SCi-547

PROTOCOL VOOR HET VALIDEREN VAN NIEUWE WERKMETHODEN EN/OF INNOVATIEVE TECHNIEKEN MET BETREKKING TOT ASBESTVERWIJDERING TEN BEHOEVE VAN HET INDELEN IN EEN RISICO-KLASSE (t.b.v. SMART)

Onder beheer van:
Stichting Ascert
www.Ascert.nl

Inhoudsopgave

1. Inleiding / achtergrond protocol 3
2. Afbakening 4
3. Voorwaarden validatie werkmethoden 4
   - 3.1 Kwaliteit van (meet)gegevens 4
   - 3.2 Te verzamelen / aan te leveren gegevens 5
   - 3.3 Methodiek toetsing aan referentiewaarden 6
   - 3.4 Uitvoering validatie werkmethode 7
4. Validatie werkmethoden 7
   - 4.1 Verzamelen van informatie (incl. meetgegevens) 8
   - 4.2 Controle kwaliteit informatie 8
   - 4.3 Analyse (blootstellings)gegevens en vergelijking met referentiewaarde op groepsniveau 8
     - 4.3.1 Toetsen overeenstemming met referentiewaarde op groepsniveau 9
     - 4.3.2 Uitvoeren variantieanalyse 10
   - 4.4 Vergelijking met referentiewaarde op individueel niveau 10
     - 4.4.1 Toetsen overeenstemming met referentiewaarde op individueel niveau 11
     - 4.4.2 Periodieke herbeoordeling van de werkmethode 12
5. Implementatie: aanvraag en behandeling van een onderzoek 12
   - 5.1 Toetsing haalbaarheid (robuustheid) werkmethode in de praktijk 13
   - 5.2 Opname in SMART 13

Literatuur 13

Bijlage 1: Uitwerking rekenvoorbeeld analyse blootstellingsgegevens 15

1. Inleiding / achtergrond 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 gezondheidseffecten 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 gevelpanelen of vensterbanken 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 (SMART).[2] SMART deelt handelingen (combinatie van product, activiteit en omstandigheden) in drie verschillende risico-klassen met een bijbehorend beheersregime in.

Het komt voor dat voor bepaalde specifieke activiteiten en/of nieuw ontwikkelde saneringsmethoden in SMART (nog) geen gevalideerde werkmethode, met een bijbehorende inschatting van de asbestvezelconcentraties in de lucht, beschikbaar is. In dat geval gaat SMART, in het kader van het voorzorgprincipe, uit van de zwaarste risico-klasse op basis van het asbesthoudende product. Indien de verwachting is dat het concentratieniveau van asbestvezels, zoals ingeschat met behulp van SMART, niet representatief (oftewel: te hoog) is voor een bepaalde situatie, kan door middel van het uitvoeren van validatiemetingen (zoals beschreven in SCi-548) worden aangetoond. Resultaten van validatiemetingen kunnen voor een specifieke sanering (combinatie van asbesthoudend materiaal en handeling(en) aanleiding geven tot inschalen in een lagere risico-klasse, met het bijbehorend lagere beheersregime.

Naast een uitspraak over de verwachtte concentratie asbestvezels voor een specifieke lokale situatie (een specifiek saneringsproject) kan het wenselijk zijn om voor specifieke activiteiten en/of nieuw ontwikkelde saneringsmethoden een algemene risico-classificatie af te leiden en deze op te nemen in SMART. Deze informatie komt daarmee algemeen beschikbaar voor de beoordeling van risico's binnen projecten. Het is van belang dat de werkmethode goed wordt omschreven en gevalideerd, zodat de risico-klasse en het bijbehorende beheersregime voor een dergelijke werkmethode algemeen geldend kan worden verklaard. Na een formele goedkeuring (zie hoofdstuk 5) is sprake van 'landelijke validatie'.

Het doel van dit protocol is het beschrijven van de methodiek voor het landelijk valideren van nieuwe werkmethoden en/of technieken voor asbestverwijdering, en daarmee het vastleggen van objectieve criteria op basis waarvan (nieuwe) werkmethoden na acceptatie in SMART kunnen worden ingevoerd.

[1] Artikel 4.2, 4.44, 4.47, 4.48 en 4.53a van het Arbeidsomstandighedenbesluit
[2] SMART 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

2. Afbakening

Dit protocol is gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het valideren van werkmethoden alvorens deze aan SMART kunnen worden toegevoegd. In het SCi-548 staat het protocol voor de uitvoering van asbestconcentratiemetingen ter bepaling van het blootstellingsrisico bij het werken met asbest (asbestsanering) beschreven, inclusief de kwaliteitscriteria voor vezelconcentratiemetingen.

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 (zie hoofdstuk 5).

Dit protocol heeft betrekking op het in kaart brengen van de risico's van saneerders bij het uitvoeren van handelingen aan asbesthoudend materiaal. Naast de saneerders 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 groep personen wordt meegenomen als onderdeel van de haalbaarheidstoets (zie paragraaf 4.5) en de implementatie van deze SCi (zie hoofdstuk 5).

Uitgangspunt bij het opstellen van dit protocol is dat de gebruikers van het protocol vakbekwaam zijn, en dus aantoonbare ervaring hebben met het beoordelen en toetsen van (meet)gegevens. Deze en andere randvoorwaarden worden meegenomen als onderdeel van de implementatie van dit protocol in de praktijk (zie hoofdstuk 5).

3. Voorwaarden validatie werkmethoden

Om (nieuwe) saneringsmethoden/-technieken/-middelen op te kunnen nemen in SMART zijn validatiemetingen op projectniveau (bijvoorbeeld gericht op terugschaling) onvoldoende, aangezien omstandigheden op verschillende locaties kunnen verschillen. Voor het op landelijk niveau valideren van werkmethoden zijn correcte en volledige beschrijvingen van de betreffende werkmethode (toegepast binnen meerdere projecten/locaties) en de daarbij behorende randvoorwaarden (het 'toepassingsdomein') van groot belang, evenals het aanleveren van blootstellingsgegevens voor het inschatten van het blootstellingsniveau behorende bij deze werkmethode.
In dit protocol worden de criteria aangegeven op basis waarvan (nieuwe) methoden op landelijk niveau kunnen worden gevalideerd en in de juiste risico-klasse worden ingedeeld. De indeling in een risico-klasse van een landelijk gevalideerde werkmethode dient zodanig te zijn dat werknemers (saneerders) die deze methode conform de beschrijving toepassen voldoende beschermd zijn.

3.1 Kwaliteit van (meet)gegevens

Gegevens die worden gebruikt voor het valideren van een werkmethode dienen aan een bepaalde kwaliteit te voldoen. Dit is onder andere beschreven in een notitie opgesteld voor het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) en de Arbeidsinspectie (Fransman et al., 2008). Op basis van een beslismodel opgesteld door Tielemans et al. (2002) kan bepaald worden of de kwaliteit van de informatiebron waaruit meetgegevens worden geëxtraheerd voldoende is voor gebruik in een risicoschatting. Dit beslismodel is opgesplitst in een aantal dimensies:

- Beschikbaarheid van contextuele informatie;
- Validiteit, zowel intern als extern;
- Variabiliteit en precisie.

Het verzamelen van contextuele informatie is noodzakelijk om de situatie waarin gemeten is te beschrijven en te karakteriseren (Rajan et al., 1997). In het werkveld van de arbeidshygiëne bestaat overeenstemming over de minimum set van gegevens (contextuele informatie) die het mogelijk maakt om meetresultaten correct te kunnen interpreteren en om gegevens tussen databases uit te kunnen wisselen (Rajan et al., 1997; Ritchie et al., 2001; Schinkel et al., 2013). Deze uitgangspunten zijn meegenomen bij het opstellen van dit protocol en worden hieronder verder beschreven.

De beoordeling van de validiteit van meetgegevens kan opgesplitst worden in interne en externe validiteit. Interne validiteit gaat over de vraag: "*Zijn de meetgegevens een juiste weerspiegeling van de situatie die bemeten is*?". Hierbij zijn de gevolgde meetstrategie, autocorrelatie, en systematische meetfouten van belang. De gevolgde meetstrategie bepaalt bijvoorbeeld of een willekeurige situatie is bemeten of een worst case situatie. Voor resultaten van metingen die in een kort tijdsbestek (van één of enkele dagen) na elkaar zijn uitgevoerd, is het waarschijnlijk dat niet alle determinanten (parameters die van invloed zijn op de gemeten blootstelling) verschillend zijn (bijvoorbeeld variatie in werkpleksituaties in termen van klimaat en productievolume), en daardoor sterk met elkaar samenhangen. Dit fenomeen wordt autocorrelatie genoemd, en de kans dat dit optreedt is groter naarmate metingen in een kleiner tijdsbestek hebben plaatsgevonden. Gedurende de meting, het transport, de opslag en de (chemische) analyse kunnen systematische meetfouten optreden. Uniformiteit in de te volgen procedures kan helpen deze systematische meetfouten te reduceren (Hawkins et al., 1992). Een ander voorbeeld van een systematische meetfout is het gebruik van stationaire metingen voor het karakteriseren van persoonlijke blootstelling. Externe validiteit gaat over de vraag: "*Zijn de meetgegevens een juiste weerspiegeling van de situatie die beoordeeld wordt (dit is niet per se de bemeten situatie)?*". De vergelijkbaarheid van meetgegevens met de werkelijke situatie waarvoor een karakterisering van de blootstelling wordt uitgevoerd, wordt bepaald door de stof die bestudeerd wordt, het specifieke blootstellingscenario en de tijdsperiode waarin metingen zijn uitgevoerd.

Blootstellingniveaus op een werkplek kunnen sterk variëren, zelfs wanneer het blootstelling aan één stof (zoals asbest) op één werkplek betreft. De blootstellingniveaus op de werkplek worden over het algemeen het beste beschreven door een lognormale verdeling. De lognormale verdeling wordt gekarakteriseerd door het geometrisch gemiddelde (GM) en de geometrische standaarddeviatie (GSD). Een lognormale verdeling is geldig voor een specifieke periode waarbij geen belangrijke veranderingen plaatsvinden op de werkplek (ook wel een stationaire periode genoemd). Wanneer determinanten op de werkplek structureel veranderen zal de verdeling opnieuw bepaald moeten worden. Daarom wordt over het algemeen aanbevolen metingen periodiek uit te voeren wanneer een precieze schatting van de blootstelling noodzakelijk is. Om een goed inzicht te krijgen in de voor een bepaalde populatie en werkplek geldende blootstellingverdeling zijn willekeurige (random) metingen op meerdere momenten in de tijd noodzakelijk. Zo leidt het fenomeen autocorrelatie (zie hierboven) tot een onderschatting van de werkelijke blootstellingvariatie, en is dus iets om rekening mee te houden bij het opstellen van de meetstrategie (door de metingen op verschillende locaties en op verschillende dagen uit te voeren, waarbij rekening wordt gehouden met bijv. seizoensinvloeden). Blootstellingniveaus op een werkplek kunnen van dag tot dag bij eenzelfde persoon variëren (binnenpersoons-variatie), maar ook de gemiddelde blootstelling tussen personen kan verschillen (tussenpersoons-variatie). De GSD 'tussen' personen is in veel gevallen lager dan de GSD 'binnen' personen, wat grotendeels veroorzaakt wordt doordat deze variantiecomponenten berekend zijn op basis van homogene blootstellinggroepen, dat wil zeggen groepen werknemers met dezelfde functie, takenpakket en procesomstandigheden.

3.2 Te verzamelen / aan te leveren gegevens

(Landelijke) validatie van een werkmethode stelt eisen aan de benodigde informatie. De kwaliteit van de gegevens, inclusief de reproduceerbaarheid en traceerbaarheid, is van groot belang.
Voor de validatie van een werkmethode is de volgende informatie nodig:

1. Volledige omschrijving van de werkmethode (gedetailleerd werkplan c.q. meetplan) inclusief asbesthoudend materiaal, uit te voeren handelingen en omstandigheden waaronder de handelingen worden uitgevoerd.
   a. De werkmethode dient zoveel mogelijk uniform te worden beschreven, waarbij de factoren die van belang zijn voor het inschatten van het risico in kaart worden gebracht (zie SCi-548). Hierbij is bijvoorbeeld de blootstellingsfrequentie (ook onderdeel van het risico-classificatiesysteem zoals beschreven door Fine & Kinney [3]) van belang.
   b. De randvoorwaarden die van toepassing zijn op een bepaalde werkmethode dienen goed te worden omschreven. De beschrijving is van belang voor het toetsen van de representativiteit van de beschikbare blootstellingsgegevens en het vaststellen van het toepassingsdomein van de werkmethode.
2. Representatieve blootstellingsmetingen (conform SCi-548): Hoewel het aantal metingen dat moet worden uitgevoerd ten behoeve van de (landelijke) validatie van een werkmethode verschilt van het aantal validatiemetingen dat moet worden uitgevoerd voor de terugschaling van de risico-klasse op projectniveau, zijn de kwaliteitseisen die aan de blootstellingsmetingen worden gesteld dezelfde. Alleen resultaten van metingen die (aantoonbaar) conform SCi-548 zijn uitgevoerd worden voor validatiedoeleinden geaccepteerd.
   a. Het aantal uit te voeren validatiemetingen is afhankelijk van de (verwachte) spreiding in de blootstelling. Daarom wordt hierbij een getrapte aanpak gehanteerd (zie hieronder). In totaal zijn voor een beoordeling ten behoeve van landelijke validatie de resultaten van minimaal 9 persoonlijke vezelconcentratiemetingen nodig.
   b. Wanneer er sprake is van een homogene expositiegroep (HEG) [4] van meer dan 2 werknemers moeten er minimaal 3 werknemers worden bemeten. Wanneer niet alle werknemers in een HEG worden bemeten, moet een random selectie van de te bemeten werknemers worden gemaakt. Per geselecteerde werknemer moeten minimaal 2 metingen beschikbaar zijn. De metingen per werknemer dienen op verschillende werkdagen te worden verzameld, en betreffen bij voorkeur metingen die een hele werkdag beslaan.
   c. Er wordt van uitgegaan dat de gemeten vezelconcentraties van de individuele (indien van toepassing) zijn omgerekend naar een 8-uurs tijdgewogen gemiddelde concentratie (8 uur TGG), waarbij ook een onderbouwing (in de vorm van meetresultaten) wordt gegeven van de eventueel aanwezige concentratie asbestvezels wanneer geen saneringswerkzaamheden worden uitgevoerd (de achtergrondconcentratie). Hierbij wordt uitgegaan van de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval (Poisson-verdeling) van de analyseresultaten van de individuele meting (monster).
   d. De metingen kunnen een bundeling zijn van meerdere setjes validatiemetingen dan wel één (grotere) set metingen die specifiek is verzameld voor het realiseren van landelijke validatie.
   e. Het is van belang dat aantoonbaar is dat de metingen onder dezelfde omstandigheden zijn uitgevoerd als staan omschreven in de werkmethode, en dus representatief zijn . Deze omstandigheden bepalen de randvoorwaarden behorende bij de betreffende werkmethode en daarmee het toepassingsdomein.

3.3 Methodiek toetsing aan referentiewaarden

Bij de vergelijking van een set blootstellingsmetingen met een referentiewaarde dient altijd dezelfde toetsingsmethodiek te worden gebruiken, zodat beslissingen transparant en reproduceerbaar kunnen worden genomen.

De in deze paragraaf beschreven methodiek is gebaseerd op de huidige stand der kennis binnen de arbeidshygiëne (NEN-EN 689; BOHS & NVvA, 2011). Deze methodiek kan worden gebruikt om te toetsen aan de wettelijke grenswaarde, maar kan ook worden gebruikt om te toetsen aan de

[3] Door Siep Slager, 11-11-2013
(www. http://www.vcanieuws.nl/vcapraktijk/praktisch-werken-met-vca/risico%E2%80%93evaluatie-234).
[4] Ook wel homogene blootstellingsgroep genoemd

bovengrens van een risico-klasse (vezelconcentratieniveau) om te bepalen in welke risico-klasse een bepaalde werkmethode valt.

3.4 Uitvoering validatie werkmethode

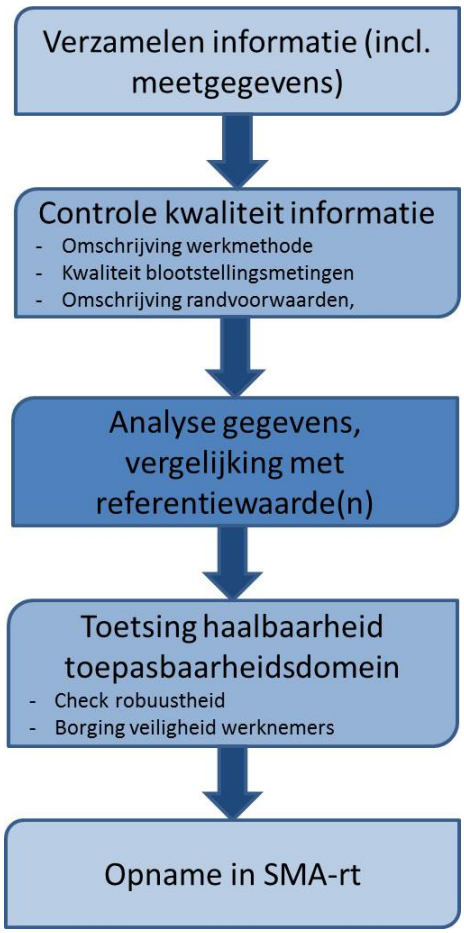
De validatie van (nieuwe) werkmethoden moet door een onafhankelijke partij (zie Hoofdstuk 5). Alle stappen zoals beschreven in dit protocol moeten worden doorlopen en als zodanig worden gerapporteerd, zodat het gehele proces traceerbaar en reproduceerbaar is.

4. Validatie werkmethoden

Bij de validatie van werkmethoden ten behoeve van SMART ligt de nadruk op het in kaart brengen van het persoonlijke blootstellingsniveau voor deze werkmethoden. Het in kaart brengen van de randvoorwaarden behorende bij een betreffende werkmethode en het toetsen van de haalbaarheid van implementatie van een werkmethode op landelijk niveau aan de dagelijkse praktijk zijn eveneens belangrijke stappen.

In Figuur 1 staan de verschillende stappen van het validatieproces weergegeven. Elk van deze stappen wordt hieronder nader uitgewerkt.

In het kader van de traceerbaarheid, de herleidbaarheid en de reproduceerbaarheid moeten alle gebruikte informatie worden gedocumenteerd en opgeslagen in een ‘validatie-dossier’. Dit dossier bevat tevens een inhoudelijke beschrijving van de tijdens het validatie-proces doorlopen stappen.



Figuur 1: Overzicht stappen validatieproces van een werkmethode

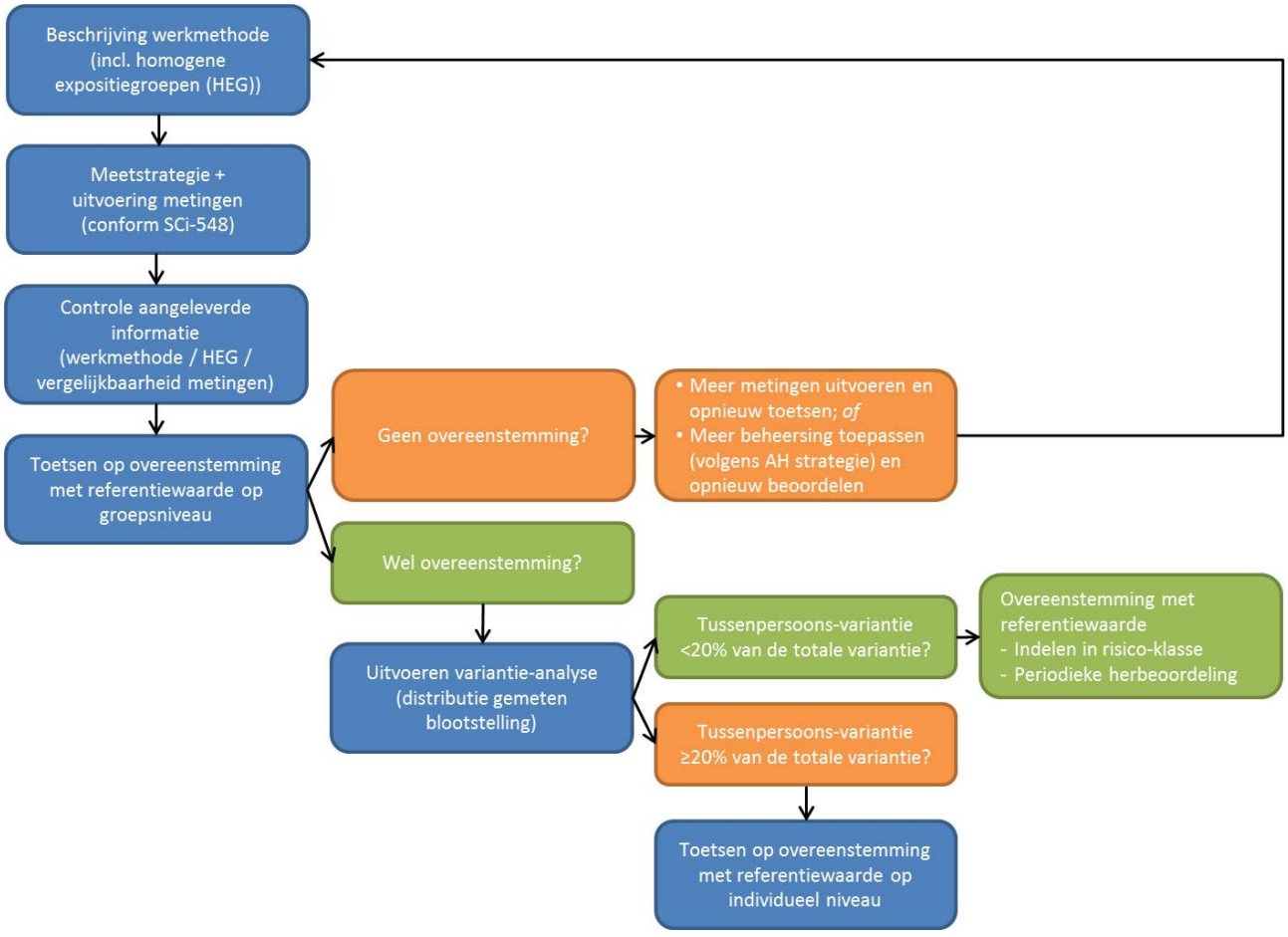
4.1 Verzamelen van informatie (incl. meetgegevens)

Het protocol voor de uitvoering van metingen ter bepaling van het blootstellingsrisico bij het werken met asbest (met name asbestsanering), inclusief de te verzamelen contextuele informatie, is beschreven in SCi-548. De SCi-547 gaat uit van de beschikbaarheid van één of meerdere kwalitatief uniforme dataset(s) verkregen door middel van het toepassen van de SCi-548, met inachtneming van dezelfde kwaliteitscriteria. Daarom wordt voor het daadwerkelijk uitvoeren van asbestconcentratiemetingen verwezen naar de SCi-548 en hier verder buiten beschouwing gelaten.

4.2 Controle kwaliteit informatie

Informatie die ten behoeve van de validatie van een werkmethode wordt aangeleverd, wordt gecontroleerd op het voldoen aan de kwaliteitseisen zoals beschreven in de SCi-548. Daarnaast moet worden nagegaan of de betreffende blootstellingsgegevens uniform zijn (oftewel: hebben de gegevens betrekking op vergelijkbare situaties, zoals uitgelegd aan de hand van de begrippen interne en externe validiteit (zie paragraaf 3.1). Voor de analyse van de blootstellingsgegevens dient ook een homogene expositiegroep te worden beschreven, en wordt aangenomen dat de resultaten van de metingen (c.q. meetresultaten) die zijn verzameld tijdens het werken volgens de ingediende werkmethode (saneringsmethode) betrekking hebben op een HEG. Hierbij dient dus te worden nagegaan in hoeverre de daadwerkelijke omstandigheden tijdens de verschillende blootstellingsmetingen overeen komen dan wel waarin ze mogelijk van elkaar verschillen.

4.3 Analyse (blootstellings)gegevens en vergelijking met referentiewaarde op groepsniveau



Figuur 2: Schema analyse blootstellingsgegevens

Het schema voor de analyse van de beschikbare blootstellingsgegevens ten behoeve van de validatie van een werkmethode is weergegevens in Figuur 2. De afzonderlijke onderdelen worden hieronder verder uitgewerkt. In Bijlage 1 ter illustratie een rekenvoorbeeld uitgewerkt.

4.3.1 Toetsen overeenstemming met referentiewaarde op groepsniveau

Door middel van het op groepsniveau (op basis van de gehele beschikbare dataset) toetsen op overeenstemming van de blootstellingsdistributie aan de betreffende referentiewaarde, wordt nagegaan of de blootstelling van de groep onder de grenswaarde ligt. Vervolgens wordt bekeken of er op basis van de beschikbare dataset van gemeten vezelconcentraties daadwerkelijk sprake is van een HEG. Dit wordt gedaan op basis van de resultaten van de (in totaal minimaal 9) individuele persoonlijke metingen. Er is sprake van een HEG indien met 70% betrouwbaarheid kan worden aangetoond dat de kans/waarschijnlijkheid (*probability*) dat een willekeurige blootstelling binnen de HEG hoger is dan de referentiewaarde kleiner is dan 5%. Hierbij is een 70% betrouwbaarheidsinterval (BI) geïntroduceerd, omdat anders heel veel metingen nodig zouden zijn.

Deze kans kan als volgt worden berekend:[5]

a. Bereken het geometrisch gemiddelde (GM) en de geometrische standaarddeviatie (GSD) van alle metingen die beschikbaar zijn voor de HEG:
   Zoals eerder aangegeven wordt een verdeling van blootstellingniveaus over het algemeen het best beschreven door een lognormale verdeling, welke wordt gekarakteriseerd door het GM en de GSD. In deze procedure wordt aangenomen dat de verdeling van blootstellingsniveaus lognormaal is verdeeld.[6] In geval van een lognormale verdeling en *n* metingen (a_1, a_2, a_3, …, a_n) kunnen de GM en de GSD als volgt worden berekend:
   i. $\log GM = (\log a_1 + \log a_2 + \log a_3 + \ldots + \log a_n) / n$
   ii. $\log GSD = \sqrt{\{ [(\log a_1 - \log GM)^2 + (\log a_2 - \log GM)^2 + (\log a_3 - \log GM)^2 + \ldots + (\log a_n - \log GM)^2] / (n-1) \}}$

b. Bereken de uniformiteit van de distributie (parameter U):
   $U = [\log (\text{referentiewaarde}) - \log GM] / \log GSD$

c. Vergelijk U met de aangegeven limietwaarden voor U:
   De berekende waarde van U wordt vergeleken met de (afgeleide) limietwaarden voor U. De limietwaarde is gekoppeld aan het aantal beschikbare metingen, waarop de berekende distributie voor de HEG is gebaseerd (zie Tabel 2).

   Opties vergelijking berekende waarde voor U met de limietwaarde voor U gegeven een aantal metingen (n):
   i. **U < limietwaarde → geen overeenstemming:** Wanneer U *kleiner* is dan de limietwaarde voor het beschikbare aantal metingen, dan is er geen sprake van overeenstemming en dus geen sprake van een homogene verdeling van de beschikbare meetgegevens. In dit geval wordt aanbevolen om meer metingen te verzamelen, of om meer beheersmaatregelen te treffen en de werkmethode dan nogmaals te beoordelen op de manier zoals hierboven beschreven. Het aantal extra te verzamelen metingen hangt af van de geobserveerde spreiding in gemeten asbestvezelconcentraties, en is dus niet van te voren te bepalen.
   ii. **U > limietwaarde → wel overeenstemming:** Wanneer U *groter* is dan de limietwaarde voor het beschikbare aantal metingen, is er wel sprake van overeenstemming en is het geoorloofd om verder te gaan met de procedure voor het valideren van de werkmethode (zoals hieronder beschreven).

Tabel 2: Limietwaarden voor parameter U

[5] Voor deze berekeningen zijn rekentools beschikbaar.
[6] Testen of de distributie van een dataset normaal of lognormaal verdeeld is kan door middel van een statistische toets.

Aantal beschikbare metingen	Limietwaarde voor U
9	2,035
10	2,005
11	1,981
12	1,961
13	1,944
14	1,929
15	1,917

4.3.2 Uitvoeren variantieanalyse

De totale variantie (s_T^2) van blootstelling in de HEG wordt bepaald door de variatie van de blootstelling van elk individu over de tijd rond het gemiddelde van elk individu (de binnenpersoons-variantie, ook wel variatie van dag tot dag genoemd; s_W^2) en de gemiddelde blootstelling tussen personen (de tussenpersoon-variantie; s_B^2). Wanneer de tussenpersoons-variantie een belangrijke bijdrage aan de totale variantie levert is het noodzakelijk om op individueel niveau een vergelijking met de referentiewaarde te maken (zie paragraaf 4.4).

De vergelijking van de tussenpersoons-variantie met de totale variantie kan worden uitgevoerd met behulp van een standaard procedure voor variantieanalyse, namelijk de ANOVA procedure (ANOVA = ANalysis Of VAriance).[7]

Wanneer de tussenpersoons-variantie meer dan 20% van de totale variantie beslaat is een vergelijking met de referentiewaarde op individueel niveau noodzakelijk, omdat dit een indicatie is dat verschillen in de blootstellingspatronen van individuen binnen de HEG van belang zouden kunnen zijn, waardoor de blootstelling van bepaalde individuen in de HEG de referentiewaarde kunnen overschrijden ondanks dat de blootstelling van de groep als geheel in overeenstemming is met de referentiewaarde. Indien de tussenpersoons-variantie minder dan 20% van de totale variantie beslaat kan er vanuit worden gegaan dat de patronen van blootstelling van de individuen binnen de HEG voldoende vergelijkbaar zijn en de toetsing op groepsniveau voldoende is om de blootstelling binnen deze groep te karakteriseren.

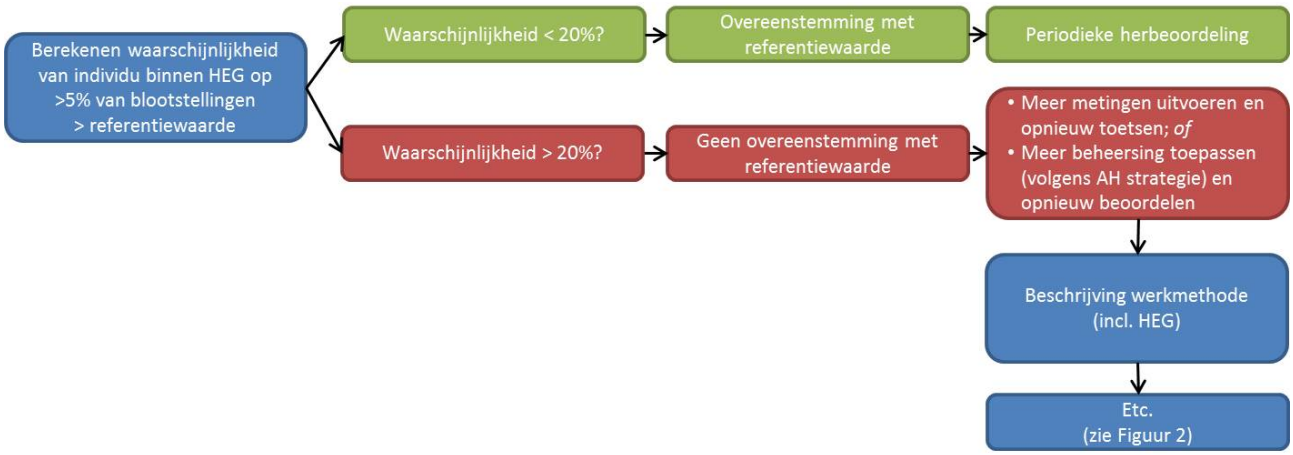
Opties na variantieanalyse:

i. **$s_B^2 \geq 20\% \; s_T^2$** → Vergelijking op individueel niveau noodzakelijk
ii. **$s_B^2 < 20\% \; s_T^2$** → Overeenstemming met referentiewaarde → indeling in risico-klasse op basis van referentiewaarde. Het wordt aanbevolen om een periodieke herbeoordeling uit te voeren, om na te kunnen gaan of de situatie gedurende de tijd niet wijzigt (zie paragraaf 4.4.2).

4.4 Vergelijking met referentiewaarde op individueel niveau

In Figuur 3 wordt het schema van de toetsing van de meetgegevens (8-uur TGG asbestvezelconcentraties) per individu in de HEG aan de referentiewaarde weergegeven. De relevante onderdelen worden hieronder verder uitgewerkt. In Bijlage 1 is ter illustratie een rekenvoorbeeld uitgewerkt.

[7] De ANOVA procedure wordt uitgelegd in elk standaard statistiekboek. Verder is deze procedure over het algemeen standaard onderdeel van (reken)programma's als Excel en statistiekprogramma's als SPSS en SAS.



Figuur 3: Schema vergelijking met referentiewaarde op individueel niveau

4.4.1 Toetsen overeenstemming met referentiewaarde op individueel niveau

Om aan te tonen dat de blootstellingspatronen van individuen binnen een HEG niet afwijken van het algemene blootstellingspatroon, en er dus ook op individueel niveau sprake is van overeenstemming met de referentiewaarde, moet worden aangetoond dat er op individueel niveau geen sprake is van 'uitschieters'. Dit doet men door aan te tonen dat met minder dan 20% kans / waarschijnlijkheid (*probability*) minder dan 5% van de blootstellingen van een individu boven de referentiewaarde liggen. Een andere manier om dit te formuleren is dat van minimaal 80% van de individuen binnen een HEG minimaal 95% van hun blootstellingen onder de referentiewaarde ligt.

Deze berekening gaat er vanuit dat de blootstellingen van elke individu lognormaal verdeeld zijn, en dat de gemiddelde blootstelling (GMs) van de individuen ook lognormaal verdeeld is.

Deze kans kan als volgt worden berekend:[8]

a. Bereken parameter H op basis van het GM, de binnenpersoons-standaarddeviatie (GSD_w) en de tussenpersoons-standaarddeviatie (GSD_B):
   $H = [\log(\text{referentiewaarde}) - (\log GM + 1.645\ GSD_W)] / GSD_B$

b. Bereken de fractie van de distributie dat boven de waarde van H ligt door middel van het bepalen van de *individuele overschrijding* van H. Dit doet men door middel van het berekenen van de cumulatieve standaardnormale verdeling, welke met gebruikmaking van een rekenprogramma kan worden uitgerekend.[9]

   i. **H > 20% → geen overeenstemming:** Wanneer H groter is dan 20%, dan is (waarschijnlijk) sprake van afwijkende patronen van blootstelling op individueel niveau binnen de HEG, waardoor geen sprake is van overeenstemming met de referentiewaarde. In dit geval wordt aanbevolen om meer metingen te verzamelen, of om meer beheersmaatregelen te treffen en de werkmethode dan nogmaals te beoordelen op de manier zoals hierboven beschreven. Het aantal extra te verzamelen metingen hangt af van de geobserveerde spreiding in gemeten asbestvezelconcentraties, en is dus niet van te voren te bepalen.

   ii. **H < 20% → wel overeenstemming:** Wanneer H kleiner is dan 20%, is er wel sprake van overeenstemming met de referentiewaarde. Op basis van de referentiewaarde kan de werkmethode worden ingedeeld in een bepaalde risico-klasse. Het wordt aanbevolen om een

[8] Voor deze berekeningen zijn rekentools beschikbaar.
[9] Kan bijvoorbeeld door het gebruiken van de statistische functie 'STAND.NORM.VERD' (Nederlands) of NORMSDIST (Engels) in Excel

periodieke herbeoordeling uit te voeren, om na te kunnen gaan of de situatie gedurende de tijd niet wijzigt.

4.4.2 Periodieke herbeoordeling van de werkmethode

Om er zeker van te zijn dat de (werk)omgeving voldoende beheerst blijft bij het uitvoeren van de gevalideerde werkmethode, wordt het aanbevolen om de overeenstemming ('*compliance*') met de betreffende toetsingswaarde periodiek opnieuw te beoordelen. Factoren die van invloed zijn op de blootstelling van werknemers kunnen veranderen gedurende de tijd, bijvoorbeeld door veranderingen in het proces, de organisatie van het werk, of het personeel. Werknemers hoeven zich niet bewust te zijn in veranderingen die van invloed zijn op de blootstelling, bijvoorbeeld veroudering en/of slijtage van ventilatie- of afzuigsystemen of subtiele veranderingen in de manier waarop wordt gewerkt.

Het interval voor zo'n periodieke herbeoordeling hangt af van de situatie, maar in de Guidance van de BOHS & NVvA wordt wel een aanbeveling gedaan (op basis van de GM van de beschikbare blootstellingsdistributie):

- GM < 10% toetsingswaarde — Elke 2 jaar
- 10% toetsingswaarde < GM < 25% toetsingswaarde — Elk jaar
- 25% toetsingswaarde < GM < 50% toetsingswaarde — Elk half jaar
- GM > 50% toetsingswaarde — Elke 3 maanden

Hierbij moet het volgende in acht worden genomen:

- Te allen tijde moeten effectieve beheersmaatregelen op de werkplek worden toegepast
- De intervallen hangen ook af van de 'hazard', en men moet dus extra opletten in het geval van carcinogene stoffen zoals asbestvezels
- Wanneer een werkplek onder de supervisie van een arbo-professional (veiligheidskundige, arbeidshygiënist) staat, zijn over het algemeen langere perioden tussen de periodieke herbeoordeling geoorloofd.

5. Implementatie: aanvraag en behandeling van een onderzoek

Definities:

Opdrachtgever:	Diegene die een aanvraag voor een SCi-547 indient.
Beoordelingscommissie:	Onafhankelijke commissie die toetst of de resultaten uit de SCi-548 onderzoeken geschikt zijn voor landelijke validatie.

De methode van uitvoering voor het blootstellingsonderzoek staat beschreven in de SCi-548.
Eisen die in de SCi-548 gesteld zijn, gelden onverkort ook voor de SCi-547. Ten behoeve van landelijke validatie zijn echter aanvullende voorwaarden gesteld.

De opdrachtgever kan de beoordelingscommissie verzoeken om een volledig onderzoeksplan te beoordelen danwel verschillende -gelijkwaardige- SCi-548 onderzoeken conform SCi-547 valide te verklaren voor landelijke toepassing.
De voorzitter van de beoordelingscommissie geeft op basis van de ingezonden documenten een kostenopgave voor de volledige beoordeling. Na goedkeuring van de kostenopgave door de opdrachtgever wordt de aanvraag inhoudelijk beoordeeld.

De samenstelling van de beoordelingscommissie is vastgelegd in de SCi-548. Per project kan worden bepaald of de beoordelingscommissie dient te worden uitgebreid.

Indien de aanvraag volledig is, besluit de beoordelingscommissie binnen 20 werkdagen over de aanvraag. Onvolledige aanvragen worden niet ontvankelijk verklaard. De opdrachtgever wordt in de gelegenheid gesteld de ontbrekende stukken alsnog aan te leveren.

Zelfevaluatie:
Jaarlijks evalueert het bestuur van Ascert met de beoordelingscommissie de SCi-547 en komt waar nodig met aanpassingsvoorstellen.

5.1 Toetsing haalbaarheid (robuustheid) werkmethode in de praktijk

De beoordelingscommissie zal het uitgevoerde onderzoek naast de inhoudelijke beoordeling ook toetsen op robuustheid in de praktijk. Van een werkmethode die landelijk kan worden toegepast moet zeker gesteld worden dat deze in de uitvoering ook altijd zo kan worden toegepast als is vastgelegd in het onderzoek.
Indien de commissie aanvullende maatregelen noodzakelijk acht, omdat de verwijdering randvoorwaarden vereist die essentieel zijn voor het veilig verwijderen van het materiaal, zoals opleiding van personeel, dan wel inzet van specialistische apparatuur zal de commissie deze maatregelen voor landelijke validatie vereisen.

5.2 Opname in SMART

Indien de toetsing door de beoordelingscommissie met positief resultaat is uitgevoerd en de werkmethode in alle omstandigheden veilig kan worden uitgevoerd zal de werkmethode opgenomen worden in SMART.

Literatuur

BOHS & NVvA. Testing complicance with occupational exposure limits for airborne substances. British Occupational Hygiene Society (BOHS) en Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVvA), September 2011 (http://www.arbeidshygiene.nl/~uploads/news/file/Sampling%20Strategy%20Guidance%202011[1].pdf).

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

Hawkins NC, Jayjock MA, Lynch J. A rationale and framework for establishing the quality of human exposure assessments. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1992; 53:34-41.

Rajan B, Alesbury R, Carton B, Gérin M, Litske H, Marquart H, Olsen E, Scheffers T, Stamm R, Woldbaek T. European proposal for core information for storage and exchange of workplace exposure measurements on chemical agents. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1997; 12 (1): 31-39.

Ritchie PJ, Cherrie, JW. The development of a prototype database for the voluntary reporting of occupational exposure data on chemicals. Appl. Occup. Environ. Hyg. 2001; 16: 295-199.

Schinkel J, Ritchie P, Goede H, Fransman W, van Tongeren M, Cherrie JW, Tielemans E, Kromhout H, Warren N. The Advanced REACH Tool (ART): incorporation of an exposure measurement database. Ann. Occup. Hyg. 2013;57 (6): 717-727.

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.

SCi-548. Protocol voor het bepalen van de concentratie aan respirabele asbestvezels in de lucht tijdens het op projectniveau uitvoeren van asbestverwijderingshandelingen. Ascert, februari 2015.

NEN. 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

Bijlage 1: Uitwerking rekenvoorbeeld analyse blootstellingsgegevens

De uitwerking van dit rekenvoorbeeld is gebaseerd op Appendix 1 van de Guidance zoals opgesteld door de BOHS en de NVvA.[10]

Rekenprogramma's

Bij het uitwerken van onderstaand rekenvoorbeeld is gebruik gemaakt van het programma Microsoft Excel, omdat dit programma algemeen beschikbaar is, en eenvoudig in gebruik. Voor een dergelijke analyse van blootstellingsgegevens kan echter natuurlijk ook gebruik worden gemaakt van andere programma's, zoals de rekentool SPEED (ontwikkeld door onder andere het Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS) van de Universiteit van Utrecht) of SPSS en SAS.

Stap 1: Invoer meetresultaten

Als voorbeeld wordt uitgegaan van een homogene expositiegroep (HEG) van drie werknemers die dezelfde saneringshandeling uitvoeren, waarbij persoonlijke blootstelling aan asbestvezels is gemeten. De (fictieve) resultaten staan weergegeven in Figuur B1.1. De weergegeven vezelconcentraties betreffen de 8-uur TGG blootstellingen (gedurende een werkdag). Hierbij is uitgegaan van de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval (Poisson-verdeling) van de analyseresultaten van de individuele meting (monster). Twee van werknemers zijn vier keer bemeten, maar een van de twee werknemers was niet aanwezig op 2 van de vier meetdagen.

F30

	A	B	C	D	E
1	STAP 1: Invoer meetgegevens				
2		Blootstelling aan asbestvezels (in vezels/m³)			
3		**Dag \ Persoon**	**Jan**	**Piet**	**Gerda**
4		**Maandag**	1500,00	1200,00	1400,00
5		**Dinsdag**	750,00	800,00	
6		**Woensdag**	900,00	1100,00	
7		**Donderdag**	1200,00	1300,00	1400,00

Figuur B1.1: Invoer van meetgegevens

Stap 2: Lognormaal transformeren van meetresultaten

T.TEST =LN(C4)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	STAP 1: Invoer meetgegevens						STAP 2: Lognormaal transformeren meetgegevens				
2		Blootstelling aan asbestvezels (in vezels/m³)						Lognormaal getransformeerde meetresultaten			
3		**Dag \ Persoon**	**Jan**	**Piet**	**Gerda**			**Dag \ Persoon**	**Jan**	**Piet**	**Gerda**
4		**Maandag**	1500,00	1200,00	1400,00			**Maandag**	=LN(C4)	7,09	7,24
5		**Dinsdag**	750,00	800,00				**Dinsdag**	6,62	6,68	
6		**Woensdag**	900,00	1100,00				**Woensdag**	6,80	7,00	
7		**Donderdag**	1200,00	1300,00	1400,00			**Donderdag**	7,09	7,17	7,24

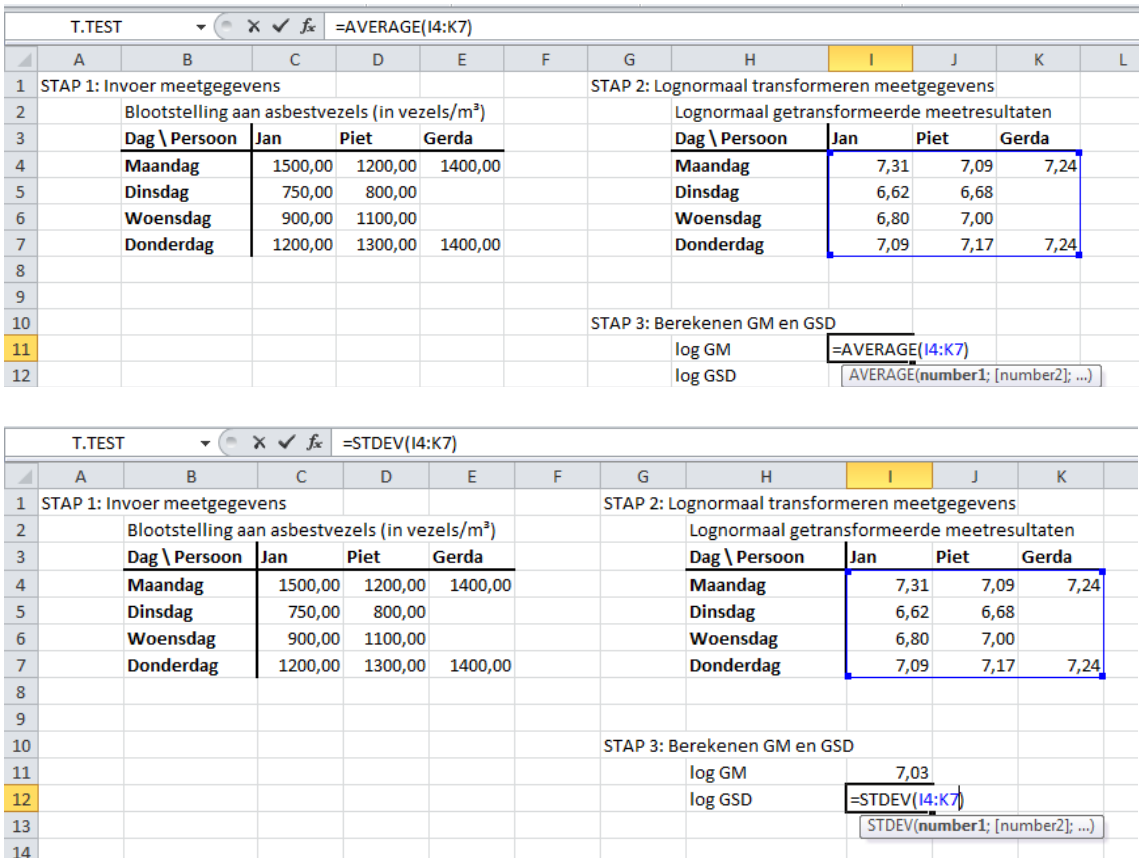
Figuur B1.2: Lognormaal transformeren meetgegevens

Omdat wordt aangenomen dat de meetresultaten lognormaal verdeeld zijn, en bij de rest van de berekeningen dus wordt uitgegaan van de lognormaal getransformeerde waarden, betreft de volgende stap het lognormaal transformeren van de meetresultaten. Hoe dit in zijn werk gaat staat weergegeven in Figuur B1.2.

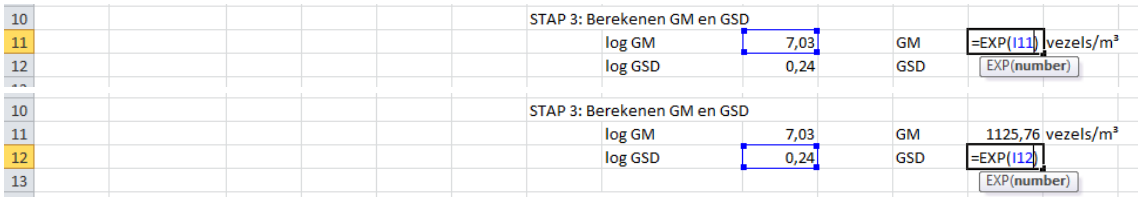
[10] BOHS & NVvA. Testing compliance with occupational exposure limits for airborne substances. British Occupational Hygiene Society (BOHS) en Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVvA), september 2011 (http://www.arbeidshygiene.nl/~uploads/news/file/Sampling%20Strategy%20Guidance%202011[1].pdf).

Stap 3: Berekenen GM en GSD

De volgende stap is het berekenen van het geometrisch gemiddelde (GM) en de geometrische standaarddeviatie (GSD), die nodig zijn voor het toetsen op overeenstemming met de referentiewaarde (bijvoorbeeld de wettelijke grenswaarde) op groepsniveau. Dit kan door middel van de formules zoals staan aangegeven in paragraaf 4.3.1, maar kan ook door middel van formules die beschikbaar zijn in Excel (zie Figuur B1.3).



door middel van terug transformeren kunnen de 'normale' waarden voor de GM (in mg/m³) en de GSD worden berekend (zie hieronder).



resulterend in de volgende waarden voor de GM en de GSD:



Figuur B1.3: Berekenen GM en GSD

Stap 4: Toetsing overeenstemming met referentiewaarde op groepsniveau met behulp van parameter U

Her toetsen of de gemeten blootstellingsdistributie voor deze HEG op groepsniveau in overeenstemming is met de grenswaarde wordt gedaan door middel van het berekenen van de waarde voor parameter U. Hoe de waarde voor parameter U berekend wordt staat weergegeven in Figuur B1.4.

T.TEST =(LN(I15)-I11)/I12

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	STAP 1: Invoer meetgegevens						STAP 2: Lognormaal transformeren meetgegevens						
2		Blootstelling aan asbestvezels (in vezels/m³)						Lognormaal getransformeerde meetresultaten					
3		**Dag \ Persoon**	**Jan**	**Piet**	**Gerda**			**Dag \ Persoon**	**Jan**	**Piet**	**Gerda**		
4		**Maandag**	1500,00	1200,00	1400,00			**Maandag**	7,31	7,09	7,24		
5		**Dinsdag**	750,00	800,00				**Dinsdag**	6,62	6,68			
6		**Woensdag**	900,00	1100,00				**Woensdag**	6,80	7,00			
7		**Donderdag**	1200,00	1300,00	1400,00			**Donderdag**	7,09	7,17	7,24		
8													
9													
10							STAP 3: Berekenen GM en GSD						
11								log GM	7,03		GM	1125,76	vezels/m³
12								log GSD	0,24		GSD	1,28	
13													
14							STAP 4: Toetsen op groepsniveau						
15								Grenswaarde	2000,00	vezels/m³			
16								parameter U	=(LN(I15)-I11)/I12				

resulterend in de volgende waarde voor parameter U:

I18

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	STAP 1: Invoer meetgegevens						STAP 2: Lognormaal transformeren meetgegevens						
2		Blootstelling aan asbestvezels (in vezels/m³)						Lognormaal getransformeerde meetresultaten					
3		**Dag \ Persoon**	**Jan**	**Piet**	**Gerda**			**Dag \ Persoon**	**Jan**	**Piet**	**Gerda**		
4		**Maandag**	1500,00	1200,00	1400,00			**Maandag**	7,31	7,09	7,24		
5		**Dinsdag**	750,00	800,00				**Dinsdag**	6,62	6,68			
6		**Woensdag**	900,00	1100,00				**Woensdag**	6,80	7,00			
7		**Donderdag**	1200,00	1300,00	1400,00			**Donderdag**	7,09	7,17	7,24		
8													
9													
10							STAP 3: Berekenen GM en GSD						
11								log GM	7,03		GM	1125,76	vezels/m³
12								log GSD	0,24		GSD	1,28	
13													
14							STAP 4: Toetsen op groepsniveau						
15								Grenswaarde	2000,00	vezels/m³			
16								parameter U	2,35				

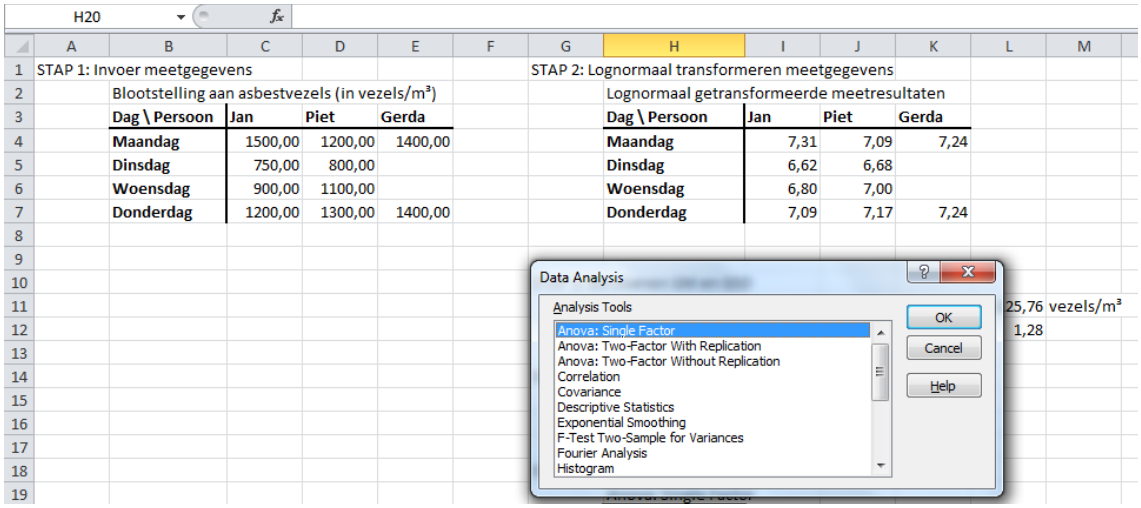
Figuur B1.4: Berekenen parameter U

In dit voorbeeld is uitgegaan van een grenswaarde voor asbestvezels van 2000 vezels/m³. Voor het berekenen van parameter U wordt gebruik gemaakt van de lognormaal getransformeerde waarde van U. Wanneer de waarde voor U (U=2,35) dan wordt vergeleken met de afgeleide limietwaarden voor U (zie Tabel 2 in paragraaf 4.3.1), welke in geval van een HEG met 10 beschikbare blootstellingsmetingen 2,005 is, kan op basis van dit voorbeeld worden geconcludeerd dat er sprake is van overeenstemming met de referentiewaarde op groepsniveau, aangezien de waarde voor U groter is dan de limietwaarde (U > 2,005).
Dat er sprake is van overeenstemming is niet zo vreemd, want op basis van de vergelijking van de daadwerkelijke meetresultaten (maximaal 1500 vezels/m³) met de grenswaarde (2000 vezels/m³).

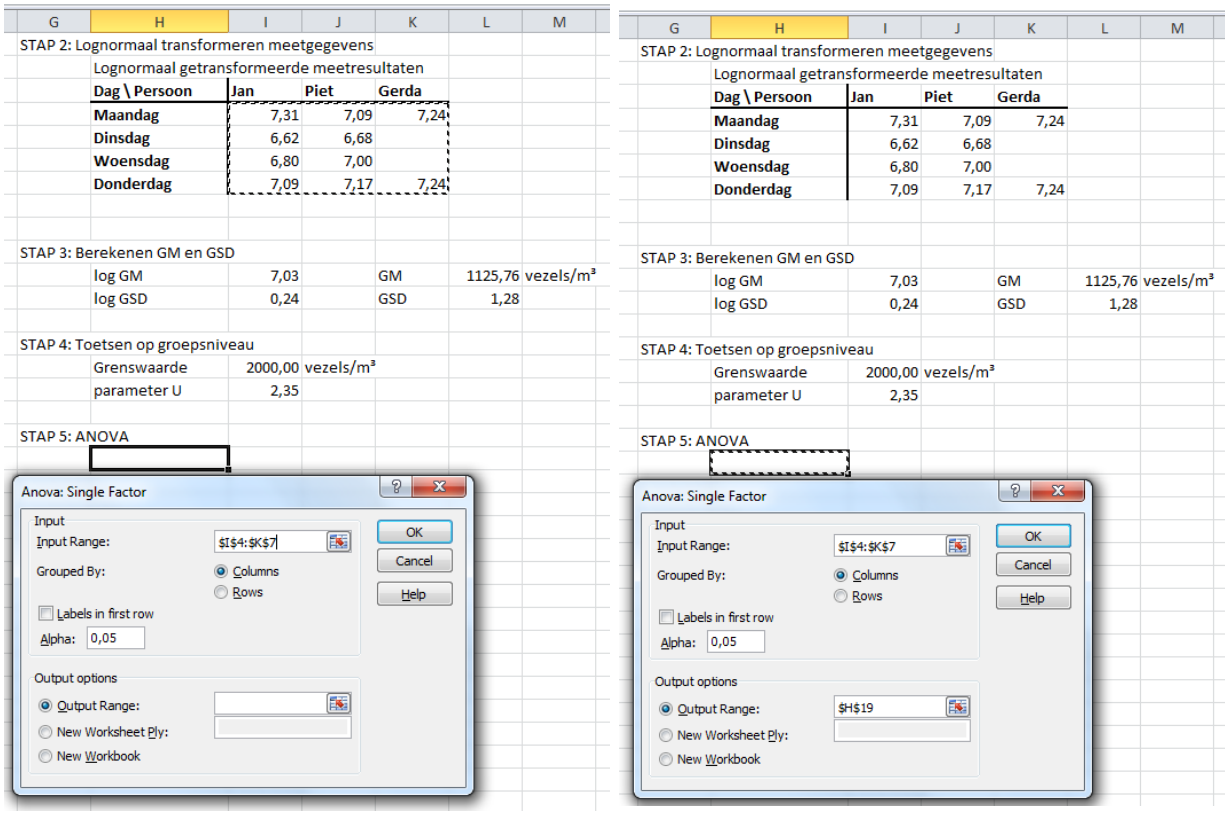
Stap 5: Uitvoering variantieanalyse (ANOVA)

Voor deze stap maken we gebruik van een 'ANOVA: Single factor' (zie Figuur B1.5), waarbij moet worden aangegeven op basis van welke gegevens de ANOVA moet worden uitgevoerd (selectie van input data, welke cellen relevant zijn) en waar de resultaten van de ANOVA moeten worden weergegeven (zie Figuur B1.6).[11]

[11] In Excel kan dit door middel van de optie 'Data analysis' in het tabblad 'Data' van Microsoft Excel, wat onderdeel is van het 'Analysis toolpak' (een Add-In).



Figuur B1.5: Selectie van optie ANOVA als onderdeel van Data Analysis



Figuur B1.6: Selectie van input data en weergave resultaten

De resultaten van de ANOVA worden dan weergegeven zoals het voorbeeld in Figuur B1.7.

STAP 5: ANOVA

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Column 1	4	27,82577	6,956441	0,094008
Column 2	4	27,94787	6,986968	0,045285
Column 3	2	14,48846	7,244228	0

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0,120694	2	0,060347	1,010887	0,411454	4,737414
Within Groups	0,417878	7	0,059697			
Total	0,538572	9				

Figuur B1.7: Weergave resultaten van de ANOVA

Stap 6: Binnenpersoons-variantie (variatie van dag tot dag)

De binnenpersoons-variantie (in het Engels 'within-worker variance' en ook wel variatie van dag tot dag genoemd; s_W^2) wordt berekend met behulp van het getal voor de 'mean square' (MS) voor de bron 'Within Groups'. In dit geval is de binnenpersoons-variantie (s_W^2) dus 0,059697. Op basis van de binnenpersoons-variantie kunnen we ook de binnenpersoons-standaard deviatie (GSD_W) uitrekenen (zie ook Figuur B1.8):

$$GSD_W = \sqrt{s_W^2}$$

STAP 5: ANOVA

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Column 1	4	27,8258	6,95644	0,09401
Column 2	4	27,9479	6,98697	0,04528
Column 3	2	14,4885	7,24423	0

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0,12069	2	0,06035	1,01089	0,41145	4,73741
Within Groups	0,41788	7	0,05970			
Total	0,53857	9				

STAP 6: Binnenpersoons-variantie

s_W^2	0,0597
GSD_W	=SQRT(I36)

SQRT(**number**)

resulterend in:

STAP 6: Binnenpersoons-variantie

s_W^2	0,05970
GSD_W	0,24433

Figuur B1.8: Binnenpersoons-variantie en –standaard deviatie

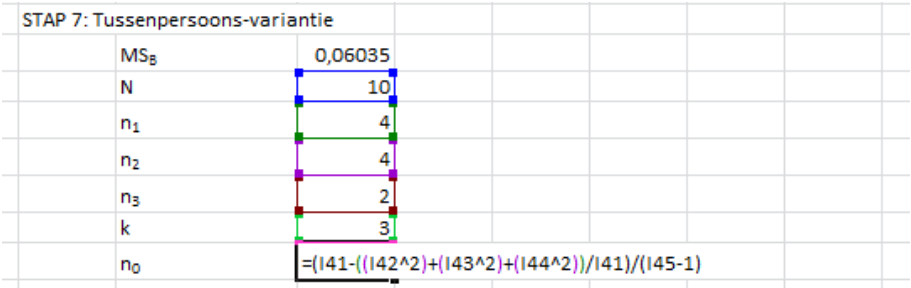
Stap 7: Tussenpersoons-variantie

Voor het berekenen van de tussenpersoons-variantie wordt gebruik gemaakt van de tussenpersoon 'mean square' (MS_B). Deze is beschikbaar door middel van de resultaten van de ANOVA, weergegeven door het getal 'mean square' (MS) voor de bron 'Between Groups', in dit geval dus 0,060347.
Wanneer voor elke persoon in de HEG hetzelfde aantal metingen beschikbaar is (n_0), zou de tussenpersoon 'mean square' (MS_B) als volgt kunnen worden afgeleid aan de hand van de binnen- (s_W^2) en tussenpersoons-variantie (s_B^2):
$MSB = s_W^2 + n_0 * s_B^2$.

De tussenpersoons-variantie kan dan als volgt worden afgeleid:
$s_B^2 = (MS_B - s_W^2) / n_0$

In dit voorbeeld zijn er echter niet voor alle personen hetzelfde aantal metingen beschikbaar, wat een meer realistisch scenario is (komt in de praktijk ook vaak zo voor). In dat geval wordt n_0 als volgt uitgedrukt:
$n_0 = (N - ((\Sigma^k_{i=1} * n_i^2) / N)) / (k-1)$, waarbij:
- N is het totaal aantal metingen
- *k* is het aantal personen dat is bemeten
- n_i is het aantal beschikbare blootstellingsmetingen voor de i^{de} persoon
- de factor $\Sigma^k_{i=1} * n_i^2$ is de som van de kwadraten van het aantal blootstellingsmetingen per individuele werknemer.

De berekening van n_0 voor dit voorbeeld is weergegeven in Figuur B1.9.



Figuur B1.9: Berekening n_0

Op basis hiervan kunnen we nu de tussenpersoons-variantie (s_B^2) en de tussenpersoons-standaard deviatie (GSD_B) berekenen met behulp van de formule die hierboven staat. Dit is voor dit voorbeeld weergegeven in Figuur B1.10.
Omdat we de variantie behorende bij de distributie van slechts een klein aantal metingen berekenen, kan het gebeuren dat de berekende waarde voor MS_B kleiner is dan de berekende binnenpersoons-variantie ($MS_B < s_W^2$), waardoor de berekening van de tussenpersoons-variantie een negatief getal oplevert ($s_B^2 < 0$). Dit betekent dat de echte waarde voor de tussenpersoons-variantie waarschijnlijk een erg klein getal is. Het is gebruikelijk om in dat geval de tussenpersoons-variantie de waarde nul (0) toe te kennen.

STAP 5: ANOVA

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Column 1	4	27,8258	6,95644	0,09401
Column 2	4	27,9479	6,98697	0,04528
Column 3	2	14,4885	7,24423	0

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0,12069	2	0,06035	1,01089	0,41145	4,73741
Within Groups	0,41788	7	0,05970			
Total	0,53857	9				

STAP 6: Binnenpersoons-variantie

s_W^2	0,05970
GSD_W	0,24433

STAP 7: Tussenpersoons-variantie

MS_B	0,06035
N	10
n_1	4
n_2	4
n_3	2
k	3
n_0	3,2
s_B^2	=(I40-I36)/I46

waarna:

s_B^2	0,0002
GSD_B	=SQRT(I47)

SQRT(**number**)

resulterend in:

s_B^2	0,0002
GSD_B	0,01425

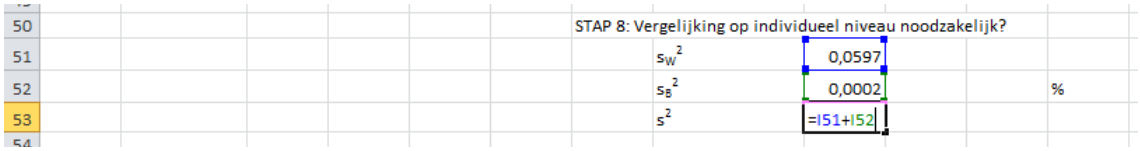
Figuur B1.10: Berekenen tussenpersoons-variantie en –standaard deviatie

Stap 8: Is vergelijking met de referentiewaarde op individueel niveau noodzakelijk?

Wanneer de tussenpersoonsvariantie meer dan 20% van de totale variantie bedraagt ($s_B^2 > 0{,}2\ s^2$) moet er ook op individueel niveau op overeenstemming met de referentiewaarde worden getoetst, omdat dit een aanwijzing is dat verschillen in de blootstellingspatronen van de individuen binnen de HEG van belang zouden kunnen zijn. In dat geval kan de blootstelling van bepaalde individuen in de HEG de referentiewaarde overschrijden ondanks dat de blootstelling van de groep als geheel in overeenstemming is met de referentiewaarde.

De totale variantie is de som van de binnenpersoons- en de tussenpersoons-variantie ($s^2 = s_W^2 + s_B^2$). In dit voorbeeld is de tussenpersoons-variantie ruim minder dan 20% van de totale variantie (namelijk 0,33%, zie Figuur B1.11), en op basis van deze gegevens zou er dus worden geconcludeerd dat het niet nodig is om ook op individueel niveau te toetsen op overeenstemming met de referentiewaarde.

Eerst bepalen van de totale variantie:



Dan berekenen % tussenpersoonsvariantie van totale variantie:



resulterend in:



Figuur B1.11: Berekenen % tussenpersoonsvariantie

Stap 9: Toetsen op overeenstemming op individueel niveau

Hoewel het op basis van het huidige voorbeeld niet nodig is om ook op individueel niveau te toetsen op overeenstemming met de referentiewaarde, wordt deze stap hier ter illustratie wel verder uitgewerkt.

Toetsen op individueel niveau gebeurt door de waarschijnlijkheid te berekenen dat van een individu binnen de HEG 5% van zijn/haar blootstellingen boven de referentiewaarde liggen. Hiervoor is het gemiddelde van de distributie van de lognormaal getransformeerde waarden nodig (log GM, in dit voorbeeld 7,03, zie Stap 3). Echter, hierbij is tot nu toe buiten beschouwing gelaten dat niet voor elk individu evenveel blootstellingsgegevens beschikbaar zijn. Tot nu toe is namelijk aangenomen dat iedereen dezelfde distributie heeft. Omdat nu word nagegaan of de distributies van individuen afwijken van die van de groep, wordt het groepgemiddelde (log Mean) nu berekend aan de hand van de gemiddelden van de verschillende werknemers, welke staan weergegeven in het overzicht van de resultaten van de ANOVA (zie Figuur B1.12). In de meeste gevallen verschillende de twee manieren om dit gemiddelde te berekenen niet veel van elkaar (7,03 versus 7,06).

STAP 5: ANOVA

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Column 1	4	27,8258	6,95644	0,09401
Column 2	4	27,9479	6,98697	0,04528
Column 3	2	14,4885	7,24423	0

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0,12069	2	0,06035	1,01089	0,41145	4,73741
Within Groups	0,41788	7	0,05970			
Total	0,53857	9				

STAP 6: Binnenpersoons-variantie

s_W^2	0,05970
GSD_W	0,24433

STAP 7: Tussenpersoons-variantie

MS_B	0,06035
N	10
n_1	4
n_2	4
n_3	2
k	3
n_0	3,2
s_B^2	0,0002
GSD_B	0,01425

STAP 8: Vergelijking op individueel niveau noodzakelijk?

s_W^2	0,0597		
s_B^2	0,0002	0,33907	%
s^2	0,059900		

STAP 9: Toetsen op individueel niveau

log Mean	=AVERAGE(K23:K25)
Grenswaarde	

AVERAGE(**number1**; [number2]; ...)

resulterend in:

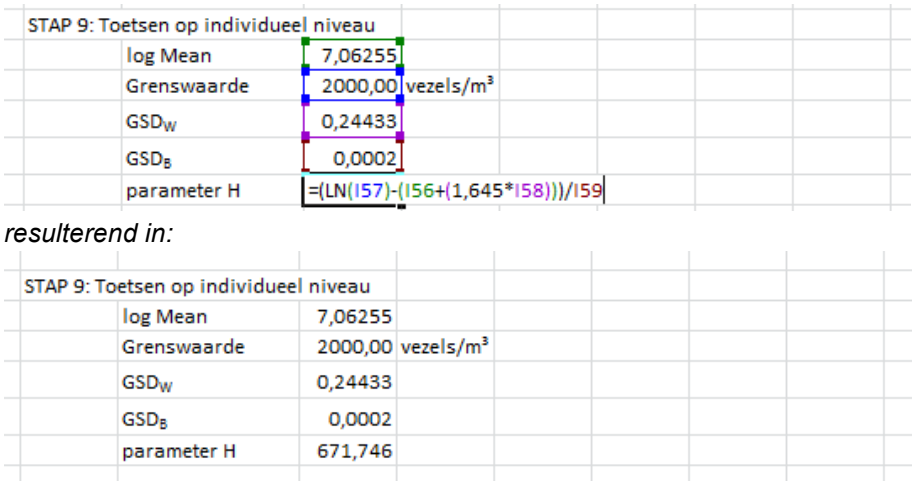
STAP 9: Toetsen op individueel niveau

log Mean	7,06255

Figuur B1.12: Bereken van het gemiddelde van de lognormaal getransformeerde waarden (log Mean)

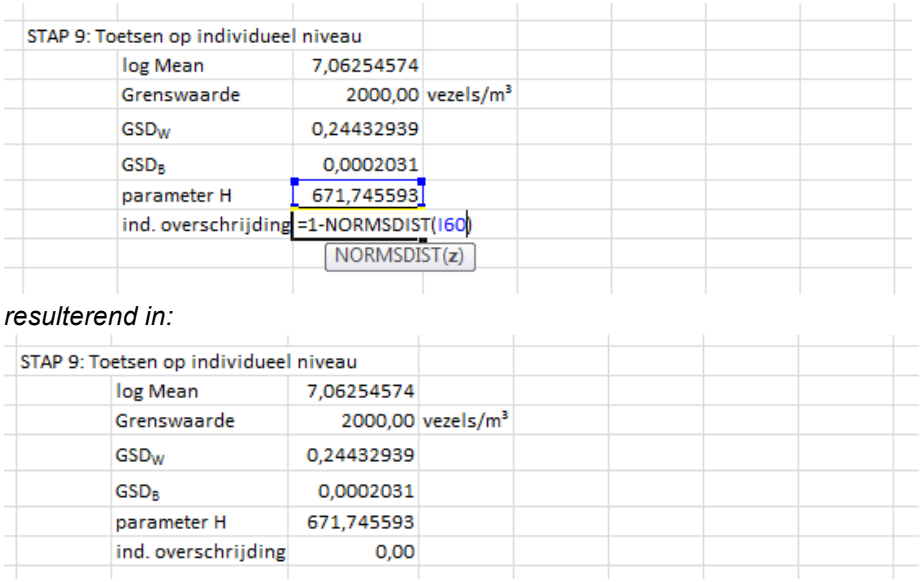
Op basis hiervan kan de parameter H worden berekend aan de hand van de volgende formule (zie Figuur B.13):

H = [log (referentiewaarde) - (log Mean + 1.645 GSD_W)] / GSD_B



Figuur B1.13: Berekenen parameter H

Hierna wordt de uitkomst van parameter H gebruikt voor het berekenen van dat deel van de werknemers binnen de HEG waarvan het 95-percentiel van hun distributie groter is dan de referentiewaarde, wat de *individuele overschrijding* wordt genoemd. Dit komt neer op het berekenen van de cumulatieve standaardnormale verdeling, en wordt in Excel berekend door middel van de statistische functie 'STAND.NORM.VERD' (Nederlands) of NORMSDIST (Engels) (zie Figuur B1.14).



Figuur B1.14: Berekenen individuele overschrijding

In dit voorbeeld is de berekende individuele overschrijding 0,00 of 0%. Dit betekent dat volgens de berekening wordt verwacht dat 0% van de werknemers in de HEG meer dan 5% van hun blootstellingen boven de referentiewaarde liggen. Zoals eerder aangegeven wordt er vanuit gegaan dat de individuele toetsing in overeenstemming is met de grenswaarde wanneer de individuele overschrijding minder is dan 0,2 (20%), oftewel dat er minder dan 20% kans is dat van een van de individuen binnen de HEG meer dan 5% van de blootstellingen boven de referentiewaarde liggen.