

Earth, Life & Social Sciences

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

TNO-rapport

TNO 2015 R10441 | Eindrapport

Protocol voor het bepalen van de concentratie aan respirabele asbestvezels in de lucht tijdens het op projectniveau uitvoeren van asbestverwijderingshandelingen

Datum	2 april 2015
Auteur(s)	Suzanne Spaan Ko den Boeft Jan Tempelman Jody M. Schinkel
Aantal pagina's	31 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
Projectnaam	Innovaties voor veilig werken met asbest
Projectnummer	060.14110

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 opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

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

© 2015 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Achtergrond bij protocol	4
3	Afbakening	5
4	Risicoklasse-indeling.....	7
5	Vorbereiden, uitvoeren en beoordelen asbestconcentratiemetingen tijdens saneringswerkzaamheden	8
5.1	Vorbereiding en uitvoering van de sanering	9
5.2	Vorbereiding, uitvoering en beoordeling van asbestconcentratiemetingen	11
5.2.1	Opzet meetplan en koppeling met werkplan.....	11
5.2.2	Uitvoering asbestconcentratiemetingen.....	16
5.2.3	Analyse van luchtmonsters en kleefmonsters	21
5.2.4	Beoordeling meetresultaten	22
5.2.5	Rapportage	26
6	Ondertekening	27
	Bijlage 1: Voorbeeld tijdlijn.....	28
	Bijlage 2: Voorbeelden omrekenen resultaten individuele metingen naar 8-uur TGG	29
	Bijlage 3: Voorbeeld toetsing aan referentiewaarde	31

1 Inleiding

Dit protocol is opgesteld als onderdeel van het programma “Innovaties voor veilig werken met asbest”, dat TNO uitvoert in opdracht van het ministerie van Sociale zaken en Werkgelegenheid (SZW). Het doel van dit programma is het advisering van het ministerie van SZW met betrekking tot haar beleid rondom asbestverwijdering, het komen tot een state-of-the-art onderbouwing van de blootstellingsniveaus tijdens het saneren van asbesthoudende materialen in zowel de publieke als de industriële sector, en het beschikbaar komen van nieuwe innovatieve methoden voor zowel het verwijderen van asbesthoudende materialen als het detecteren van asbest (monsternamen en analysetechniek).

Het doel van dit protocol is het beschrijven van de methodiek voor het bepalen van de respirabele vezelconcentratie tijdens het uitvoeren van asbestverwijderingshandelingen op een unieke locatie volgens een bepaalde werkmethode, op basis van de huidige ‘stand der techniek’ op dit gebied. Het op een uniforme manier uitvoeren van asbestconcentratie metingen waarbij op eenzelfde manier contextuele informatie wordt verzameld is een eerste stap richting standaardisatie. En wanneer de data die wordt verzameld van goede kwaliteit is, kan ook de blootstelling van sanerders aan asbestvezels tijdens saneringswerkzaamheden en daarmee het (potentiele) gezondheidsrisico op een valide manier worden ingeschat. Verder kan data die op een uniforme manier wordt verzameld worden gebundeld en worden gebruikt voor bijvoorbeeld blootstelling aan determinanten van blootstelling.

De methodiek zoals beschreven in dit protocol dient ook als input voor het door de Stichting Certificatie Asbest (Ascert) opgesteld asbestcertificatieschema SCI-548, met betrekking tot de uitvoering van validatiemetingen, en is in dit kader ook besproken met afgevaardigden van Ascert, het ministerie van SZW, Inspectie SZW, en het Centraal College van Deskundigen (CCvD). Deze hebben de inhoud goedgekeurd.

Naast de methodiek is in deze SCI-548 ook de procesbeschrijving (de implementatie en borging van de toepassing van deze methodiek in de praktijk) opgenomen, waarin onder andere taken en verantwoordelijkheden en de gegevensstroom zijn omschreven.

2 Achtergrond bij protocol

Inademing van asbestvezels kan leiden tot (long)aandoeningen als asbestose en mesothelioom. In dat kader is de huidige regelgeving omtrent asbest opgesteld, om werknemers te beschermen tijdens hun werkzaamheden, en daarmee het ontstaan van gezondheidsschade door blootstelling aan asbestvezels bij inademing te voorkomen.

Er zijn verschillende soorten asbest, welke meestal zijn verwerkt in asbesthoudende bouw- of constructiematerialen. Niet elk type asbesthoudend materiaal levert een direct blootstellingsrisico op. Zo komen vezels die vastzitten in bijvoorbeeld asbestcement golfplaten niet zomaar vrij. Er ontstaat een risico wanneer er handelingen worden uitgevoerd met het materiaal, bijvoorbeeld door in de platen te boren of wanneer deze breken, en er inadembare vezels vrijkomen in de lucht. Asbest is echter soms ook in vrijwel ongebonden vorm toegepast (bijvoorbeeld in de vorm van leidingisolatie, spuitasbest of brandwerende platen), waaruit de vezels gemakkelijk vrij kunnen komen en er dus een risico ontstaat. In het geval van handelingen waarbij sprake is van overschrijding van de grenswaarde is de toepassing van beschermende maatregelen noodzakelijk.

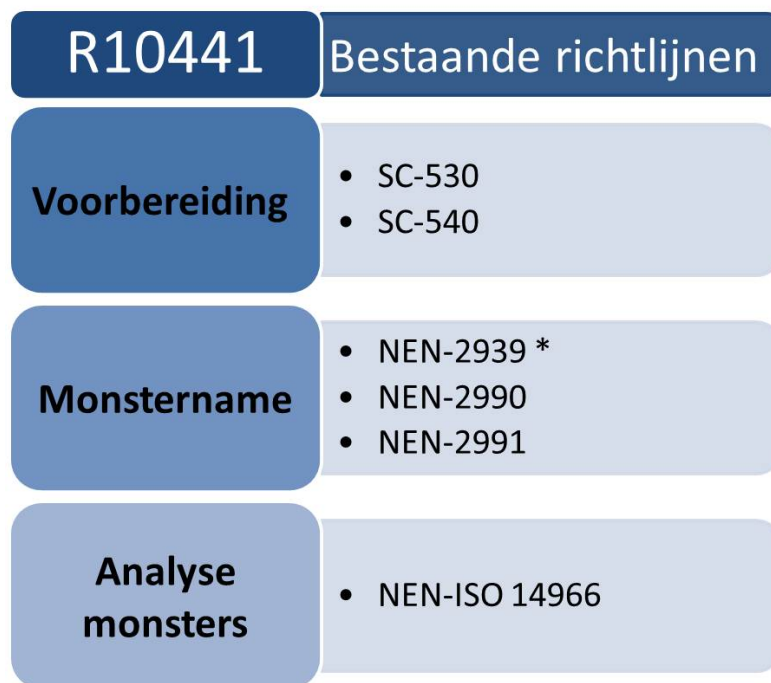
Het Arbeidsomstandighedenbesluit ¹ omvat strenge regels om werknemers die in aanraking (kunnen) komen met asbest te beschermen tegen blootstelling. Om onderscheid te kunnen maken in de risico's van bepaalde werkzaamheden is een risico-classificatie van werkzaamheden met asbest opgesteld op basis van beschikbare gegevens. Deze risico-classificatie is praktisch uitgewerkt in de StoffenManager Asbest - Risicoclassificatie Techniek (SMA-rt).² SMA-rt deelt handelingen (combinatie van product, activiteit en omstandigheden) in drie verschillende risicoklassen met een bijbehorend beheersregime in. Het asbestvezelconcentratieniveau is bepalend voor de indeling in een risicoklasse zoals die in het Arbeidsomstandighedenbesluit zijn vastgelegd.

¹ Artikel 4.2, 4.44, 4.47, 4.48 en 4.53a van het Arbeidsomstandighedenbesluit

² SMA-rt is de praktische uitwerking van het TNO-rapport R2004/523 (Tempelman J, Tromp PC, Stax L. Risicogerichte classificatie van werkzaamheden met asbest. TNO, november 2014) en de in dat kader ontwikkelde TNO Excel-database "Blootstellingsniveau's voor werkzaamheden met asbest" (versie november 2004) met asbestconcentratiemetingen bij diverse activiteiten aan diverse asbesthoudende materialen.

3 Afbakening

Dit protocol is gericht op het uitvoeren van metingen ter bepaling van de concentratie aan respirabele asbestvezels in de lucht tijdens specifieke verwijderingshandelingen aan asbesthoudende materialen zoals beschreven in het inventarisatie-rapport bijbehorende bij een unieke locatie (ook wel 'project' genoemd). Het uitgangspunt hierbij is dat wordt aangenomen dat gelijksoortige handelingen aan asbesthoudende materialen leiden tot een vergelijkbare emissie van asbestvezels. Voorbeelden van zulke unieke locaties zijn een flat met vergelijkbare asbesthoudende materialen per te saneren ruimte, een rij garageboxen in een straat, of verschillende lokalen in een school, waarvoor per situatie een inventarisatie-rapport wordt opgesteld. Hoewel het bekend is dat concentraties asbestvezels kunnen variëren binnen en tussen zowel personen als locaties, wordt in dit kader alleen rekening gehouden te worden met variatie in blootstelling van een persoon en variatie tussen personen.



Figuur 1: Samenhang van dit protocol met asbestcertificatieschema's en normen (* Ten tijde van opstellen protocol concept NEN-2939 (2007))

Dit protocol is met betrekking tot de monstername gebaseerd op NEN-2939³ en wat de analyse van monsters gebaseerd op NEN-ISO 14966⁴ (zie Figuur 1). Voor de

³ NEN-2939:2008 Ontw. nl. Werkplekatmosfeer - Bepaling van de concentratie aan respirabele asbestvezels in de lucht bij het werken met of in de directe omgeving van asbest of asbesthoudende producten, met behulp van microscopische technieken. Januari 2008 (ten tijde van opstellen protocol NEN-2939 nog in conceptvorm).

praktische uitvoering van de monsternamen en analyse wordt naar hoofdstukken en paragrafen in respectievelijk NEN-2939 en NEN-ISO 14966 verwezen. Aanvullingen hierop (dus buiten het toepassingsgebied van NEN-2939 en NEN-ISO 14966) worden in dit protocol beschreven. Wanneer een nieuwe versie van NEN-2939 beschikbaar komt wordt aanbevolen om dit protocol te herzien en direct te verwijzen naar betreffende onderdelen in NEN-2939.

Dit protocol richt zich op de saneerder, en het in kaart brengen van de risico's van de saneerder bij het uitvoeren van handelingen met asbesthoudend materiaal. Naast de saneerder zijn er echter mogelijk ook 'derden' (niet-werknemers of niet-saneerders) direct of indirect betrokken bij een bepaalde handeling, bijvoorbeeld de personen die een ruimte betreden nadat een asbestsanering is uitgevoerd of de personen die in de omgeving van een sanering verblijven (omwonenden en passanten). De veiligheid van deze groepen zal worden meegenomen als onderdeel van de implementatie van dit protocol.

Uitgangspunt bij het opstellen van dit protocol is dat de gebruikers van het protocol vakbekwaam zijn, en dus aantoonbare ervaring hebben met het uitvoeren van asbestconcentratiemetingen, dan wel het beoordelen en toetsen van deze (meet)gegevens. Deze en andere randvoorwaarden zullen worden meegenomen als onderdeel van de implementatie van dit protocol in de praktijk.

De voorwaarden voor het landelijk (of generiek) valideren van een werkmethode vallen buiten het toepassingsdomein van dit protocol, en worden beschreven in TNO-rapport R10442.⁵

⁴ NEN-ISO 14966:2003/C1:2007 en. Buitenlucht - Bepaling van de numerieke concentratie van anorganische vezelachtige deeltjes - Scanning elektronenmicroscopie methode. Januari 2003/juli 2007.

⁵ Spaan S, den Boeft J, Tempelman J, Schinkel JM. Protocol voor het valideren van nieuwe werkmethode en/of innovatieve technieken met betrekking tot asbestverwijdering ten behoeve van het indelen in een risico-klasse (t.b.v. SMA-rt). TNO rapport R10442, TNO, Utrecht, 1 april 2015.

4 Risicoklasse-indeling

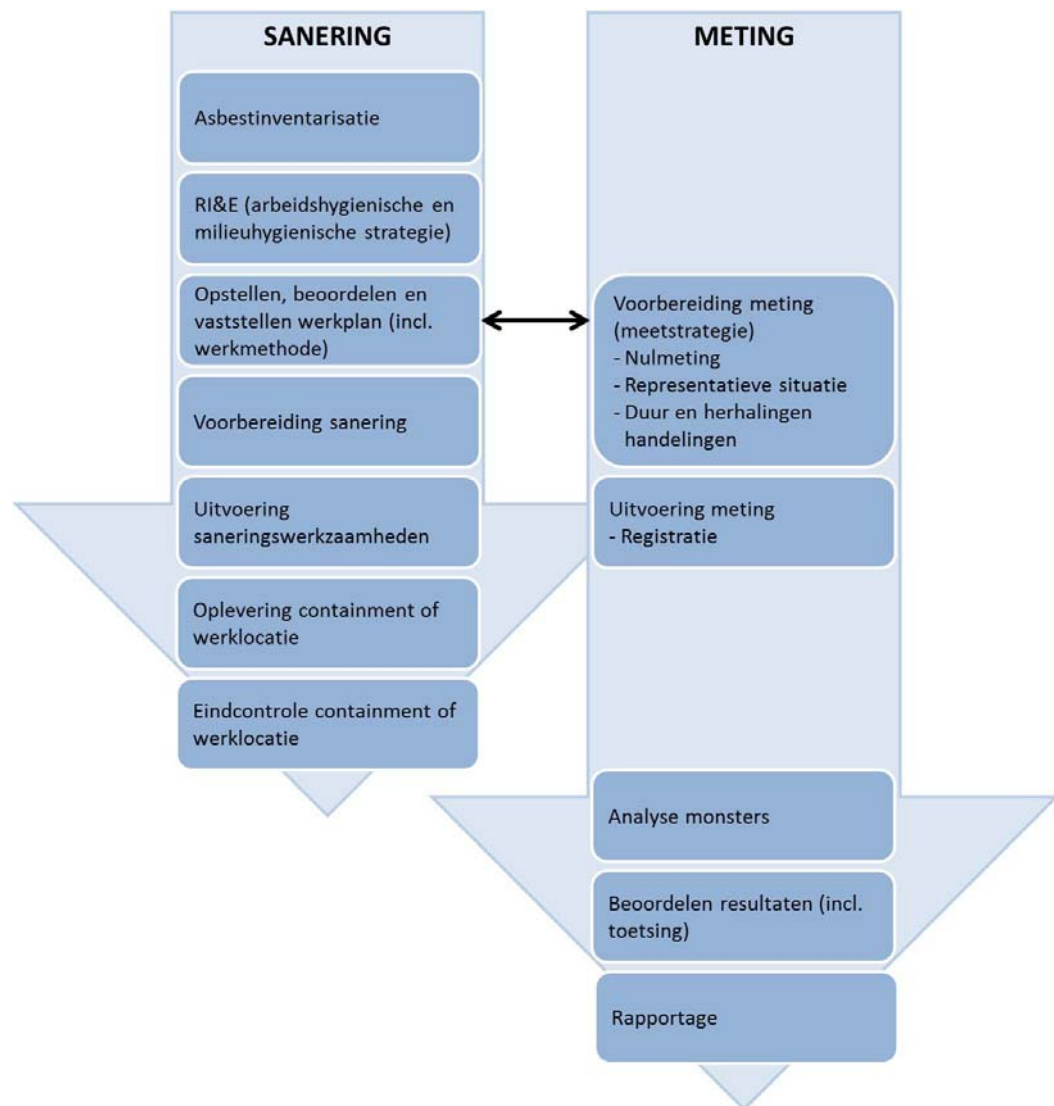
Er kunnen verschillende redenen zijn voor het uitvoeren van asbestconcentratiemetingen op projectniveau, waarmee op basis van de meetresultaten de risicoklasse-indeling, met bijhorend beheersregime, kan worden bepaald:

1. Het bepalen van de effectiviteit van emissiebeperkende werkmethode(n) (inclusief beheersmaatregelen), met als doel de vezelconcentratie in de lucht zodanig te reduceren dat de vezelconcentratie van de ingeademde lucht beneden de grenswaarde blijft (in de praktijk in het algemeen van RK2 naar RK1). Dit zijn de zogenaamde terugschalings- of validatiemetingen.⁶
2. Het bepalen van de effectiviteit van (bestaande) emissiebeperkende werkmethode(n) (inclusief beheersmaatregelen), met als doel de vezelconcentratie in de lucht zodanig te reduceren dat de vezelconcentratie van de ingeademde lucht beneden de betreffende referentiewaarde (bijvoorbeeld de geldende grenswaarde) blijft (toetsen of de risicoklasse-indeling (nog steeds) juist is).
3. Het bepalen van de effectiviteit van nieuwe / innovatieve emissiebeperkende werkmethode(n) (inclusief beheersmaatregelen), met als doel de vezelconcentratie in de lucht zodanig te reduceren dat de vezelconcentratie van de ingeademde lucht beneden de betreffende referentiewaarde blijft (bepalen welke risicoklasse van toepassing is).

⁶ De term validatiemetingen wordt gebruikt binnen SMA-rt.

5 Voorbereiden, uitvoeren en beoordelen asbestconcentratiemetingen tijdens saneringswerkzaamheden

Voor het beoordelen van een werkmethode is het bepalen van vezelconcentraties in de lucht alleen niet voldoende. In dit protocol wordt beschreven welke stappen moeten worden doorlopen om die gegevens te genereren die beschikbaar moeten zijn voor het beoordelen van een werkmethode.



Figuur 2: Stappen in kader van voorbereiden, uitvoeren en beoordelen asbestconcentratiemetingen

Voor het voorbereiden, uitvoeren en beoordelen van de asbestconcentratiemetingen bij asbestsaneringswerkzaamheden moeten de

stappen zoals aangegeven in Figuur 2 worden doorlopen. De genoemde stappen worden hieronder nader uitgewerkt. Omdat de uit te voeren asbestsaneringswerkzaamheden leidend zijn, en zo min mogelijk dienen te worden beïnvloed door het uitvoeren van metingen, worden deze zoveel mogelijk parallel aan elkaar uitgevoerd. Echter, tijdens het opstellen van het werkplan moet een goede afstemming plaatsvinden tussen diegenen die verantwoordelijk zijn voor de uitvoering van de sanering en de uitvoering van de metingen, zodat de omstandigheden waaronder de sanering wordt uitgevoerd overeenkomt met de randvoorwaarden die de meetstrategie stelt, waardoor een zekere beïnvloeding van de sanering door het feit dat er tegelijkertijd een meting wordt uitgevoerd niet kan worden uitgesloten.

In bepaalde industriële sectoren is naast blootstelling aan asbestvezels ook sprake van andere veiligheidsrisico's. Voorbeelden hiervan zijn:

- Chemie en petrochemie: temperatuur, druk, gasvoerende leidingen, werken op hoogte;
- Zware industrie (bijvoorbeeld staalproductie): temperatuur, druk, gasvoerende leidingen, werken op hoogte;
- Nutsbedrijven: hoogspanningsruimten en gasinstallaties.

Binnen dit type bedrijven is het uitvoeren van asbestsaneringen in een containment niet altijd mogelijk. Dergelijke situaties vragen om maatwerk, waarbij de hierboven genoemde onderdelen (stappen) zo goed mogelijk dienen te worden ingevuld en opgevolgd. Afwijkingen van het protocol dienen zorgvuldig te worden gemotiveerd en gedocumenteerd (in het logboek).

5.1 Voorbereiding en uitvoering van de sanering

Elke asbestsanering wordt voorafgegaan door een asbestinventarisatie die, conform de SC-540,⁷ door een gecertificeerd asbestinventarisatiebedrijf wordt uitgevoerd. De asbestinventarisatie resulteert in een asbestinventarisatie-rapport met daarin, voor de onderscheiden combinaties van saneringshandeling en asbesthoudend materiaal, een met behulp van SMA-rt bepaalde (bestaande) risicoklasse.

Daarnaast is elke werkgever verplicht een risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) door een Arbokerndeskundige op te laten stellen. Een RI&E beschrijft de risico's voor de veiligheid en gezondheid op de werkplek. De RI&E bevat een beschrijving van de asbestrisico's, de niet-asbest gerelateerde risico's, en de arbeidshygiënische en milieuhygiënische effecten van in te zetten middelen/vloeistoffen/schuimen. In een RI&E wordt aangegeven welke arbeidshygiënische en milieuhygiënische maatregelen, apparatuur en middelen

⁷ SC-540. Werkveldspecifiek certificatieschema voor het Procefcertificaat Asbestinventarisatie (versie 2, 2011).

worden ingezet om deze risico's te verminderen. Speciale aandachtspunten bij het opstellen van een RI&E zijn: kruipruimten, droogijstralen (CO₂-concentraties), hoogspanning, temperatuur, (hoge) druk, gasvoerende leidingen, en werken op hoogte.⁸

Elke asbestsanering dient conform de SC-530 te worden voorbereid en uitgevoerd.⁹ De volgende onderdelen worden expliciet beschreven in SC-530, en worden daarom in dit protocol verder niet behandeld:

- Opstellen, beoordelen en vaststellen van het werkplan (inclusief werkmethode)
- Voorbereiding sanering
- Uitvoering saneringswerkzaamheden
- Opleveren containment of werklocatie
- Eindcontrole containment of werklocatie

Het uitvoeren van metingen vindt parallel aan de sanering plaats. Echter, het werkplan moet in detail beschrijven hoe gesaneerd (oftewel gehandeld) gaat worden, inclusief de wijze van uitvoeren van een eventuele voorbewerking (bijvoorbeeld het nat maken van het te verwijderen materiaal), bijbehorende schoonmaakwerkzaamheden, en de beheersmaatregelen die zullen worden getroffen. Daarom is er wel degelijk sprake van interactie, en is afstemming tussen de opsteller van het werkplan en de opsteller van het meetplan (met daarin onder andere de meetstrategie) van groot belang!

De deskundig toezichthouder asbestverwijdering (DTA) is in detail op de hoogte van de inhoud van het werkplan. De deskundig asbestverwijderaars (DAVs) worden voorafgaand aan de sanering zodanig geïnstrueerd dat zij onder leiding van de DTA de saneringswerkzaamheden conform het werkplan kunnen uitvoeren. Bij het opstellen van het werkplan, en in het bijzonder de omschrijving van de werkmethode die zal worden toegepast tijdens de sanering, dienen de randvoorwaarden die worden gesteld aan een asbestconcentratiemeting (zie paragraaf 5.2.1) te worden meegenomen. Voorbeelden van zulke randvoorwaarden zijn:

- Het beschrijven en dus uitvoeren van een representatieve situatie (realistisch worst-case / conservatief)
- De duur en eventuele herhaling handelingen / activiteiten (in verband met de minimale meetduur)
- Welke personen er zijn betrokken bij het uitvoeren van de handelingen die behoren bij een sanering, en in hoeverre deze personen worden meegenomen in het meetplan. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in:

⁸ Tijdens een asbestsanering dient ook de veiligheid van de perso(n)en die de metingen uitvoert te worden meegenomen tijdens het opstellen van de RI&E.

⁹ SC-530. Werkveldspecifiek certificatieschema voor het Procecertificaat Asbestverwijdering (versie 2, 2011).

- Een groep saneerders voert een vergelijkbare activiteit uit (bijvoorbeeld vensterbanken verwijderen).
- Een groep saneerders voert een serie vergelijkbare activiteiten uit (bijvoorbeeld inspuiten + demonteren + verpakken).
- Binnen een groep saneerders voeren verschillende personen verschillende activiteiten uit (bijvoorbeeld 1 persoon inspuiten, 2 personen demonteren, 1 persoon inpakken).

5.2 Voorbereiding, uitvoering en beoordeling van asbestconcentratiemetingen

5.2.1 Opzet meetplan en koppeling met werkplan

Hieronder wordt beschreven welke randvoorwaarden van belang zijn bij het uitvoeren van asbestconcentratiemetingen tijdens een sanering, en hoe deze gekoppeld dienen te worden aan het op te stellen werkplan voor de uitvoering van de sanering.

5.2.1.1 Keuze van werkmethode (realistisch worst-case)

Bij een 'terugschalingsmeting' moet rekening worden gehouden met de beoogde saneringssituatie, maar de gevolgde werkwijze mag geen extra veiligheidsrisico's voor onder andere de omgeving met zich meebrengen.¹⁰ In de praktijk zal met name sprake zijn van een mogelijke terugschaling van RK2 naar RK1, waarbij de beoogde saneringssituatie een situatie zonder containment betreft. Om aan te tonen dat de saneringshandelingen veilig kunnen worden uitgevoerd, zonder een containment toe te passen, dient tijdens de meting (en dus het uitvoeren van de saneringshandeling) een realistisch ventilatieregime te worden aangehouden, met een ventilatievoud van 0.1-1 keer per uur (uitgaande van een situatie met alleen natuurlijke ventilatie) als uitgangspunt. Voorkoming van lekkage vanuit het containment naar buiten is de belangrijkste reden om een laag ventilatievoud te handhaven. Wanneer de onderdrukmachine wordt uitgezet terwijl er tijdens de activiteit in verhoogde mate asbestvezels vrijkomen kan besmetting van de omgeving optreden, wat ten alle tijden moet worden voorkomen. Tijdens de uitvoering van de saneringswerkzaamheden tijdens de meting dient de onderdrukmachine (ODM) dus te worden ingesteld op een ventilatievoud van 0.1-1x per uur.¹¹

Het ventilatieregime is dus onderdeel van de werkmethode, en daarmee van de meetstrategie. Na de droge eindschoonmaak en andere handelingen die onderdeel zijn van de werkmethode, maar voor de natte schoonmaak, wordt het

¹⁰ In geval van terugschaling van RK3 naar RK2 moet aan de wettelijke verplichtingen wat betreft werken met onderdruk in het containment worden voldaan.

¹¹ De ODM is een bekende bron van kruisbesmetting doordat deze 'vervuild' is geraakt door gebruik tijdens eerdere saneringen. Het is dus van belang om voorafgaand aan het uitvoeren van de validatiemetingen door middel van bijvoorbeeld het nemen van klaafmonsters aan te toren dat de ODM 'schoon' is en geen mogelijke bron van blootstelling vormt.

ventilatievoud weer verhoogd. De natte schoonmaak wordt dus niet meegenomen in de te beoordelen werkmethode.

Een ander voorbeeld waarbij het werkplan kan worden beïnvloed door het uitvoeren van validatiemetingen is wanneer wordt gevraagd een potentieel concentratie-verhogende handeling uit te voeren die in de gegeven (test)situatie niet nodig is. Het is van belang om deze handeling wel uit te voeren tijdens de asbestconcentratiemeting, zodat de veiligheid van de saneerder kan worden gegarandeerd bij het uitvoeren van realistisch (in de praktijk) voorkomende worst-case situatie. Voorbeelden van deze zogenaamde ‘realistische worst-case situaties’ zijn:

- Valt tijdens een sanering het asbesthoudende materiaal wel eens (bijvoorbeeld in geval van een losgeslepen flens) of wordt het materiaal met gereedschap aangeraakt, betrek deze handelingen ook in de meting.
- Is voor het verwijderen van een asbesthoudende vensterbank soms een koevoet nodig, pas deze werkwijze dan ook tijdens de meting toe.
- Breekt tijdens het verwijderen van een asbesthoudende vensterbank deze wel eens, breek dan ook tijdens de bemeten handeling(en) de vensterbank.
- Is het te verwijderen materiaal deels verweerd en/of beschadigd, meet dan tijdens het verwijderen van het meest verweerde en/of beschadigde materiaal.
- Is een plafondplaat in sommige gevallen met 1 spijker en in andere gevallen met 10 spijkers bevestigd, meet dan tijdens de situatie waarbij 10 spijkers zijn gebruikt.
- Wanneer buitensituaties worden bemeten moet rekening gehouden worden met de weersomstandigheden. Veel wind en regen zorgen voor lagere vezelconcentraties dan het geval zal zijn bij weinig wind en lage luchtvochtigheid. Buiten-metingen mogen daarom alleen plaatsvinden bij windkracht 3 of minder en bij een luchtvochtigheid van minder dan 60%.

5.2.1.2 *Randvoorwaarden vanuit onderste bepalingsgrens*

De onderste bepalingsgrens (detectielimiet of ‘limit of detection’) ¹² van de asbestanalysemethode is (in essentie) afhankelijk van twee factoren: de hoeveelheid aangezogen lucht (volume) en het aantal te tellen beeldvelden. In deze paragraaf wordt nader ingegaan op het optimale monstervolume. Of dit optimum kan worden gerealiseerd is afhankelijk van de omstandigheden waaronder de meting wordt uitgevoerd. Bij hoge vezelconcentraties bestaat de kans op overbelading van het filter en daardoor afkeuren van het filter. Bij ‘stoffige’ saneringen bestaat de kans op een ongunstige verhouding tussen aantal vezels en de stofmatrix (niet-asbest stofdeeltjes) waarin deze vezels op het filteroppervlak voorkomen. In geval van terugschalingsmetingen (RK2 naar RK1) wordt uitgegaan van lage vezelconcentraties.

¹² De detectielimiet ligt over het algemeen een factor 3 lager dan de ‘analytical sensitivity’.

Het monstervolume wordt bepaald door de meetduur en het ingestelde debiet ('flow'). De optimale hoeveelheid aangezogen lucht bij lage vezelconcentraties (waarbij de kans op overbelading klein is) is 1 m³ per 1 cm² bemonsterd filteroppervlak. Het effectieve filteroppervlak van de veelal gebruikte goudgecoate 25 mm nucleporefilters is 3,14 cm². Het optimale monstervolume komt daarmee uit op 3,14 m³ lucht.

NEN-2990¹³ geeft praktische handvaten voor het bepalen van het benodigde monstervolume onder verschillende omstandigheden.

Bij het vaststellen van de gewenste onderste bepalingsgrens met bijbehorende randvoorwaarden voor wat betreft monstervolume en aantal te tellen beeldvelden (zie paragraaf 5.2.3), is het van belang dat de onderste bepalingsgrens lager is dan de referentiewaarde waaraan wordt getoetst.

Debiet en keuze van monsternamepomp

Om de gezondheidskundig relevante respirabele vezelfractie af te vangen is een debiet van 1-12 l/min toegestaan.¹⁴ In de praktijk treedt bij een volumedebiet van meer dan de 9 l/min randlekkage bij het filter op. Het bemonsteren van lucht met een debiet van meer dan 9 l/min is daarom niet toegestaan. Voor het uitvoeren van persoonlijke metingen (PAS) heeft het gebruik van draagbare pompen met batterijvoeding en 'constant flow'-regeling de voorkeur, omdat deze de te bemonsteren persoon minimaal hinderen bij het uitvoeren van zijn/haar werkzaamheden. Het debiet van deze draagbare pompen ligt tussen ongeveer 2 en 5 l/min, terwijl het debiet van zwaardere niet-draagbare pompen tussen ongeveer 8 en 9 l/min ligt. De niet-draagbare pompen kunnen worden gebruikt tijdens werkzaamheden waarbij mobiliteit minder belangrijk is. In dat geval is de filterhouder via een lange slang (enkele meters) met de pomp verbonden.

Meetduur

Het optimale monstervolume kan voor een saneringsactiviteit die ruim 6 uren duurt worden bereikt indien een monsternemingsvolumedebiet van 8 l/min wordt aangehouden. In de praktijk zal het echter veelvuldig voorkomen dat een activiteit (veel) minder tijd vergt. Meet in dat geval gedurende de duur van de activiteit, ook als deze korter dan 6 uur is. Om verdunning van de gemeten vezelconcentratie te voorkomen is het belangrijk niet langer te meten dan de daadwerkelijke saneringsactiviteit duurt. De meetduur kan worden verlengd door dezelfde activiteit te herhalen. Hierbij is het van belang deze activiteiten aansluitend uit te voeren. Het containment of de werkplek moet in deze gevallen ook zodanig zijn ingericht dat herhaling van activiteiten mogelijk is. Bij kortdurende repeterende

¹³ NEN-2990:2012 nl. Lucht - Eindcontrole na asbestverwijdering. Oktober 2012.

¹⁴ Het gemiddelde ademminuutvolume (= frequentie van ademhalen * ademvolume per ademhaling) van een mens in rust is (12 * 0,5 l) = 6 l/min. Bij toenemende activiteit neemt eerst de intensiteit van de ademhaling (het ademvolume) toe, en later ook de frequentie.

activiteiten is het uiteraard van belang dat de metingen representatief te zijn voor de werkelijke situatie. Als de werkwijze bijvoorbeeld bestaat uit 'saneren, schoonmaken, naar volgende bron', dan is het de bedoeling dat 'saneren, schoonmaken' de handeling is die wordt bemeten en herhaald. Als de werkwijze bestaat uit '3x bron saneren en dan alles schoonmaken', dan is dat de situatie die moet worden herhaald. In het geval van kortdurende herhaalde activiteiten moet hier tijdens het opstellen van de planning al rekening mee worden gehouden. Bovendien moet het toepassen van herhaalde saneringsactiviteiten worden opgenomen in het werkplan. Kortdurende persoonlijke metingen zijn ongewenst. Een meetduur van tenminste 1 uur is nodig om een representatief beeld te krijgen van de vezelconcentratie tijdens de saneringsactiviteit. Kortdurende metingen hebben een grote meetonzekerheid en moeten daarom worden voorkomen.

Te tellen beeldvelden

Naast monstervolume (debiet x meetduur) bepaalt het aantal geanalyseerde beeldvelden de bepalingsondergrens. Wanneer het door praktische omstandigheden niet mogelijk is om het benodigde monstervolume te bereiken, kan de bepalingsondergrens worden verlaagd door een groter filteroppervlak te bekijken ofwel het aantal geanalyseerde beeldvelden te vergroten (zie paragraaf 5.2.3).

5.2.1.3 *Persoonlijke blootstellingsmetingen (PAS)*

De hier beschreven meetstrategie is opgesteld ten behoeve van het toetsen van de persoonlijke blootstelling van asbestsaneerders tijdens het toepassen van een bepaalde saneringswerkmethode aan een referentiewaarde. Deze meetstrategie gaat ervan uit dat elke saneerder dezelfde activiteit (vensterbanken breken) of reeks van activiteiten (impregneren + demonteren + inpakken) uitvoert. Wanneer verschillende saneerders betrokken zijn bij de uitvoering van een bepaalde saneringsmethode en deze saneerders allemaal verschillende handelingen uitvoeren (bijvoorbeeld losmaken, transporteren, inpakken) zal voor elke activiteit onderstaande toetsing en dus bijbehorende meetstrategie moeten worden gehanteerd.¹⁵

Voor elke activiteit of serie van activiteiten zijn minimaal drie indicatieve metingen van het vezelconcentratieniveau nodig om een oriënterende kwantitatieve beoordeling uit te kunnen voeren. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat er bij 2 personen wordt gemeten (saneerder A en saneerder B), en dat bij een van beide personen een herhaalde meting wordt uitgevoerd (dus twee metingen in totaal). De minimale dataset voor het beoordelen van 1 activiteit of serie activiteiten bestaat zodoende uit 3 metingen (2x saneerder A en 1x saneerder B bemeten). Wanneer meer persoonlijke metingen worden verzameld, en dus een grotere

¹⁵ In dit voorbeeld zou dat er op neerkomen dat er 3x een setje van 3 validatiemetingen (2 x saneerder A en 1 x saneerder B) zou moeten worden uitgevoerd (9 metingen in totaal).

dataset beschikbaar is, kan ook de blootstelling preciezer worden geschat. Het verzamelen van een grotere set van persoonlijke metingen ($n \geq 9$) heeft dan ook de voorkeur. Echter, als op basis van de resultaten van drie metingen kan worden aangetoond dat de blootstelling voldoende is beheerst, kan ook worden volstaan met een set van drie metingen, en is het dus niet nodig om meer metingen uit te voeren. Het effect van het aantal verzamelde metingen op de manier van toetsen wordt uitgelegd in paragraaf 4.2.4.

Het uitvoeren van persoonlijke metingen staat beschreven in NEN-2939 en NEN-ISO 14996. Hierin staat echter niet precies aangegeven waar de monsternamekop precies geplaatst moet worden, waardoor ruimte voor eigen interpretatie ontstaat. In geval van persoonlijke metingen is het is de bedoeling dat de monsternamekop op de schouder van de persoon wordt geplaatst, keuze voor de linker of rechter schouder is vrij. Echter, wanneer de persoon gebruik maakt van adembescherming met onafhankelijke lucht, dient de monsternamekop niet te worden bevestigd te worden op de schouder waar de luchtuitstroom van het masker op is gericht.

5.2.1.4 *Stationaire metingen (STAT)*

De toetsing van de blootstelling van de saneerder aan de referentiewaarde zal altijd plaatsvinden op basis van de resultaten van persoonlijke metingen. Uiteraard mag de sanering niet leiden tot een risico voor andere betrokkenen (zoals bewoners) (buiten het containment of buiten de afzetting van het werkgebied). Daarom moeten in geval van terugschalingsmetingen (van RK2 naar RK1) ten tijde van de sanering ook tenminste twee stationaire metingen (gelijktijdig) worden uitgevoerd in de omgeving waarin de sanering plaatsvindt (buiten: binnen afgezette gebied; binnen: in containment). Deze metingen geven een beeld van de vezelconcentratie in de omgeving van de sanering en daarmee van mogelijke vezelconcentraties waar andere betrokkenen als gevolg van de sanering aan worden blootgesteld. Wanneer het doel van de metingen in plaats van terugschaling het toetsen van de risicoklasse voor een bestaande werkmethode dan wel het bepalen van de risicoklasse voor een nieuwe saneringsmethode betreft is het uitvoeren van stationaire metingen niet verplicht maar wordt wel aanbevolen, omdat hiermee een 'generiek' beeld wordt verkregen van de vezelconcentraties in het containment (met onderdruk).

Stationaire metingen hoeven niet activiteit-gericht te worden verzameld (van start van de sanering tot en met de droge schoonmaak). Hierdoor wordt eenvoudiger het monstervolume gerealiseerd dat noodzakelijk is voor een betrouwbare analyse. Overigens is het bij hoog-risicosaneringen (RK3) verplicht om één of meerdere metingen tijdens de sanering in de aan het containment grenzende ruimte (dus buiten het containment) uit te voeren.

De plaats van de stationaire metingen moet zorgvuldig worden gekozen. Meetpunten moeten de saneerders niet hinderen in hun werkzaamheden en tot gevaarlijke situaties leiden (vallen, struikelen). Daarnaast is het van belang dat de uitkomsten een reëel beeld geven van de in de ruimte heersende vezelconcentraties. Daarom moeten ze niet worden geplaatst in de primaire luchtstroom of in een dode hoek van het containment.

5.2.1.5 *Nulmeting*

Met een 'nulmeting' wordt de risicosituatie voorafgaande aan een sanering in de te saneren ruimte of containment) bepaald. Dat kan door middel van het nemen van kleefmonsters voor het bepalen van het potentiële risico en/of het uitvoeren van stationaire vezelconcentratiemetingen. Het uitvoeren van dergelijke metingen is niet verplicht. De resultaten van een nulmeting dienen voor de start van de asbestverwijderingswerkzaamheden beschikbaar te zijn.

De nulmeting is een hulpmiddel om vast te stellen of er geen besmetting van de omgeving voorafgaand aan de sanering heeft plaatsgevonden, wat van invloed kan zijn op de resultaten van de persoonlijke en stationaire metingen tijdens de sanering zelf. Zeker in het geval van terugschaling naar RK1 kan het uitsluiten van besmetting van het containment door bijvoorbeeld de aanwezigheid van het te saneren asbesthoudende materiaal of bij voorgaande saneringen gebruikte gereedschappen zeer gewenst zijn. Wanneer de toetsing van de resultaten van de validatiemetingen uitwijst dat terugschaling niet geoorloofd is, zou dit het gevolg van een besmetting kunnen zijn. Het uitvoeren van nulmetingen biedt de mogelijkheid om dit te onderzoeken en uit te sluiten.

Een nulmeting (vezelconcentratiemeting) is qua uitvoering een stationaire metingen (zie paragraaf 5.2.1.4).

Met behulp van een kleefmonster kan worden aangetoond dat er voor de sanering gebruik wordt gemaakt van 'schoon' gereedschap en schone apparatuur. Analyse en monsterneming van de kleefmonsters dienen conform de methode beschreven in NEN-2991¹⁶ en NEN-ISO 16000-27¹⁷ te worden uitgevoerd.

5.2.2 *Uitvoering asbestconcentratiemetingen*

Het uitvoeren van de metingen vergt de nodige (administratieve) voorbereidingen, deels uitgevoerd op de locatie van de sanering. Allereerst dient op de dag dat de sanering plaatsvindt het werkplan ter plekke (nogmaals) goed te worden doorgesproken met alle betrokkenen, zodat bij de uiteindelijke uitvoering van de

¹⁶ NEN-2991:2005/C1 2012 nl. Lucht - Risicobeoordeling in en rondom gebouwen of constructies waarin asbesthoudende materialen zijn verwerkt. Maart 2012.

¹⁷ NEN-ISO 16000-27:2014 en. Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van asbestvezels in gesedimenteerd stof op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie, directe methode). Juni 2014.

werkzaamheden de randvoorwaarden voor het uitvoeren van de metingen in acht worden genomen (zie paragraaf 5.2.1) en er vooraf zo nodig nog kan worden bijgestuurd. Ook dient de monsternameapparatuur te zijn gecontroleerd en gereed te staan voor gebruik. Hoewel de DTA de regie heeft over de sanering, is het is van belang dat degene die verantwoordelijk is voor de uitvoering van de metingen (de 'uitvoerder') gedurende de sanering (aanvullende) regieaanwijzingen kan geven of attendeert op handelingen die niet conform werkplan/afpraak worden uitgevoerd. Toezicht en (aanvullende) instructie moeten borgen dat representatieve monsters worden verzameld.

5.2.2.1 *Registratie van gegevens ten behoeve van de monstername*

De volgende gegevens moeten worden geregistreerd bij de uitvoering van zowel persoonlijke (PAS) als stationaire (STAT) asbestconcentratie metingen:

- Datum
- Bemeten persoon dan wel locatie (inclusief link naar tijdslijn en situatieschets)
- Type pomp
- Pompnummer
- Type filterhouder
- Nummer van de filterhouder
- Gebruikte filter
- Nummer van de debietmeter (rotameter / DryCal)
- Afgelezen waarde van de debietmeter bij begin meting
- Debiet voor aanvang monstername (l/min)
- Begintijd meting
- Eindtijd meting
- Afgelezen waarde van de debietmeter bij einde meting
- Debiet na afloop van monstername (l/min)

Ook wanneer kleefmonsters worden verzameld moeten gegevens ten behoeve van de monstername worden geregistreerd (datum, tijdstip monstername, welk oppervlak is bemonsterd, nummering monster, etc.).

5.2.2.2 *Registratie van contextuele informatie*

Een meetresultaat heeft waarde met betrekking tot risicoanalyse als bekend is onder welke omstandigheden de gemeten vezelconcentratie tot stand is gekomen. Daarom moeten naast het verzamelen van gegevens die nodig zijn om vezelconcentraties te kunnen berekenen ook de omstandigheden waaronder de metingen zijn uitgevoerd worden geregistreerd.

Tielemans et al. (2002) hebben een beslismodel ontwikkeld voor het bepalen van de kwaliteit van gegevens voor het uitvoeren van een risicoschatting.¹⁸ Een van de onderdelen van dit beslismodel is dat bij het uitvoeren van metingen voldoende contextuele informatie moet worden verzameld om de situatie waarin gemeten is te beschrijven en te karakteriseren.

Dit gedeelte van het protocol beschrijft welke contextuele informatie geregistreerd moet worden tijdens de daadwerkelijke sanering. Een nauwkeurige registratie van deze gegevens is nodig om de saneringsomstandigheden achteraf te kunnen reconstrueren. Dit is nodig om te kunnen beoordelen welke omstandigheden hebben geleid tot de uiteindelijke gemeten vezelconcentratie en om verschillende saneringen onderling te kunnen vergelijken (zijn de saneringshandelingen vergelijkbaar?). Omdat de daadwerkelijke activiteiten kunnen afwijken van de beschreven activiteiten van het werkplan is het altijd van belang om de omstandigheden tijdens de daadwerkelijke activiteiten te registreren. De benodigde informatie kan worden verdeeld in beschrijvingen van de volgende elementen: materiaal, activiteiten, bronmaatregelen,¹⁹ omgeving en overige bronnen. Registratie zal plaatsvinden door middel van beschrijvingen, tijdlijnen, figuren, foto's en/of videomateriaal. Hierbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gestructureerde meetformulieren.

Hieronder volgt een beschrijving van de verschillende elementen, die worden samengevat in Tabel 1:

A. Asbesthoudend materiaal

De aard van het behandelde materiaal (hecht / niet-hecht gebonden materiaal) is van invloed op het vrijkomen van asbestvezels. Het percentage asbest in het materiaal is van invloed op de hoeveelheid vezels die kunnen vrijkomen. Daarnaast is ook de toestand waarin het materiaal verkeert (mate van beschadiging, mate van verwerking) van belang.

B. Activiteiten

De saneringswijze (saneren of slopen) en hoeveelheid te verwijderen asbesthoudend materiaal zijn factoren die invloed hebben op het vezelconcentratieniveau. De hoeveelheid per tijdseenheid verwijderd materiaal is een maat voor de bronsterkte en daarmee ook van invloed op de vezelconcentratie. Tijdens een sanering worden vaak meerder activiteiten uitgevoerd bijvoorbeeld het voorbehandelen van een materiaal, het verwijderen van het materiaal, het inpakken van het materiaal en het schoonmaken van de

¹⁸ Tielemans E, Marquart H, de Cock J, Groenewold M, van Hemmen JJ. A proposal for evaluation of exposure data. Ann. Occup. Hyg. 2002; 46: 287-297.

¹⁹ Bronmaatregelen zijn onderdeel van de toegepaste beheersmaatregelen. Voorbeelden van beheersmaatregelen die geen bronmaatregelen zijn: werken in een containment, gebruik van een onderdrukmaschine, de aanwezigheid van (mechanische) ventilatie, breukarm werken.

ruimte. Het is van belang dat voor elke activiteit wordt geregistreerd hoe deze werd uitgevoerd en wat de duur was (inclusief begin- en eindtijdstip). Naast een beschrijving van de saneringsactiviteiten is videomateriaal (bijvoorbeeld met behulp van een 'high definition action cam') bij uitstek geschikt om de saneringshandelingen in detail vast te leggen.

C. Bronmaatregelen

Bronmaatregelen kunnen worden ingezet om de emissie van asbestvezels naar de lucht direct aan de bron (daar waar de asbestvezels vrijkomen) te beperken. De effectiviteit van bronmaatregelen hangt sterk samen de situatie waarin ze worden toegepast (bijvoorbeeld type asbesthoudend materiaal, type sanering) en de manier waarop ze worden toegepast. Het nat maken van materiaal dat vloeistoffen goed opneemt zal meer effect hebben dan het natmaken van materiaal dat nauwelijks vocht opneemt. Ook zal de hoeveelheid vocht die wordt toegepast van invloed zijn op de effectiviteit van de beheersmaatregelen (te nat is niet goed, omdat het (ernstige) gevolgen kan hebben voor de schoonmaak). Verder is bijvoorbeeld de zuigkracht van een stofzuiger van invloed op het reducerende effect (verlagen van emissie naar de lucht) wanneer deze stofzuiger wordt ingezet als bronmaatregel. Ook voor bronmaatregelen geldt dat de handlingsdetails van belang zijn en dat beeldmateriaal (foto's en/of videomateriaal) gewenst is.

D. Omgeving

De omgeving waarin de sanering wordt uitgevoerd is van invloed op de vezelconcentraties die kunnen ontstaan. Bij gelijke type saneringen zullen de vezelconcentraties in kleine ongeventileerde ruimtes (kruipruimtes) hoger zijn dan in buiten situaties. Ook het ventilatievoud in het containment zal van invloed zijn op de vezelconcentraties net zoals de temperatuur en vochtigheid in de ruimte. Een situatieschets op schaal, met daarin een afbeelding van de ruimte, eventueel aanwezige objecten, de locatie van te verwijderen asbest, de positie van de onderdrukmaschine, de decontaminatie-unit, etc., is hierbij van belang.

E. Overige bronnen

De vezelconcentratie waaraan een saneerder wordt blootgesteld wordt niet alleen beïnvloed door zijn eigen handelingen (primaire bron), maar ook door bronnen om de persoon heen (secundaire bronnen). Wanneer drie saneerders in een containment aan het werk zijn worden diverse handelingen aan asbesthoudend materiaal verricht. Hierdoor kunnen er in potentie meer vezels vrijkomen. Het is daarom is van belang om andere potentiële vezelbronnen te registreren. Hierbij zijn de sterkte van de (secundaire) bron en de afstand tot de (secundaire) bron belangrijke factoren die van invloed zijn op de gemeten vezelconcentratie.

De afstand tussen de verschillende meetpunten en/of verschillende activiteiten dienen te worden opgenomen in de situatieschets. Ook is het van belang te weten wat de positie van de saneerder was in de ruimte of het containment ten opzichte van bijvoorbeeld de onderdrukmaschine (indien aanwezig). Daarnaast is het erg belangrijk om de verschillende meetpunten (PAS en STAT) te kunnen traceren in de situatieschets.

Tabel 1: Te registreren contextuele informatie

Materiaal	Voorbeelden
Asbestsoort	Serpentijn (chrysotiel), amfibool (onder andere amosiet, crocidoliet)
Asbestgehalte (conform NEN 5896)	0,1 -2%, 2-5%, etc.
Type asbesthoudend materiaal	Asbestcement, brandwerend board, isolatiemateriaal, pakking, etc.
Toepassing van het materiaal	Kit, plafondplaat, asbestcementplaat (link met inventarisatierapport)
Mate van gebondenheid	Hechtgebonden, niet hechtgebonden
Verweringsgraad	In SC-540 rapportage (mate van vertering)
Mate van beschadiging	Onbeschadigd, beschadigd, gebroken
Bevestiging	Geschroefd, gelijmd, gespijkerd, etc.
Activiteiten van de saneerder	Voorbeelden
Welke activiteiten zijn uitgevoerd?	Schroeven zijn losgedraaid, 20 m ² plafondplaat is verwijderd, het containment is schoongemaakt, de vensterbanken zijn ingepakt.
Hoe zijn de activiteiten uitgevoerd?	De schroeven zijn handmatig losgedraaid met een (elektrische) schroevendraaier, in totaal zijn 20 plafondplaten van elk 1 m ² verwijderd. Daarbij zijn 2 platen gebroken. De ene saneerder (PAS1) stond op de steiger en gaf de plaat door aan de andere saneerder (PAS2) die op de grond stond, het containment is schoongemaakt met een stofzuiger, de vensterbanken werden niet gebroken en voor de onderdrukmaschine ingepakt. Aandachtspunt hierbij is de afstand van de saneerder tot de bron (de activiteit aan asbesthoudend materiaal), welke onder andere wordt bepaald door het soort gereedschap dat wordt gebruikt
Hoe lang duurde elk van de activiteiten?	Schroeven losdraaien duurde 10 minuten, platen verwijderen 30 minuten, containment schoonmaken 10 minuten en het inpakken van de vensterbanken 5 minuten.
Door wie is de activiteit uitgevoerd?	Saneerder A, saneerder B
Manier van werken	De manier van werken van de desbetreffende werknemer (gedrag, mate van voorzichtigheid, eventuele belemmering door slangen van een

	installatie voor “onafhankelijke lucht”)
Bronmaatregelen	Voorbeelden
Welke bronmaatregelen zijn gebruikt?	Vloeistof X, stofzuiger, couveusebak
Hoe zijn de bronmaatregelen toegepast?	Vloeistof X werd met een spuitkop met <1 bar druk opgebracht. De afstand tot de plaat was 30 cm. In totaal is 4 liter aangebracht. Wanneer de schroeven werden verwijderd werd een stofzuiger (type) zo dicht mogelijk bij de schroevendraaiers geplaatst. De couveusebak van ongeveer 0.5 m ³ werd geventileerd met tenminste 10 verversingen per minuut.
Omgeving	Voorbeelden
In welke omgeving vond de sanering plaats?	Binnen, buiten, containment
Waarvoor wordt de ruimte gebruikt?	Woning, garage, school, schuur, fabriekshal
Wat is de volume van de ruimte?	20 m ³ , 300m ³ , 10-25m ³
Ventilatie	Open ramen, ventilatievoud (20 verversingen per uur), voelbare tocht.
Omstandigheden in de ruimte	Temperatuur, luchtvochtigheid, onderdruk, weer, trillingen, luchtstromingen, al dan niet ontruimd, aanwezigheid van objecten in de ruimte
Overige (secundaire) bronnen	Voorbeelden
Waren er meerdere bronnen / saneerders in de ruimte?	Ja, zie situatieschets / plattegrond
Beschrijf deze bronnen	Er waren meerdere saneerders aan het werk. Saneerder A is bemeten met pomp 1. Saneerder B hield zich bezig met inpakken en is niet bemeten, terwijl saneerder C assisteerde bij het verwijderen van de platen (pomp 2).
Wat was de afstand tot die bronnen?	Saneerder A en C stonden gedurende de metingen binnen een meter van elkaar. Saneerder B stond op 10 meter van de andere saneerders en stond voor de onderdruk machine.

Tijdljn

Naast het verzamelen van de gegevens is het ook van belang om de gegevens in een chronologische volgorde op een tijdljn te plaatsen. Een tijdljn zoals geschetst in Bijlage 1 toont de volgorde van handelingen en relatie tot metingen en beeldmateriaal.

5.2.3 Analyse van luchtmonsters en kleeftmonsters

De verzamelde luchtmonsters (PAS en stationair) worden conform NEN-ISO 14966 met behulp van een scanning elektronenmicroscop-microröntgenanalyse-combinatie (SEM/RMA) geanalyseerd, de asbestvezelconcentratie berekend en de resultaten gerapporteerd (zie voorbeeldrapport in NEN-ISO 14966 - pagina 30).

De onderste bepalingsgrens van de analysemethode is (in essentie) afhankelijk van het monstervolume en het aantal getelde beeldvelden (zie ook paragraaf 5.2.1). Onderstaande rekenvoorbeelden geven een indruk voor benodigde meet- en analyse-inspanning om te komen tot verschillende ondergrenzen van de bepaling. De SEM-analyses worden uitgevoerd bij een vergroting van 2000x tot 2500x. In geval van onderstaande rekenvoorbeelden is uitgegaan van een vergrotingsfactor van 2180x, wat overeenkomt met het analyseren van 1 mm² filteroppervlak en dus 80 beeldvelden. Worden 50 beeldvelden geanalyseerd en is ca. 0,5 m³ lucht bemonsterd (meetduur 1 uur bij 8 l/min) dan is de onderste bepalingsgrens ongeveer 4200 vezels/m³. Voor een onderste bepalingsgrens van 450 vezels/m³ moeten bij dezelfde meetduur (1 uur) en debiet (8 l/min) 400 beeldvelden worden geanalyseerd. Bij een meetduur van 6 uur met een debiet van 8 l/min (monstervolume ongeveer 3 m³) kan worden volstaan met het analyseren van 50 tot 100 beeldvelden om een onderste bepalingsgrens van 450 vezels/m³ te halen.

Voor een meetduur van 1 uur en een debiet van 8 l/min is de onderste bepalingsgrens bij het doorzoeken van:

- 50 beeldvelden 4200 vezels/m³
- 100 beeldvelden 2100 vezels/m³
- 200 beeldvelden 1100 vezels/m³
- 400 beeldvelden 500 vezels/m³
- 800 beeldvelden 260 vezels/m³
- 1600 beeldvelden 130 vezels/m³

De analyse van de kleefmonsters bestaat uit het systematisch met SEM/RMA-combinatie afzoeken van minimaal 14 mm² van het C-tape monsteroppervlak. Deze methode is in detail beschreven in ISO 16000-27. Gelet op de beperkte nauwkeurigheid in zowel monsterneming als analyse is het analyseresultaat (vezels/cm²) een 'indicatieve waarde'. Om die reden worden de analyseresultaten in vier klassen ingedeeld en gerapporteerd (conform NEN-2991).

5.2.4 *Beoordeling meetresultaten*

In de analyserapporten (of analysecertificaten) is voor elk monster de gemeten vezelconcentratie in de lucht vastgelegd. Om de meetonzekerheid van de analysemethode aan te geven wordt een drietal waarden gepresenteerd, namelijk de nominale waarde en de onder- en bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de Poisson-verdeling. Deze getallen willen zeggen dat op basis van deze telling de nominale waarde wordt gezien als meest waarschijnlijke vezelconcentratie, maar dat met 95% betrouwbaarheid de werkelijke vezelconcentratie tussen de gegeven onder- en bovengrens ligt. Om de veiligheid van zowel de saneerders als andere betrokken te borgen wordt getoetst

op basis van de bovengrens. Het is immers niet uit te sluiten dat de werkelijke vezelconcentratie overeenkomt met de bovengrens.

5.2.4.1 *Benodigde gegevens*

De referentiewaarde is gegevens als een 8-uurs gemiddelde blootstelling. Daarom zijn de volgende gegevens nodig om te komen tot een toetsing met deze referentiewaarde:

- Gedetailleerde beschrijving van de te toetsen werkmethode.
- De vezelconcentratie tijdens de activiteit of serie activiteiten berekend op basis van de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de Poisson-verdeling.
- De duur van de activiteit of serie activiteiten zoals beschreven in de te toetsen werkmethode.
- Op basis van incidentele metingen wordt een concentratie van 20-40 vezels/m³ geschat voor de achtergrondconcentratie in de Nederlandse buitenlucht.²⁰ Daarom kan 40 vezels/m³ worden gebruikt als achtergrondconcentratie wanneer deze niet specifiek is bemeten.

5.2.4.2 *Berekenen blootstelling tijdens werkdag*

De vezelconcentraties gemeten tijdens een saneringsactiviteit onder specifieke omstandigheden wordt gebruikt om een 8-uur tijd gewogen gemiddelde (8-uur TGG) blootstelling gedurende een werkdag te berekenen. De 8-uur TGG houdt rekening met de verschillende duur van de activiteiten. Deze berekeningen zijn nodig om te toetsen aan de referentiewaarde (bijvoorbeeld de wettelijke grenswaarde) die in het geval van blootstelling aan asbestvezels geldt voor een 8-uurs blootstelling. Bij het berekenen van de 8-uur TGG wordt uitgegaan van het 95-percentiel van de Poisson-verdeling. Voor de resterende tijd wordt gerekend met de achtergrondconcentratie. Deze concentratie kan bijvoorbeeld zijn gemeten tijdens de nulmeting of in de omgeving nabij de ruimte of containment. Wanneer niet specifiek is gemeten kan een concentratie van 40 vezels/m³ worden gebruikt. Het is niet toegestaan om de activiteit-gerelateerde blootstelling te corrigeren voor de achtergrondconcentratie. Voorbeelden van berekeningen om te komen tot een 8-uur TGG staan in Bijlage 2.

5.2.4.3 *Toetsing van resultaten persoonlijke metingen aan de referentiewaarde (voor risicoklasse indeling)*

De toetsing van de resultaten van de persoonlijke (PAS) metingen aan een bepaalde referentiewaarde (bijvoorbeeld de grenswaarde) die zijn uitgevoerd op een unieke locatie wordt uitgevoerd conform NEN-EN 689,²¹ welke ook is

²⁰ Tempelman J, Tromp PC, Swartjes FA, Knol AB. Praktische consequenties van het advies van de gezondheidsraad inzake asbest 2010. TNO-034-UT-2010 / RIVM 607647001. 10 augustus 2010.

²¹ NEN-EN 689:1995 nl. Werkplekatmosfeer - Leidraad voor de beoordeling van de blootstelling bij inademing van chemische stoffen voor de vergelijking met de grenswaarden en de meetstrategie. 01-04-1995.

beschreven in een notitie opgesteld voor het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) en de Inspectie SZW.²²

Omdat de vezelconcentratie kan fluctueren door veranderingen in bijvoorbeeld het saneringsproces, de ventilatie, door storingen, door de temperatuur in de werkomgeving, het verspreidingsproces van de asbestvezels, de aard van de werkzaamheden, kan de variatie in vezelconcentraties zoals gemeten op de werkplek aanzienlijk zijn. Bij het beoordelen van de blootstelling zal het meetresultaat dus sterk afhangen van de situatie op een bepaalde dag of tijdstip. De voorspellende waarde van dit meetresultaat zal kleiner zijn naarmate er minder beoordelingen (metingen en/of schattingen) zijn uitgevoerd. Het uitvoeren van deze indicatieve metingen wordt gezien als een oriënterende kwantitatieve schatting, en leidt als zodanig niet tot een betrouwbare schatting van de blootstellingverdeling. Omdat op basis van drie indicatieve metingen geen (nauwkeurige) inschatting kan worden gemaakt van de blootstellingsverdeling wordt een marge van een factor 10 gebruikt bij het toetsen aan de referentiewaarde.

Er van uitgaande dat de resultaten van de uitgevoerde persoonlijke metingen valide zijn, wordt voor het toetsen van de resultaten van de metingen (bovengrens 95% betrouwbaarheidsinterval (Poisson)) aan een referentiewaarde het schema zoals weergegeven in Figuur 3 gehanteerd. Hierbij kunnen de volgende drie scenario's optreden:

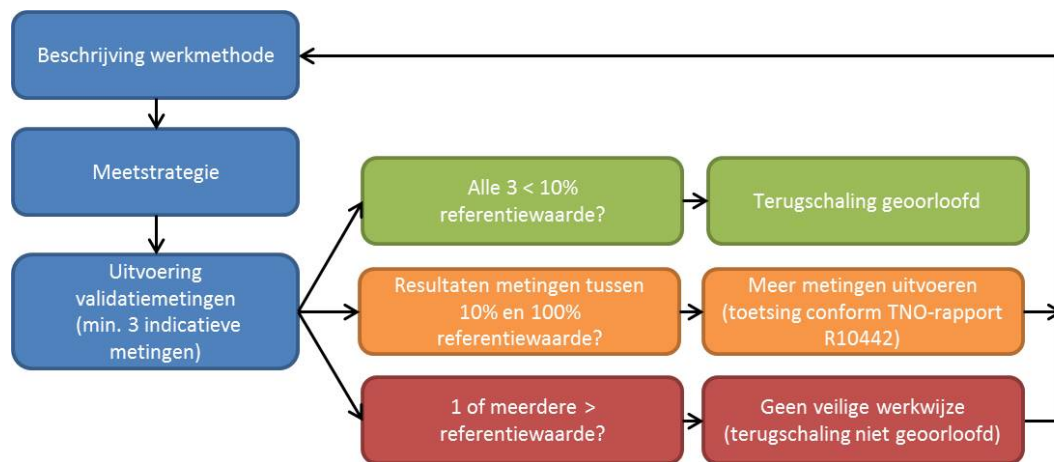
1. Alle 8-uur TGG vezelconcentraties liggen beneden 10% van de referentiewaarde: In dit geval wordt (waarschijnlijk) voldaan aan de referentiewaarde (*compliance*) en hoeven geen verdere blootstellingsmetingen te worden verzameld. Er is sprake van een doeltreffende beheersing waarbij geen verdere actie hoeft te worden ondernomen. Terugschaling is in dit geval geoorloofd.
2. De 8-uur TGG vezelconcentraties liggen (deels) boven 10% van de referentiewaarde, maar allemaal onder de referentiewaarde zelf: In dit geval is er sprake van een overgangssituatie en kan men twee dingen doen:
 - a. Meer blootstellingsmetingen uitvoeren op dezelfde locatie (in totaal minimaal 9 persoonlijke metingen),²³ en aan de hand van deze resultaten de situatie opnieuw beoordelen op basis van de toetsingsmethodiek zoals beschreven in TNO-rapport R10442.²⁴

²² Fransman W, Heussen H, Tielemans E. Het gebruik van meetgegevens en modellen voor karakterisering van blootstelling op de werkplek. TNO rapport, augustus 2008.

²³ Indien er al drie persoonlijke metingen beschikbaar zijn, zouden er dus nog zes aanvullende persoonlijke metingen moeten worden uitgevoerd om op een totaal van 9 te komen. Hierbij is het ook van belang om herhaalde metingen uit te voeren (bijv. 3x saneerder A, 3x saneerder B en 3x saneerder C).

²⁴ De toetsingsmethodiek zoals beschreven in TNO-rapport R10442 gaat uit van de situatie waarbij voldoende meetgegevens beschikbaar zijn (minimaal 9 persoonlijke metingen) om ook de spreiding in resultaten binnen en tussen personen mee te kunnen nemen. In dit geval wordt er getoetst aan de referentiewaarde zelf in plaats van aan de 'strengere' waarde van 10% van de referentiewaarde indien

- b. De situatie meer beheersen (volgens de arbeidshygiënische strategie) en de situatie daarna nogmaals beoordelen aan de hand van nieuwe validatiemetingen (waarmee dus de werkmethode wordt aangepast).
3. In ieder geval één van de 8-uur TGG vezelconcentraties ligt boven de referentiewaarde: In dit geval is er sprake van overschrijding van de referentiewaarde (*non-compliance*), is er dus geen sprake van een veilige werkwijze op basis van de werkmethode die is toegepast. Terugschaling is in dit geval niet geoorloofd. Ook in dit geval is het mogelijk om de werksituatie meer te beheersen (volgens de arbeidshygiënische strategie) en de situatie daarna nogmaals beoordelen aan de hand van nieuwe validatiemetingen (waarmee dus de werkmethode wordt aangepast).



Figuur 3: Schema toetsing validatiemetingen

In Bijlage 3 is een voorbeeld uitgewerkt met betrekking tot het toetsen aan de referentiewaarde op basis van drie indicatieve metingen.

5.2.4.4 *Toetsing van resultaten stationaire metingen aan de referentiewaarde*

Bovenstaande toetsing vindt plaats op basis van persoonlijke metingen (PAS) en richt zich op het risico van de saneerder. Naast de veiligheid van de saneerder is het ook belangrijk om de veiligheid van betrokkenen en bewoners te borgen. Daarom worden ook de vezelconcentraties die door middel van het uitvoeren van stationaire metingen in de omgeving van de sanering zijn verzameld getoetst. Om de veiligheid van betrokkenen en bewoners te borgen, mag de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de Poisson-verdeling van de analyseresultaten van de stationair meetpunten ook niet hoger zijn dan 10% van de referentiewaarde voor niet-werknemers waaraan getoetst wordt.

slechts drie indicatieve metingen beschikbaar zijn. Omdat het in dit geval echter niet gaat om een landelijke validatie wordt hierbij dus de eis wat betreft het verzamelen van meetgegevens op verschillende locaties verder achterwege gelaten.

5.2.5 Rapportage

De uiteindelijke documentatie van het verrichte onderzoek moet van dusdanige kwaliteit zijn dat de uitgevoerde sanering, inclusief de omstandigheden waarbij en waaronder deze is uitgevoerd, kan worden gereconstrueerd en eventueel kan worden op eenzelfde manier kan worden herhaald. Dit is van belang voor zowel de toetsing van de werkmethode als een eventuele opname hiervan in SMA-rt. Het is van belang dat er een allesomvattende rapportage wordt opgesteld in plaats van allerlei losse elementen die op een later moment aan elkaar gerelateerd moeten worden. Het is namelijk denkbaar dat na verloop van tijd niet alle relaties meer gelegd kunnen worden, en daarmee daalt de waarde van het onderzoek. Het is toegestaan om bij de rapportage onderscheid te maken tussen hoofdzaken, die in het hoofdrapport worden opgenomen, en de overige van bovenvermelde parameters, die in een bijlage kunnen worden beschreven. Het complete rapport met bijlagen wordt opgesteld voor de opdrachtgever en de beoordelaar.

Naast de elementen die al zijn beschreven in de voorafgaande paragrafen (bijvoorbeeld het inventarisatie-rapport, werkplan, resultaten van de nulmeting, persoonlijke metingen, stationaire meting(en), en de eindmeting zoals uitgevoerd als onderdeel van de sanering, technische meetgegevens, contextuele informatie, beeldmateriaal) moet de rapportage ook nog de volgende elementen bevatten:

- Algemene gegevens:
 - Gegevens van de opdrachtgever
 - Doel van het onderzoek
 - Plaats en datum van het uitgevoerde onderzoek
 - Door wie het onderzoek is uitgevoerd
 - Op het voorblad duidelijk aangeven welk project of object dit onderzoek betreft
- Situatieschets met de precieze locatie waar de handelingen zijn uitgevoerd.
- Tijdlijn met daarin de relevantie gebeurtenissen (zie Bijlage 1), inclusief start- en eindtijden van persoonlijke en stationaire metingen.
- Bijzonderheden die tijdens het onderzoek zijn waargenomen en verdere relevante waarnemingen, die van invloed kunnen zijn op het resultaat van het onderzoek.
- Analysecertificaten met daarop een duidelijke link naar de monstercoderingen, zodat uitslagen en contextuele informatie gekoppeld kunnen worden.
- Berekeningen om te komen tot een 8-uurs blootstelling (zie paragraaf 5.2.4).
- Uitslagen van de toets met daarbij duidelijk beschreven welke gegevens zijn gebruik en waarom (zie paragraaf 5.2.4).

6 Ondertekening

Utrecht, 7 april 2015

TNO



Dr. L.A. van de Kuil

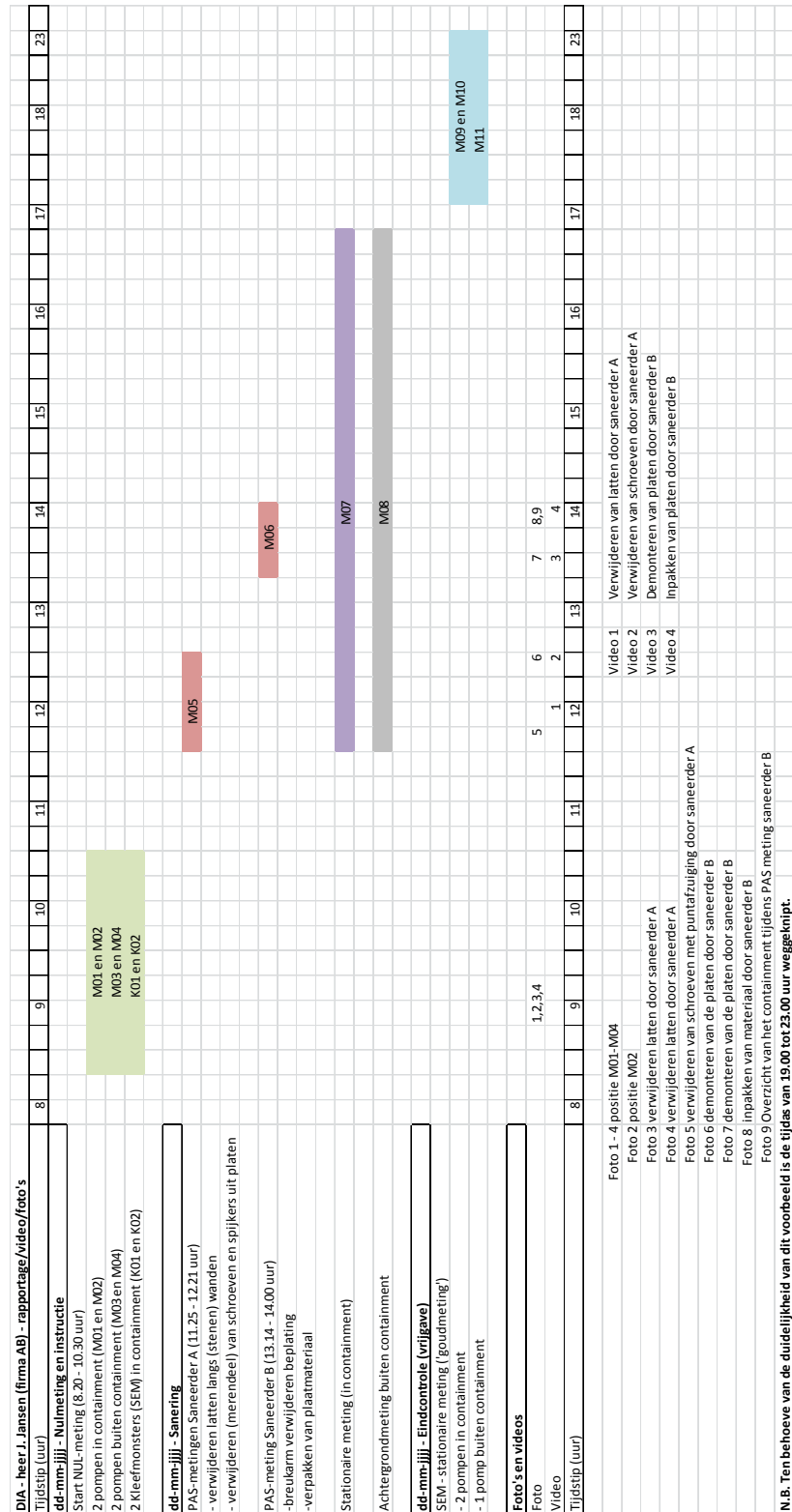
Research Manager



E.M. van den Hoeven

Projectleider

Bijlage 1: Voorbeeld tijdlijn



Bijlage 2: Voorbeelden omrekenen resultaten individuele metingen naar 8-uur TGG

In geval van toetsing aan een referentiewaarde die is afgeleid voor een 8-uur tijdgewogen gemiddelde (8 uur TGG) blootstelling gedurende een werkdag, moeten ook de individuele gemeten vezelconcentraties worden omgerekend naar een 8 uur TGG, om te zorgen dat sprake is van een representatieve referentieperiode. Hierbij wordt uitgegaan van de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval (Poisson-verdeling) van de analyseresultaten per monster. Verder wordt er vanuit gegaan dat de metingen juist zijn uitgevoerd, representatieve situaties betreffen, en dat er nooit langer is gemeten dan de handeling(en) duurde.

Voorbeeldscenario A:

- A1: Tijdens de werkdag wordt éénmaal, gedurende 10 minuten, één asbesthoudende bron gesaneerd.
- A2: Tijdens de werkdag wordt de gehele ochtend (5 uur) gesaneerd en 's-middags niet.
- A3: Tijdens de werkdag wordt de gehele dag door gesaneerd.

Gegevens:

De bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval (Poisson-verdeling) van de meting is 6.500 vezels/m³ (gemeten gedurende 6 uur). De werkdag duurt 480 minuten. De achtergrondconcentratie is op 40 vezels/m³ gesteld.

Berekening 8-uur TGG:

- A1: De duur van de activiteit is 10 minuten. De vezelconcentratie gedurende de activiteit is 6.500 vezels/m³. De resterende 470 minuten van die dag wordt de saneerder blootgesteld aan de achtergrondconcentratie van 40 vezels/m³. Indien dit scenario van toepassing is bedraagt de vezelconcentratie waaraan de saneerder wordt blootgesteld: $(10 \times 6.500 + 470 \times 40) / 480 = 175$ vezels/m³.
- A2: De duur van de activiteit is 300 min. De vezelconcentratie gedurende de activiteit is 6.500 vezels/m³. De resterende 180 minuten van die dag wordt de saneerder blootgesteld aan de achtergrondconcentratie van 40 vezels/m³. Indien dit scenario van toepassing is bedraagt de vezelconcentratie waaraan de saneerder wordt blootgesteld: $(300 \times 6.500 + 180 \times 40) / 480 = 4070$ vezels/m³.
- A3: De duur van de activiteit is 480 min. De vezelconcentratie gedurende de activiteit is 6.500 vezels/m³. Indien dit scenario van toepassing is bedraagt de vezelconcentratie waaraan de saneerder wordt blootgesteld: $480 \times 6.500 / 480 = 6.500$ vezels/m³.

Voorbeeldscenario B:

- B1: Tijdens de werkdag wordt éénmaal één asbesthoudende bron gesaneerd.
B2: Tijdens de werkdag wordt de gehele ochtend (5 uur) gesaneerd en 's-middags niet.
B3: Tijdens de werkdag worden 3 shifts à 2 uur gesaneerd.

Gegevens:

Handeling aan asbesthoudend materiaal duurt 60 minuten. De bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval (Poisson-verdeling) van de meting is 1.850 vezels/m³ (gemeten gedurende 6 uur). De werkdag duurt 480 minuten. De achtergrondconcentratie is op 40 vezels/m³ gesteld.

Berekening 8-uur TGG:

- B1: De duur van de activiteit is 60 min. De vezelconcentratie gedurende de activiteit is 1.850 vezels/m³. De resterende 420 minuten van die dag wordt de saneerder blootgesteld aan de achtergrondconcentratie van 40 vezels/m³. Indien dit scenario van toepassing is bedraagt de vezelconcentratie waaraan de saneerder wordt blootgesteld: $(60 \times 1.850 + 420 \times 40) / 480 = 266$ vezels/m³.
- B2: De duur van de activiteit is 300 min. De vezelconcentratie gedurende de activiteit is 1.850 vezels/m³. De resterende 180 minuten van die dag wordt de saneerder blootgesteld aan de achtergrondconcentratie van 40 vezels/m³. Indien dit scenario van toepassing is bedraagt de vezelconcentratie waaraan de saneerder wordt blootgesteld: $(300 \times 1.850 + 180 \times 40) / 480 = 1.171$ vezels/m³.
- B3: De duur van de activiteit is 360 min. De vezelconcentratie gedurende de activiteit is 1.850 vezels/m³. De resterende 120 minuten van die dag wordt de saneerder blootgesteld aan de achtergrondconcentratie van 40 vezels/m³. Indien dit scenario van toepassing is bedraagt de vezelconcentratie waaraan de saneerder wordt blootgesteld: $(360 \times 1.850 + 120 \times 40) / 480 = 1.398$ vezels/m³.

Bijlage 3: Voorbeeld toetsing aan referentiewaarde

Om te toetsen aan een 8-uur TGG referentiewaarde (bijvoorbeeld de wettelijke grenswaarde) moeten de gemeten persoonlijke vezelconcentraties tijdens een activiteit worden omgerekend naar een 8-uur TGG blootstelling, en daarna getoetst worden aan de referentiewaarde.

In dit scenario wordt tijdens de werkdag wordt éénmaal, gedurende 30 minuten, één asbesthoudende bron weggehaald. De gemeten vezelconcentraties tijdens het uitvoeren van deze handeling (95-percentiel van de Poisson-verdeling van de analyse van de individuele monsters) zijn:

- Saneerder A (1^e keer): 2000 vezels/m³
- Saneerder A (2^e keer): 2500 vezels/m³
- Saneerder B (1^e keer): 3000 vezels/m³

De achtergrondconcentratie is gesteld op 40 vezels/m³ en er wordt getoetst aan de grenswaarde van 2000 vezels/m³.

Stap 1: Omrekenen vezelconcentraties individuele metingen naar 8-uur TGG vezelconcentraties (zie ook bijlage 2):

- Saneerder A (1^e keer): 2000 vezels/m³ → $(30 \times 2000 + 450 \times 40) / 480 = 163$ vezels/m³
- Saneerder A (2^e keer): 2500 vezels/m³ → $(30 \times 2500 + 450 \times 40) / 480 = 194$ vezels/m³
- Saneerder B (1^e keer): 3000 vezels/m³ → $(30 \times 3000 + 450 \times 40) / 480 = 225$ vezels/m³

Stap 2: Deze 8-uur TGG vezelconcentraties toetsen aan de grenswaarde:

- Saneerder A (1^e keer): $163 \text{ vezels/m}^3 / 2000 \text{ vezels/m}^3 \times 100\% = 8,2\%$
- Saneerder A (2^e keer): $194 \text{ vezels/m}^3 / 2000 \text{ vezels/m}^3 \times 100\% = 9,7\%$
- Saneerder B (1^e keer): $225 \text{ vezels/m}^3 / 2000 \text{ vezels/m}^3 \times 100\% = 11,3\%$

Stap 3 - Conclusie: De 8-uur TGG vezelconcentraties liggen (deels) boven 10% van de referentiewaarde maar allemaal onder de referentiewaarde zelf → Er is sprake van een overgangssituatie → Op basis van deze gegevens is terugschaling niet goorloofd, maar indien onder dezelfde omstandigheden meer meetgegevens zouden worden verzamelen zou kunnen volgen dat dit alsnog mogelijk is.