochtigheid van 5-10% (normaal voor veldvochtige grond) is in staat om de asbestvezelemissie met een factor 10-20 terug te brengen. Tevens blijkt dat er een bepaalde minimale activiteit nodig is om de asbestvezels in de ademzone te brengen. Hierna neemt de vezelconcentratie exponentieel toe met toenemende activiteit.

Praktijkmetingen

Alleen bij ernstig verontreinigde locaties en partijen met niet-hechtgebonden tot ongebonden asbest (voornamelijk afval afkomstig van de asbestverwerkende industrie) worden verhoogde vezelconcentraties in de lucht gemeten tot boven het MTR-niveau. In dergelijke situaties, met een gemiddelde asbestconcentratie in de bodem van meer dan 1.000 mg/kg, is een geringe bodemactiviteit in combinatie met droog weer (geen ‘worst case’ condities) veelal voldoende voor normoverschrijdende vezelconcentraties in de lucht.

Bij minder ernstig verontreinigde locaties en partijen waarbij voornamelijk hechtgebonden materialen aanwezig zijn en een enkele keer niet-hechtgebonden producten, is in geen van de gevallen een asbestvezelconcentratie in de lucht aangetroffen. Hieraan kunnen echter niet direct conclusies worden verbonden, aangezien veel van de analyses zijn uitgevoerd met fase-contrastmicroscopie met een bepalingsondergrens van 0,01 vezel/ml (10.000 vezels/m³). Daarnaast zijn de locaties en partijen tijdens de bodemactiviteiten vaak vochtig gehouden om vezelemissie tegen te gaan.

Conclusies en aanbevelingen

De beperkte simulatieproeven en de verzamelde meetgegevens bieden nog onvoldoende basis voor een volledige gedetailleerde beoordeling van zowel actuele als potentiële risico's voor alle voorkomende gevallen van asbestbodemverontreiniging. Wel zijn met de verzamelde meetgegevens al duidelijk trends herkenbaar en kunnen veilige grenswaarden worden gedefinieerd waaronder hergebruik gerechtvaardigd is:

- Voor **hechtgebonden asbest** is er voornamelijk een potentieel risico, aangezien pas bij het daadwerkelijk breken en beschadigen van stukjes asbestcement een actueel risico ontstaat. In dit opzicht is een asbestbodemconcentratie van **100 mg/kg** een veilige grenswaarde.
- Voor **niet-hechtgebonden asbest** betreft het zowel een potentieel- als een actueel risico, dit laatste voornamelijk bij ongebonden vezelmateriaal met een groot aandeel aan vrije vezels < 100 µm. In dit opzicht is een asbestbodemconcentratie van **5 mg/kg** een veilige grenswaarde.

Mede gezien de behoefte aan een duidelijke risico-gerelateerde normering adviseren wij om beide grenswaarden op termijn in te bouwen in het huidige asbestbeleid. Eventueel kan uitbreiding van het databestand en/of aanvullend onderzoek worden afgewacht.

Op basis van de beschikbare meetgegevens kan een schatting worden gemaakt van de blootstellingsrisico-niveaus bij diverse asbestconcentraties in hechtgebonden en niet-hechtgebonden vorm.

Asbestconcentratie (mg/kg)	Geen Activiteit 1) Activiteit 2)		Geen Activiteit 1) Activiteit 2)	
	Hechtgebonden		Niet-hechtgebonden	
< 5	-	-	-	-
5 – 100	-	-	(+/-)	(+)
100 – 1000	(+/-)	(+)	(+)	(++)
> 1000	(+)	(++)	(++)	++

- 1) Geen activiteit: bij open opslag/toepassingen zonder bewerkingen aan het materiaal (inclusief inspectiewerkzaamheden).
 - 2) Activiteit: bij bewerkingen aan het materiaal: berijden, storten, graven en zeven inclusief monsterneming bij veldonderzoek en sanerings- en reinigingswerkzaamheden.
- en +/- Blootstellingsrisico is verwaarloosbaar (concentratie < VR-niveau).
+ Mogelijk een gering blootstellingsrisico (concentratie tussen VR- en MTR-niveau).
++ Mogelijk een ernstig blootstellingsrisico (concentratie boven het MTR-niveau).
() Waarden tussen haakjes zijn nog onvoldoende gevalideerd, d.w.z. onvoldoende of geen meetgegevens beschikbaar.

Voor de beoordeling van risico's in het kader van de ernst en urgentiesystematiek van de Wet Bodembescherming is het formuleren van een toetsbare 'Interventiewaarde' aan te bevelen. Alhoewel nog onbekend is in hoeverre het model C-soil toepasbaar is voor de beoordeling van het blootstellingsrisico aan asbestvezels, kunnen op voorhand wel enkele handvaten worden aangereikt die van belang zijn bij een risicobeoordeling:

1. Een tweedeling op basis van hechtgebondenheid is essentieel. De hechtgebondenheid is direct gerelateerd aan het vóórkomen van vrije (inadembare) asbestvezels in de bodem. Niet voor niets blijkt uit praktijkmetingen dat alleen bij niet-hechtgebonden en dan met name ongebonden asbest verhoogde vezelconcentraties in de lucht ontstaan tot boven het MTR-niveau.
2. Er dient onderscheid te worden gemaakt tussen amfibool asbest en chrysotiel asbest, aangezien amfibole asbestvezels een 10 maal zo hoge carcinogene potentie hebben dan chrysotielvezels.
3. Naast de differentiatie in hechtgebondenheid dient bij voorkeur een verdere opsplitsing naar vrije vezels < 100 µm te worden gemaakt, ter bepaling van het actuele blootstellingsrisico. Het aandeel aan deze vrije vezels < 100 µm ten opzichte van de totale concentratie is over het algemeen laag en is pas van belang bij overschrijding van een bepaalde asbestconcentratie in de bodem. Meetgegevens uit de praktijk betreffende deze vrije asbestvezels < 100 µm in de bodem zijn echter nog niet in voldoende mate aanwezig.

Gevallen van asbestboderverontreiniging zijn pas urgent indien deze in de leeflaag voorkomen. De natuurlijke migratie van asbestvezels in de bodem is verwaarloosbaar en inhalatoire blootstelling vormt de enige route. Derhalve is het functiegericht saneren in combinatie met het leeflaagprincipe, verwoord in van trechter naar zeef [Sdu, 1999], ons inziens ook geschikt voor gevallen van asbestboderverontreiniging. Bij de urgentiebepaling moet ook weer onderscheid worden gemaakt tussen hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest:

Voor een volledige en gedetailleerde risicobeoordeling wordt aanbevolen om:

- het huidige databestand uit te breiden met meer meetresultaten uit de praktijk,
- simulatieproeven uit te voeren op grotere schaal of in de praktijk onder geconditioneerde omstandigheden;
- in het kader van de ernst en urgentiesystematiek te onderzoeken in hoeverre het C-soil model toepasbaar is om het blootstellingsrisico aan asbestvezels vanuit de bodem te berekenen;
- in het kader van de ernst en urgentiesystematiek nader te onderzoeken wat de rol is van hechtgebondenheid op de aanwezigheid van vrije asbestvezels < 100 µm.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1. Inleiding en probleemstelling	9
2. Doelstelling.....	11
3. Plan van aanpak.....	13
4. Simulatie-experimenten.....	15
4.1 Oriënterende simulatiemetingen op laboratoriumschaal	15
4.2 Discussie simulatieproeven	19
5. Praktijkmetingen.....	23
5.1 Vuilstortplaatsen en verhardingslagen van voormalige asbestverwerkende industrie	23
5.2 Het ontgraven en storten van verontreinigde grond en puin(granulaat)	24
5.3 Het zeven van verontreinigde grond en puin(granulaat)	25
5.4 Monitoring tijdens bodemonderzoek	26
6. Conclusies en aanbevelingen	27
7. Literatuur	33
8. Verantwoording	35
 Bijlagen	
1 Simulatie-experimenten	
2 Vuilstortplaatsen en verhardingslagen van voormalige asbestverwerkende industrie	
3 Het ontgraven en storten van verontreinigde grond en puin(granulaat)	
4 Het zeven van verontreinigde grond en puin(granulaat)	
5 Monitoring tijdens bodemonderzoek	
6 Relevante termen en definities	
7 Blootstellingsrisico's en normstelling in lucht	

1. Inleiding en probleemstelling

Bij belanghebbenden bestaat grote behoefte aan een duidelijker vaststelling van de risico's verbonden aan asbest in de bodem en de inpassing daarvan in de verschillende beleidskaders. Het inschatten van risico's op het gebied van asbest in de bodem is op dit moment nog een werkveld wat in de kinderschoenen staat. Ook de normstelling op dit gebied verkeert nog in een beginstadium.

Op grond van de behoefte aan een normatief kader is reeds in oktober 1993 door het RIVM een ad-hoc interventiewaarde [RIVM, 1993] opgesteld van 100 mg/kg voor chrysotielasbest en 10 mg/kg amfiboolasbest. Ondanks dat uit praktijkmetingen door o.a. TNO-MEP bleek dat voor hechtgebonden asbest deze waarde in principe veilig was, is deze ad-hoc waarde niet in het wettelijk kader opgenomen wegens de aannamen die zijn gedaan bij berekening van deze waarde en de daarmee gepaard gaande grote onzekerheden bij de beoordeling van potentiële risico's.

Middels de Circulaire Streefwaarden en Interventiewaarden bodemsanering is in februari 2000 de Restconcentratienorm van 10 mg/kg van kracht geworden, op de toepassing en hergebruik van grond en puin(granulaat). Deze norm is alleen van toepassing op hechtgebonden asbest; voor niet-hechtgebonden asbest geldt nog steeds de 0-norm (in de vorm van de bepalingsondergrens). De waarde van 10 mg/kg is grotendeels gebaseerd op de studie van TNO-MEP naar asbest in puin en puingranulaat van 1998 [TNO, 1998], waarbij met asbestcement verontreinigd puin is gebroken in een puinbreker. Hieruit bleek dat bij ca. 10 mg/kg geen vezels in de lucht worden gemeten. Echter, in hetzelfde rapport wordt de vezelemissie bij hoge concentraties tot 100 mg/kg ook verwaarloosbaar geacht.

In de praktijk blijkt de restconcentratienorm een erg lage normwaarde te zijn; veel locaties en partijen in Nederland voldoen dan ook niet aan deze norm. Daarnaast geldt dat wanneer op een locatie of in een partij geringe hoeveelheden niet-hechtgebonden asbest worden aangetroffen de grond niet meer mag worden hergebruikt en als asbesthoudende grond dient te worden gestort. Aangezien reiniging tot het 0-niveau de nodige kosten en inspanning met zich meebrengt is het resultaat van het beleid dat veel grond niet wordt gereinigd en/of wordt hergebruikt.

In het kader van het SKB-project 'Asbest in de bodem' zijn, naar aanleiding van gerezen vragen en problemen bij belanghebbenden, door het consortium aan aantal onderzoeksvragen gedeponereerd:

- wat was de onderbouwing van de norm van ad-hoc interventiewaarde?
- hoe is de restconcentratienorm van 10 mg/kg exact afgeleid?
- kan de bepaling van risico's op het gebied van asbest in bodem verder worden ontwikkeld en moet hierbij onderscheid worden gemaakt tussen chrysotiel- en amfiboolasbest?
- is het terecht dat voor niet-hechtgebonden asbest in bodem de nulnorm wordt gehanteerd?
- moet op het gebied van risico's geen onderscheid worden gemaakt in de hechtgebondenheid van het asbesthoudend materiaal, asbestvezelbundels en respirabele vezels?

2. Doelstelling

Om invulling te geven aan de behoefte van een duidelijker vaststelling van de risico's zal in opdracht van het SKB (Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem), door TNO-MEP een oriënterende studie worden uitgevoerd naar de risico's van asbest in grond. Er zal worden getracht tot een betere onderbouwing te komen voor de feitelijke risico's van asbest in de bodem.

Bij het "vertalen" van de in de bodem vastgestelde asbestgehalten naar vezelconcentraties in de lucht ontbreken echter nog veel gegevens. Om tot een realistische beoordeling van het blootstellingsrisico voor gebruikers en omwonenden te komen zullen enerzijds simulatieproeven worden uitgevoerd onder geconditioneerde omstandigheden en anderzijds meetgegevens uit de praktijk worden verzameld.

Het eindresultaat waar naar gestreefd wordt is dat er eenduidigheid en een draagvlak komt op het gebied van risico's van asbest in bodem, zowel bij beleidsactoren (o.a. Ministeries) als bij de uitvoeringspraktijk. Er dient een antwoord te kunnen worden gegeven op de volgende vragen:

- wanneer is de verontreinigingssituatie op een locatie urgent?
- tot wat voor norm en in welke situaties is hergebruik gerechtvaardigd?
- kan ook voor asbest functiegericht worden gesaneerd?

In de circulaire wordt aangegeven dat ernst en urgentie op basis van actuele risico's wordt bepaald. In de circulaire is dit als volgt verwoord 'Indien asbest in (en eventueel tevens op) de bodem aanwezig is, worden de actuele risico's van het geval van bodemverontreiniging beoordeeld'. Hoe actuele risico's moeten worden bepaald, is niet bekend. Het consortium streeft naar een oplossing via de volgende lijnen:

1. het initiëren van een beoordeling van actuele risico's voor gevallen van asbestbodemverontreiniging, rekeninghoudend met de verschillen in gezondheidsrisico's van de diverse asbesttypen;
2. het initiëren van een beoordeling van potentiële risico's voor gevallen van asbestbodemverontreiniging, rekeninghoudend met de verschillen in gezondheidsrisico's van de diverse asbesttypen;
3. het verkrijgen van een breed draagvlak bij zowel beleidsactoren als uitvoeringspraktijk voor bovengenoemde risicobeoordeling (Momenteel worden de door het RIVM afgeleide EBVC-normen (Ernstige Bodem Verontreiniging Concentratie-normen) enerzijds als dragers gebruikt binnen het besluit asbestwegen en anderzijds verworpen in de Wbb circulaire februari, 2000).

Uiteindelijk zullen op basis van de verkregen inzichten voorlopige beleidsaanbevelingen worden geformuleerd. Hierbij zal worden aangegeven hoe provincies/gemeenten om moeten gaan met asbest in de bodem, zowel vanuit het perspectief van de bestaande regelgeving als ook vanuit de gewenste situatie. Zo mogelijk wordt ook de ernst- en urgentiesystematiek van de Wbb in deze aanbevelingen meegenomen. Uit deze aanbevelingen zal ook duidelijk worden gedestilleerd waar de hiaten in kennis zitten.

3. Plan van aanpak

Voor een complete beoordeling van de blootstellingsrisico's met betrekking tot asbest in de bodem dienen **alle** factoren, die van invloed zijn op de blootstelling, te worden gelokaliseerd en gekwantificeerd. Het onderzoek zal zich in eerste instantie richten op de primaire emissie. Alhoewel de secundaire emissie (inlopen van asbest in de woning) ook een belangrijke blootstellingsroute kan zijn, zal hier niet verder op in worden gegaan. Hieronder volgt een opsomming van de verschillende blootstellingsfactoren die van belang zijn voor de primaire emissie van asbestvezels naar de lucht:

1. *Concentratie asbest in de bodem.*
2. *Blootstellingsfactoren gerelateerd aan het asbesthoudend materiaal:*
 - binding van de vezels in de matrix (hechtgebondenheid);
 - typen asbest (chrysotiel, amosiet, crocidoliet);
 - afmetingen van de vrijgekomen/vrijgemaakte vezels uit de matrix (o.a. aandeel respirabele vezels).
3. *Blootstellingsfactoren gerelateerd aan de bodem en bodemactiviteiten:*
 - interactie asbest/bodem (type bodem: zand, klei, veen; vochtigheidsgraad);
 - type bodemactiviteit (berijden, graven, ploegen, belopen, storten);
 - duur van de bodemactiviteit;
 - plaats van voorkomen van de verontreiniging (ondergegraven of in toplaag).
4. *Weersinvloeden:*
 - Luchtvochtigheid;
 - Neerslag (regen, hagel sneeuw);
 - Zon;
 - Wind.

Met behulp van deze beperkte studie is het geenszins de bedoeling om het gehele emissie-mechanisme op te helderen. Om toch een goede start te maken met de beoordeling van het blootstellingsrisico voor gebruikers en omwonenden zullen enerzijds enkele simulatieproeven worden uitgevoerd onder geconditioneerde omstandigheden en anderzijds zoveel mogelijk meetgegevens uit de praktijk worden verzameld.

Op deze wijze zal getracht worden om zoveel mogelijk informatie te achterhalen over relevante blootstellingsfactoren en de relatie tussen deze factoren onderling. De beperkte simulatieproeven zullen op laboratoriumschaal worden uitgevoerd ter kwantificering van de belangrijkste blootstellingsfactoren bij een verontreiniging met niet-hechtgebonden asbest.

Verzamelen van meetgegevens

Er zullen meetgegevens worden verzameld afkomstig van eigen onderzoeken die TNO-MEP in de afgelopen jaren voor diverse opdrachtgevers heeft uitgevoerd. Daarnaast zullen meetgegevens uit de literatuur worden verzameld. Met name in Engeland, Duitsland en de Verenigde Staten zijn de laatste jaren studies verricht naar de blootstellingsrisico's van asbest in de bodem.

Ook zal getracht worden om zoveel mogelijk meetgegevens bij derden te achterhalen. Het is bekend dat veel laboratoria, onderzoeksbureaus, gemeenten (o.a. grondbanken) en andere instellingen de afgelopen jaren (incidenteel) metingen hebben verricht of hebben laten uitvoeren op of nabij met asbest verontreinigde grond, verontreinigd puingranulaat, asbestverontreinigde stortplaatsen en/of -depots etc.

Al de meetresultaten worden in een bestand ondergebracht en vervolgens zal worden getracht correlaties te vinden tussen het asbestgehalte in de bodem, omgevingsfactoren en de concentraties asbest in de lucht. Het is duidelijk dat de omstandigheden, meetmethoden, betrouwbaarheid etc. van de uitgevoerde metingen onderling sterk kunnen verschillen. Het is echter toch zinvol om ook indicatieve metingen of zelfs schattingen in het bestand op te nemen. Aan de betrouwbaarheid van een meting kan aan de hand van de ingevulde waarden een weegfactor worden toegekend. Dit is van belang omdat juist bij extreme situaties zoals bij incidenten (een asbestbrand, na een explosie etc.) de meetmethoden door de tijdsdruk vaak wat minder "sophisticated" zijn, terwijl dergelijke metingen juist van groot belang zijn voor het onderzoek.

Simulatiemetingen op laboratoriumschaal

Middels simulatieproeven op laboratoriumschaal zal de emissie van asbestvezels vanaf de bodem naar de lucht worden onderzocht. Bij de experimenten wordt uitgegaan van zogenaamde 'worst case' omstandigheden, dat wil zeggen droge zandgrond en vrijwel ongebonden asbesthoudend vezelmateriaal (< 1 mm) waarbij veel activiteit wordt gesimuleerd (m.b.v. een ventilator). Variabelen die zullen worden onderzocht zijn de concentratie asbest in de bodem, de mate van bodemactiviteit en de vochtigheidsgraad van de bodem. De resultaten kunnen zodoende gebruikt worden bij het opstellen van een veilige concentratienorm voor niet-hechtgebonden asbest in de bodem.

4. Simulatie-experimenten

In het kader van deze SKB-studie zijn door TNO-MEP oriënterende simulatie-experimenten uitgevoerd op laboratoriumschaal. Daarnaast zijn een tweetal, reeds eerder uitgevoerde simulatie-experimenten meegenomen in deze studie. De gedetailleerde beschrijvingen van bovengenoemde 3 experimenten zijn beschreven in bijlage 1. In dit hoofdstuk is alleen een samenvatting gegeven van de simulatiemetingen door TNO-MEP.

4.1 Oriënterende simulatiemetingen op laboratoriumschaal

Doelstelling

Middels simulatieproeven op laboratoriumschaal is de emissie van asbestvezels vanaf de bodem naar de lucht worden onderzocht. Door hierbij uit te gaan van zogenaamde ‘worst case’ omstandigheden kunnen de resultaten gebruikt worden bij het opstellen van een absoluut veilige concentratienorm voor niet-hechtgebonden asbest in de bodem. De ‘worst case’ omstandigheden gaan uit van droge zandgrond en vrijwel ongebonden asbesthoudend vezelmateriaal (< 1 mm) waarbij veel activiteit wordt gesimuleerd (m.b.v. een ventilator).

De simulatiemetingen kunnen ook een basis vormen voor de emissie van asbestvezels uit hechtgebonden materialen. Het emissiemechanisme bestaat uit 2 stappen:

1. het vrijmaken van respirabele vezels uit de matrix, en
2. de emissie van deze respirabele vezels vanaf de bodem naar de lucht.

Samenstelling uitgangsmateriaal

Als uitgangsmateriaal is niet-hechtgebonden zachtboard genomen met 40-60% amosiet en 15-30% chrysotiel (op basis van visuele schatting). Voor de simulatieproeven is uitgegaan van de restfractie (< 1000 µm) die is vrijgekomen bij het verpulveren en zeven van het zachtboardmateriaal. Dit fijne vezelmateriaal, in voornamelijk ongebonden vorm, kan worden beschouwd als een ‘worst case’ verontreiniging. Van dit materiaal is de totale concentratie aan asbest en het respirabel deel (< 100 µm) bepaald. De hoeveelheid respirabele vezels in het uitgangsmateriaal is een belangrijke factor aangezien deze fijne vezels juist in de lucht terecht komen en ingeademd kunnen worden.

Tabel 1 Kenmerken uitgangsmateriaal

Totaal asbest (%)	Totaal amosiet (%)	Totaal chrysotiel (%)	Respirabel asbest (%)	Respirabel amosiet (%)	Respirabel chrysotiel (%)
70 (65-75)	50 (45-55)	20 (15-25)	3 (1-5)	2,5 (2-3) *	0,5 (0,3-0,7) *

* Het percentage respirabele vezels in amosiet is 5%, en voor chrysotiel is het aandeel 2,5%.

Proefopzet

Bij de uitvoering van de simulatieproeven zijn de volgende variabelen meegenomen:

Asbestconcentratie

De simulatieproeven zijn uitgevoerd bij drie concentratieniveaus totaal asbest:

- 2 mg/kg;
- 7 mg/kg;
- 70 mg/kg.

Vochtigheidsgraad

Bij een vast concentratieniveau van 70 mg/kg zijn enkele simulatieproeven uitgevoerd bij een oplopende vochtigheidsgraad van de zandgrond. De proeven zijn uitgevoerd onder drie verschillende condities:

- 0%(m/m) water;
- 5%(m/m) water;
- 10%(m/m) water.

Ventilatieluchtsnelheid

Met behulp van een ventilator is activiteit gesimuleerd; bij drie verschillende snelheden van de ventilator zijn asbestvezelconcentraties in de lucht gemeten:

- ventilatorstand 0: luchtsnelheid over het zandoppervlak is 0-2 m/s (alleen ventilatie door de afzuiging van de zuurkast);
- ventilatorstand 1: luchtsnelheid over het zandoppervlak is 2,5-3,5 m/s;
- ventilatorstand 2: luchtsnelheid over het zandoppervlak is 3-4 m/s.

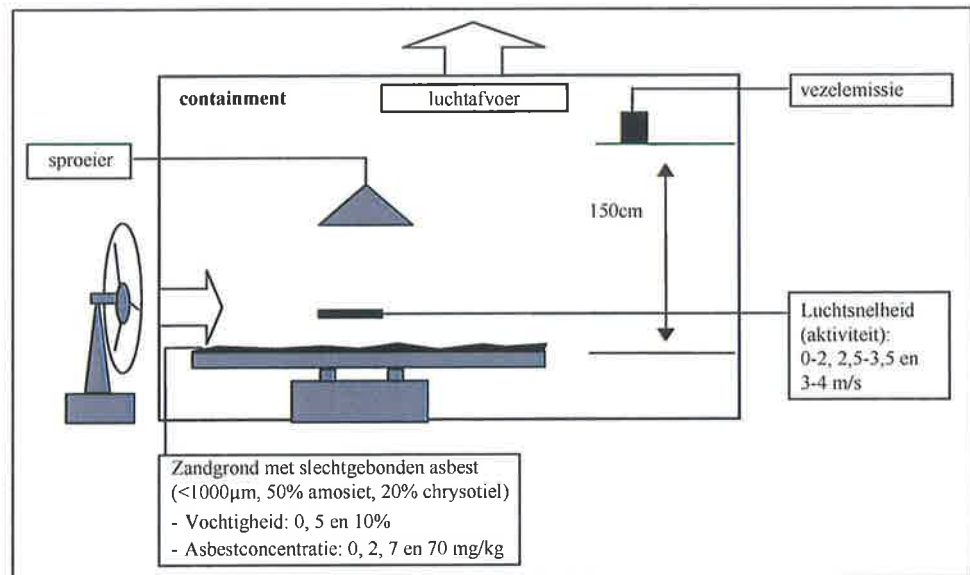
Opmerkingen:

Wanneer de luchtsnelheden worden omgerekend naar de windkracht uitgedrukt met de schaal van Beaufort geldt voor ventilatorstand 0 een windkracht van 1-4, voor ventilatorstand 1 een windkracht van 7-8 en voor ventilatorstand 2 een windkracht van 8-9.

Bij ventilatorstand 0 worden weinig bodemdeeltjes vrijgemaakt. Activiteiten in de praktijk met weinig opwerveling van bodemdeeltjes zijn statische situaties met matige wind (maximaal windkracht 4) en lopen en fietsen. Bij ventilatorstand 1 en 2 worden relatief veel bodemdeeltjes vrijgemaakt. Activiteiten in de praktijk met relatief veel opwerveling van bodemdeeltjes zijn rijden met zwaar materieel, ploegen en ontgraving- en stortwerkzaamheden.

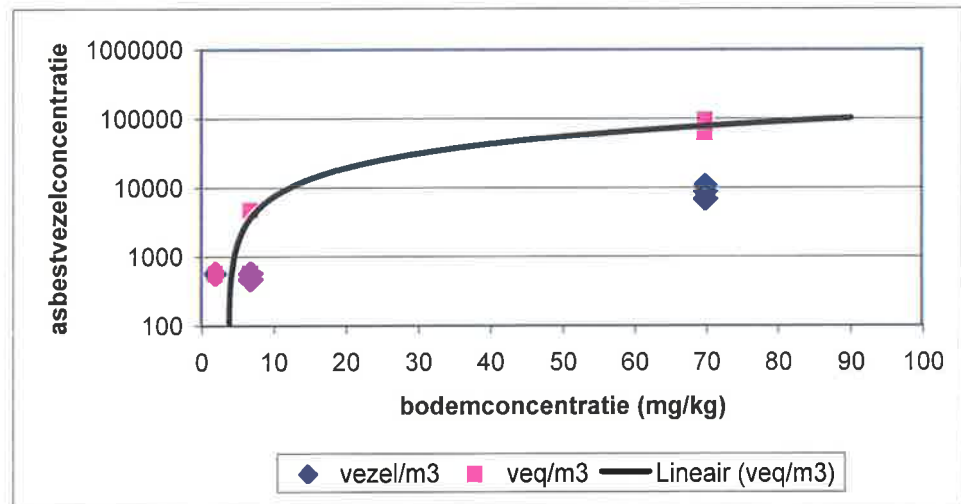
Proefopstelling

In figuur 1 is een schematische voorstelling gegeven van de proefopstelling.

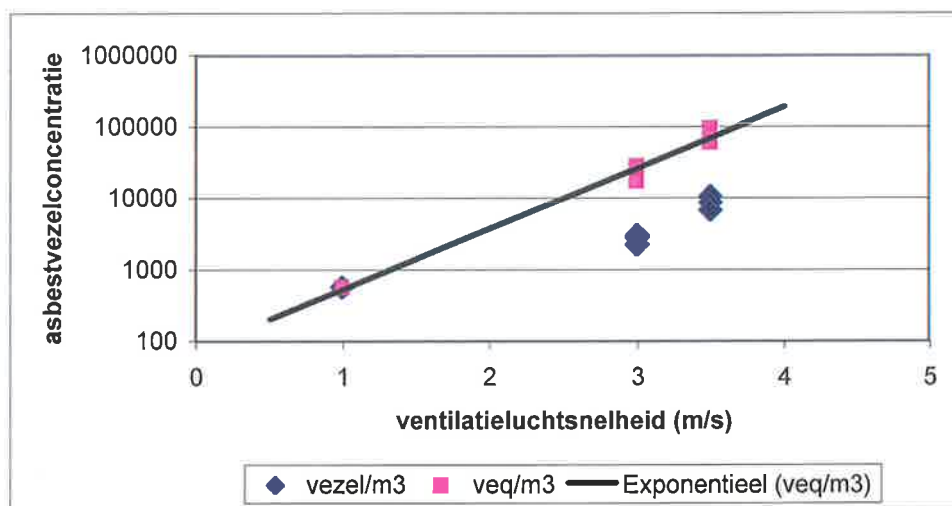


Resultaten

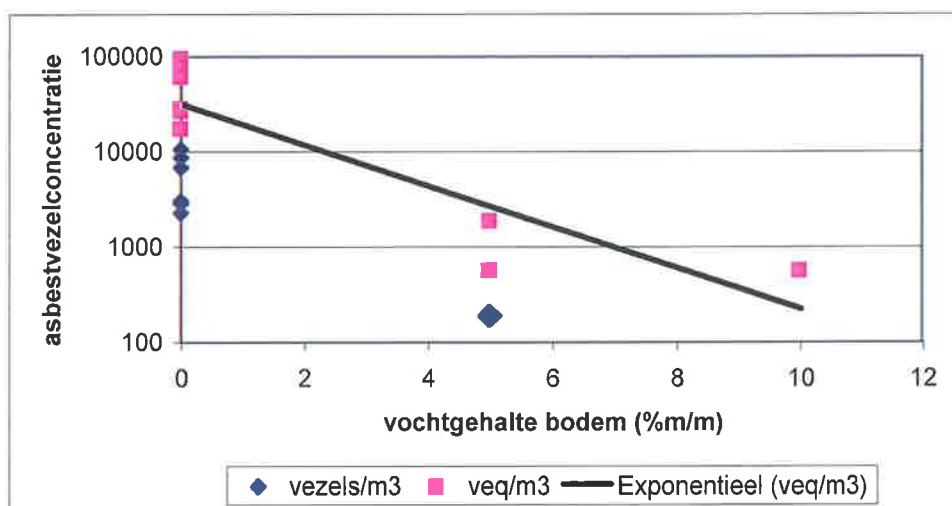
In figuur 1 t/m 3 zijn de resultaten van de simulatiemetingen schematisch weergegeven.



Figuur 1 Concentratie asbestvezels in de lucht, in vezels (lengte $> 5\mu\text{m}$) en vezelequivalenten per kubieke meter lucht, als functie van de concentratie niet-hechtgebonden asbest in droog zand, in mg asbest per kg zand, bij een luchtsnelheid van 3-4 m/s (windkracht 8-9 op de schaal van Beaufort) en een vochtgehalte van 0%(m/m).



Figuur 2 Concentratie asbestvezels in de lucht, in vezels (lengte > 5 µm) en vezelequivalenten per kubieke meter lucht, als functie van de ventilatieluchtsnelheid, in m/s, bij een asbestconcentratie van ca. 70 mg niet-hechtgebonden asbest per kg droog zand en een vochtgehalte van 0 %(m/m).



Figuur 3 Concentratie asbestvezels in de lucht, in vezels (lengte > 5 µm) en vezelequivalenten per kubieke meter lucht, als functie van het vochtgehalte in de bodem, in %(m/m), bij een asbestconcentratie van ca. 70 mg niet-hechtgebonden asbest per kg zand en een ventilatieluchtsnelheid van 2,5-4 m/s (windkracht 7-9 op de schaal van Beaufort).

4.2 Discussie simulatieproeven

Naast de door TNO uitgevoerde simulatie-experimenten op laboratoriumschaal zijn door het 'Institute of Occupational Medicine' ook experimenten uitgevoerd met kunstmatig bereide mengsels van grond met losse asbestvezels [IOM, 1988]. Tevens zijn in 1998 simulatiemetingen uitgevoerd bij het breken van met asbestcement verontreinigd puin. Een uitvoerige beschrijving van deze metingen inclusief de resultaten zijn te vinden in bijlage 1. Hieronder volgt een beschouwing van de verschillende simulatieproeven op basis van onderstaande karakteristieken:

- asbestconcentratie,
- activiteit,
- vochtigheidsgraad en
- hechtgebondenheid.

Asbestconcentratie

De simulatieproeven van TNO-MEP hebben een meer realistisch karakter dan de experimenten van IOM uit 1988. In het laatste geval is bij hoge asbestconcentraties met puur asbest als uitgangsmateriaal midden in geconcentreerde stofwolken gemeten, terwijl in de testmetingen van TNO-MEP bestaand asbesthoudend materiaal is gebruikt met lagere concentratieniveaus. Daarnaast zijn de TNO-metingen gericht op ademhoogte en is verwaaiing/vermenging met de omgevingslucht gesimuleerd door een ventilatie in de zuurkast in te bouwen met behulp van afzuiging.

Uit de experimenten van IOM blijkt wel dat uit amfibole asbestsoorten, en met name amosiet, veel makkelijker vezels vrij gemaakt worden dan uit chrysotiel-asbest. Ook is te zien dat het type grond een duidelijke invloed heeft op de vezelemissie. Uit zandgrond komen veel makkelijker vezels vrij dan uit ander typen grond. Verder laten de experimenten van IOM zien dat zelfs bij relatief lage concentraties aan asbest (10 mg/kg) in stofwolken piekconcentraties kunnen ontstaan ver boven het MTR-niveau. Hierbij wel de kanttekening dat in de experimenten puur ongebonden asbest is gebruikt met een hoog percentage aan respirabele vezels. Dit materiaal is enigszins vergelijkbaar met losse asbestpulp of spuitasbest, maar kan niet vergeleken worden met het merendeel van de in Nederland toegepaste niet-hechtgebonden producten en asbesthoudende materialen.

De meetresultaten van de beperkte simulatieproeven op laboratoriumschaal van TNO-MEP laten zien dat onder de toegepaste 'worst case' omstandigheden (zandgrond en vrijwel ongebonden amosietasbest) er pas een asbestconcentratie in de lucht wordt gemeten bij ca. 5 mg/kg. Aangezien het hier amosiethoudend materiaal betreft is de asbestvezelconcentratie bij het aantreffen van slechts één vezel op het filter gelijk op het niveau van het Verwaarloosbaar Risico (1000 vezelequivalenten/m³). Bij de toegepaste simulatieproeven wordt pas bij een asbestconcentratie in de bodem in de buurt van de 90 mg/kg het MTR-niveau overschreden.

Ofschoon in de simulatieproeven van TNO-MEP getracht is de praktijksituatie zoveel mogelijk te benaderen dient bij doorvertaling naar de praktijk de nodige voorzichtigheid te worden genomen. Het gaat slechts om een beperkt aantal laboratoriumproeven onder 'worst case' omstandigheden. Aanvullende metingen in praktijksituaties onder gecontroleerde omstandigheden en/of simulatieproeven op grotere schaal zullen een meer realistisch beeld opleveren.

Bodemactiviteit

Uit de simulatieproeven van IOM en TNO-MEP blijkt dat de activiteit een duidelijke invloed heeft op de asbestvezelconcentraties in de lucht. Zonder activiteit worden vanzelfsprekend geen vezels uit de bodem vrijgemaakt. Pas bij een bepaalde mate van activiteit (bij TNO-MEP: het opwervelen van grond door middel van een ventilator en bij IOM het creëren van een stofwolk door middel van een 'dust dispenser') wordt een vezelconcentratie in de lucht gemeten die toeneemt bij toenemende activiteit. Om hier kwantitatieve en voor de praktijk realistische en relevante uitspraken te doen zal er echter nog uitgebreider onderzoek moeten plaatsvinden. Waarschijnlijk zijn laboratoriumproeven hier niet bij uitstek geschikt voor, aangezien het simuleren van activiteit op kleine schaal moeilijk is door te vertalen naar praktijksituaties zoals ontgraven, storten en berijden.

Uit de simulatieproeven van TNO-MEP blijkt overigens wel dat er redelijk veel activiteit voor nodig is om significante concentraties aan asbestvezels in de ademlucht te brengen (op 1,5 meter hoogte). In principe zijn deze omstandigheden in de praktijk herkenbaar door het optreden van stof(wolken). Bij geringe activiteit zullen de vezels wel worden vrijgemaakt maar zullen in principe niet of in geringe mate in de ademplucht terechtkomen.

Vochtigheidsgraad

De vochtigheidsgraad heeft de grootste invloed op het vrijkomen van asbestvezels uit de bodem. Uit de experimenten van TNO-MEP blijkt dat een geringe bodemvochtigheid van ca. 5-10% in staat is om de emissie van asbestvezels in de lucht te reduceren van het MTR-niveau tot onder het VR-niveau. Bij de experimenten van IOM is dit effect iets minder, maar ook hier is een geringe bodemvochtigheid van 5-10% in staat om de emissie met minimaal een factor 10 terug te brengen.

Normale veldvochtige grond heeft een vochtigheidsgraad van gemiddeld 5-10% afhankelijk van het jaargetijde. Aangezien de simulatie-experimenten zijn uitgevoerd met kurkdroge grond, zijn de resultaten niet direct vergelijkbaar met normale praktijksituaties. In zomerse perioden waarbij gedurende een aantal dagen de zon schijnt en het niet regent kunnen dit soort situaties echter wel optreden. In Nederland zullen dergelijke droge perioden niet vaak voorkomen.

Hechtgebondenheid

De hechtgebondenheid van het asbesthoudende materiaal heeft een zeer grote invloed op de emissie van vezels in de lucht. Bij niet hechtgebonden asbesthoudende materialen kunnen al bij ‘niet-destructieve’ activiteiten vezels uit het materiaal vrijgemaakt worden. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de simulatiemetingen van TNO-MEP en IOM. Door het simpelweg opwerpen van de verontreinigde bodem kunnen al hoge asbestvezelconcentraties in de lucht ontstaan.

Bij hechtgebonden (cementgebonden) producten is dit evenwel onmogelijk, daar dient het materiaal eerst gebroken of flink beschadigd te worden (door destructieve activiteiten) voordat er een vezelemisatie ontstaat. Zelfs als het materiaal gebroken wordt is de vezelemisatie vaak verwaarloosbaar. Dit blijkt ook uit de brekersproeven van TNO-MEP, waar het breken van BSA met een asbestconcentratie van 5-10 mg/kg in de vorm van asbestcement geen meetbare concentraties in de lucht tot gevolg had. In hetzelfde onderzoek is uit berekeningen afgeleid dat pas bij concentraties boven de 100 mg/kg te verwachten is dat het VR-niveau wordt benaderd.

5. Praktijkmetingen

In totaal zijn 21 onderzoeksrapporten met meer dan 1000 meetgegevens in deze oriënterende studie betrokken. Deze rapporten zijn in 4 categorieën ingedeeld, op basis van de verontreinigingssituatie en/of de uitgevoerde activiteiten:

1. Vuilstortplaatsen en verhardingslagen van voormalige asbestverwerkende industrie;
2. Het ontgraven en storten van verontreinigde grond en puin(granulaat);
3. Het zeven van verontreinigde grond en puingranulaat en
4. Monitoring tijdens bodemonderzoek.

5.1 Vuilstortplaatsen en verhardingslagen van voormalige asbestverwerkende industrie

De onderstaande 6 onderzoeksrapporten zijn in de studie betrokken; in bijlage 2 zijn de resultaten gedetailleerd beschreven:

- Asbestdump “the New Vernon Road site” te New Jersey, USA [EPA, 1991, 02];
- Asbestdump “the White Bridge Road site” te New Jersey, USA [EPA, 1991, R02];
- Asbesthoudende ringdijk “Alviso Ring Levee” te South Bay, USA [EPA, 1991, R09];
- Twee terreinen met afval van de asbestverwerkende industrie, Duitsland [Spurny, 1992];
- Het berijden van met asbestcement-afval verharde wegen, Diepenheim [TNO, 1987];
- Met asbestafval verharde erven, omgeving Goor [TNO, 2000].

Het gaat hierbij vooral om ernstige verontreinigingssituaties met voornamelijk niet-hechtgebonden tot vrijwel ongebonden asbest, zoals pulp, draaisel, spuitasbest en ongebonden vezelmateriaal. Het afval is in zeer geconcentreerde vorm in de bodem aanwezig en de concentraties kunnen plaatselijk oplopen tot tientallen massaprocenten. Gemiddeld is de asbestconcentratie in de bodem hoger dan 1.000 mg/kg.

Bij bewerkingen in de bodem (graven, storten en berijden) worden vrijwel altijd normoverschrijdende asbestvezelconcentraties in de lucht gemeten, tenzij de grond nat is en/of geen bewerkingen/activiteiten worden uitgevoerd.

Bij dergelijke ernstige situaties is een concentratieverloop te zien met de afstand tot de bron. Bij persoonlijke metingen, of metingen direct op de bron ‘in de stofwolk’ (< 5 mtr) worden vezelconcentraties gemeten die in de regel altijd het MTR-niveau overschrijden. Bij statische omgevingsmetingen met een geringe afstand tot de bron (tot ca. 10-20 mtr) wordt geregeld het VR-niveau overschreden maar zal de vezel-

concentratie in de lucht vrijwel nooit hoger zijn dan het MTR-niveau. Op grotere afstand zal er wel een verhoging te zien zijn van het achtergrondniveau, maar zal het VR-niveau nagenoeg nooit worden overschreden.

Meetcondities zijn niet altijd even goed weergegeven, maar wel blijkt dat geen 'worst case' condities (zeer droog en zonnig weer met zwakke wind) vereist zijn voor vezelconcentraties in de lucht, die het VR-niveau overschrijden. Slechts een geringe activiteit in combinatie met droog weer zijn veelal voldoende.

5.2 Het ontgraven en storten van verontreinigde grond en puin(granulaat)

De onderstaande 7 onderzoeksrapporten zijn in deze studie betrokken; in bijlage 3 zijn de resultaten gedetailleerd beschreven:

- Het uitstorten en oppakken van met asbestcement verontreinigd puin, Voor-drempt [TNO, 1999];
- Het lossen, uitstorten en uitspreiden van met asbestcement verontreinigd puin, Emmeloord [TNO, 1996];
- Bodemsanering, Amsterdam [IWACO, 2001];
- Sanering van verontreinigde baggerspecie [SGS, 2001];
- Het storten van asbesthoudende grond, Wieringermeer [Kalsbeek, 2000];
- Het storten van asbesthoudende grond, Rotterdam [GWR, 2000/2001];
- Het verplaatsen van verschillende partijen asbesthoudende grond en puingranulaat met shovels [Search, 2001].

De onderzochte partijen zijn voornamelijk verontreinigd met hechtgebonden producten zoals asbestcement en een enkele keer niet-hechtgebonden producten zoals zachtboard en isolatiemateriaal (nobraanda, pakking, koord e.d.). Concentraties variëren hierbij van kleiner dan 10 tot groter dan 1000 mg/kg.

De meeste van de uitgevoerde metingen tijdens het uitstorten hebben een beperkte waarde. De meeste luchtmetingen zijn lichtmicroscopische metingen met een bepalingsgrens van 2.000-10.000 vezels/m³. Daarnaast zijn de partijen tijdens de activiteiten vochtig gehouden om vezelemissie tegen te gaan. Ook is vaak de hechtgebondenheid van de asbesthoudende materialen niet weergegeven en zijn in een aantal gevallen de weersomstandigheden niet vermeld.

Op basis van deze metingen kan slechts worden vermeld dat het uitstorten van vochtige grond met vooral hechtgebonden asbest in concentraties tot boven de 10.000 mg/kg geen verhoogde asbestvezelconcentraties (< 0,01 v/ml) in lucht tot gevolg heeft.

In een tweetal gevallen zijn het uitgangsmateriaal en de meetomstandigheden wel goed omschreven. Het gaat hierbij om matig verontreinigde partijen grond en puin-granulaat met alleen hechtgebonden asbestcement in concentraties tot 100 mg/kg. In deze gevallen zijn tijdens het oppakken, uitspreiden en uitstorten van enkele droge partijen metingen uitgevoerd dicht op de bron en zijn onder droge omstandigheden en zwakke wind geen verhoogde vezelconcentratie in de lucht gemeten ($< 500 \text{ veq/m}^3$).

5.3 Het zeven van verontreinigde grond en puin(granulaat)

De onderstaande 5 onderzoeksrapporten zijn in deze studie betrokken; in bijlage 4 zijn de resultaten gedetailleerd beschreven:

- Het uitzeven van met asbestcement verontreinigde grond, Brabant [TNO, 1998];
- Het uitzeven van met asbestcement verontreinigde grond, Lelystad [BME, 2001];
- Het zeven van gedroogde grond in het laboratorium, Apeldoorn [TNO, 1999];
- Scheidingsproef asbesthoudende grond te Amsterdam [BK, 2000];
- Scheidingsproef asbesthoudende grond te Waalwijk [AVR, 2001].

De onderzochte partijen zijn verontreinigd met zowel hechtgebonden producten zoals asbestcement als niet-hechtgebonden producten zoals zachtboard en isolatiemateriaal (nobranda, pakking, koord e.d.). Concentraties variëren hierbij van kleiner dan 10 tot groter dan 100 mg/kg.

Bij het uitzeven zijn de uitgangsmaterialen en de meetomstandigheden vaak goed omschreven. Er is verontreinigde grond gezeefd met 2-300 mg/kg hechtgebonden asbest en 2-100 mg/kg niet-hechtgebonden asbest. Metingen zijn uitgevoerd dicht op de bron en in de meeste gevallen is SEM/RMA toegepast als analysetechniek. In een tweetal gevallen zijn maatregelen genomen om de vezelemissie tijdens het zeven te beperken; of de grond is vochtig gemaakt of er is onder (voor vezelemissie) ongunstige weersomstandigheden (vochtig weer) gezeefd.

Bij het uitzeven van grond is in geen van de gevallen een vezelemissie opgetreden. Onder droge omstandigheden, met droge zandgrond, worden tot een concentratie van 100 mg/kg aan hechtgebonden materiaal en bij 2 mg/kg aan niet-hechtgebonden materiaal geen asbestvezels in de lucht gemeten. Onder vochtige omstandigheden worden, tot concentraties van 300 mg/kg aan hechtgebonden asbest en 100 mg/kg aan niet-hechtgebonden asbest, ook geen asbestvezels in de lucht gemeten.

5.4 Monitoring tijdens bodemonderzoek

De onderstaande 3 onderzoeksrapporten zijn in deze studie betrokken; in bijlage 5 zijn de resultaten gedetailleerd beschreven:

- Bodemonderzoek te Lelystad [BME, 2001];
- Monitoring in een woonwijk te Lisserbroek [Omegam, 1997];
- Depotonderzoek van een partij verontreinigde grond te Zwijndrecht [ASES, 2001].

Er zijn een tweetal onderzoeken waarbij tijdens monsternemingsactiviteiten luchtmetingen zijn verricht. In het eerste onderzoek zijn ontgravingen (van toplaag en sleuven) en boringen uitgevoerd in relatief droge (veldvochtige) zanderige grond. Zelfs in deze droge, zonnige omstandigheden worden tot concentraties van 100 mg/kg aan hechtgebonden asbest en 5 mg/kg aan niet-hechtgebonden asbest, geen asbestvezels in de lucht gemeten.

In het tweede onderzoek zijn tijdens de bemonstering van een depot graafwerkzaamheden uitgevoerd in vochtige grond. Onder dergelijke vochtige omstandigheden worden, tot concentraties van 400 mg/kg aan hechtgebonden asbest en ca. 7 mg/kg aan niet-hechtgebonden asbest, ook geen asbestvezels in de lucht gemeten.

Uit een derde onderzoek blijkt dat bij een relatief hoge concentratie aan niet-hechtgebonden asbest (10-500 mg/kg) onder worst-case condities (droge grond, droog en zonnig weer), er zonder activiteit geen vezelemissie naar de lucht optreedt.

6. Conclusies en aanbevelingen

Simulatieproeven

De beperkte simulatieproeven van TNO-MEP laten zien dat onder de toegepaste 'worst case' omstandigheden (droge zandgrond in combinatie met vrijwel ongebonden amosietasbest) pas een asbestvezelconcentratie in de lucht wordt gemeten boven de ca. 5 mg/kg. In dezelfde proeven wordt bij een asbestconcentratie van ca. 90 mg/kg het MTR-niveau overschreden.

Ofschoon getracht is om bij de simulatieproeven de praktijksituatie zoveel mogelijk te benaderen dient bij doorvertaling naar de praktijk de nodige voorzichtigheid te worden genomen. Het gaat slechts om een beperkt aantal proeven op laboratoriumschaal onder 'worst case' omstandigheden. Aanvullende metingen in praktijksituaties onder gecontroleerde omstandigheden en/of simulatieproeven op een meer realistische schaalgrootte zullen een meer genuanceerd en realistischer beeld opleveren.

Uit de simulatieproeven van IOM en TNO-MEP blijkt dat het type asbest (amosiet, crocidoliet, chrysotiel) en het type grond (zand, klei, humus) wel enige invloed hebben op de uiteindelijke vezelemissie, maar dat de vochtigheidsgraad en bodemactiviteit doorslaggevende factoren zijn bij de beoordeling van het blootstellingsrisico. Slechts een geringe bodemvochtigheid van 5-10 gewichtsprocenten is in staat om de asbestvezelemissie met een factor 10-20 terug te brengen.

De op laboratoriumschaal gesimuleerde 'worst case' activiteit is moeilijk door te vertalen naar de verschillende activiteiten in de praktijk, zoals ontgraven, storten, zeven. Hiervoor zullen aanvullende metingen in diverse praktijksituaties onder gecontroleerde omstandigheden noodzakelijk zijn. Wel blijkt dat er behoorlijk veel activiteit nodig is om de asbestvezels in de ademzone te brengen en dat de vezelconcentratie exponentieel toeneemt met toenemende activiteit.

Praktijkmetingen

Alleen bij ernstig verontreinigde locaties en partijen met niet-hechtgebonden tot ongebonden asbest (voornamelijk afval afkomstig van de asbestverwerkende industrie) worden verhoogde vezelconcentraties in de lucht gemeten tot boven het MTR-niveau. In dergelijke situaties, met een gemiddelde asbestconcentratie in de bodem van meer dan 1.000 mg/kg, is een geringe bodemactiviteit in combinatie met droog weer (geen 'worst case' condities) veelal voldoende voor normoverschrijdende vezelconcentraties in de lucht, boven het VR-niveau.

De MTR-overschrijdende vezelconcentraties in de lucht worden vrijwel alleen gemeten op korte afstand tot de bron, bij veel bodemactiviteit, zoals afgraven, uitstorten en berijden. Bij toenemende afstand neemt de vezelconcentratie in de lucht exponentieel af.

Bij minder ernstig verontreinigde locaties en partijen waarbij voornamelijk hechtgebonden materialen aanwezig zijn en een enkele keer niet-hechtgebonden producten, is in geen van de gevallen, ook niet bij activiteiten zoals graven en storten, een asbestvezelconcentratie in de lucht aangetroffen. Hieraan kunnen echter niet direct conclusies worden verbonden, aangezien veel van de analyses zijn uitgevoerd met fase-contrastmicroscopie met een bepalingsondergrens van 0,01 vezel/ml (10.000 vezels/m³). Daarnaast zijn de locaties en partijen tijdens de bodemactiviteiten vaak vochtig gehouden om vezelemissie tegen te gaan. Wanneer tijdens elektronenmicroscopische metingen de bodem niet werd vochtig gehouden, bleken vaak de meetomstandigheden (bodemypering, weerscondities, etc.) niet te zijn vermeld.

Op basis van het beperkt aantal uitgevoerde metingen bij o.a. het afgraven, uitstorten en uitzeven van grond en puingranulaat kan het volgende worden geconcludeerd.

- Onder ‘worst case’ omstandigheden, zoals droge zandgrond, droog en zonnig weer met zwakke wind, bij asbestconcentraties in de bodem tot minimaal 100 mg/kg aan hechtgebonden asbest en minimaal 2-5 mg/kg aan niet-hechtgebonden asbest, worden geen vezelconcentraties in de lucht aangetroffen, die het Verwaarloosbaar Risiconiveau (1000 vezelequivalenten / m³ lucht) overschrijden.
- Bij vochtige omstandigheden, zijn bij concentraties tot boven de 10.000 mg/kg aan hechtgebonden asbest en tot 100 mg/kg aan niet-hechtgebonden asbest tevens geen vezelconcentraties in de lucht gemeten (< VR-niveau).

Risicobeoordeling

De beperkte simulatieproeven en de verzamelde meetgegevens bieden nog onvoldoende basis voor een volledige gedetailleerde beoordeling van zowel actuele als potentiële risico's voor alle voorkomende gevallen van asbestbodemverontreiniging. Wel zijn met de meetgegevens al duidelijk trends herkenbaar en kunnen veilige grenswaarden worden gedefinieerd waaronder hergebruik gerechtvaardigd is.

De risico's van gevallen van bodemverontreiniging met hechtgebonden asbest zijn minimaal. Het betreft hierbij voornamelijk een potentieel risico, aangezien pas bij het daadwerkelijk breken en beschadigen van stukjes asbestcement vezels vrijkomen en een actueel blootstellingsrisico ontstaat. In dit opzicht is een asbestbodemconcentratie van 100 mg/kg een veilige grenswaarde. Zelfs bij veel bodemactiviteit onder 'worst case' condities zal de asbestvezelconcentratie in de lucht onder het VR-niveau blijven.

De risico's van gevallen van bodemverontreiniging met niet-hechtgebonden asbest variëren per geval. Het betreft hierbij zowel een potentieel- als een actueel risico; dit laatste voornamelijk bij ongebonden vezelmateriaal met een groot aandeel aan vrije vezels kleiner dan 100 µm. In dit opzicht is een asbestbodemconcentratie van 5 mg/kg een veilige grenswaarde. Zelfs bij veel bodemactiviteit onder 'worst case' condities zal de asbestvezelconcentratie in de lucht onder het VR-niveau blijven. Het MTR-niveau zal, onder dezelfde 'worst case' condities, pas worden overschreden bij een asbestbodemconcentratie in de buurt van de 100 mg/kg.

De voorgestelde veilige grenswaarden voor hecht- en niet-hechtgebonden asbest zijn afgeleid op basis van gemiddelde samenstellingswaarden van hechtgebonden en niet-hechtgebonden materialen¹. Daarnaast zijn deze veilige grenswaarden zo opgesteld dat, zelfs in worst-case praktijksituaties geen verhoogde vezelconcentraties in de lucht worden gemeten ten opzichte van het achtergrondniveau. In tegenstelling tot een 'Interventiewaarde' in het kader van de ernst en urgentiesystematiek is het ons inziens dan ook niet noodzakelijk om bij deze veilige grenswaarden een onderscheid te maken tussen chrysotiel- en amfibool-asbest.

Voor de beoordeling van risico's in het kader van de ernst en urgentiesystematiek van de Wet Bodembescherming is het formuleren van een toetsbare 'Interventiewaarde' aan te bevelen. Alhoewel nog onbekend is in hoeverre het model C-soil toepasbaar is voor de beoordeling van het blootstellingsrisico aan asbestvezels, kunnen op voorhand wel enkele handvaten worden aangereikt die van belang zijn bij een risicobeoordeling:

1. Een tweedeling op basis van hechtgebondenheid is essentieel. De hechtgebondenheid is direct gerelateerd aan het vóórkomen van vrije (inadembare) asbestvezels in de bodem. Niet voor niets blijkt uit praktijkmetingen dat alleen bij niet-hechtgebonden en dan met name ongebonden asbest verhoogde vezelconcentraties in de lucht ontstaan tot boven het MTR-niveau.
2. Er dient onderscheid te worden gemaakt tussen amfibool asbest en chrysotiel asbest, aangezien amfibole asbestvezels een 10 maal zo hoge carcinogene potentie hebben dan chrysotielvezels.

¹ Voor asbestcement is dit 10-15% chrysotiel en 0,1-2% crocidolietasbest. Voor niet hechtgebonden materiaal is dit 50% amfiboolasbest en 20% chrysotielasbest.

3. Naast de differentiatie in hechtgebondenheid dient bij voorkeur een verdere opsplitsing naar vrije vezels < 100 µm te worden gemaakt, ter bepaling van het actuele blootstellingsrisico. Het aandeel aan deze vrije vezels < 100 µm ten opzichte van de totale concentratie is over het algemeen laag en is pas van belang bij overschrijding van een bepaald asbestconcentratieniveau in de bodem. Meetgegevens uit de praktijk betreffende deze vrije asbestvezels < 100 µm in de bodem zijn echter nog niet in voldoende mate aanwezig.

Gevalen van asbestbodemverontreiniging zijn pas urgent indien deze in de leeflaag voorkomen. De natuurlijke migratie van asbestvezels in de bodem is verwaarloosbaar en inhalatoire blootstelling vormt de enige route. Derhalve is het functiegericht saneren in combinatie met het leeflaagprincipe, verwoord in van trechter naar zeef [Sdu, 1999], ons inziens ook geschikt voor gevallen van asbestbodemverontreiniging.

Bij de urgentiebepaling moet ook weer onderscheid worden gemaakt tussen hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest:

Aangezien de vezels in hechtgebonden materialen goed zijn gebonden bestaat pas bij het **intensief** bewerken van de bodem (ploegen, berijden met zwaar materieel, graven) het gevaar dat asbestvezels worden vrijgemaakt en in de lucht komen. Hechtgebonden asbest zal hierdoor wel een potentieel risico vormen, maar het hangt sterk af van de gebruiksvorm of het ook een actueel blootstellingsrisico tot gevolg heeft.

Uit niet-hechtgebonden asbesthoudende materialen komen veel makkelijker vezels vrij, zodat een dergelijk type verontreiniging eerder een actueel blootstellingsrisico vormt dan de hechtgebonden vorm. De gebruiksvorm is in dit geval minder maatgevend aangezien zelfs zonder bewerkingen aan de bodem vezels kunnen worden vrijgemaakt.

Op basis van de beschikbare meetgegevens kan een schatting worden gemaakt van het blootstellingsrisico-niveau bij diverse asbestconcentraties in hechtgebonden en niet-hechtgebonden vorm.

Asbestconcentratie (mg/kg)	Geen Activiteit 1)	Activiteit 2)	Geen Activiteit 1)	Activiteit 2)
	Hechtgebonden		Niet-hechtgebonden	
< 5	-	-	-	-
5 – 100	-	-	(+/-)	(+)
100 – 1000	(+/-)	(+)	(+)	(++)
> 1000	(+)	(++)	(++)	++

- 1) Geen activiteit: bij open opslag/toepassingen zonder bewerkingen aan het materiaal (inclusief inspectiewerkzaamheden).
- 2) Activiteit: bij bewerkingen aan het materiaal: berijden, storten, graven en zeven inclusief monsterneming bij veldonderzoek en sanerings- en reinigingswerkzaamheden.
- en +/- Blootstellingsrisico is verwaarloosbaar (concentratie < VR-niveau).
- + Mogelijk een gering blootstellingsrisico (concentratie tussen VR- en MTR-niveau).
- ++ Mogelijk een ernstig blootstellingsrisico (concentratie boven het MTR-niveau).
- () Waarden tussen haakjes zijn nog onvoldoende gevalideerd, d.w.z. onvoldoende of geen meetgegevens beschikbaar.

Aanbevelingen

De uitgevoerde simulatieproeven en de verzamelde praktijkmetingen zijn een goede aanzet, echter de beperkte omvang biedt een nog onvoldoende basis voor een volledige en gedetailleerde risicobeoordeling. Aanbevolen wordt om:

- het huidige databestand uit te breiden met meer meetresultaten uit de praktijk;
- simulatieproeven uit te voeren op grotere schaal of in de praktijk onder geconditioneerde omstandigheden;
- in het kader van de ernst en urgentiesystematiek te onderzoeken in hoeverre het C-soil model toepasbaar is om het blootstellingsrisico aan asbestvezels vanuit de bodem te berekenen;
- in het kader van de ernst en urgentiesystematiek nader te onderzoeken wat de rol is van hechtgebondenheid op de aanwezigheid van vrije asbestvezels < 100 µm.

De twee afgeleide veilige grenswaarden, 5 mg/kg voor niet-hechtgebonden asbest en 100 mg/kg voor hechtgebonden asbest, zijn voldoende gevalideerd. Mede gezien de behoefte aan een duidelijke risico-gerelateerde normering adviseren wij om beide grenswaarden op termijn in te bouwen in het huidige asbestbeleid. Eventueel kan uitbreiding van het databestand en/of aanvullend onderzoek worden afgewacht.

7. Literatuur

ASES (2001) Rapport 53186, Asbestonderzoek partij A031 Hoge Nespolder te Zwijndrecht, juli 2001, Alex Stewart Environmental Services.

AVR (2001) Rapport 295/1886/012755/KvO/yg, Proefreiniging asbesthoudende grond, 2 oktober 2001, AVR-Milieutechniek B.V.

BK (2001) Evaluatierapport M98.4025, Scheidingsproef asbesthoudende grond HWZ Milieu te Amsterdam, 21 maart 2001, BK Ingenieurs- & Milieuadviesbureau B.V.

BME (2001) Rapport 51.304.008, Nader onderzoek asbest in bodem en saneringsonderzoek Schouw Oost Lelystad, 1 oktober 2001, BME Ingenieurs b.v.

EPA-R02 (1991) Rapport EPA/ROD/R02-91/163, Superfund Record of Decision: Asbestos Dump, NJ, 27 september 1991, United States Environmental Protection Agency.

EPA-R09 (1991) Rapport EPA/ROD/R09-91/061, Superfund Record of Decision: South Bay Asbestos Area (Amendment), CA, 26 juni 1991, United States Environmental Protection Agency.

GWR (2001) Memo grb01130skbtoasbest, Resultaten metingen asbest, 30 oktober 2001, Gemeentewerken Rotterdam, Grond- en Reststoffenbank.

IOM (1988) J. Addison e.a., report no. TM/88/14, The release of dispersed asbestos fibres from soils, september 1988, Institute of Occupational Medicine Edinburgh.

IWACO (2001) Evaluatierapport 19643aO, Bodemsanering Crucquisweg 90-92 te Amsterdam, 17 april 2001, Iwaco Adviesbureau voor water en milieu.

Kalsbeek (2000) Eindrapport A00513, Asbest-onderzoek bij de Afvalzorg Deponie BV te Wieringermeer, 22 november 2000, Kalsbeek Binnenmilieu.

Spurny (1992) K.R. Spurny, Anthropogener Asbest in Böden, Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 156, 177-180, 17 augustus 1992.

Omegam (1997) Rapport 11058603, Oriënterend onderzoek naar het voorkomen van asbest aan het bodemoppervlak, in de bodem en in de buitenlucht ter plaatse van het gebied Zeggegrasstraat e.o. te Lisserbroek, 30 juni 1997, Omegam.

RIVM (1993) Kliet, J.J.G., briefnr. 337/93 IEM JK/JK, brief: Interventiewaarde asbest, 1993, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

Sdu (1999) Bever Bodemsanering, Van Trechter naar Zeef, afwegingsproces saneringsdoelstellingen, 1999.

Search (2001) Resultaten luchtmetingen asbest in grond en puin (brief JKA, 8003), 21 december 2001, Search Milieu B.V.

SGS (2001) Resultaten luchtmetingen asbest in grond (email), 28 augustus 2001, SGS EcoCare B.V.

TNO (1987) J. den Boeft, rapport R87/152, Asbestconcentratie-onderzoek nabij een met asbestcementafval verharde weg in Diepenheim, juni 1987, TNO-MT.

TNO (1996) J.M. Timmner; J. Tempelman, interimrapport R 96/315, Onderzoek naar de restconcentratie asbest in een partij met asbest verontreinigd puin te Emmeloord, na reiniging door middel van "handpicking", 15 augustus 1996, TNO-MEP.

TNO (1998) J. Tempelman, rapport R98/281, Asbest in puin en puingranulaat, juli 1998, TNO-MEP.

TNO (1999) J.M. Timmner, interne rapportage 004.04000.063, Bepaling van de aard en de concentratie aan asbestvezels in één luchtmonster tijdens zeven van met asbestvezels besmette grond (controlemeting) met behulp van SEM/RMA conform VDI 3492, 6 december 1999, TNO-MEP.

TNO (1999) P.C. Tromp, rapport TR99/concept, Onderzoek naar de verontreiniging met asbest van een partij zand, afkomstig van baggerwerkzaamheden te Vordrempt.

TNO (2000) R.J. Arzoni; J. Tempelman, rapport TR00/557, Bemonstering en bepaling concentraties asbest in stof en in de lucht regio Goor en omstreken, fase 1, 3 oktober 2000, TNO-MEP.

TNO (2001) M. Hensen, Asbest in bodem, (g) vuiltje aan de lucht, Studie naar de relatie tussen asbest in de bodem en de emissie van vezels naar de lucht, afstudeerverslag, juni 2001.

VROM (1994) Brand, F.P.; Locher, K.; van den Bogaard, C.J.M; Informatiebundel asbest in het milieu; Den Haag; Consultium b.v.; 1994.

8. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

SKB
Postbus 420
2800 AK Gouda

Namen en functies van de projectmedewerkers:

P.C. Tromp (TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie)
M. Hensen (TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie)

Namen van mensen en instellingen die meetgegevens hebben verstrekt voor het onderzoek:

Mevr. Drs. J.W.J. Bijlsma	Milieudienst Amsterdam
De heer Ir. Boerekamp	Service Centrum Grond
De heer Ing. Th.A.Buijs	BME Ingenieurs B.V.
De heer O. Feenstra	NV Afvalzorg
De heer R. ter Heerdt	SGS EcoCare B.V.
Mevr. J.G.E. Kalis	Search Milieu B.V.
De heer A.J. Kraayeveld	BME Ingenieurs B.V.
De heer H. Kuik	Haskoning Nederland B.V.
De heer P. Leenders	Grond- en reststoffenbank Rotterdam
De heer E. Otten	BK Ingenieurs & Milieu-adviesbureau
De heer Ing. E. Versteeg	Tauw Milieu B.V.

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

maart 2001 – november 2001

Ondertekening:

Goedgekeurd door:

P.C. Tromp
Projectleider

J. Tempelman
Coördinator asbest

Bijlage 1 Simulatie-experimenten

Simulatiemetingen op laboratoriumschaal met lage concentraties niet-hechtgebonden asbest [TNO, 2001]

Samenstelling uitgangsmateriaal

Als uitgangsmateriaal is niet-hechtgebonden zachtboard genomen met 40-60% amosiet en 15-30% chrysotiel (op basis van visuele schatting). Voor de simulatieproeven is uitgegaan van de restfractie ($< 1000 \mu\text{m}$) die is vrijgekomen bij het verpulveren en zeven van het zachtboardmateriaal. Van dit materiaal is de totale concentratie aan asbest en het respirabel deel ($< 100 \mu\text{m}$) bepaald.

Asbestconcentratie in uitgangsmateriaal

De exacte concentratie aan asbest is in duplo bepaald door een afgewogen deel gedurende 6 uur te verassen bij $430 \text{ }^\circ\text{C}$ ter verwijdering van organische delen in de matrix. Vervolgens is het veraste materiaal aangezuurd met 1M HCl voor de verwijdering van calciumcarbonaat. Het restant is gefiltreerd en gedroogd, waarna het overgebleven gewicht is bepaald. Dit materiaal is vervolgens met lichtmicroscopie beoordeeld.

Respirabele fractie in uitgangsmateriaal

De respirabele fractie in het uitgangsmateriaal is in duplo bepaald conform de O-NEN 5707. Hierbij is een afgewogen deel gesuspendeerd in water, waarbij met behulp van een bezinkingspipet de fijne fractie ($< 100 \mu\text{m}$) is afgescheiden van het grove materiaal. Deze fijne fractie is op een goudfilter gebracht, welke is geanalyseerd met scanning-electronenmicroscopie in combinatie met röntgenmicroanalyse (SEM/RMA). Aan de hand van de vezelafmetingen en de soortelijke massa is de massa aan respirabele vezels bepaald.

Resultaten uitgangsmateriaal

Totaal asbest (%)	Totaal amosiet (%)	Totaal chrysotiel (%)	Respirabel asbest (%)	Respirabel amosiet (%)	Respirabel chrysotiel (%)
70 (65-75)	50 (45-55)	20 (15-25)	3 (1-5)	2,5 (2-3) *	0,5 (0,3-0,7) *

* Het percentage respirabele vezels in amosiet is 5%, en voor chrysotiel is het aandeel 2,5%.

Proefopzet

Bij de uitvoering van de simulatieproeven zijn de volgende variabelen meegenomen:

Asbestconcentratie

De simulatieproeven zijn uitgevoerd bij drie concentratieniveaus totaal asbest:

- 2 mg/kg;
- 7 mg/kg;
- 70 mg/kg.

Bij de bereiding van bovengenoemde concentratieniveaus is iedere keer een afgewogen hoeveelheid asbesthoudende materiaal gesuspenseerd in water, waarna 10 minuten ultrasoon is getrild. Deze suspensie is vervolgens gelijkmatig uitgegoten in een bak met gedroogd zand. De ontstane slurry is vervolgens goed gemixt, waarna deze gedurende 24 uur is gedroogd bij 105 °C.

Vochtigheidsgraad

Bij een vast concentratieniveau van 70 mg/kg zijn enkele simulatieproeven uitgevoerd bij een oplopende vochtigheidsgraad van de zandgrond. De proeven zijn uitgevoerd onder drie verschillende condities:

- 0% (m/m) water;
- 5% (m/m) water;
- 10% (m/m) water.

Het water is toegevoegd door de zandgrond met een afgewogen hoeveelheid water te besproeien. Hierna is de zandgrond voorzichtig gemengd, zodat geen stofvorming optreedt. Tijdens de uitvoering van de experimenten is de vochtigheidsgraad zoveel mogelijk constant gehouden door één maal per half uur het zandoppervlak te besproeien met een afgewogen hoeveelheid water. De hoeveelheid water is gerelateerd aan de verdampingssnelheid. Deze verdampingssnelheid is geschat door een hoeveelheid water in de proefopstelling te plaatsen en de gewichtsafname te monitoren.

Ventilatieluchtsnelheid

Met behulp van een ventilator is activiteit gesimuleerd; bij drie verschillende snelheden van de ventilator zijn asbestvezelconcentraties in de lucht gemeten:

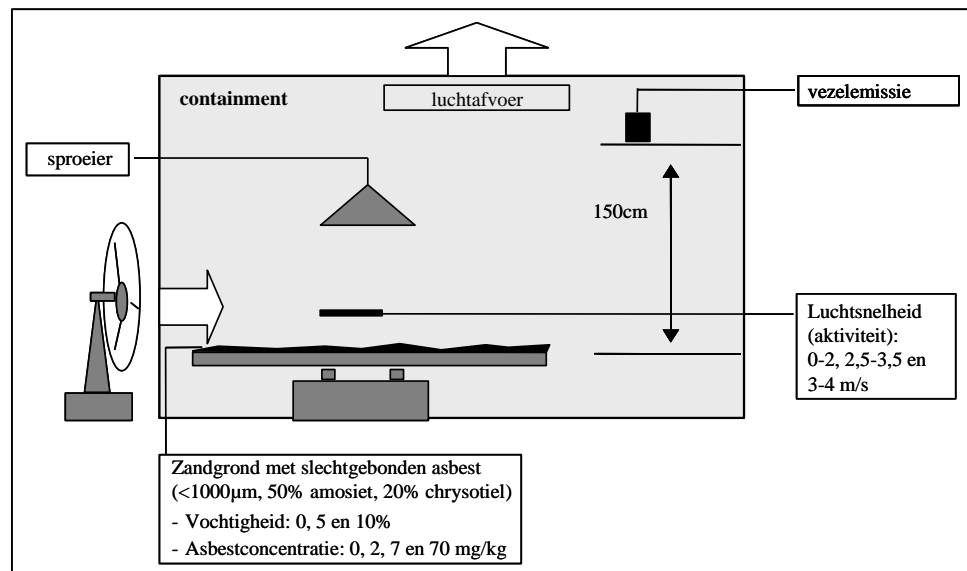
- ventilatorstand 0: luchtsnelheid over het zandoppervlak is 0-2 m/s (alleen ventilatie door de afzuiging van de zuurkast);
- ventilatorstand 1: luchtsnelheid over het zandoppervlak is 2,5-3,5 m/s;
- ventilatorstand 2: luchtsnelheid over het zandoppervlak is 3-4 m/s.

De ventilatieluchtsnelheid is op verschillende plaatsen aan het zandoppervlak gemeten met behulp van een thermo-anemometer GGA-26.

Proefopstelling

De simulatieproeven zijn uitgevoerd in een zuurkast van ca. 2 m³, voorzien van afzuiging met absoluutfilter. In figuur 1 is een schematische voorstelling gegeven

van de proefopstelling. De proefbak heeft een oppervlak van 50 x 30 cm (150 cm²). Per proef is ca. 4,5 kg zand gebruikt.



De metingen zijn uitgevoerd op 1,5 meter boven de proefbak (ademhoogte). Er is bemonsterd met goudgecoate Nucleporefilters met een poriëngrootte van 0,8 µm. De analyses zijn uitgevoerd met behulp van scanning-elektronenmicroscopie in combinatie met röntgenmicroanalyse (SEM/RMA) conform VDI 3492. Na iedere meting is tevens het verlies aan zand in de proefbak bepaald.

Resultaten

Code	Concentratie	Luchtsnelheid	Vochtgehalte zand	Verlies zand	Asbestvezelconcentratie	
	(mg/kg)				(%)	(gr)
I1	2	3-4 (2)	0	710	< 570	< 570
B1	7	0-2 (0)	0	20	< 570	< 570
C1	7	3-4 (2)	0	630	< 570	< 570
C2	7	3-4 (2)	0	710	470	4740
A1	70	0-2 (0)	0	20	< 570	< 570
D1	70	2,5-3,5 (1)	0	60	2280	17600
D2	70	2,5-3,5 (1)	0	230	2850	28500
D3	70	2,5-3,5 (1)	0	110	3040	26900
E1	70	3-4 (2)	0	980	10600	96000
E2	70	3-4 (2)	0	670	8730	77000
E3	70	3-4 (2)	0	540	6830	61500
F1	70	2,5-3,5 (1)	5	50	< 570	< 570
F2	70	2,5-3,5 (1)	5	60	190	1900
G1	70	2,5-3,5 (1)	10	80	< 570	< 570
G2	70	2,5-3,5 (1)	10	38	< 570	< 570
H1	70	3-4 (2)	5	60	< 570	< 570
H2	70	3-4 (2)	5	70	190	1900

Asbestvezelemissie-experimenten met verontreinigde grond op laboratoriumschaal [IOM, 1988]

Proefopzet

Voor de laboratorium experimenten zijn kunstmatige mengsels bereid met drie verschillende typen asbest (chrysotiel, amosiet en crocidoliet) en drie verschillende typen grond (klei, gemiddelde grond en zand). Bij de bereiding is gebruik gemaakt van pure asbest in ongebonden vorm, waarbij 4 verschillende concentraties zijn gebruikt: 1% (10.000 mg/kg), 0,1% (1.000 mg/kg), 0,01% (100 mg/kg) en 0,001% (10 mg/kg).

Er zijn twee typen experimenten uitgevoerd:

1. Met behulp van een apparaat (dust dispenser) wordt gedurende een periode van vier uur een stofwolk gegenereerd, vanuit het grondmengsel. Deze stofwolk wordt gedurende deze 4 uur in een kamer van ca. één m³ geblazen (10-40 liter/minuut) waar zowel de asbestconcentratie als de respirabel stofconcentratie wordt gemeten. Analyse vindt plaats met behulp van fase-contrastmicroscopie. De uiteindelijke asbestconcentraties zijn gerelateerd aan de respirabel stofconcentraties (vezels/mg m³).
2. Kortstondige stofwolken worden gedurende 30 minuten, middels een schoorsteen onder hoge luchtdruk (2 sec, 20 psi) in een kamer van ca. één m³ geblazen. Hierna wordt, in deze kamer, gedurende 20 minuten de asbestconcentratie gemeten. Aan de verschillende grondmengsels is vervolgens tot maximaal 50% water toegevoegd, om de vezelemissie te onderdrukken. Analyse vindt plaats met behulp van fase-contrastmicroscopie.

Resultaten

Asbestbodemconcentratie	10 mg/kg	100 mg/kg	1.000 mg/kg	10.000 mg/kg
Asbestvezelconcentraties in lucht per asbesttype (vezels/mg m³)				
Chrysotiel	15.000	40.000	125.000	1.090.000
Amosiet	35.000	90.000	170.000	4.690.000
Crocidoliet	35.000	120.000	225.000	2.350.000
Asbestvezelconcentraties in lucht per bodemtype (vezels/mg m³)				
Klei	20.000	25.000	250.000	1.870.000
Gemiddelde grond	25.000	75.000	230.000	1.820.000
Zand	40.000	150.000	620.000	4.465.000
Gemiddelde asbestvezelconcentratie	27.000	90.000	365.000	2.730.000

Vochtgehalte	5%	10%	20%	30%	40%	50%
Relatieve vezelemissie ten opzichte van droge grond, per asbesttype (%)						
Chrysotiel	40	0,5	-	-	-	-
Amosiet	10	10	1,5	0,3	0,1	-
Crocidoliet	18	10	-	-	-	-
Relatieve vezelemissie ten opzichte van droge grond, per bodemtype (%)						
Klei	11	14	0,9	-	-	-
Gemiddelde grond	40	7	0,1	-	-	-
Zand	18	0,4	0,5	0,3	0,1	-
Relatieve vezel-emissie (%)	24	7	0,5	0,1	0,02	-

Simulatiemetingen bij het breken van met asbestcement verontreinigd puin [TNO, 1998]

Beschrijving locatie

Een puinbreker waar ongebroken bouw- en sloopafval wordt gebroken in puingranulaat (0-40 mm). Het bouw- en sloopafval dat voor de proefmetingen is gebruikt is regulier puin met een asbestconcentratie die varieert tussen de 5 en 10 mg/kg. Het betreffende bouw- en sloopafval is verontreinigd met stukken asbestcement platen en buizen met gemiddeld 10-15 gewichtsprocent chrysotiel. In enkele gevallen is ook crocidoliet aangetroffen.

Meetomstandigheden

Tijdens het breken van bouw- en sloopafval tot puingranulaat zijn verschillende proefmetingen uitgevoerd nabij de puinbreker. De metingen zijn uitgevoerd bij droog weer en zwakke wind. De analyses zijn uitgevoerd met scanning electronmicroscopie.

Resultaten

Omschrijving locatie	Activiteiten	Weers- condities	Metingen	Asbestvezel- concentratie	
				Vezels/m ³	Ve _q /m ³
BSA met 5-10 mg/kg asbest in de vorm van AC-platen en buizen	Het breken van BSA in een puinbreker	Droog weer en zwakke wind	Nabij de puinbreker	< 1000	< 1000

* Door de overmaat aan fijn stof op de filters is de bepalingsondergrens hoger dan normaal.

Bijlage 2 Vuilstortplaatsen en verhardingslagen van voormalige asbestverwerkende industrie

Asbestdump “the New Vernon Road site” te New Jersey, USA [EPA, 1991, R02]

Beschrijving locatie

De ‘New Vernon Road site’ is een stortplaats voor asbesthoudend afval. Het afval bestaat voornamelijk uit niet-hechtgebonden isolatiemateriaal, spuitasbest en afvalmaterialen, waaronder pulp en ook losse asbest. Ook is hechtgebonden asbest in de vorm van stukken asbestcement aanwezig. De verontreiniging bevindt zich in de bovenlaag van de stortplaats en de dikte varieert van 50-200 cm; het totale oppervlak is ca. 10.000 m². De aangetroffen concentratie aan asbest varieert van onder de 100 mg/kg tot ca. 400.000 mg/kg (40%). Er wordt geen melding gemaakt van typen asbest; waarschijnlijk gaat het om zowel chrysotiel- als amfiboolasbest.

Meetomstandigheden

Er zijn 54 luchtmetingen uitgevoerd gedurende 7 meetdagen. Het betrof statische metingen boven- en benedenwinds op de locatie als ook persoonlijke metingen. De luchtmetingen zijn uitgevoerd tijdens graaf- en boorwerkzaamheden die nodig waren voor het in kaart brengen van de verontreiniging. In totaal zijn 230 gaten gegraven waarvan er 90 asbesthoudend bleken te zijn. Alle luchtmonsters zijn geanalyseerd met behulp van fase-contrastmicroscopie. De bodem bestaat uit zanderige klei, welke niet is bevochtigd voorafgaand aan de werkzaamheden. Er wordt geen melding gemaakt van weerscondities, aangezien het onderzoek in november is uitgevoerd is het waarschijnlijk dat de verontreinigde grond niet extreem droog was en dat het bewolkt weer was (geen ‘worst-case’condities).

Resultaten

Datum	Aantal gaten	% gaten met Cbodem 10-1.000 mg/kg*	% gaten met Cbodem >1.000 mg/kg*	Asbestvezelconcentratie (vezels/m ³)		
				Benedenwinds	Bovenwinds	Persoonlijk
05/11	33	45%	3% (10.000)	1.000	2.000	< 1.600
06/11	45	22%	9% (5.000-150.000)	2.000	< 500	10.000 (4.000-15.000)
07/11	70	21%	3% (30.000-200.000)	< 1.000	1.000	18.000 (8.000-35.000)
08/11	46	28%	11% (50.000-300.000)	1.000	1.000	34.000 (11.000-63.000)
09/11	18	25%	6% (400.000)	2.000	4.000	8.000 (5.000-10.000)
12/11	13	8%	38% (50.000-100.000)	2.000	2.000	12.000 (7.000-16.000)
13/11	5	40%	-	2.000	2.000	10.000 (9.000-12.000)

* Asbestconcentratie in de bodemonsters uit de betreffende gaten.

Asbestdump “the White Bridge Road site” te New Jersey, USA [EPA, 1991, R02]

Beschrijving locatie

De ‘White Bridge Road site’ is een stortplaats voor asbesthoudend afval. In de bovenlaag bestaat het afval zowel uit hechtgebonden asbestcement plaatmateriaal als niet-hechtgebonden afval; de laag eronder bestaat uit los asbesthoudend materiaal, waaronder pulp en losse asbestvezels. De dikte van de verontreiniging is maximaal ca. 300 cm en het totale oppervlak is ca. 8.000 m². De aangetroffen concentratie aan asbest varieert van onder de 100 mg/kg tot ca. 200.000 mg/kg (20%). Het is onbekend welke typen asbest er zijn aangetroffen, maar zeer waarschijnlijk gaat het om een mengsel van chrysotiel- en amfiboolasbest.

Meetomstandigheden

Er zijn 29 luchtmetingen uitgevoerd gedurende 5 meetdagen. Het betrof statische metingen bovenwinds en benedenwinds op de locatie als ook persoonlijke metingen (zgn. PAS-metingen). De luchtmetingen zijn uitgevoerd tijdens graaf- en boorwerkzaamheden die nodig waren voor het in kaart brengen van de verontreiniging. In totaal zijn ca 170 gaten gegraven waarvan er 65 asbesthoudend bleken te zijn. Alle luchtmonsters zijn geanalyseerd met behulp van fase-contrast-microscopie. De bodem bestaat uit zanderige klei, welke niet is bevochtigd voorafgaand aan de werkzaamheden. Er wordt geen melding gemaakt van weerscondities, echter aangezien het onderzoek in november is uitgevoerd is het waarschijnlijk dat de verontreinigde grond niet extreem droog was en dat het bewolkt weer was (geen ‘worst-case’ condities).

Resultaten

Datum	Aantal gaten	% gaten met Cbodem 10-1.000 mg/kg*	% gaten met Cbodem >1.000 mg/kg*	Asbestvezelconcentratie (vezels/m ³)		
				Benedenwinds	Bovenwinds	Persoonlijk
29/10	21	19%	-	500	500	3.000 (2.000-4.000)
30/10	47	30%	6% (5.000)	< 300	500	3.000 (1.000-6.000)
31/10	58	41%	5% (50.000-200.000)	< 500	< 500	8.000 (4.000-12.000)
01/11	25	12%	20% (10.000-50.000)	< 400	< 400	4.500 (4.000-5.000)
02/11	16	38%	31% (50.000-200.000)	1.000	1.000	8.500 (4.000-11.000)

* Asbestconcentratie in de bodemonsters uit de betreffende gaten.

Asbesthoudende ringdijk “Alviso Ring Levee” te South Bay, USA [EPA, 1991, R09]

Beschrijving locatie

Voor het ophogen van de ringdijk ‘Alviso Ring Levee’ is zand en granulaat gebruikt afkomstig uit de Azevedo steengroeve, waarvan later bleek dat dit materiaal voor 40% uit chrysotielasbest bestond. Het materiaal bestaat uit granulaat met in-sluitingen van puur chrysotielasbest als ook los zand met los en fijn vezelmateriaal in ongebonden vorm.

Meetomstandigheden

Voor een beoordeling van de blootstellingsrisico’s als gevolg van deze asbesthoudende ringdijk zijn een tweetal ‘worst case’ experimenten uitgevoerd, waarbij tijdens bewerkingen luchtmetingen zijn uitgevoerd. De ringdijk is voorafgaand en tijdens de experimenten niet bevochtigd. Er wordt geen melding gemaakt van weerscondities, echter aangezien het onderzoek in juni is uitgevoerd is het waarschijnlijk dat het materiaal droog was en dat het zonnig weer was tijdens de experimenten. (d.w.z. ‘worst-case’ condities). Een deel van de metingen is statisch uitgevoerd direct benedenwinds van de werkzaamheden; ook zijn persoonlijke metingen uitgevoerd. Alle luchtmonsters zijn geanalyseerd met behulp van fase-contrastmicroscopie.

Resultaten

Concentratie asbest in de bodem (%)	Werkzaamheden	Meetcondities	Asbestvezelconcentratie (vezels/m ³)
40% chrysotielasbest, zowel ingesloten in granulaat als los zand met los en fijn vezelmateriaal	schrappen, scheppen en storten van los materiaal uit de ringdijk met behulp van een shovel	statische metingen direct benedenwinds van de werkzaamheden waarbij met behulp van een ventilator wind is gesimuleerd	maximaal 10.000.000
Idem	scheppen van los materiaal uit de ringdijk met behulp van een shovel	persoonlijke metingen tijdens het scheppen waarbij het filter in de ademzone op volwassen hoogte is geplaatst	maximaal 1.000.000
Idem	speelactiviteiten van kinderen zijn gesimuleerd door met een speelgoedwagen over het losse materiaal te rijden	persoonlijke metingen tijdens het spelen waarbij het filter in de ademzone op kinderhoogte is geplaatst	maximaal 1.000.000

Twee terreinen met afval van de asbestverwerkende industrie, Duitsland [Spurny, 1992]

Beschrijving locatie

Twee terreinen waar voorheen asbestwerkende industrie was gesitueerd. De terreinen zijn gebruikt als stortplaatsen voor asbesthoudend afval afkomstig van deze industrie. Het afval bestaat voornamelijk uit niet-hechtgebonden restmaterialen zoals draaisel en pulp met 80% chrysotielasbest en 20% amfiboolasbest (voornamelijk amosiet en crocidoliet). De asbestverontreiniging is in de bovenlaag aanwezig tot ca. 70 cm onder maaiveldniveau. De asbestconcentratie in de bodem varieert van ca. 100 – 100.000 mg/kg, maar de bulk van de verontreiniging (90%) zit tussen de 1.000 en 10.000 mg/kg.

Meetomstandigheden

Er zijn 10 statische luchtmetingen uitgevoerd verspreid over de verontreinigde locatie. De luchtmetingen zijn uitgevoerd op ademhoogte (1,5 meter) tijdens en direct na gesimuleerde grondbewerkingen zoals o.a. graven, ploegen en storten. Alle luchtmonsters zijn geanalyseerd met behulp van scanning electronmicroscopie. Er wordt geen melding gemaakt van bodemtypering en weerscondities.

Resultaten

Nr.	Respirabel stof ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Asbestvezelconcentratie		Asbestconcentratie in bodem (mg/kg)
		> 5 μm (vezels/ m^3)	(vezelequivalen- ten/ m^3)	
1	100	740	2.300	De concentraties variëren van 100 – 100.000 mg/kg. 90% van de bodemonsters zit op een concentratie van 1.000 – 10.000 mg/kg. 80% bestaat uit chrysotielasbest, 20% bestaat uit amfiboolasbest
2	140	2.000	6.100	
3	90	< 300	< 300	
4	170	16.300	77.800	
5	160	1.500	4.400	
6	90	6.600	22.600	
7	100	< 300	210	
8	140	2.600	10.000	
9	140	370	1.200	
10	180	1.400	4.100	
<i>gem</i>	<i>130</i>	<i>3.900</i>	<i>14.300</i>	<i>1.000 – 10.000 mg/kg</i>
Achtergrondmeting (op 200 mtr afstand)		< 200	-	-

Het berijden van met asbestcement-afval verharde wegen, Diepenheim [TNO, 1987]

Beschrijving locaties

Met asbestcement-afval verharde wegen in de gemeente Diepenheim. Voor de verharding is vrijwel pure asbestcement en niet-hechtgebonden 'draaisel' gebruikt (10.000-1.000.000 mg/kg / 1-100%) met zowel chrysotiel als crocidoliet.

Drie wegen zijn onderzocht:

- Wegnr. 1 betreft een weg die is verhard met niet-hechtgebonden draaisel afkomstig van asbestcementbuizen met zowel chrysotiel- als crocidolietasbest. De weg heeft een lengte van 450 meter. De draaisellaag was niet afgedekt.
- Wegnr. 2 betreft een weg die verhard is met afval van hechtgebonden (vlakke) asbestcementplaten met voornamelijk chrysotielasbest. Op sommige plaatsen is dit aan het oppervlak zichtbaar. De toplaag van de weg bestaat uit een laag gravel. De lengte van de weg bedraagt 350 meter.
- Wegnr. 3 betreft een weg die verhard is met draaisel afkomstig van asbestcementbuizen. De op een erf van een boerderij uitkomende weg heeft een lengte van circa 80 meter. De draaisellaag was niet afgedekt.

Meetomstandigheden

Er zijn twee typen metingen verricht:

1. Maandelijkse achtergrondmetingen in de omgeving van een met asbestcement-afval verharde weg (wegnr. 1). Voor deze metingen zijn drie meetstations ingericht: één op enkele meters van de weg, een tweede op circa 100 meter van de weg en een derde, het referentiestation, bevond zich op ruime afstand van de betreffende wegen. De metingen zijn verricht in twee perioden: de periode april en mei van 1985 en de periode mei t/m september van 1996. In de eerste meetperiode was het relatief slecht weer (met name in april) met veel neerslag. In de tweede meetperiode was het verdampingsoverschot groter dan normaal dat wijst op een warme droge zomer met veel zon (worst-case condities).
2. Kortdurende metingen (0,5 – 2 uur) in de stofpluimen achter rijdende auto's tijdens het intensief berijden van drie met asbestcement-afval verharde wegen. Deze testen zijn uitgevoerd in een zeer droge periode (worst-case condities). De metingen zijn op een hoogte van 1,5 meter (ademhoogte) uitgevoerd.

In beide gevallen is geanalyseerd met behulp van fase-contrastmicroscopie.

Resultaten

Meetstation	Meetperiode	Chrysotiel vezelconcentratie		Crocidoliet vezelconcentratie	
		vezels/m ³	veq/m ³	vezels/m ³	veq/m ³
Op enkele meters v/d weg	april-mei 1985	< 450	< 450	< 450	< 450
	mei-september 1996	120-2900	120-2900	<50-1510	< 50-15.100
Op 100 meter v/d weg	april-mei 1985	< 450	< 450	< 450	< 450
	mei-september 1996	< 50-100	< 50-100	< 50-60	< 50-600
Referentie station	april-mei 1985	< 450	< 450	< 450	< 450
	mei-september 1996	< 50-80	< 50-80	< 50	< 50

Naam v/d weg (Cbodem > 10.000 mg/kg)	Chrysotiel vezelconcentratie		Crocidoliet vezelconcentratie	
	vezels/m ³	veq/m ³	vezels/m ³	veq/m ³
Wegnr. 1 '450 mtr' (draaisel)	20.000-50.000	20.000-50.000	15.000-30.000	150.000-300.000
Wegnr. 2 '350 mtr' (asbestcement met dunne toplaag '0-5 cm' van gra- vel)	0 - 5.000	0 - 5.000	< 500	< 500
Wegnr. 3 '80 mtr' (draaisel)	4.000-25.000	4.000-25.000	2.000-10.000	20.000-100.000

Met asbestafval verharde erven, omgeving Goor [TNO, 2000]

Beschrijving locaties

Zes met asbestafval verharde erven in de omgeving Goor. Voor de verharding is vrijwel pure asbestcement, matig gebonden 'draaisel' (restafval bij productie asbestcement) en niet-hechtgebonden asbestpulp gebruikt (1.000-1.000.000 mg/kg / 1 -100%) met zowel chrysotiel als crocidoliet. In alle gevallen was de asbestverhardingslaag niet afgedekt.

Meetomstandigheden

De metingen zijn in september uitgevoerd, bij droog en zonnig weer met windkracht 1 à 2. Alhoewel tijdens droge weersomstandigheden is gemeten bleek de verhardingslaag niet kurkdroog te zijn maar wel redelijk droog. Op elke locatie zijn twee meetpunten geplaatst, waarbij gedurende 4 uur is gemeten. De metingen zijn op een hoogte van 1,5 meter (ademhoogte) uitgevoerd, Tijdens de metingen is geen extra activiteit gesimuleerd. De analyses zijn uitgevoerd met SEM/RMA.

Resultaten

Locatie	Omschrijving locatie (Cbodem >10.000 mg/kg)	Activiteiten	Weerscondities	Asbest vezelconcentratie	
				Vezels/m ³	Veq/m ³
GR06	Vloer van asbestpulp in half open kapschuur en buiten op erf	Geen	Droog, zonnig, windkracht 1-2	< 240	< 240
HV14	Vloer van asbestpulp en draaisel in dichte kapschuur/werkplaats	Eenmalig berijden met een tractor	Droog	2.400	13.000
HV08	Vloer van AC-producten en draaisel in half open kapschuur	Geen	Droog, zonnig Windkracht 1-2	< 240	< 240
MK106	Erfverharding van asbestpulp en draaisel	Matig: belopen door drie honden	Droog, zonnig Windkracht 0-1	< 250	< 250
DH04	Erfverharding van asbestpulp, draaisel en AC-producten	Geen	Droog, zonnig Windkracht 0-1	< 240	< 240
DH15	Erfverharding draaisel en AC-producten	Geen	Droog, zonnig Windkracht 0-1	< 240	< 240

Bijlage 3 Het ontgraven en storten van verontreinigde grond en puin(granulaat)

Het uitstorten en oppakken van met asbestcement verontreinigd puin, Voordrempt [TNO, 1999]

Beschrijving locatie

Een depot (ca. 200 m³) met ongebroken bouw- en sloopafval verontreinigd met stukken asbestcement plaat en buis met gemiddeld 10-15 gewichtsprocent chrysotiel. De asbestconcentratie in het bouw- en sloopafval betrof 50-100 mg/kg.

Meetomstandigheden

Tijdens de 3 uur durende metingen is 1½ uur activiteit gesimuleerd door het bouw- en sloopafval op te pakken met een shovel en vervolgens weer te storten. Tijdens de visuele inspectie vooraf en na het verplaatsen is geconstateerd dat daadwerkelijk stukken asbestcement zijn gebroken. Er zijn vier metingen verricht waarvan twee benedenwinds en één bovenwinds op 5 meter afstand en één meting op de shovel zelf. Tijdens de meting was het droog weer met perioden van zon en de wind was matig (windkracht 2-3). De metingen zijn op een hoogte van 1,5 meter (ademhoogte) uitgevoerd. De analyses zijn uitgevoerd met scanning electronenmicroscopie.

Resultaten

Omschrijving locatie	Activiteiten	Weerscondities	Meting	Asbest vezelconcentratie	
				Vezels/m ³	Veq/m ³
Depot (200 m ³) met BSA verontreinigd met AC met een concentratie van 50-100 mg/kg	Het verplaatsen (oppakken en storten) van BSA, inclusief het breken van enkele stukken AC	Droog en zonnig weer, matige wind (kracht 2-3)	Bovenwinds (20 meter)	< 380	< 380
			Op shovel	< 380	< 380
			Benedenwinds (5 meter)	< 380	< 380
			Benedenwinds (5 meter)	< 380	< 380

Het lossen, uitstorten en uitspreiden van met asbestcement verontreinigd puin, Emmeloord [TNO, 1996]

Beschrijving locatie

Een depot (ca. 2300 m³) met ongebroken bouw- en sloopafval verontreinigd met stukken asbestcement platen en buizen met gemiddeld 10-15 gewichtsprocent chrysotiel. In enkele gevallen is ook crocidoliet aangetroffen. De asbestconcentratie in het bouw- en sloopafval betrof 10-50 mg/kg.

Meetomstandigheden

Tijdens handelingen met het bouw- en sloopafval zijn op vier van de elf dagen metingen uitgevoerd. De handelingen bestonden uit: het lossen met behulp van een grijpkraan, het storten uit een vrachtwagen en het uitspreiden in een inspectielaag met behulp van een shovel. De metingen zijn uitgevoerd bij droog weer en zwakke wind. Er zijn vier metingen verricht op enkele meters afstand van de activiteiten. De metingen zijn op een hoogte van 1,5 meter (ademhoogte) uitgevoerd. De analyses zijn uitgevoerd met scanning electronenmicroscopie.

Resultaten

Omschrijving locatie	Activiteiten	Weerscondities	Metingen	Asbestvezelconcentratie	
				Vezels/m ³	Veq/m ³
Depot (2000 m ³) met BSA verontreinigd met AC met een concentratie van 10-50 mg/kg	Het lossen, uitstorten en uitspreiden van BSA	Droog weer en zwakke wind	4 metingen op enkele meters van de activiteiten	< 300	< 300

Bodemsanering, Amsterdam [IWACO, 2001]*Beschrijving locatie*

De locatie is gelegen in een industriegebied in Amsterdam. Op het terrein zijn in het verleden bedrijfsmatige sloopactiviteiten uitgevoerd. Het terrein is 18.000 m² groot. De bodemlaag tot 1-3 meter m-mv, bestaat uit grof zand, al dan niet puinhoudend. De asbesthoudende verontreiniging bevindt zich in de toplaag tot max. 1 m-mv. De verontreiniging bestaat uit een breed scala aan asbesthoudende materialen, waaronder voornamelijk niet-hechtgebonden isolatiematerialen en ongebonden vezelmateriaal met zowel chrysotiel-, amosiet- als crocidolietasbest. In het oostelijk deel van de locatie varieert de asbestconcentratie in de bodem van < 1 tot 52.000 mg/kg. In het westelijk deel van de locatie is de concentratie beduidend lager, < 1 tot 430 mg/kg.

Meetomstandigheden

Gedurende de periode mei t/m december 2000 zijn tijdens ontgravingswerkzaamheden omgevingsluchtmetingen uitgevoerd aan de rand van de locatie. De werkzaamheden bestonden uit het machinaal afgraven van de met asbestverontreinigde bovenlaag, het storten in containers en het afvoeren van deze grond (18.400 ton) naar een stortplaats. Tijdens de werkzaamheden is de grond continu bevochtigd. De luchtmetingen zijn zowel boven- als benedenwinds van de locatie genomen op een hoogte van 1,5 meter (ademhoogte). Alle luchtmetingen zijn uitgevoerd bij droog weer. In de maand juli was het zeer mooi en zeer droog zomerweer. Alle analyses zijn uitgevoerd met scanning electronenmicroscopie.

Resultaten

Omschrijving partij	Activiteiten	Metingen	Meet- periode	Weers- conditie	Asbestvezel- concentratie	
					Vezels/m ³	Veq/m ³
zandgrond, niet- hechtgebonden tot ongebonden materiaal, < 1 – 9.600 mg/kg	Ontgravings- werkzaamheden, met bevochtiging	15 metingen op 25-50 meter afstand	Mei –Juni 2001	Droog	< 1000	< 1000
zandgrond, niet- hechtgebonden tot ongebonden materiaal, 130 – 52.000 mg/kg	Ontgravings- werkzaamheden, met bevochtiging	5 metingen op 25-50 meter afstand	Juli 2001	Droog en zonnig, zwakke wind	2000-3000	1740-3470
zandgrond, niet- hechtgebonden tot ongebonden materiaal, < 1 – 340 mg/kg	Ontgravings- werkzaamheden, met bevochtiging	13 metingen op 25-50 meter afstand	Augustus t/m December 2001	Droog	< 400	< 400

Sanering van verontreinigde baggerspecie [SGS, 2001]*Beschrijving locatie*

Een oppervlak van ca. 2,7 ha, verontreinigd met niet-hechtgebonden asbesthoudend materiaal en los vezelmateriaal in een concentratie van meer dan 1000 mg/kg chrysotielasbest. Totaal is ca. 1200 ton verontreinigde baggerspecie gesaneerd. De baggerspecie was zeer nat.

Meetomstandigheden

In januari 2001 zijn diverse metingen uitgevoerd tijdens het ontgraven, verplaatsen en storten van natte verontreinigde baggerspecie. De metingen betroffen omgevingsmetingen, en zijn alle op ca. 5 meter afstand van de werkzaamheden uitgevoerd. Ten tijden van de metingen was het halfbewolkt weer en zwak tot matige wind. De analyses zijn uitgevoerd met fase-contrastmicroscopie.

Resultaten

Omschrijving partij	Activiteiten	Conditie	Metingen	Asbestvezel- concentratie (vezels/m ³)
Zeer natte partij (1200 ton) baggerspecie; niet-hechtgebonden en los vezelmateriaal, >1000 mg/kg	Graven, verplaatsen en storten	Halfbewolkt weer met zwakke tot matige wind	Diverse metingen op ca. 5 meter van de werkzaamheden	< 1000

Het storten van asbesthoudende grond, Wieringermeer [Kalsbeek, 2000]

Beschrijving locatie

27 partijen asbesthoudende grond te Wieringermeer. De asbestconcentratie varieerde van < 1 tot maximaal 5300 mg/kg. De verontreiniging bestond zowel uit hechtgebonden asbestcement met chrysotiel- en soms ook crocidoliet-asbest, als ook uit niet-hechtgebonden materialen, zoals boardmateriaal en isolatiemateriaal met chrysotiel-, amosiet- en crocidoliet-asbest. Daarnaast zijn van de drie asbesttypen ook sporen (< 4 mg/kg) ongebonden vezelmateriaal aangetroffen. Er wordt geen melding gemaakt van type grond, maar wel staat vast dat de grond voor de stort vochtig was of indien de grond droog was, vochtig gemaakt werd middels een sproeiwagen.

Meetomstandigheden

In de periode juni t/m september 2000 zijn op 27 dagen metingen verricht tijdens het storten van asbesthoudende grond (vier partijen bleken na analyse geen asbest te bevatten). De aanleiding van het onderzoek was de wens om een beeld te krijgen van de blootstellingsrisico's bij zogenaamde open stort van asbesthoudend materiaal. Tijdens de stortactiviteiten is gedurende vier uur op vier plaatsen stationair gemeten:

- aan de buitenzijde van de kraan direct op het stortfront;
- bovenwinds aan de afzetting van het monodepot (referentiemeting);
- 2x benedenwinds omgeving aan het stortfront (op ca. 10 meter afstand van stortfront).

De weersomstandigheden waren zeer verschillend en varieerde van droog en zonnig weer tot bewolkt weer met buien. De wind was vaak zwak tot matig met maximaal windkracht 4. De analyses zijn uitgevoerd met scanning-electronen-microscopie.

Resultaten

Meetdag	Concentratie grond (mg/kg)	Gebondenheid materialen	Weerscondities (grond werd altijd vochtig gehouden)	Asbestvezelconcentratie (vezels/m ³)	
				omgeving	stortfront
13/6/2000	58	hecht/niet-hecht	Bewolkt, droog, veel wind	< 2000	< 2000
15/6/2000	33	hecht/niet-hecht	Bewolkt, droog, matige wind	< 2000	< 2000
19/6/2000	22	hecht/niet-hecht	Zonnig, droog, matige wind	< 2000	< 2000
21/6/2000	48	hecht/niet-hecht	Bewolkt, droog, matige wind	< 2000	< 2000

Meetdag	Concentratie grond (mg/kg)	Gebondenheid materialen	Weerscondities (grond werd altijd vochtig gehouden)	Asbestvezelconcentratie (vezels/m ³)	
				omgeving	stortfront
23/6/2000	35	hecht/niet-hecht	Bewolkt, regen (0,4 mm), matig wind	< 2000	< 2000
29/6/2000	6	hecht/niet-hecht	Bewolkt, droog, zwakke wind	< 2000	< 2000
5/7/2000	6	hecht/niet-hecht	Bewolkt, regen (0,1 mm), zwakke wind	< 2000	< 2000
7/7/2000	450	hecht/niet-hecht	Bewolkt, droog, matige wind	< 2000	< 2000
12/7/2000	73	hecht/niet-hecht	Bewolkt, regen (0,1 mm), matige wind	< 2000	< 2000
14/7/2000	340	hecht/niet-hecht	Bewolkt, regen (2,4 mm), matige wind	< 2000	< 2000
18/7/2000	540	hecht/niet-hecht	Bewolkt, droog, zwakke wind	< 2000	< 2000
20/7/2000	1190	hecht/niet-hecht	Zonnig, droog, matige wind	< 2000	< 2000
24/7/2000	170	hecht/niet-hecht	Zonnig, droog, matige wind	< 2000	< 2000
26/7/2000	1270	hecht/niet-hecht	Bewolkt, droog, zwakke wind	< 2000	< 2000
28/7/2000	1940	hecht/niet-hecht	Bewolkt, regen (0,4 mm), zwakke wind	< 2000	< 2000
31/8/2000	41	hecht/niet-hecht	Onbekend	< 2000	< 2000
5/9/2000	730	hecht	Zonnig, droog, zeer zwakke wind	< 2000	< 2000
11/9/2000	37	hecht/niet-hecht	Zonnig, droog, zwakke wind	< 2000	< 2000
13/9/2000	1210	hecht/niet-hecht	Bewolkt, droog, matige wind	< 2000	< 2000
19/9/2000	5320	hecht/niet-hecht	Zonnig, droog, zwakke wind	< 2000	< 2000
21/9/2000	560	hecht/niet-hecht	Bewolkt, regen (1,9 mm), zwakke wind	< 2000	< 2000
26/9/2000	490	hecht/niet-hecht	Bewolkt, regen (11 mm), zwakke wind	< 2000	< 2000
28/9/2000	340	hecht/niet-hecht	Bewolkt, regen (3 mm), veel wind	< 2000	< 2000

Het storten van asbesthoudende grond, Rotterdam [GWR, 2000/2001]

Beschrijving locatie

12 partijen asbesthoudende grond te Rotterdam. De asbestconcentratie varieerde van 8 tot maximaal 47800 mg/kg. De verontreiniging bestond voornamelijk uit hechtgebonden materialen, er wordt echter geen melding gemaakt van type materialen, soorten asbest en typen grond. Ook is niet bekend of de grond vochtig was; er

wordt echter vanuit gegaan dat de grond vochtig was of vochtig werd gemaakt alvorens te storten aangezien dat de normaal gangbare procedure is.

Meetomstandigheden

Vanaf voorjaar 2000 t/m najaar 2001 zijn op 50 dagen metingen verricht tijdens het storten van 11 partijen met asbesthoudende grond. Er zijn gemiddeld 6 metingen per dag uitgevoerd zodat in totaal ca. 300 luchtmetingen zijn verricht. Er wordt geen melding gemaakt van de meetposities, meetduur en de weersomstandigheden. De weersomstandigheden zijn waarschijnlijk zeer verschillend geweest. De analyses zijn voornamelijk uitgevoerd met behulp van fase-contrastmicroscopie en een enkele keer met behulp van scanning-electronenmicroscopie.

Resultaten

Meetperiode	Partij	Concentratie grond (mg/kg)	Gebondenheid materialen	Conditie (grond werd vochtig gehouden)	Asbestvezelconcentratie	
					vezels/m ³ (LM)	Veq/m ³ (SEM)
Medio 2000	07079A	100	-	-	< 10.000	-
Medio 2000	07066A	21	-	-	< 10.000	-
Medio 2000	07050A	47800	-	-	< 10.000	-
Najaar 2000	07113A	1330	-	-	< 10.000	-
Najaar 2000	07114A	4480	-	-	< 10.000	-
Najaar 2000	07086A	140	-	-	< 10.000	-
Voorjaar 2001	07100A	2470	-	-	< 10.000	< 200
Voorjaar 2001	07118A	680	-	-	< 10.000	< 200
Voorjaar 2001	04656A	9600	-	-	< 10.000	< 200
Najaar 2001	07215A	270	-	-	< 10.000	-
Najaar 2001	07216A	110	-	-	< 10.000	-

Het verplaatsen van verschillende partijen asbesthoudende grond en puingranulaat met shovels [Search, 2001]

Beschrijving locatie

Zes partijen asbesthoudende grond op verschillende plaatsen in Nederland. De asbestconcentratie varieerde van 25 tot maximaal 7000 mg/kg. De verontreiniging bestond voornamelijk uit hechtgebonden materialen, maar enkele keren zijn ook niet-hechtgebonden materialen aangetroffen. Er is hoofdzakelijk chrysotielasbest aangetroffen met soms crocidolietasbest. In twee van de zes gevallen was de bodem vochtig, in de overige vier gevallen is geen melding gemaakt van de vochtigheid van de bodem.

Meetomstandigheden

Per partij is iedere keer één PAS-meting uitgevoerd, tijdens het verplaatsen met behulp shovels. Hierbij is telkens direct op de bron gemeten. Er wordt in twee gevallen melding gemaakt van de weersomstandigheden. Drie metingen zijn uitgevoerd in juni en juli, waarbij kan worden aangenomen dat de weersomstandigheden waarschijnlijk droog waren. De analyses zijn voornamelijk uitgevoerd met behulp van fase-contrastmicroscopie en een enkele keer met behulp van scanning-electronenmicroscopie.

Resultaten

Meet-periode	Locatie	Concentratie grond (mg/kg)	Gebondenheid materialen	Condities	Asbestvezel-concentratie	
					vezels/m ³ (LM)	Veq/m ³ (SEM)
-	Asbestweg, Gemert, 3650 m ²	450 - 1320	hecht	Vochtige bodem, matige neerslag	< 7.000	
-	Puinpad, De Mortel, 500 m ²	35 - 830	hecht	Vochtige bodem, droog weer		< 800
13/06/01	Bodem, Hendrik Ido-Ambacht, 5000 m ²	25 - 1800	hecht met sporen vezelbundels	onbekend		< 900
19/06/01	Bodem, Rotterdam, 2500 m ²	3740 (max. 7000)	hecht met sporen vezelbundels	onbekend		< 800
04/07/01	Bodem, Den Haag, 3000 m ²	950 (170-2400)	hecht	onbekend	< 7.000	
-	Bodem, Maastricht, 3500 m ²	1010	hecht	onbekend 1)	< 7.000	
22/02/01	Depot grond, Steenberg, 950 m ³	0,1-1	hecht met sporen vezelbundels	onbekend 2)	< 7.000	

1) Naast het verplaatsen met shovels is de grond ook mechanisch bewerkt.

2) De metingen zijn verricht tijdens een depotbemonstering.

Bijlage 4 Het zeven van verontreinigde grond en puin(granulaat)

Het uitzeven van met asbestcement verontreinigde grond, Brabant [TNO, 1998]

Beschrijving locatie

Twee verschillende locaties in Brabant met een partij met asbestcement verontreinigde grond. In één partij betrof het een asbestconcentratie van 15 mg/kg, in de ander was de asbestconcentratie 100 mg/kg.

Meetomstandigheden

Tijdens het uitzeven van met stukjes asbestcement verontreinigd puin uit grond zijn per partij drie concentratiemetingen uitgevoerd op en nabij de zeefinstallatie. De metingen zijn uitgevoerd bij droog weer en zwakke wind. De analyses zijn uitgevoerd met scanning electronenmicroscopie. De partijen zijn droog gezeefd.

Resultaten

Omschrijving locaties	Activiteiten	Weerscondities	Metingen	Asbestvezelconcentratie	
				Vezels/m ³	Veq/m ³
Partij grond met puin; asbestcement, 15 mg/kg (oktober 1997)	Machinaal zeven	Droog weer, zwakke wind	3 metingen op en nabij de zeefinstallatie	< 1000	< 1000
Partij grond met puin; asbestcement, 100 mg/kg (maart 1998)	Machinaal zeven	Droog weer, zwakke wind	3 metingen op en nabij de zeefinstallatie	< 1000	< 1000

Het uitzeven van met asbestcement verontreinigde grond, Lelystad [BME, 2001]

Beschrijving locatie

Twee verschillende partijen grond:

- 375 ton droge zandgrond met restanten BSA, tegels, plastic, hout (ca. 5%). De grond is verontreinigd met stukken asbestcementplaat met 10-15% chrysotiel en 0,1-2% crocidoliet, in een concentratie van minimaal 22 mg/kg.
- 170 ton vochtige kleigrond met restanten BSA, tegels, plastic, hout en graspolen (ca. 10%). De grond is verontreinigd met stukken asbestcementplaat met 10-15% chrysotiel en 0,1-2% crocidoliet, in een concentratie van minimaal 2 mg/kg.

Meetomstandigheden

Tijdens het uitzeven van grove bestanddelen uit grond zijn per partij vier concentratiemetingen uitgevoerd. De eerste serie metingen, tijdens uitzeven van de zandgrond, zijn uitgevoerd bij droog weer en zwakke wind, tijdens het zeven van de kleigrond regende het de helft van de tijd. Twee van de metingen zijn dicht bij de installatie geplaatst, benedenwinds ten opzichte van de uitloop van de grove (asbesthoudende) en fijne fractie (SEM-metingen). De overige twee metingen zijn achtergrondmetingen (benedenwinds) en zijn in de buurt van de installatie geplaatst. De analyses zijn uitgevoerd zowel met fase-contrastmicroscopie als met met scanning electronenmicroscopie.

Resultaten

Omschrijving locaties	Activiteiten	Weerscondities	Metingen	Asbestvezelconcentratie	
				Vezels/m ³	Veq/m ³
Droge partij zandgrond met puin (250 m ³); asbestcement, >22 mg/kg (17 juli 2001)	Machinaal zeven m.b.v. sterrenzeef (100 m ³ /uur)	Droog weer, zwakke wind	2 nabij uitloop zeefinstallatie	< 500	< 500
			2 achtergrond, benedenwinds	< 1.000	-
Vochtige partij kleigrond met puin (130 m ³); asbestcement, >2 mg/kg (18 juli 2001)	Machinaal zeven m.b.v. sterrenzeef (75 m ³ /uur)	Vochtig weer (1/2 regen), zwakke wind	2 nabij uitloop zeefinstallatie	< 350	< 350
			2 achtergrond, benedenwinds	< 1.000	-

Het zeven van gedroogde grond in het laboratorium, Apeldoorn [TNO, 1999]

Beschrijving locatie

Eén monster gedroogde zandgrond (8 kg) verontreinigd met losgebonden isolatie en ongebonden vezelmateriaal. De totale concentratie bedroeg 1,7 (0,6-4,6) mg/kg.

Meetomstandigheden

Tijdens het zeven van het vooraf gedroogde zandmonster in het laboratorium is één luchtmeting uitgevoerd, waarbij de meetkop boven de handmatige zeefhandelingen is geplaatst (worst case meting). De analyse is uitgevoerd met scanning electronenmicroscopie.

Resultaten

Omschrijving partij	Activiteiten	Condities	Metingen	Asbestvezelconcentratie	
				Vezels/m ³	Veq/m ³
Monster gedroogde zandgrond met 2 mg/kg asbest in los- en ongebonden vorm	Handmatig zeven	Droog	1 meting direct boven het uitzeven	< 920	< 920

Scheidingsproef asbesthoudende grond te Amsterdam [BK, 2000]

Beschrijving locatie

Een grondreinigingsdepot te Amsterdam. Het betreft één partij puinhoudende grond verontreinigd met asbesthoudende materialen. De partij bevat gemiddeld 400 mg/kg asbest waarvan ca. 300 mg/kg in hechtgebonden vorm (asbestcement met 10-15% chrysotiel) en ca. 100 mg/kg in niet-hechtgebonden tot ongebonden vorm (isolatiematerialen met 30-60% chrysotiel en 5-10% crocidoliet, zachtboardmateriaal met 30-60% amosiet en vezelbundels chrysotiel, amosiet en crocidoliet). Ook zijn respirabele vezels aangetroffen in een concentratie van 0,3-5 mg/kg. De partij bestaat uit zanderige grond. De vochtigheid van deze zandgrond betrof ca. 5-10% (afgeleid uit grondanalyses door TNO-MEP uitgevoerd).

Meetomstandigheden

In september en november 2000 zijn vezelconcentratiemetingen in de lucht uitgevoerd tijdens een scheidingsproef. Op de volgende locaties zijn stationaire metingen verricht ten behoeve van analyse met fase-contrastmicroscopie:

- bij de trommelzeef;
- bij het transport en overslag tussen trommelzeef en grondreinigingsinstallatie;
- bij de reinigingsinstallatie;
- referentiemeting bovenwinds van het terrein.

Bij de trommelzeef en de referentiemeting zijn tevens metingen verricht ten behoeve van analyse met scanning-electronenmicroscopie. De uitvoering van de hoofdreiniging geschiedt onder natte condities. Er wordt geen melding gemaakt van weersomstandigheden, maar er wordt wel gezegd dat het voorzeven met behulp van een trommelzeef is uitgevoerd bij weersomstandigheden waarbij stofvorming niet kan optreden (dus: bewolkt weer met neerslag).

Resultaten

Datum	Omschrijving partij	Weerscondities	Activiteit	Metingen	Asbestvezelconcentratie	
					Vezels/m ³ (LM)	Veq/m ³ (SEM)
23/9/01	Vochtige zandgrond met ca. 300 mg/kg hechtgebonden en 100 mg/kg niet-hechtgebonden asbest	Bewolkt, niet zonnig, neerslag onbekend	trommelzeef	4 (bij bron)	< 10.000	< 2.000
			transport	2 (bij bron)	< 10.000	-
			natte reiniging	2 (bij bron)	< 10.000	-
			referentie	4 (bovenwinds)	< 10.000	< 2.000
18/11/01	Vochtige zandgrond met ca. 300 mg/kg hechtgebonden en 100 mg/kg niet-hechtgebonden asbest	Bewolkt, niet zonnig, neerslag onbekend	trommelzeef	2 (bij bron)	< 10.000	-
			transport	2 (bij bron)	< 10.000	-
			natte reiniging	2 (bij bron)	< 10.000	-
			referentie	2 (bij bron)	< 10.000	-

Scheidingsproef asbesthoudende grond te Waalwijk [AVR, 2001]

Beschrijving locatie

Het betreft drie partijen zandgrond verontreinigd met asbesthoudende materialen:

- Partij 1: hechtgebonden asbestcement materiaal (10-15% chryotiel) met een spoor chrysotiel vezelbundels; asbestconcentratie is 160 mg/kg;
- Partij 2: niet hechtgebonden zachtboard (10-20% amosiet); asbestconcentratie is 4,3 mg/kg;
- Partij 3: niet hechtgebonden isolatiemateriaal (60-80% amosiet); asbestconcentratie is 7,3 mg/kg.

De partij bestaat uit zandgrond uit Katwijk. Er wordt geen melding gemaakt van de vochtigheid van deze zandgrond.

Meetomstandigheden

In mei 2001 bij de zeving met behulp van een trommelzeef en in juli 2001 bij de nattegrondreiniging zijn vezelconcentratiemetingen in de lucht uitgevoerd. De volgende metingen zijn verricht:

- 1 stationaire meting bij de trommelzeef (8 - 10 mei);
- 2 PAS-metingen bij het trommelzeven (8 - 10 mei);
- 12 stationaire metingen bij de reinigingsinstallatie (28 juni - 7 juli);
- 4 PAS-metingen bij het nat reinigen (28 juni - 7 juli).

Er wordt geen melding gemaakt van weersomstandigheden, maar er wordt wel gezegd dat het voorzeven met behulp van een trommelzeef is uitgevoerd met een minimale omwentelsnelheid om stofvorming tegen te gaan. De analyses zijn uitgevoerd met fase-contrastmicroscopie.

Resultaten

Datum	Omschrijving partij	Conditie (grond en weer)	Activiteit	Metingen	Asbestvezelconcentratie (vezels/m ³)
8-10/5/01 5-7/7/01	Zandgrond, 160 mg/kg, hechtgebonden	-	trommelzeef natte reiniging	2 PAS, 1 stationair 4 stationair	< 10.000 < 10.000
8-10/5/01 2-3/7/01	Zandgrond, 4,3 mg/kg, niet-hechtgebonden	-	trommelzeef natte reiniging	2 PAS, 1 stationair 3 PAS, 6 stationair	< 10.000 < 10.000
8-10/5/01 3-4/7/01	Zandgrond, 7,3 mg/kg, niet-hechtgebonden	-	trommelzeef natte reiniging	2 PAS, 1 stationair 1 PAS, 2 stationair	< 10.000 < 10.000

Bijlage 5 Monitoring tijdens bodemonderzoek

Bodemonderzoek te Lelystad [BME, 2001]

Beschrijving locatie

Een voormalige wijk te Lelystad, ca. 24 ha groot, is heterogeen, in meer of mindere mate verontreinigd met stukken asbestcement plaatmateriaal (ca. 5-100 mg/kg). Een fractie van de stukjes asbestcement (< 1%) is dermate verweerd en geërodeerd dat deze als niet-hechtgebonden zijn gekarakteriseerd (0,1-5 mg/kg). Het merendeel van de aangetroffen stukken asbestcement bestaat uit 10-15% chrysotiel en 0,1-2% crocidoliet. De verontreiniging zit voornamelijk in de bovenlaag (incl. top-laag) van tuinen en groenstroken. De verontreinigde bodem bestaat uit ca. 22% klei en 78% zand.

Meetomstandigheden

Tijdens diverse grondwerkzaamheden zijn achtergrond concentratiemetingen verricht. De metingen zijn uitgevoerd in de buurt van de werkzaamheden bij overwegend droog weer en met name bij stoffige omstandigheden. De volgende werkzaamheden zijn uitgevoerd:

- top laag ontgraven met behulp van een graafmachine;
- boringen met behulp van een grondboor;
- graven van sleuven met behulp van een graafmachine;
- verwijderen van tegels en
- inspectie grond.

Per activiteit zijn 2 metingen uitgevoerd op een hoogte van 1,5 meter (ademhoogte). De analyses zijn uitgevoerd met fase-contrastmicroscopie.

Resultaten

Datum	Locatie	Bodemconcentratie (mg/kg)		Activiteit	Bodemtype	Weerscondities	Asbestvezelconcentratie (vezels/m ³)
		hecht	niet-hecht				
28/03	64G en 79T	7-34	0,2	Toplaag ontgraven	Zand/humus	Wisselvallig	< 1.000
03/04	66P	4	-	Toplaag ontgraven	Zand	Droog/ zonnig	< 1.000
05/04	89T	9	-	Toplaag ontgraven	Zand/klei	Regen/ zonnig	< 1.000
09/04	95PP	-	5	Boringen	Zand	Droog/bewolkt	< 1.000
11/04	97T	3	-	Toplaag ontgraven	Zand	Regen/ zonnig	< 1.000
13/04	95PP	-	5	Grondboringen	Zand	Droog/zonnig	< 1.000
17/04	67T	16	-	Toplaag ontgraven	Zand	Droog/bewolkt	< 1.000

Da-tum	Locatie	Bodemconcentra-tie (mg/kg)		Activiteit	Bodem-type	Weers-condities	Asbestvezel-concentratie (vezels/m ³)
		hecht	niet-hecht				
20/04	32P en 26PP	0,3	0,2	Toplaag ontgraven	Zand	Droog/bewolkt	< 1.000
25/04	133P	22	-	Toplaag ontgraven	Zand	Regen/zonnig	< 1.000
01/05	57W	-	0,8	Inspectie sleuf	Zand	Droog/zonnig	< 1.000
03/05	70G	19	-	Toplaag ontgraven	Humus	Regen/zonnig	< 1.000
04/05	156W	0,2	-	Grond-boringen	Zand/puin	Regen/zonnig	< 1.000
07/05	96P	3	0,4	Inspectie	Zand	Droog/zonnig	< 1.000
14/05	135T	8-113	-	Ontgraven	Zand	Zonnig, geen wind	< 1.000
21/05	165PP en 181PP	0,2	0,1	Boringen	Zand/puin	Droog, geen wind	< 1.000
22/05	135T	8-113	-	Graven sleuf	Zand	Zonnig	< 740 *
23/05	147P	6	-	Toplaag ontgraven	Zand	Zonnig, geen wind	< 1.000
20/06	146 en 147	6-8	-	Verwijderen tegels	Zand	Zonnig, weinig wind	< 1.000
04/07	163T	65	-	Toplaag ontgraven	gemengd	Zonnig	< 1.000

* Analyse met scanning electronmicroscopie.

Bodemonderzoek in een woonwijk te Lisserbroek [Omegam, 1997]

Beschrijving locatie

In een woonwijk te Lisserbroek is een asbestverontreiniging geconstateerd. De verontreiniging bestaat uit hechtgebonden asbestcement met gemiddeld 10-15% chrysotiel en 0,1-2% crocidoliet, niet-hechtgebonden boardmateriaal met 40-60% amosiet en 1-5% chrysotiel en niet-hechtgebonden pakkingsmaterialen met > 75% chrysotiel. Ook zijn losse (inclusief respirabele) asbestvezels aangetroffen. De verontreiniging doet zich voor in de bovenlaag, inclusief toplaag, van tuinen, plantsoenen en groenvoorzieningen. De bodem kan worden omschreven als humus- en puinhoudend zand. Asbestconcentraties in de bodem van de meeste verontreinigde gebieden variëren tussen de 100 en 5000 mg/kg, met op enkele plaatsen tot 50 mg/kg aan respirabele asbestvezels.

Meetomstandigheden

Op 5 juni 1997, gedurende een volledige dag (12 uur), zijn een drietal metingen, benedenwinds, op de meest verontreinigde gebieden uitgevoerd. Ook is een referentiemeting verricht. Vooraf en tijdens de metingen was het minimaal 3 dagen zonnig en droog weer met een lichte tot matige wind. De metingen zijn uitgevoerd

nadat reeds de visueel waarneembare asbesthoudende stukjes waren verwijderd. Uit de grondmonsters blijkt echter dat er alsnog een verontreiniging met voornamelijk niet-hechtgebonden materialen en losse vezels overblijft van 10-500 mg/kg. De luchtmetingen zijn statisch genomen, dat wil zeggen geen activiteit, op een afstand van < 5 meter en een hoogte van 1,5 meter (ademhoogte). Alle analyses zijn uitgevoerd met scanning electronenmicroscopie.

Resultaten

Locatie	Omschrijving verontreiniging	Meet-condities	Weerscondities	Asbestvezel-concentratie	
				Vezels/m ³	Veq/m ³
Kinderdagverblijf Brandweerkazerne Straat	Droge zandgrond, niet-hechtgebonden materialen, inclusief losse vezels, 10-500 mg/kg	meting op locatie (0-5 mtr), geen activiteit	Zonnig en droog weer	< 260	< 260
				< 180	< 180
				< 190	< 190
Referentie	-	100 mtr afstand	Zonnig en droog weer	< 170	< 170

Depotonderzoek van een partij verontreinigde grond te Zwijndrecht [ASES, 2001]

Beschrijving locatie

Een partij met asbest verontreinigde grond (A031) te Zwijndrecht. Het depot is opgedeeld in 4 deelpartijen, met een concentratie tussen de 8 en 418 mg/kg. In deelpartij 1 en 2 is alleen hechtgebonden plaatmateriaal met 10-15% chrysotiel aangetroffen, in deelpartij 3 en 4 is ook niet-hechtgebonden chrysotielhoudend isolatiemateriaal aanwezig met een concentratie van respectievelijk 3,7 en 2,4 mg/kg. In het laatste monster is 8 mg/kg crocidoliet aangetroffen afkomstig van golfplaatmateriaal. Uit de bodemanalysecertificaten blijkt dat de grond nat was met een vochtgehalte van ca. 25-30%.

Meetomstandigheden

Tijdens een depotbemonstering eind juli 2001 zijn een zestal omgevingsmetingen uitgevoerd, waarvan 5 aan de rand van het depot (< 5 meter) en een meting op het depot (< 5 meter). De activiteiten bestonden uit het nemen van 4 x 100 grepen uit de partij (graafwerkzaamheden), het uitspreiden van deze grepen in een schouwbak voor visuele controle en het samenstellen van 8 mengmonsters. In totaal ging het om drie 2-uurs metingen en drie 8-uurs metingen. Vier analyses zijn uitgevoerd met fase-contrastmicroscopie en twee met scanning electronenmicroscopie. Er is geen melding gemaakt van weersomstandigheden.

Resultaten

Datum	Omschrijving partij	Weerscondities	Activiteit	Metingen	Asbestvezelconcentratie	
					Vezels/m ³ (LM)	Veq/m ³ (SEM)
Juli 2001	Vochtige grond met 7,5-418 mg/kg hechtgebonden en 0-3,7 mg/kg niet-hechtgebonden asbest	Onbekend	Bemonstering (incl graafwerkzaamheden) en visuele inspectie	6 metingen (2-8 uur, < 5 meter vanaf de bron	<10.000	< 1.000

Bijlage 6 Relevante termen en definities

Statische luchtmeting

Wanneer luchtmonsters op vaste meetpunten worden verzameld spreekt men van statische meting. Een voorbeeld van statische metingen zijn achtergrondconcentratiemetingen. De pomp, die nodig is voor aanzuiging van de omgevingslucht, heeft een aanzuigdebiet van ca. 8 liter per minuut, waarbij het filter op een hoogte van ca. 1,5 meter wordt geplaatst (ademhoogte). Er wordt gedurende een langere tijd bemonsterd (3 – 8 uur) waaruit een week-, maand- of jaargemiddelde asbestconcentratie kan worden berekend.

Persoonlijke luchtmeting

Wanneer in de ademzone van een persoon wordt bemonsterd, spreekt men over persoonlijke meting of een P.A.S- meting (personal air sampling). Dit type meting wordt uitgevoerd bij werknemers waarbij een beroepsmatige blootstelling aan asbestvezels kan worden verondersteld. Met behulp van een batterijgevoed pompje wordt gedurende een korte periode (ca. 0,5 – 1 uur) met een maximum debiet van ca. 2 liter per minuut bemonsterd.

Fase-contrast microscopie (FCM)

FCM is een lichtmicroscopische techniek waarmee o.a. vezels kunnen worden geteld bij fase-contrast belichting. Vezeltellingen worden uitgevoerd op membraanfilters, waarbij op een aantal willekeurige over het filteroppervlak gekozen beeldvelden de aanwezige vezelvormige deeltjes worden geteld. Door de geringe resolutie zijn vezels dunner dan 0,3 μm niet meer waarneembaar; ook de gevoeligheid van de methode is beperkt (ca. 10.000 vezels/ m^3). Bovendien is het niet mogelijk om onderscheid te maken tussen verschillende asbestsoorten onderling en andere vezelvormige deeltjes.

Scanning-elektronenmicroscopie in combinatie met röntgenmicroanalyse (SEM/RMA)

SEM/RMA is een methode voor de detectie en identificatie van vezels. Met SEM/RMA kunnen asbestvezels worden gekarakteriseerd op grond van morfologische kenmerken en elementsamenstelling. Daarnaast kunnen vezeltellingen worden uitgevoerd op goud gecoatete 'Nuclepore'-filters, waarbij op een aantal willekeurig over het filteroppervlak gekozen beeldvelden de aanwezige vezels worden geteld, gemeten en geïdentificeerd.

Hechtgebonden asbest

Het asbest in een product met een kwaliteitsfactor van 0,35 of meer, bepaald volgens de onderzoeksmethode, bedoeld in artikel 4 van het Warenwetbesluit asbest.

De asbestvezels zijn in deze producten goed gebonden. Voorbeelden:

- asbestcementproducten die zich in goede of redelijke staat bevinden;
- asbestbevattende vinylvloertegels die zich in goede of redelijke staat bevinden;
- asbestbevattende bitumen dat zich in goede of redelijk staat bevindt.

In de ontwerpnorm NEN 5707 wordt dezelfde definitie aangehouden. Aanvullend geldt voor de stukjes kleiner dan < 4 mm dat als deze duidelijk afkomstig zijn van hechtgebonden producten en materialen, ze tevens als hechtgebonden worden gekenmerkt. In die gevallen dienen minimaal nog resten matrixmateriaal aanwezig te zijn.

Niet hechtgebonden asbest (losgebonden asbest)

Het asbest in een product met een kwaliteitsfactor van minder dan 0,35, bepaald volgens de onderzoeksmethode, bedoeld in artikel 4 van het Warenwetbesluit asbest. De asbestvezels zijn in deze producten niet of slecht gebonden. Voorbeelden:

- isolatie van leidingen, ketels, tanks, brandkastdeuren e.d.;
- isolatie van oudere elektrische apparaten als ovens, broodroosters, strijkijzers e.d.;
- gespoten asbesthoudende materialen (spuitasbest e.d.);
- vinylvloerbedekking met asbesthoudende onderlaag;
- brandwerend board;
- zwaar verweerde asbestcementproducten.

In de ontwerpnorm NEN 5707 wordt dezelfde definitie aangehouden. Aanvullend geldt voor de stukjes kleiner dan < 4 mm dat als deze afkomstig zijn van niet-hechtgebonden producten en materialen en/of het vezelbundels en vezels betreft zonder resten matrix ze als niet-hechtgebonden worden gekarakteriseerd.

Niet hechtgebonden asbest kent verschillende gradaties, van ongebonden asbest, zonder matrixmateriaal, tot slecht- en matig-gebonden asbest.

Vrije asbestvezels $< 100 \mu\text{m}$

Vrije asbestvezels $< 100 \mu\text{m}$ zijn potentieel inadembare vezels, ook wel (ten onrechte) respirabele vezels genoemd. Conform de Ontwerp NEN 5707 wordt de fractie aan vrije asbestvezels $< 100 \mu\text{m}$ bepaald door middel van bezinking in water, waarbij wordt afgescheiden bij een Stokes' middellijn van ca. $100 \mu\text{m}$. De vrije asbestvezels $< 100 \mu\text{m}$ bepalen het actuele blootstellingsrisico aangezien alleen deze vezels ingeademd kunnen worden.

Bijlage 7 Blootstellingsrisico's en normstelling in lucht

De geschatte globale risiconiveaus voor de algemene bevolking bij levenslange blootstelling aan asbest in de lucht wordt gegeven in onderstaande tabel. Bij deze risicoschatting wordt onderscheid gemaakt tussen amfibole en chrysotielvezels en tussen meting met een lichtmicroscop en met een elektronenmicroscop [VROM, 1994].

Risicoschatting voor de algemene bevolking bij levenslange blootstelling aan asbest in de buitenlucht.

Effect	'lifetime'risico	Vezels/m ³ gemeten met FCM	Vezels/m ³ langer dan 5 µm gemeten met SEM
Mesothelioom (voor zowel rokers als niet rokers)	10 ⁻⁶	5 – 50 ¹	10 – 100 ¹
	10 ⁻⁴	50 - 5.000 ²	100 – 10.000 ²
		500 – 50.000 ¹ 5.000 – 500.000 ²	1.000 – 10.000 ¹ 10.000 – 100.000 ²
Longkanker (voor een populatie met 30% rokers)	10 ⁻⁶	50 – 500	100 – 1.000
	10 ⁻⁴	5.000 – 50.000	10.000 – 100.000

1) Voor amfibolen.

2) Voor chrysotiel.

Uit de tabel blijkt dat het risico bij expositie aan amfibolen (o.a. amosiet en crocidoliet) vooral mesothelioom betreft, terwijl het risico verbonden aan chrysotiel met name het optreden van longkanker inhoudt. Een risico gedurende het hele leven (lifetime risico) van 10⁻⁶ komt ruwweg overeen met een risico van 10⁻⁸ per jaar, hetgeen binnen het normstellingsbeleid als het verwaarloosbaar risiconiveau (VR) wordt beschouwd. Een lifetime risico van 10⁻⁴, overeenkomend met ongeveer 10⁻⁶ per jaar, wordt binnen dit kader beschouwd als een maximaal toelaatbaar risico (MTR).

Het gezondheidsrisico is niet alleen sterk afhankelijk van het type vezel maar ook van de afmetingen van de vezels. De Gezondheidsraad acht de carcinogene potentie van vezels met een lengte kleiner dan 5 µm in hogere concentraties niet geheel verwaarloosbaar. Op grond hiervan wordt in de beleidsnotitie 'Asbest in het milieu' voor een gedifferentieerde normstelling gekozen:

- 1 chrysotiele vezel met een lengte > 5µm : equivalentiefactor 1
- 1 chrysotiele vezel met een lengte < 5µm : equivalentiefactor 0,1
- 1 amfibole vezel met een lengte > 5 µm : equivalentiefactor 10
- 1 amfibole vezel met een lengte < 5 µm : equivalentiefactor 1

Aansluitend bij de risico-evaluatie van de Gezondheidsraad, heeft het Ministerie van VROM kwaliteitsdoelstellingen voor asbest geformuleerd. Het milieubeleid is gericht op vermindering van risico's van blootstelling aan asbest via de lucht tot in elk geval het maximaal toelaatbaar risiconiveau en, zo mogelijk tot het verwaarloosbaar risiconiveau. Op basis van de hierboven genoemde equivalentiefactoren is men gekomen tot de volgende waarden:

- Het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) bedraagt 100.000 vezelequivalenten per m³ lucht (jaargemiddelde).
- Het verwaarloosbaar risiconiveau (VR) bedraagt 1.000 vezelequivalenten per m³ lucht (jaargemiddelde).

In het geval van asbest zijn de grenswaarde en de streefwaarde gelijk gesteld aan het MTR en het VR. Tussen grenswaarde en streefwaarde geldt het ALARA-principe (As Low As Reasonably Achievable). Het beneden het MTR al dan niet nemen van maatregelen hangt onder meer af van technische mogelijkheden, kosten, etc. Wanneer de grenswaarde wordt overschreden, geldt een inspanningsverplichting om de concentratie tot beneden de grenswaarde terug te brengen. Wanneer dat in de praktijk onuitvoerbaar is, dient expliciet te worden aangegeven waarom.