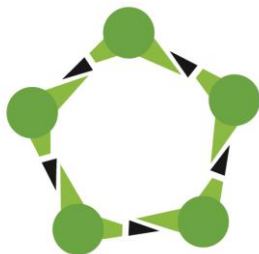


# **Emissie van asbestvezels uit besmet textiel (kleding) en emissiereductie door wassen**

Ard van Pelt

Assen, Oktober 2015



*Academische Werkplaats*  
**MILIEU EN GEZONDHEID**



**Onderzoek doen! Het levert antwoorden maar ook meer vragen.....**

## Voorwoord

De Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid heeft het voorstel van GGD Drenthe gehonoreerd voor het uitvoeren van een onderzoek naar de effecten van wassen op textiele kleding besmet met asbestvezels en heeft hiervoor een subsidie beschikbaar gesteld. Het onderzoek is daarnaast mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage door de woningcorporaties Lefier, Actium, Acantus, De Huismeesters, Steelande wonen, Nijestee, Patrimonium en Woonconcept.

In de voorbereiding en uitwerking heeft Ard van Pelt (GGD Drenthe) samen gewerkt met Ko den Boeft (TNO) en Frans Duijm (GGD Groningen). De praktische experimenten zijn uitgevoerd door gecertificeerde asbestmedewerkers van Belas asbestverwijdering te Uden. Verder heeft een begeleidingsgroep van Frans Greven en Martin Eggens (beide GGD Groningen), Marja Elders-Meijerink (GGD Drenthe) en Lex Burdorf (Erasmus Universiteit Rotterdam) inhoudelijk geadviseerd. In een klankbordgroep participeerde de landelijke GGD werkgroep asbest, Gemeente Emmen, Lefier en Acantus.

Het project is onderdeel van de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid. Deze Academische Werkplaats is één van de Academische Werkplaatsen Publieke Gezondheid. Dit zijn samenwerkingsverbanden tussen universiteiten en GGD'en. De Academische Werkplaats vormt een infrastructuur voor het bundelen en ontwikkelen van kennis uit praktijk, wetenschap en beleid. Het doel van de Academische Werkplaats is verbetering van het 'evidence-based' handelen door GGD'en in Nederland.

## Samenvatting

De GGD'en worden vaak gevraagd om te adviseren over gezondheidsrisico's bij (asbest)saneringen, net als over de communicatie over gezondheidsrisico's. Daarbij komen ook vragen over kleding of andere textiele voorwerpen besmet met asbest naar voren. Over de effectiviteit van het verwijderen van asbestvezels tijdens het wassen is weinig bekend. In dit onderzoek is onderzocht of kleding besmet met amosiet asbestvezels effectief gereinigd kan worden door wassen.

Door het ontwerpen van een klopmechanisme is een aan de praktijk rakend mechanisme ontwikkeld waardoor met asbest besmette kleding geklopt kan worden zonder dat blootstelling aan deze asbestvezels plaatsvindt. Door katoen en wol/acryl kleding te besmetten met amosiet en vervolgens ongewassen en gewassen te kloppen en de vezelemissie te meten kunnen we een uitspraak doen over de effectiviteit van wassen. De resultaten tonen een wasefficiëntie voor zowel wol/acryl als katoen van 99 %.

Op basis van de gegevens is modelmatig berekend of het dragen van deze kleding zorgt voor een extra gezondheidsrisico. Deze berekeningen tonen aan dat er sterke aanwijzingen zijn dat zowel katoen als wol/acryl na wassen veilig gedragen kan worden en niet voor een extra gezondheidsrisico zorgt.

# Inhoud

Voorwoord .....	3
Samenvatting.....	4
1 Inleiding .....	7
Asbest .....	8
Asbestvezels en gezondheid.....	8
Nederlandse definitie VR.....	8
Nederlandse definitie MTR.....	8
Beoogd resultaat .....	9
Afbakening/randvoorwaarden .....	9
2 Materiaal en methode.....	10
2.1 Studie opzet.....	10
Asbest .....	10
Kleding .....	10
2.2 Uitvoering van de studie .....	11
Besmetting van de kleding .....	11
Klopsimulatie .....	11
Containment.....	12
Reiniging containment/kasten tussen de experimenten .....	13
Experiment 1: Ongewassen kleding .....	13
Experiment 2: Gewassen kleding .....	13
Experiment 3: Gewassen katoenen kleding tweede maal geklopt .....	13
2.3 Analyses.....	14
Analyse van samples.....	14
Detectielimiet .....	14
Deeltjesteller .....	14
Statistische Analyse .....	15
3 Resultaten.....	16
Besmetting van de kleding .....	16
Met deeltjesteller gemeten aantal deeltjes tijdens het kloppen.....	16
Op het filter getelde aantal asbestvezels na het kloppen.....	19
Contra-analyses TNO .....	20
Bronsterkte van de kledingstukken.....	20
Evenwichtsconcentraties in een ruimte.....	21

4 Discussie .....	22
Blootstellingsconcentratie.....	22
Emissie-metingen .....	22
Reductie van asbestvezels door wassen .....	22
Verskil katoen, wol/acryl en andere kleding .....	23
Spreidingsinterval analyses en contra-analyses.....	23
Gezondheidsrisico's.....	24
Achtergrondconcentratie asbest.....	24
Hoe om te gaan met (mogelijk) besmette kleding.....	25
5 Conclusies/Aanbevelingen .....	26
6 Implementatie .....	27
7 Geraadpleegde literatuur .....	28
Bijlage 1 Overzichtstabel SEM Analyses .....	29
Bijlage 2 Resultaten filteranalyses SEM besmetting kleding.....	31
Bijlage 3 Resultaten filteranalyses SEM van de kleding katoen en wol/acryl, zowel gewassen als ongewassen .....	32
Bijlage 4 Rekenvoorbeeld blootstelling.....	37

# 1 Inleiding

Na het constateren van asbestvezels in een woning wordt op advies van gecertificeerde asbestinventariseerders en –saneerders tijdens de sanering vaak de hele huisraad luchtdicht ingepakt en afgevoerd vanwege mogelijke besmetting met asbest. Vervanging van de afgevoerde huisraad is kostbaar, maar ook kunnen bezittingen voor bewoners een emotionele waarde hebben die niet met geld te compenseren is. Het liefst willen mensen hun eigendommen gereinigd terug.

Voorwerpen met vochtbestendige, gladde oppervlakken zijn goed van asbestvezels te reinigen en kunnen terug naar de eigenaar. Dit geldt niet voor kleding en andere textiele voorwerpen waar de asbestvezels in het weefsel kunnen dringen. Textiele voorwerpen zouden gereinigd kunnen worden door ze te wassen. Over de effectiviteit van het verwijderen van asbestvezels tijdens het wassen is weinig bekend. De GGD'en worden vaak gevraagd om te adviseren bij (asbest)saneringen en de communicatie over gezondheidsrisico's . Daarbij komen ook vragen over kleding of andere textiele voorwerpen naar voren.

Asbest is door inademing van losse (respirabele) vezels een risico voor de gezondheid. Er is veel onderzoek gedaan naar het ontstaan van ziekte en de relatie met contact met asbest. Het gebruik van met asbestvezels besmette kleding kan bijdragen aan de blootstelling aan asbest.

Er is vrijwel geen (kwantitatieve) informatie beschikbaar over het voorkomen van asbestvezels in besmette kleding die niet beroepsmatig wordt gebruikt. Recent heeft Sahmel (Sahmel, 2014) onderzoek gedaan naar het vrijkomen van asbestvezels van bedrijfskleding die is besmet met chrysotielvezels (wit asbest) gedurende kloppen/bewegen. Hieruit blijkt dat 15 minuten actief kloppen/bewegen zorgt voor het vrijkomen van chrysotiel vezels. De mate van besmetting maakt hierin wel uit. Bij blootstelling aan lage concentraties ( $\pm 100.000$  vezels/ $m^3$ ) wordt niets gemeten. Bij de andere twee groepen besmet met respectievelijk circa  $1,5 \cdot 10^6$  en circa  $3,0 \cdot 10^6$  vezels/ $m^3$  wordt door kloppen/bewegen tussen de 0,2 tot 1,4% van de aan de kleding gemeten concentraties terug gevonden.

Er bestaan aanwijzingen in de literatuur dat het wassen van overalls en handdoeken van asbestsaneerders leidt tot een reductie van het aantal asbestvezels in de kledingstukken. Onderzoek aan gewassen overalls wijst op het niet of nauwelijks meer voorkomen van asbestvezels in deze besmette kledingstukken. In dit zelfde onderzoek wordt aangetoond dat dit effect op handdoeken minder evident is (Revell, G., 2002). Uit onderzoek uitgevoerd door Grosse et al. blijkt dat door wassen en drogen 90% van de asbestvezels uit katoenen kleding verdwijnt. De andere 10% hecht dusdanig aan de kleding dat deze niet vrijkomt door mechanische beweging in wasmachines. Daarnaast hebben ze ook geconstateerd dat het zeer onwaarschijnlijk is dat kleding met asbestvezels besmet wordt als het gewassen is met water met asbestvezels vanuit het waterleidingnet. In hun onderzoek hebben ze niet alle onderzoeken uitgevoerd met echte asbestvezels maar met vezels met nagenoeg dezelfde chemische en fysische eigenschappen zogenaamde kationisch gemodificeerde cellulose vezels (Grosse, 1998). Op internet is zowel voor de professionele wasserettes als particulieren weinig onderbouwde informatie te vinden over hoe te handelen met asbestvezels besmette kleding. Op de website van de Amerikaanse Atlantic County Division of Public Health ([http://www.aclink.org/PublicHealth/health\\_topics/pdf\\_files/Asbestos\\_fact\\_sheet.pdf](http://www.aclink.org/PublicHealth/health_topics/pdf_files/Asbestos_fact_sheet.pdf); site bezocht

op 7 augustus 2015) is een verder niet onderbouwd advies te vinden om asbestbesmette kleding af te spoelen en dan in de wasmachine te wassen (Atlantic County Division of Public ).

## Asbest

Asbest is een minerale vezel en wordt al jaren in diverse industrieën gebruikt. Asbest is sterk, slijtvast, onbrandbaar en niet-rottend. Bovendien is asbest een goedkope grondstof. Het is onder meer toegepast in gebouwen en daken. In Nederland is het sinds 1 juli 1993 het verboden om asbesthoudende materialen te verwerken.

De chemische samenstelling en de kristalstructuur bepalen de eigenschappen van de asbestvezels. Er zijn twee hoofdgroepen te onderscheiden: de serpentijn- en amfibool-groep.

- Tot de serpentijngroep behoort chrysotiel (wit asbest). Deze asbestvezels bestaan uit meerdere fibrillen en zijn vaak krulvormig. De fibril geeft de vezel zijn sterkte en buigzaamheid.
- De twee meest toegepaste amfibolen zijn crocidoliet (blauw asbest) en amosiet (bruin asbest). Amfibolen hebben een starre structuur en zijn minder buigzaam. (Hegger, 2014)

## Asbestvezels en gezondheid

Asbestvezels worden al lange tijd in verband gebracht met een aantal ziekten, zoals asbestose, longvlies- of buikvlieskanker (mesothelioom) en longkanker. In 2010 heeft de Gezondheidsraad een uitgebreide analyse uitgevoerd van alle beschikbare literatuur over asbestvezels en het ontstaan van mesothelioom. De Gezondheidsraad is daarbij tot de conclusie gekomen dat per dosis de risico's hoger zijn dan tot die tijd aangenomen werd en heeft nieuwe waarden opgesteld voor doses die gepaard gaan met een Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) en een Verwaarloosbaar Risiconiveau (VR) voor zowel chrysotiel asbest als amfibool asbest (Gezondheidsraad, 2010). In tabel 1 is een overzicht van die advieswaarden.

	Chrysotiel	Amfibool
MTR	2800	300
VR	28	3

**Tabel 1** Aantal asbestvezels per m<sup>3</sup> lucht waarvan het risico volgens de Gezondheidsraad overeenkomt met het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) resp. het Verwaarloosbaar Risiconiveau (VR).

## Nederlandse definitie VR

De Nederlandse overheid heeft het VR vastgesteld als de dosis die bij levenslange toediening aan een miljoen personen leidt tot één extra geval van kanker.

## Nederlandse definitie MTR

Het MTR voor genotoxisch werkende kankerverwekkende stoffen is in Nederland gedefinieerd als de dosis die bij levenslange toediening aan tienduizend personen leidt tot één extra geval van kanker (Vrom, 1989).



## **Beoogd resultaat**

In deze studie willen we inzicht krijgen in hoeverre het wassen van kleding, zoals dat in huishoudens plaatsvindt, effectief is om een besmetting met asbestvezels te verwijderen. De reductie van het aantal asbestvezels willen we in beeld brengen door de emissie van asbestvezels uit deze kleding voor en na het wassen te meten in een proefopstelling waarbij de kleding gemechaniseerd wordt geklopt. De beoogde resultaten van het project zijn:

- 1) Kennis over emissie van met asbestbesmette kleding in termen van bronsterkte per tijdseenheid tijdens representatieve of gestandaardiseerde bewegingen van het textiel.
- 2) Inzicht in de effecten van wassen op de emissie van asbestvezels uit verschillende soorten kleding in termen van reductie van de emissie van respirabele vezels.
- 3) Kennis over de mogelijke concentratie van asbestvezels in de lucht in binnenruimten met asbestbesmette kleding bij normaal gebruik.

## **Afbakening/randvoorwaarden**

In dit onderzoek ligt de focus op kleding van bewoners. Bedrijfskleding van saneerders/brandweer wordt niet meegenomen in het onderzoek.

De experimenten (het gecontroleerd besmetten van kleding met amosietvezels, het kloppen van besmette kledingstukken, het wassen van besmette kledingstukken en het kloppen van gewassen kledingstukken) zijn uitgevoerd door gecertificeerde asbestmedewerkers van Belas asbestverwijdering te Uden. De analyse van de filters (luchtmonsters) is uitgevoerd door Search. TNO heeft op een kleine steekproef van luchtmonsters een contra-analyse uitgevoerd. Bij alle experimenten zijn de wettelijke regels in acht genomen.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Studie opzet

#### Asbest

In deze studie is er voor gekozen om de kleding te besmetten met amosietvezels uit de hoofdgroep amfibolen. Deze keuze is gemaakt omdat amosiet per dosis een groter gezondheidsrisico vormt dan chrysotiel, terwijl materialen met niet-hechtgebonden amosiet (o.a. brandwerend board) relatief veel in woningen voorkomen.

#### Kleding

Kleding wordt uit veel verschillende materialen vervaardigd. Er wordt onderscheid gemaakt in textielvezels op basis van natuurlijke grondstoffen en kunstmatige grondstoffen. Voor kleding zijn de bekendste natuurlijke vezels katoen, wol en linnen. De bekendste synthetische vezels zijn polyester, polyacryl en aramide. (Wikipedia)

Gedurende deze studie is de veronderstelling gemaakt dat asbestvezels op verschillende manieren een interactie zullen ondergaan met textiel. Dit op basis van fysische eigenschappen van vezels zoals staticiteit, buigzaamheid, ruwheid en vorm. De interactie kan misschien ook uiteenlopen door verschillen in de structuur van weefsels en eventuele draden waarvan de vezels zijn gemaakt.

In deze studie is een keuze gemaakt voor twee verschillende kledingmaterialen: katoen (100% katoen) en wol/acryl (50%wol/50%acryl). Vezels van katoen zijn gladder dan die van wol, waardoor er bij katoen een minder sterke interactie wordt verwacht met asbestvezels. Asbestvezels zullen zich vermoedelijk minder hechten en gemakkelijker loslaten van katoen dan van wol. De hypothese is dat ook de combinatie wol/acryl een betere hechting geeft van asbestvezels en dat deze gedurende het wasproces moeilijker uit de kleding gaan. Dan blijven de asbestvezels in de kleding en komen niet vrij door beweging.



Afbeelding 1 Kleding tijdens het besmetten met amosiet.

## 2.2 Uitvoering van de studie

### Besmetting van de kleding

De kleding is nieuw in de winkel gekocht. Voordat de kleding voor de experimenten is gebruikt zijn alle kledingstukken in de wasmachine volgens normaal programma gewassen. Vervolgens zijn de kledingstukken opgehangen en besmet in een ruimte die gesaneerd moest worden. In deze ruimte zat 216 m<sup>2</sup> brandwerend board, dat 10-15% amosiet bevat. De amosietplaten waren te groot om in z'n geheel af te voeren en zijn daarom gebroken in deze ruimte.

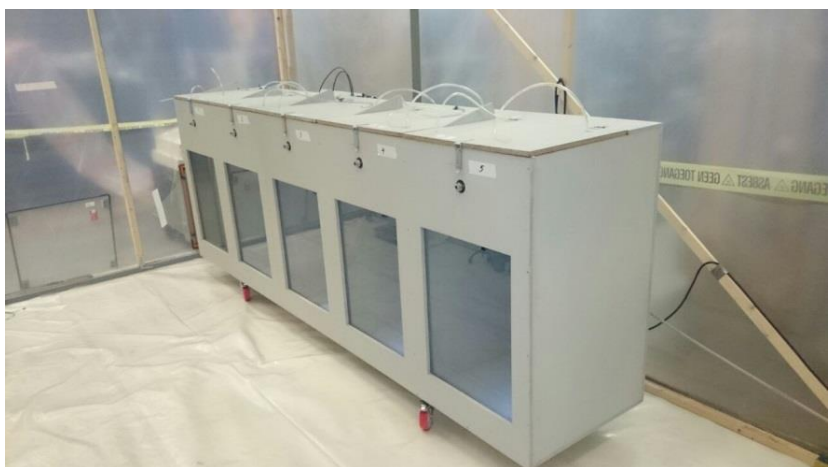
De kledingstukken (10 katoenen T-shirts en 10 wol/acryl truien) zijn op hangers opgehangen (afbeelding 1). Voor de rij kledingstukken zijn tijdens de asbestsaneringswerkzaamheden drie luchtmonsters op rij genomen met 'gold coated polycarbonate' filters (TJ Environmental, Hilversum) om een indicatie te geven van de asbestvezelconcentratie. Voor een homogene verdeling van de amosietvezels in de lucht is gebruik gemaakt van een ventilator (Meijer & Duijm, 2009).

Na het afronden van de saneringswerkzaamheden zijn de kledingstukken individueel dubbel verpakt. De eerste verpakking is een water oplosbare zak, de buitenste een standaard asbestsaneringszak. De kleding is opgeslagen op het terrein van de saneerder tot het onderzoek is uitgevoerd. In dit rapport worden de begrippen 'ongewassen kleding' en 'gewassen kleding' gebruikt. Ongewassen kleding heeft betrekking op de kledingstukken die na besmetting en opslag rechtstreeks voor de experimenten worden gebruikt. De gewassen kleding ondergaat eerst een wasgang, wordt aan de lucht gedroogd en wordt vervolgens voor de experimenten gebruikt.

### Klopsimulatie

Om de emissie van asbestvezels uit de kledingstukken te meten is er gezocht naar een gestandaardiseerde methode om kleding te bewegen op een manier die zo veel mogelijk overeenkomt met normaal gebruik. Hiervoor is geen gestandaardiseerde methode gevonden. Daarom is gekozen voor het ontwikkelen van een techniek voor het intensief bewegen van kleding. Het mechanisch bewegen van de kleding vergroot de reproduceerbaarheid en voorkomt dat mensen onnodig aan asbestvezels worden blootgesteld. De beweging van de machine lijkt enigszins op het uitkloppen van kleding. Het kloppen is uitgevoerd in een kast die hermetisch gesloten was met uitzondering van twee openingen voor bemonstering van de lucht in de kaste en een opening

voor de luchttoevoer. De experimenten zijn uitgevoerd in vijf (gekoppelde) kasten waarin een klopsimulatie is uitgevoerd (afbeelding 2). De kasten zijn gemaakt van multiplex met een



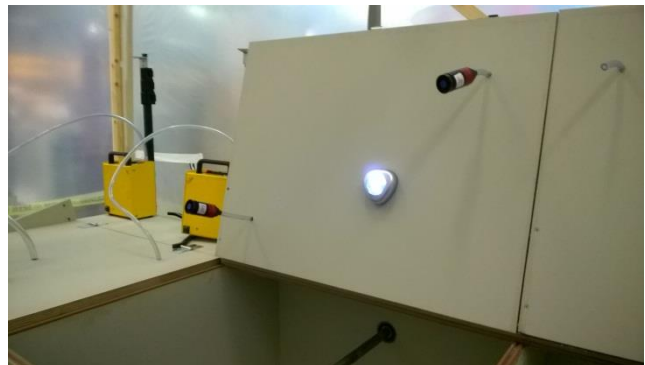
**Afbeelding 2** Weergave de vijf gekoppelde kasten waarin de klopsimulatie experimenten zijn uitgevoerd.

gecoate laag waardoor ze goed kunnen worden schoongemaakt. In elke kast zit een as/kledinghanger waaraan de kleding is bevestigd. Door een pneumatische cilinder buiten de kasten zijn de assen in de vijf kasten tegelijkertijd in beweging gebracht (afbeelding 3). De frequentie en de mate van uitslag van de beweging kan ingesteld worden. De kleding is geklopt met een frequentie van 71 slagen per minuut. De uitslag tijdens het kloppen is 32cm.



**Afbeelding 3** Achterzijde van gekoppelde kasten met pneumatische klopmechanisme. De inzet is een vergrote weergave van het klopmechanisme.

Aan de bovenzijde van de kast zitten twee openingen. Hierdoor kan de aanzuigslang van de pomp, zodat aan de binnenzijde de filters voor het bemonsteren van de lucht in de kast op een hoogte van 10 cm kunnen worden gehangen (afbeelding 4). De afgezogen lucht (voor het bemonstering van de lucht in de kast) wordt door een opening in de bodem aangevuld. In de opening in de bodem is een P3-filter gemonteerd waardoor eventuele contaminatie vanuit het containment wordt voorkomen. Aan de voorzijde van elke kast is een glasplaat aanwezig zodat het experiment geobserveerd kan worden. In een van de kasten is een extra opening gemaakt voor het doen van analyses met een deeltjesteller.



**Afbeelding 4** Twee bemonsterpunten in de deksel van de kast.

## Containment

De kasten waarmee de kloppexperimenten zijn uitgevoerd staan in een containment van 6,0m x 3,0m x 2,80m. Op het containment is een decontaminatie-unit aangesloten zodat de experimenten onder asbestcondities uitgevoerd kunnen worden. De bij het containment horende onderdrukmaschine met een capaciteit van 4000 m<sup>3</sup>/uur, is voorafgaande aan de experimenten van een nieuw HEPA-filter voorzien. De maximale capaciteit die de onderdrukmaschine genereert is een ventilatievoud van bijna tachtig in het containment. Tijdens de experimenten is in het containment een onderdruk van ongeveer 20 Pa.

## **Reiniging containment/kasten tussen de experimenten**

Het containment is gedurende 1 uur maximaal ( $4000\text{m}^3/\text{uur}$ ) afgezogen terwijl de kasten worden schoon gemaakt met een stofzuiger met HEPA-filter en met kleefdoeken. Tot slot is de kast nog schoon geblazen met perslucht om eventuele asbestvezels in hoeken uit de kast te verwijderen. Na één uur afzuigen en reinigen is het volgende experiment uitgevoerd.

### **Experiment 1: Ongewassen kleding**

In het containment zijn de dubbel verpakte kledingstukken (10 katoen en 10 wol/acryl) op de vloer gelegd. At random zijn vijf zakken gekozen. De overige zakken met kleding zijn gebruikt voor het wasexperiment. In één parallelle sessie worden 5 dezelfde kledingstukken tegelijk onderzocht.

De plastic zakken zijn opengesneden en de kleding is er voorzichtig uit gehaald. De kleding is met klemmen aan de as van het klopp-mechanisme bevestigd. Daarna zijn de twee 'gold coated polycarbonate' filters (voor het bemonsteren van de lucht) geplaatst en de kast gesloten. Vervolgens zijn de pompen aangezet, het klopp-mechanisme gestart en is de kleding een uur lang geklopt. Na het kloppen is de lucht in kast nog een uur lang bemonsterd om eventuele zwevende asbestvezels alsnog op te vangen. Twee uren na de start van het experiment zijn de pompen uitgezet, de kasten geopend en de filters verwijderd. De kleding is uit de kast gehaald, dubbel verpakt en opgeslagen voor eventueel nader onderzoek.

### **Experiment 2: Gewassen kleding**

De kleding is gewassen in een Miele Hydromatic W711 wasmachine die in het containment is geplaatst. De 5 kledingstukken (T-shirt of trui) zijn uit de buitenste plastic verpakking gehaald en in de wateroplosbare binnenste zak in de wasmachine gedaan. Door gebruik te maken van een wateroplosbare zak wordt voorkomen dat de medewerker, de wasmachine en het containment onnodig aan asbestvezels worden blootgesteld. De kleding is gewassen gebruikmakend van een wasprogramma voor fijne was met extra water op  $40^\circ\text{C}$ . Het gebruikte wasmiddel is Ariel Actilift Excel Tabs. Het merk is een random gekozen wasmiddel. Er is bewust gekozen voor tabs omdat daarmee bij elke wasronde eenzelfde hoeveelheid wasmiddel wordt gedoseerd. Het was- en spoelwater van de wasmachine is via het waterfilter van het containment naar het riool afgevoerd. Na het beëindigen van het wasprogramma is een kledingstuk opgehangen in elk van de vijf kasten waarin het kloppexperiment wordt uitgevoerd. De deksels van de kasten zijn eerst open blijven staan zodat de kleding aan de lucht kon drogen. Om het droogproces in het containment te versnellen, is gebruik gemaakt van twee 3000W ventilatorkachels. De kleding heeft niet direct in de luchtstroom van de ventilatoren gehangen. De kleding heeft anderhalve dag gedroogd en was goed droog voor de experimenten zijn gestart. Het containment heeft gedurende het hele droogproces op onderdruk van 20 Pa gestaan. Daarna is de gewassen kleding op eenzelfde wijze geklopt als in experiment 1. Ook luchtmetingen zijn op dezelfde wijze uitgevoerd.

### **Experiment 3: Gewassen katoenen kleding tweede maal geklopt**

De gewassen katoenen kleding is in een later stadium van het onderzoek nogmaals geklopt en bemeten.



## 2.3 Analyses

### Analyse van samples

De samples (luchtmonsters) zijn geanalyseerd volgens de NEN-ISO 14966. Kortweg komt dit op het volgende neer. Indien er asbestvezels worden aangetroffen, dienen er in vijftig random verdeelde beeldvelden met een vergroting tussen de 2000-2500x te worden onderzocht met een Scanning Elektronen Microscop (SEM). De analyse is afgerond als er meer dan 100 asbestvezels worden aangetroffen. Worden er minder asbestvezels aangetroffen dienen er meer beeldvelden te worden geteld tot de 100<sup>ste</sup> vezel wordt aangetroffen. De NEN-ISO 14966 geeft aan dat de analyse compleet is als minstens 1 mm<sup>2</sup> van het totale filter-oppervlak is onderzocht. Dit betekent in onze situatie een onderste bepalingsgrens van 1020 vezels/m<sup>3</sup> (NEN-ISO 14966, 2002). Om de bepalingsgrens te verlagen is door Search voor het onderzoek 1,515 mm<sup>2</sup> geteld waardoor de nauwkeurigheid van de onderste bepalingsgrens 670 vezels/m<sup>3</sup> is. TNO heeft voor de contra-analyses voor een aantal samples 4,96 mm<sup>2</sup> onderzocht. Dit levert een onderste bepalingsgrens van 210 vezels/m<sup>3</sup>.

### Detectielimiet

In de literatuur wordt verschillend omgegaan met een analyseresultaat van 0 asbestvezels. Het geanalyseerde oppervlakte bepaalt de nauwkeurigheid en de laagte van de onderste bepalingsgrens. Volgens de NEN-ISO 14966 dient in ieder geval 1 mm<sup>2</sup> geanalyseerd te worden. Bij het niet vinden van asbestvezels betekent dit in principe dat de bemonsterde lucht minder dan 1020 vezels/m<sup>3</sup> bevatte. Sahmel et al. kiezen op basis van de literatuur om bij de uitkomst '0' te rekenen met ½ x de bepalingsgrens (Sahmel, 2014). Maar bijvoorbeeld Oehlert et al. kiezen er op basis van statistiek voor om wel met 0 te rekenen. Het gaat bij hen wel om grote aantallen analyses (Oehlert, 1995). In deze studie worden de nominale waarden geanalyseerd. Aangezien we hier met een klein aantal experimenten te maken hebben, rekenen wij bij het vinden 0 asbestvezels met ½ x de bepalingsgrens. Dit betekent dat bij de resultaten van Search 335 vezels/m<sup>3</sup> en 105 vezels/m<sup>3</sup> bij TNO.

### Deeltjesteller

Tijdens de experimenten is in één kast een meting met een deeltjesteller, de Lighthouse Handheld 3016 IAQ, uitgevoerd. De metingen geven een indicatie van het aantal deeltjes tijdens de experimenten. Het apparaat is direct afleesbaar tijdens het experiment (monitoren). Daarnaast werkt de deeltjesteller met een 30 seconden-gemiddelde waardoor ook de tijdafhankelijkheid van de 'concentratie' zichtbaar gemaakt wordt.

De detector kan géén onderscheid maken tussen kledingvezels en asbestvezels. Dit apparaat telt gedurende 30 seconden het aantal deeltjes in lucht. Gedurende de meting van 30 seconden wordt 1,42 L per sample door het apparaat aangezogen. De deeltjesgrootte wordt gemeten door een detector. De tijd dat het deeltje voor de detector zichtbaar is, is een indicatie voor de grootte van de deeltjes. Deeltjes worden geteld in de categorieën >5µm, >10µm>15µm, >20µm, >25µm, >30µm, >50µm en >100µm.



## **Statistische Analyse**

Van de resultaten van de analyses zijn rekenkundige gemiddelden en standaarddeviaties berekend. De resultaten van de verschillende experimenten zijn met een t-test voor steekproeven met ongelijke varianties op significantie getest.

## 3 Resultaten

### Besmetting van de kleding

Om een beeld te krijgen van de mate van besmetting van de kleding zijn er drie luchtmonsters genomen tijdens de saneringswerkzaamheden (zie afbeelding 1). De analyses van de filters laten zien dat er in de 85 minuten dat de kleding in de ruimte heeft gehangen veel amosietvezels in de lucht aanwezig waren. De filters zijn gedurende deze tijd dusdanig aan amosietvezels blootgesteld dat deze filters als overbeladen zijn getypeerd. Met behulp van een opwerkingsprocedure zijn de luchtmonsters tien maal verdund en daarna geanalyseerd. Door het verdunnen heeft de gemeten vezelconcentratie een grotere meetonzekerheid dan een onverdund monster. In de omgeving van de kleding was ten tijde van de besmetting een gemiddelde amosietvezel-concentratie van  $3,9 * 10^6$  vezels/m<sup>3</sup> (tabel 2). De SEM-resultaten van de afzonderlijke filters worden weergegeven in bijlage 2.

### Met deeltjesteller gemeten aantal deeltjes tijdens het kloppen

In één van de kasten is een deeltjesteller geïnstalleerd om een beeld te krijgen van het aantal deeltjes dat vrijkomt en de tijdsafhankelijkheid hiervan in de kast. In de grafieken (figuur 1) zijn verschillende trends van zowel katoen als wol/acryl te zien voor alle deeltjes >5 µm die door de deeltjesteller zijn waargenomen. Bij de ongewassen kleding is het aantal deeltjes tijdens het kloppen in beide experimenten voor katoen rond de 5500 en bij wol/acryl 6500 deeltjes/30 seconden. Na het wassen is het aantal deeltjes dat vrijkomt uit de kleding veel lager. Bij katoen zijn ongeveer 650 deeltjes geteld, een factor 8,5 lager. Bij wol/acryl is de reductie zelfs een factor 32,5 namelijk rond de 200 vezels. Let wel, het gaat hier om alle deeltjes die geteld zijn en niet alleen de asbestvezels! Tijdens het besmetten in het containment was er ook bouwstof aanwezig. Dit is ook op de kleding gaan zitten.

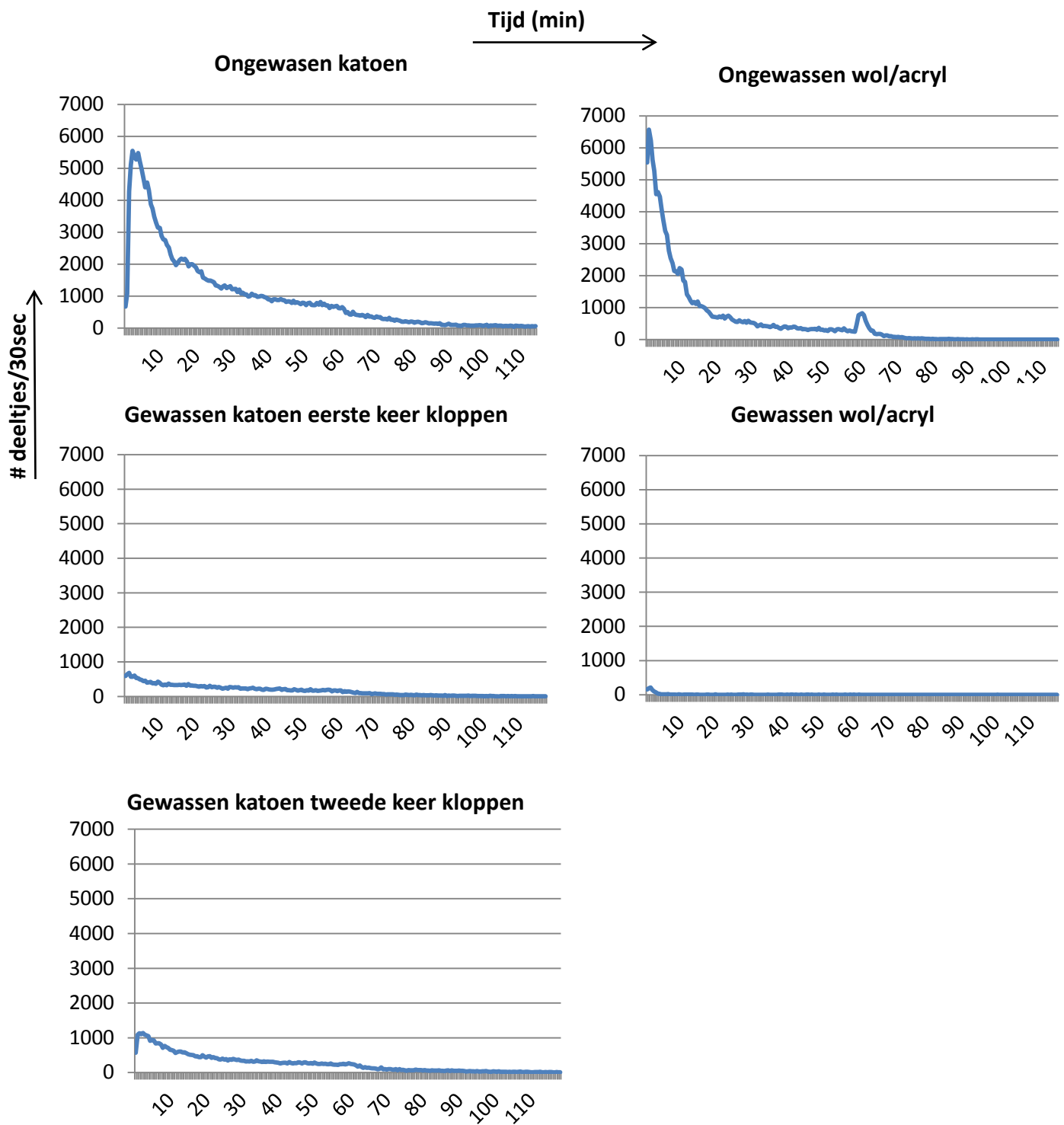
Het tellen van de deeltjes geeft een indicatie van het aantal deeltjes dat vrijkomt tijdens de verschillende experimenten. De tellingen bevestigen dat wassen een groot deel van de deeltjes verwijdert. Uit de gewassen kleding verwijdert het klopmechanisme nog steeds deeltjes (niet allemaal asbest). Ook als de kleding voor een tweede keer wordt geklopt, wordt aanvankelijk ongeveer een gelijk aantal deeltjes geteld.

Het wasrendement (deeltjesconcentratie ongewassen kleding/deeltjesconcentratie gewassen kleding) bij de start (maximum concentratie) van het experiment is voor de katoenen kleding 83,2% en bij de wol/acryl 99,1%.

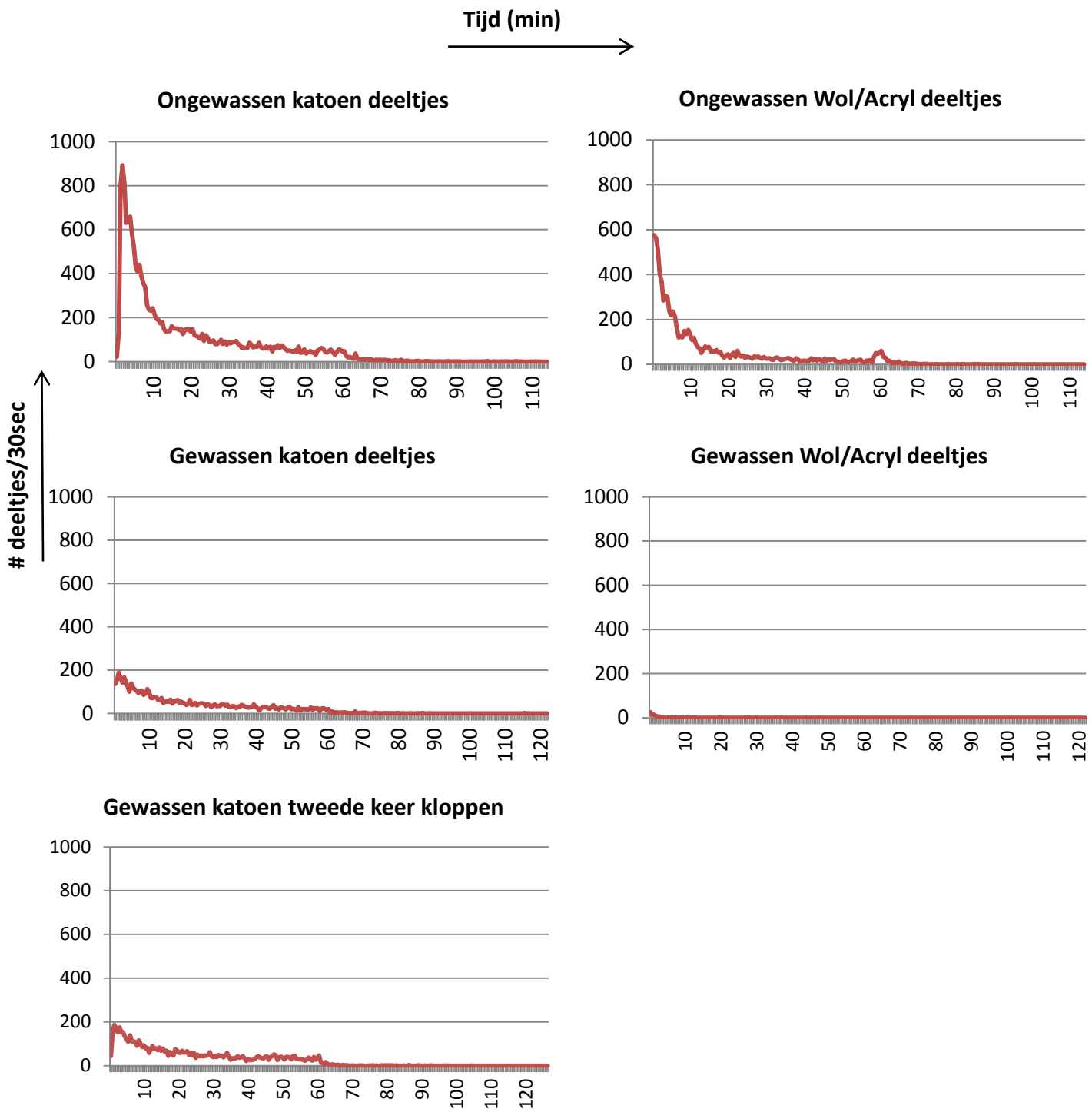
Het bewegen van de kleding zorgt ervoor dat de lucht in de kast goed gemengd wordt. In de analyses van de grotere deeltjes (>10µm) is te zien dat de aantallen deeltjes na het uitzetten van het mechanisme sterk verminderen (figuur 2). Alleen deeltjes tussen de 5µm en de 10 µm worden dan nog geteld (figuur 1).

De kleine piek die bij de ongewassen wol/acryl optreedt na 60 minuten, tijdens het uitzetten van het apparaat, heeft geen bekende oorzaak. De handelingen zijn in dezelfde volgorde uitgevoerd als tijdens de andere experimenten.





**Figuur 1** Resultaten van de deeltjes > 5µm in de deeltjes teller. In de periode van 2 uur zijn samples genomen. Elke sample geeft het aantal deeltje in 30 seconde weer.



**Figuur 2** Resultaten van de deeltjes > 10 $\mu$ m in de deeltjes teller. In de periode van 2 uur zijn samples genomen. Elke sample geeft het aantal deeltje in 30 seconde weer.

## Op het filter getelde aantal asbestvezels na het kloppen

Elk kledingstuk met luchtmonsters in duplo bemonsterd. In tabel 2 worden de resultaten van de analyses gedaan door Search weergegeven. In bijlage 1 is een uitgebreidere tabel waar ook de bovengrens waarden staan vermeld. Voor de besmette kleding is er 1 kledingstuk minder onderzocht omdat dit is gebruikt voor het proefdraaien/testen van de opstelling. Naar aanleiding van het proefdraaien zijn nog kleine aanpassingen gedaan waardoor deze gegevens van kledingstuk 1 niet bruikbaar zijn voor de vergelijkende analyses.

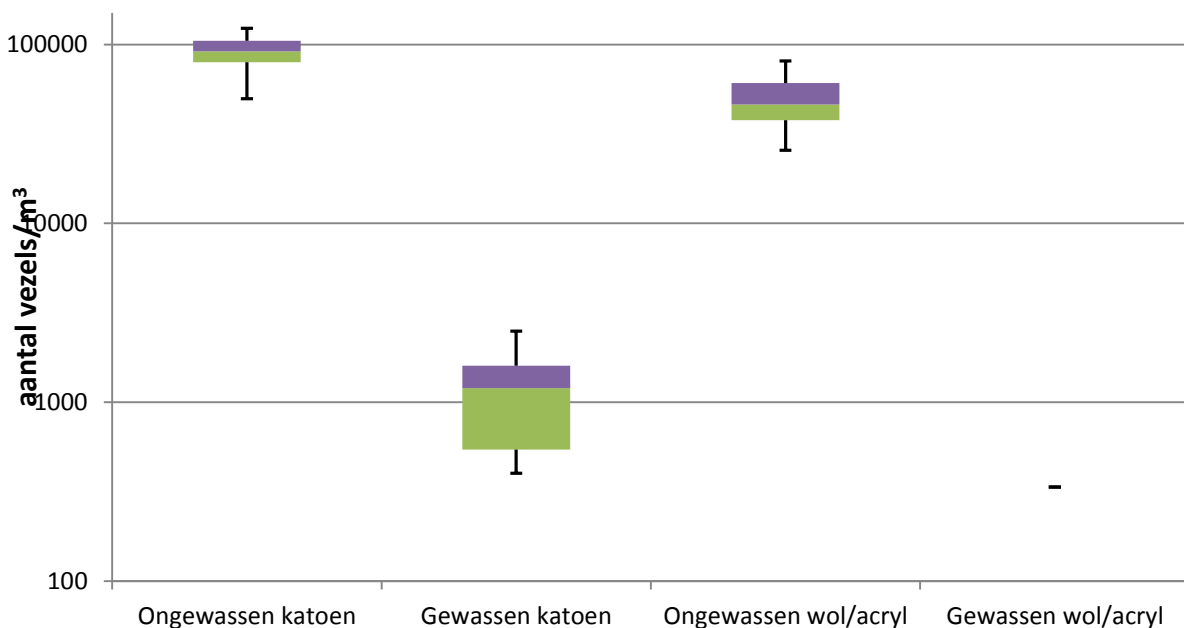
De analyseresultaten van de luchtmonsters van de verschillende klopsessies laten duidelijke verschillen tussen de ongewassen en gewassen kleding. In de wol/acryl zijn na het wassen geen asbestvezels gevonden. Bij de katoenen kleding komen zowel na de eerste als tweede keer kloppen amosietvezels vrij. De gemiddelden van de eerste en de tweede analyse verschillen niet significant. Alle afzonderlijke SEM-resultaten van de analyses staan in bijlage 3.

	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 3	Gem	SD
Resultaten tijdens saneren, besmetten van kleding	3,7E+06	5,3E+06	2,7E+06	3,9E+06	1,3E+06

		Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4		Kledingstuk 5				waseff
		Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2			
Wol	Ongew.			43190	49270	31940	39590	56350	74240	80980	25650	50151#*	19500	
	Gew.	335%	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335#	0	99,3%
Katoen 1ste	Ongew.			49700	80400	112300	98500	77600	102630	84340	123140	91076\$*	23053	
	Gew.	500	2500	400	670	1600	1600	400	1100	1300	1600	1167\$	686	98,7%
Katoen 2de	Gew	200	900	700	1800	1100	1100	2200	200	900	1800	1225	671	

**Tabel 2** Aantal volgens NEN-ISO 14966 getelde asbestvezels per m<sup>3</sup> lucht uit de proefopstelling met besmette kleding met 2 samples per kledingstuk uitgevoerd door Search.. #Niet gewassen en gewassen wol/acryl verschillen significant p<0.05, \$Niet gewassen en gewassen katoen verschillen significant p<0.05 \*Niet gewassen wol/acryl en katoen verschillen significant p <0.05. % Indien er geen asbestvezels worden gedetecteerd wordt gerekend met ½ x de detectiegrens. Gebruikte afkortingen: Sam. = Sample, gew=gewassen, Waseff. = Wasefficiëntie.

In figuur 3 staat een boxplot van de resultaten in aantal asbestvezels per m<sup>3</sup> uit de uitgevoerde experimenten.



**Figuur 3** Boxplot van aantal vezels/m<sup>3</sup> van de filteranalyses van de uitgevoerde experimenten.

## Contra-analyses TNO

In het kader van kwaliteitsborging heeft TNO in de vorm van contra-analyses de filters van 12 luchtmonsters onderzocht. Voor de gewassen wol/acryl kleding is een groter aantal beeldvelden onderzocht dan de telregels vergen, omdat er tijdens de analyses van Search geen asbestvezels gevonden zijn. In twee van de drie samples is nu wel een asbestvezel gevonden. De resultaten van de analyses staan in tabel 3 weergegeven.

Contra analyses TNO		Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4		Kledingstuk 5		Gem	SD	Waseff
		Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2			
Wol	Ongew.			49000		40000					27000	38667	11060	
	Gew.		69			69					105	81	21	99,7%
Katoen 1ste	Ongew.			70000					380000		510000	320000	226053	
	Gew.		1800		270					820		963	775	99,8%

**Tabel 3** Aantal volgens NEN-ISO 14966 getelde asbestvezels per m<sup>3</sup> lucht uit de proefopstelling met besmette kleding met 2 samples per kledingstuk uitgevoerd door TNO. De lege vakken zijn niet onderzochte samples. Gebruikte afkortingen: Sam. = Sample, gew=gewassen. Waseff. = Wasefficiëntie.

## Bronsterkte van de kledingstukken

De minimale bronsterkte, het aantal asbestvezels dat per uur vrijkomt uit een kledingstuk tijdens het kloppen, kan berekend worden door de asbestvezelconcentratie in de afgezogen lucht te vermenigvuldigen met de hoeveelheid afgezogen lucht per kledingstuk en te delen door de tijdsduur van de bemonstering. Uitgangspunt van deze berekening is dat uit de gesloten klopruimte door onderdruk alle asbestvezels zijn aangezogen en op het filter achtergebleven. De resultaten van de gemiddelde bronsterktes zijn weergegeven in tabel 4.

Materiaal	Proces	n	aantal asbestvezels/h	
			gem	sd
Katoen	Niet gewassen Katoen	8	45901	11619
	Gewassen Katoen	10	588	346
Wol/Acryl	Niet gewassen Wol/Acryl	8	25266	9824
	Gewassen Wol/Acryl	10	169	0

**Tabel 4** bronsterkte kledingstukken tijdens het kloppen

## Evenwichtsconcentraties in een ruimte

Om een indicatie te krijgen van de blootstelling in de praktijksituatie zijn de evenwichtsconcentraties voor een woning modelmatig bepaald. In tabel 5 zijn de bronsterktes van de verschillende kledingstukken uit tabel 4 vermeld. Bij de berekening van de evenwichtsconcentraties (tabel 5) is er van uitgegaan dat de bron een continue sterkte heeft en dat de betreffende ruimte continu geventileerd wordt. Tussen de emissie en de aanwezige luchtstroom ontstaat dan een evenwicht met een constante concentratie, de evenwichtsconcentratie. Die concentratie is dan de bronsterkte gedeeld door de ventilatiestroom. Bij de berekening is uitgegaan van de door de Gezondheidsraad geadviseerde minimale ventilatie van 25 m<sup>3</sup>/h per persoon (Duijm F., 2010).

Materiaal	Proces	n	bronsterkte (asbestvezels/h)	ventilatiestroom (m <sup>3</sup> /h)	Evenwichtsconcentratie (asbestvezels/m <sup>3</sup> )
Katoen	Niet gewassen Katoen	8	45901	25	1836
	Gewassen Katoen	10	588	25	24
Wol/Acryl	Niet gewassen Wol/Acryl	8	25266	25	1011
	Gewassen Wol/Acryl	10	169	25	7

**Tabel 5** Evenwichtconcentratie op basis van bronsterkte en ventilatiestroom in een normale woonsituatie.

## 4 Discussie

### Blootstellingsconcentratie

In dit onderzoek is de kleding aan een hoge concentratie amosietvezels blootgesteld (de besmetting). Er is bewust voor een hoge concentratie gekozen om duidelijke resultaten te verkrijgen. Het is een verkennend onderzoek. De onderzoeksmethode is eerst goed gevalideerd. Indien de resultaten aantonen dat het mechaniek bruikbaar is, kan vervolgens gekeken worden naar besmettingen met een meer huiselijk karakter. In een onderzoek uitgevoerd door TNO in 2004 is onderzoek gedaan naar verschillende handelingen met asbesthoudende materialen. Het verwijderen van spuitasbest, slopen van amosiet-board en verwijderen van leiding en ketelisolatie zorgt voor asbestvezelconcentraties tussen de  $1 \cdot 10^6$  tot  $10 \cdot 10^6$  (J. Tempelman, 2004). Deze zogeheten hoog-risicosaneringen gaan gepaard met hoge besmettingsniveaus. Het is niet waarschijnlijk dat deze niveaus worden bereikt bij besmettingssituaties in een woning. Er kan worden aangenomen dat kleding in een woonsituatie niet aan zulke hoge concentraties zal worden blootgesteld.

### Emissie-metingen

Het ontwikkelen van een methodiek voor het uitvoeren van de experimenten was de eerste uitdaging van het project. In het onderzoek van Grosse et al. is een deel van het materiaal behandeld in een ultrasoon-bad en het eluaat vervolgens onderzocht. In het onderzoek van Revell waarbij is gekeken naar werkoveralls en handdoeken, is gebruik gemaakt van een mini-stofzuiger met een doorsnede van 6mm en een roterend trommelprincipe (Revell, G., 2002).

Om de praktijksituatie zoveel mogelijk te benaderen is in dit onderzoek gekozen voor een klopmechanisme. Het feit dat er zowel bij de fijnstofmeting afnemende aantallen deeltjes worden geteld, als het feit dat bij de analyses van de filters asbestvezels aantoonbaar zijn, bevestigt dat het klopmechanisme effectief is om deeltjes uit kleding vrij te laten komen. Uit de metingen met de fijnstofmeter blijkt tevens dat het kloppen van de kleding zorgt voor een circulatie van de vezels door de kast. Zodra het mechanisme uit wordt geschakeld is opvallend dat de telling van de grote deeltjes (groter dan  $10 \mu\text{m}$ ) daalt tot 0. De belasting op de kleding uitgeoefend is intensiever dan het aan- en uittrekken van kleding. Het is te zien als een kortdurende worst-case-simulatie.

Het feit dat er tijdens het experiment waarin de katoenen kleding nogmaals werd geklopt nog steeds evenveel asbestvezels vrijkwamen, maakt duidelijk dat deze kleding nog niet vrij is van asbestvezels na de eerste klopronde; het toont zelfs aan dat de concentratie nog niet gedaald is. Het kan mogelijk te maken hebben met de meetonzekerheid van de filteranalyses. De emissie-afname is mogelijk te klein om nog te kunnen meten. Uit het onderzoek van Grosse et al blijkt een residu van 10% van de asbestvezels achter te blijven. In dit onderzoek wordt bij een hoge-concentratiebesmetting een afname van 97,8% gezien. Nader onderzoek ter vergelijking van de besmettingsgraad van de ongewassen en de gewassen kleding kan dit aantonen.

### Reductie van asbestvezels door wassen

De onderzoeksvraag of het wassen leidt tot een reductie van het aantal asbestvezels is in dit onderzoek duidelijk beantwoord voor twee soorten kleding. Het blijkt dat het wassen van kleding besmet met asbest leidt tot een significante afname van asbestvezels in de bemonsterde lucht en de emissie van asbestvezels uit de kleding. Bij katoenen kleding is een procentuele afname van

asbestvezels te zien van 99% namelijk van 91076 vezels/m<sup>3</sup> naar 1167 vezels/m<sup>3</sup>. Bij wol/acryl is er een afname van 50151 vezels/m<sup>3</sup> naar 335 vezels/m<sup>3</sup> dit is een afname van 99%. Grosse et al. vonden in hun onderzoek een reductie van het aantal aanwezige asbestvezels met 91%. In dat onderzoek was de kleding besmet met water dat vezels bevatte met aan asbest verwante karakteristieken. De mate van was-efficiëntie kan te maken hebben met de concentratie van besmetting. Besmetting met een lagere asbestvezelconcentratie kan mogelijk leiden tot een lagere mate van efficiëntie van het wasproces. In het onderzoek van Revell et al. wordt dit ook bevestigd. In zijn onderzoek is te zien dat de mate van besmetting effect heeft op de mate van het verwijderen van asbestvezels. Een hogere besmetting zorgt voor meer verwijdering van asbestvezels ten opzicht van een lagere besmetting.

## **Verschil katoen, wol/acryl en andere kleding**

De hypothese dat katoenen kleding een minder hechte verbinding aan de oppervlakte met amosiet zou aangaan dan wol/acryl-kleding wordt door de resultaten bevestigd. Het aantal asbestvezels dat vrijkomt uit katoenen kleding is significant verschillend van wol/acryl bij de analyses gedaan door Search. Ook de contra-analyses van TNO laten eenzelfde patroon zien. Als kanttekening moet hierbij wel geplaatst worden dat er bij de contra-analyse wel een verschil is tussen de resultaten van Search en die van TNO. Uit de analyses van TNO blijkt dat de ongewassen katoenen kleding significant hoger is dan de resultaten van Search. Tussen de andere situaties is geen significant verschil tussen de beide analyses van beide partijen.

Het feit dat er geen vezels gevonden worden in de analyses kan komen omdat daadwerkelijk alle vezels verwijderd zijn met wassen. Het kan ook zijn dat amosiet een hechtere verbinding met wol/acryl aangaat. De amosietvezels zijn misschien in de structuur van de wol/acryl 'verweven' zodat deze tijdens het kloppen niet vrijkomen. Katoen en wol/acrylvezels zijn glad, maar wolvezels zijn ruw met schubjes (Hair&Fiber). Behalve aan de soort vezel kan de opbouw van de draden uit vezels of de structuur van het weefsel een rol spelen. Onbekend is welke van deze drie factoren relevant is zodat het moeilijk is om de resultaten van deze onderzoeken te extrapoleren naar andere kledingsoorten. Het is aannemelijk dat de gevonden efficiëntie voor alle soorten asbest en kledingstukken kan worden verwacht. Nader onderzoek moet dit uitwijzen.

Het wasproces van katoen en wol/acryl is beide efficiënt. Het feit dat er in de wol/acryl na het wassen geen asbestvezels wordt gevonden bevestigt dit. Het kan echter ook zijn, zoals Grosse et al. ook al concludeerde, dat het mogelijk is dat de hechting zo vast zit dat zelfs het intensief kloppen van kleding de asbestvezels niet uit de kleding vrij kan maken. De aanwezigheid van asbest in dit textiel zou dan niet tot inhalatoire blootstelling leiden. Het doen van nader onderzoek zou hier een antwoord op kunnen geven.

## **Spreidingsinterval analyses en contra-analyses**

De interpretatie van de resultaten wordt bemoeilijkt door de spreiding binnen de analyses. Het tellen van meer beeldvelden wat de nauwkeurigheid van vergroot is niet standaard en een kostbare aangelegenheid. Uit de contra-analyses van TNO blijkt dat voor de lage concentraties (gewassen kleding) er 400, dus 2,5 keer zoveel, beeldvelden geteld zouden moeten worden om het spreidingsinterval onder de 300 vezels/m<sup>3</sup> te krijgen en onder de advieswaarden (300 vezels/m<sup>3</sup>) van de Gezondheidsraad. De bevindingen van de contra-analyses van de ongewassen kleding verschillen niet significant van de resultaten van Search. Bij de hoge asbestconcentraties (niet gewassen kleding) zit er wel een significant verschil in het aantal gedetecteerde asbestvezels in de katoenen

kleding. Aangezien in dit onderzoek de focus op de gewassen kleding ligt wordt het verschil bij de niet gewassen kleding verder buiten beschouwing gelaten.

### **Gezondheidsrisico's**

De gezondheidsrisico's van asbest zijn evenredig met de mate van blootstelling aan asbestvezels in de lucht gemiddeld over langere tijd. In onderstaande redenering is de aanname gedaan dat ventilatie voor verdunning zorgt en voor een lagere blootstelling dan aan de actueel gemeten concentraties. Sahmel et al. toont in hun studie aan dat na 15 minuten actief bedrijfskleding bewerken een afname van het aantal vrije asbestvezels in de lucht te zien is. Bij kleding die met chrysotiel besmet is laten zij na 30 minuten een concentratiedaling zien van 2,9 naar 0,45 vezels/m<sup>3</sup> als de ruimte met een ventilatievoud van 3,5 wordt geventileerd.

De blootstellingsconcentraties bij ongewassen kleding zijn 1836 vezels/m<sup>3</sup>, dit is bijna vier keer het MTR zoals geadviseerd door de Gezondheidsraad. Indien dit lang duurt is dit een blootstelling die leidt voor een hoger gezondheidsrisico dan wenselijk is. De gewassen katoenen kleding daarentegen zou bij continue bewegen, gelijkwaardig aan kloppen van kleding, een blootstelling van 24 vezels/m<sup>3</sup> geven. In het advies van 2010 adviseert de Gezondheidsraad voor amosiet een MTR van 300 vezels/m<sup>3</sup>, voor een levenslange blootstelling. Het wassen van kleding zorgt dat de blootstelling een factor 20 lager wordt dan het MTR. Daarbij komt nog dat het geen constante bron is en dat het aantal aanwezige asbestvezels in de loop van de tijd af zal nemen. Het extra gezondheidsrisico dat het dragen van deze trui met zich meebrengt is verwaarloosbaar klein. De vezelconcentratie zal mogelijk maximaal zijn op het moment van aantrekken van de trui omdat je op dit moment de trui over je hoofd doet. Het aantrekken van een kledingstuk over het hoofd duurt slechts kort. In bijlage 4 is een rekenvoorbeeld uitgewerkt over de gemiddelde blootstelling over een dag blootstelling. Hetzelfde geldt voor wol/acryl met een evenwichtsconcentratie van 1011 vezels/m<sup>3</sup> ongewassen en 7 vezels/m<sup>3</sup> gewassen.

Uitgaande van dit onderzoek zijn er sterke aanwijzingen dat het wassen van wol/acryl en katoen afdoende is om eventuele blootstelling aan vrije amosiet asbestvezels uit de kleding te voorkomen en deze veilig gedragen kan worden.

### **Achtergrondconcentratie asbest**

Het gebruik van veel asbesthoudende materialen in het verleden heeft er voor gezorgd dat altijd asbestvezels in de buitenlucht aanwezig is. De achtergrondconcentraties zijn de afgelopen jaren wel gedaald. Momenteel worden de achtergrondconcentraties van asbest in de buitenlucht opnieuw in kaart gebracht. De resultaten hiervan worden medio 2016 verwacht. Op basis van incidentele achtergrondmetingen schat onderzoeksorganisatie TNO de huidige achtergrondconcentraties op ongeveer 20-40 vezels/m<sup>3</sup>. Het is echter wel de verwachting dat dit voornamelijk chrysotiel zal zijn. Het aantal asbestvezels in de lucht is ook een gedeelte van het MTR waaraan we worden blootgesteld.



## Hoe om te gaan met (mogelijk) besmette kleding

Als ervoor gezorgd wordt dat de bewoners zelf niet in contact met het asbest komen dan kunnen de bewoners zelf de kleding wassen. Een mogelijk protocol voor katoen en wol/acryl is dan:

Particulier:

- De kleding wordt in water oplosbare zakken gedaan door de saneerder
- In de sluis wordt de wateroplosbare zak, nogmaals schoon gemaakt en in een nieuwe wateroplosbare zak gedaan.
- Deze zak wordt uitgesluisd
- De eigenaar stopt de kleding in beide wateroplosbare zakken in de wasmachine

Wasserette:

- De kleding wordt in wateroplosbare zakken gedaan door de saneerder
- In de sluis wordt de wateroplosbare zak, nogmaals schoon gemaakt en in een nieuwe wateroplosbare zak gedaan.
- Het geheel wordt uitgesluisd
- Het geheel wordt naar een wasserette gebracht en wordt daar gewassen hierbij moet het duidelijk op de zak aangegeven worden dat het om kleding met mogelijk asbestbesmetting gaat.

## 5 Conclusies/Aanbevelingen

- 1) Door wassen vindt een significante afname van het aantal asbestvezels uit kleding van katoen en wol/acryl plaats.
- 2) Het onderzoek geeft sterke aanwijzingen dat kleding van katoen en wol/acryl besmet met amosiet asbest na wassen veilig kan worden gedragen.
- 3) Persoonlijke monitoring tijdens het dragen/aan en uittrekken van gewassen asbestbesmette kleding kan deze conclusie bevestigen.
- 4) Nader onderzoek is wenselijk hoe chrysotiel zich gedraagt in kleding.
- 5) Nader onderzoek is wenselijk naar andere kledingmaterialen.
- 6) Het is onbekend of asbestbesmette kleding na het wassen nog vastzittend asbest bevat dat zelfs door mechanische belasting niet uit kleding te krijgen is. Voor blootstelling lijkt dit niet relevant maar nader onderzoek kan inzicht geven in onderliggende mechanismen.

## **6 Implementatie**

GGD Drenthe heeft dit onderzoek aangevraagd bij de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid naar aanleiding van vragen van burgers, woningbouwcorporaties en gemeente Emmen.

De GGD Drenthe brengt alle betrokken partijen op de hoogte van de resultaten door ze het eindrapport toe te sturen. Daarnaast wordt het eindrapport geplaatst op de websites van de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid, linkedin van de groep Milieu en Gezondheid en GGD Drenthe.

Daarnaast wordt de informatie zoveel mogelijk verspreid via de projectgroep Asbest van de GGD'en. De informatie zal gedeeld worden op bijeenkomsten van de GGD'en. Daarnaast wordt deze informatie ook gedeeld met Aedes, gemeenten en de asbestbranche.

## 7 Geraadpleegde literatuur

- Asscher, L. (2014, 12 1). Brief aan Tweede Kamer 'verlaging grenswaarde asbest amfibolen'. Den Haag.
- Atlantic County Division of Public . (sd). Questions and answers about asbestos.  
[http://www.aclink.org/PublicHealth/health\\_topics/pdf\\_files/Asbestos\\_fact\\_sheet.pdf](http://www.aclink.org/PublicHealth/health_topics/pdf_files/Asbestos_fact_sheet.pdf).
- Duijm F., G. J. (2010, 03 08). Beoordeling van ventilatie en ventilatievoorzieningen van woningen.
- Gezondheidsraad. (2010, 6 3). Asbest: Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling. Den Haag.
- Grosse, I. (1998). Asbestos on textiles: is there an endagering during washing and wearing. 1998, *Journal of Hazardous Materials*, 119-130.
- Hair&Fiber. (sd). [https://msnucleus.org/membership/html/k-6/as/scimath/6/assm6\\_8d.html](https://msnucleus.org/membership/html/k-6/as/scimath/6/assm6_8d.html)  
[https://www.soinc.org/sites/default/files/uploaded\\_files/crimebusters/Hair&Fiber.pdf](https://www.soinc.org/sites/default/files/uploaded_files/crimebusters/Hair&Fiber.pdf) .
- Hegger, C. (2014). *GGD-Richtlijn Medische milieukunde, Gezondheidsrisico van asbest in woningen en publieke gebouwen*. Bilthoven: RIVM.
- IARC. (sd). IARC Monographs volume 100C Asbestos.
- J. Tempelman, P. T. (2004, november). Risicogerichte classificatie van werkzaamheden met asbest.  
*Risicogerichte classificatie van werkzaamheden met asbest*. TNO.
- Meijer, G., & Duijm, F. (2009). *Ventilatie meten met CO2 als tracer gas*. Groningen: GGD Groningen.
- NEN-ISO 14966. (2002). *NEN-ISO 14966 – Ambient air- Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles – Scanning electron microscopy method*.
- Oehlert, G. (1995). Statistics analysis of asbestos fibre counts.
- Revell, G. (2002). Investigation into the effective laundering of towels and coveralls used for asbestos work.
- Sahmel, J. B. (2014). Evaluation of take-home exposure and risk associated with handling of clothing contaminated with chrysotile asbestos.
- Vrom. (1989). Notitie " omgaan met risico's" bijlage nr 5. *Nationaal Milieubeleidsplan*.
- Wikipedia*. (sd). Opgehaald van <http://nl.wikipedia.org/wiki/Textiel>

## Bijlage 1 Overzichtstabel SEM Analyses

												Sam. 1	Sam. 2	Sam. 3	Gem	SD	Was eff.
Besmetting kleding		Nominaal (v/m3)										3,7E+06	5,3E+06	2,7E+06	3,9E+06	1,3E+06	
		Bovengrens (v/m3)											4,6E+06	6,7E+06	3,3E+06	4,9E+06	1,7E+06
				Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4		Kledingstuk 5					
				Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2				
Wol	Ongew.	Nominaal (v/m3)			43190	49270	31940	39590	56350	74240	80980	25650	50151	19500			
		Bovengrens (v/m3)			52520	60340	39730	48590	66670	92920	101370	32650	61849	24371			
	Gew.	Nominaal (v/m3)	335*#	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	0	99,3%	
		Bovengrens (v/m3)	670*#	670	670	670	670	670	670	670	670	670	670	670	0	98,9%	
Katoen 1ste keer exp	Ongew.	Nominaal (v/m3)			49700	80400	112300	98500	77600	102630	84340	123140	91076	23053			
		Bovengrens (v/m3)			63920	101370	134390	118800	103760	122180	103340	146600	111795	25116			
	Gew.	Nominaal (v/m3)	500	2500	400	670	1600	1600	400	1100	1300	1600	1167	686	98,7%		
		Bovengrens (v/m3)	2530	4460	1630	670	4190	3240	1630	2600	2910	3220	2708	1172	97,6%		
Katoen 2de keer exp	Gew	Nominaal (v/m3)	200	900	700	1800	1100	1100	2200	200	900	1800	1225	671			
		Bovengrens (v/m3)	1260	2320	1990	3550	2600	2600	4100	1240	2270	4420	2846	1088			

**Tabel 2** Aantal volgens NEN-ISO 14966 getelde asbestvezels per m<sup>3</sup> lucht uit de proefopstelling met besmette kleding met 2 samples per kledingstuk uitgevoerd door Search. # Indien er geen asbestvezels worden gedetecteerd wordt gerekend met ½ x de detectiegrens. Gebruikte afkortingen: Sam. = Sample, gew=gewassen, Waseff. = Wasefficiëntie. \*Deze waarden zijn allemaal identiek omdat er in de analyses geen asbestvezels zijn gevonden. Als uitgangspunt is gekozen om dan te analyseren met ½ x de bovengrens.

Contra analyses			Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4		Kledingstuk 5		Gem	SD	Waseff.
TNO			Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2	Sam. 1	Sam. 2			
Katoen 1ste keer	Ongew.	Nominaal (v/m3)			70000					380000		510000	320000	226053	
		Bovengrens (v/m3)			84000					410000		470000	321333	207715	
Wol	Gew.	Nominaal (v/m3)		1800		270					820		963	775	99,7
		Bovengrens (v/m3)		3100		990					1800		1963	1064	99,3
Wol	Ongew.	Nominaal (v/m3)			49000		40000					27000	38667	11060	
		Bovengrens (v/m3)			59000		48000					22000	43000	19000	
	Gew.	Nominaal (v/m3)		69			69					105	46	40	99,9
		Bovengrens (v/m3)		380			380					210	323	98	99,2

## Bijlage 2 Resultaten filteranalyses SEM besmetting kleding

	eenheid	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Monstername	minuten	85	85	85
Debiet (pomp)	l/min	8,3	8,3	8,3
Volume	liter	706	706	706
Filteropp	mm <sup>2</sup>	196,1	196,1	196,1
Onderzocht filter opp	mm <sup>2</sup>	0,081	0,081	0,111
Verdunningsfactor	f	10	10	10
Chrysotiel (<5um)	v/cm <sup>3</sup>			
	aantal	0	0	0
Amfibole (<5um)	v/cm <sup>3</sup>			
	aantal	0	0	0
Chrysotiel (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>		6682	
	aantal	0	17	0
Amfibole (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	3,7147	4,6384	2,6766
(5 um>L<100 um)	aantal	108	118	107
Anorganische vezels				
Calcium sulfaat				
Totaal (excl calciumsulfaat)		3,7147	5,3067	2,6766
Totaal asbestvezels		3,7147	5,3067	2,6766
Asbestvezels in lucht	v/cm <sup>3</sup>	3,715	5,307	2,677
ondergrens	v/cm <sup>3</sup>	3,1093	4,3001	2,2613
bovengrens	v/cm <sup>3</sup>	4,5611	6,7115	3,3172
Asbestvezels in lucht	v/m <sup>3</sup>	3715000	5307000	2677000
ondergrens	v/m <sup>3</sup>	3109300	4300100	2261300
bovengrens	v/m <sup>3</sup>	4561100	6711500	3317200
Debiet	m <sup>3</sup> /h	0,50	0,50	0,50
Nominaal bronsterkte	v/h	1851381	2644759	1334091
Max bronsterkte	v/h	2273038	3344696	1653136

### Bijlage 3 Resultaten filteranalyses SEM van de kleding katoen en wol/acryl, zowel gewassen als ongewassen

		Ongewassen kleding katoen									
		Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4			
	eenheid	Sample 11	Sample 12	Sample 13	Sample 14	Sample 15	Sample 16	Sample 17	Sample 18		
Monstername	minuten	121	121	121	121	121	122	122	122		
Debiet (pomp)	l/min	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4		
Volume	liter	1016	1016	1016	1016	1017	1025	1025	1025		
Filteropp	mm <sup>2</sup>	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4		
Onderzocht filter opp	mm <sup>2</sup>	0,707	0,556	0,556	0,505	0,505	0,606	0,505	0,505		
Verdunningsfactor	f	1	1	1	1	1	1	1	1		
Chrysotiel (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00144	0,00183	0,00183	0,00202	0,00202	0,00167	0,002	0,002		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00144	0,00183	0,00183	0,00202	0,00202	0,00167	0,002	0,002		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0		
Chrysotiel (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00144	0,00183	0,00183	0,00202	0,0027	0,00167	0,002	0,002		
	aantal	0	0	0	0	4	0	0	0		
Amfibole (<5um) (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,0497	0,0804	0,1123	0,0985	0,0749	0,01026	0,0843	0,1231		
	aantal	103	131	183	146	111	184	126	184	1168	
Anorganische vezels		0,00144	0,00183	0,00183	0,00202	0,00202	0,00167	0,002	0,002		
Calcium sulfaat		0,00144	0,00183	0,00183	0,00202	0,00202	0,00167	0,002	0,002		
Totaal (excel calciumsulfaat)		0,0497	0,0804	0,1123	0,0985	0,0776	0,1026	0,0843	0,1231		
Totaal asbestvezels		0,0497	1,0804	0,1123	0,0985	0,0776	0,1026	0,0843	0,1231		
Asbestvezels in lucht	v/cm <sup>3</sup>	0,0497	0,0804	0,1123	0,0985	0,0776	0,10263	0,08434	0,12314		
ondergrens	v/cm <sup>3</sup>	0,04358	0,07225	0,10058	0,08568	0,06787	0,09144	0,0727	0,10972		
bovengrens	v/cm <sup>3</sup>	0,06392	0,10137	0,13439	0,1188	0,10376	0,12218	0,10334	0,1466		
Asbestvezels in lucht	v/m <sup>3</sup>	49700	80400	112300	98500	77600	102630	84340	123140	gem	91076
ondergrens	v/m <sup>3</sup>	43580	72250	100580	85680	67870	91440	72700	109720	sd	23053
bovengrens	v/m <sup>3</sup>	63920	101370	134390	118800	103760	122180	103340	146600	gem	111795
Debiet	m3/h	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	sd	25116
Gem bronsterkte	v/h	25039	40506	56577	49624	39133	51736	42516	62075	gem	45901
										sd	11619
Max bronsterkte	v/h	32203	51070	67706	59852	52326	61591	52094	73901	gem	56343
										sd	12660



		Gewassen kleding katoen											
		Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4		Kledingstuk 5			
	eenheid	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6	Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10		
Monstername	minuten	120	120	121	121	121	121	121	122	122	122		
Debiet (pomp)	l/min	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4		
Volume	liter	1008	1008	1016	1016	1016	1016	1016	1025	1025	1025		
Filteropp	mm <sup>2</sup>	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4		
Onderzocht filter opp	mm <sup>2</sup>	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515		
Verdunningsfactor	f	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Chrysotiel (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00068	0,00068	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,0002	0,00068	0,00067	0,00067	0,0002	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
	aantal	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
Chrysotiel (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00068	0,00068	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um) (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,0002	0,0025	0,0004	0,00067	0,0013	0,0016	0,0004	0,0011	0,0013	0,0016		
	aantal	1	11	2	0	6	7	2	5	6	7	47	
Anorganische vezels		0,00068	0,00068	0,0004	0,00067	0,0002	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
Calcium sulfaat		0,00068	0,00068	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
Totaal (excel calciumsulfaat)		0,0005	0,0025	0,0009	0,00067	0,0018	0,0016	0,0004	0,0011	0,0013	0,0016		
Totaal asbestvezels		0,0005	0,0025	0,0004	0,00067	0,0016	0,0016	0,0004	0,0011	0,0013	0,0016		
Asbestvezels in lucht ondergrens	v/cm <sup>3</sup>	0,0005	0,0025	0,0004	0,00067	0,0016	0,0016	0,0004	0,0011	0,0013	0,0016		
	v/cm <sup>3</sup>	0,00001	0,00125	0,00005	0	0,0005	0,00063	0,00005	0,00036	0,00049	0,00063		
	v/cm <sup>3</sup>	0,00253	0,00446	0,00163	0,00067	0,00419	0,00324	0,00163	0,0026	0,00291	0,00322		
Asbestvezels in lucht ondergrens	v/m <sup>3</sup>	500	2500	400	670	1600	1600	400	1100	1300	1600	gem	1167
	v/m <sup>3</sup>	10	1250	50	0	500	630	50	360	490	630	sd	686
	v/m <sup>3</sup>	2530	4460	1630	670	4190	3240	1630	2600	2910	3220	gem	2708
Debiet	m <sup>3</sup> /h	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	sd	1172
Gem bronsterkte	v/h	252	1260	202	338	806	806	202	555	655	807	gem	588
												sd	346
Max bronsterkte	v/h	1275	2248	821	338	2111	1632	821	1311	1467	1623	gem	1365
												sd	591

		Gewassen kleding katoen ! tweede keer kloppen !											
		Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4		Kledingstuk 5			
	eenheid	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6	Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10		
Monstername	minuten	120	120	120	121	122	122	122	122	123	123		
Debiet (pomp)	l/min	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4		
Volume	liter	1008	1008	1008	1016	1025	1025	1025	1025	1033	1033		
Filteropp	mm <sup>2</sup>	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4		
Onderzocht filter opp	mm <sup>2</sup>	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515		
Verduunningsfactor	f	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Chrysotiel (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00068	0,00068	0,00068	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00066	0,00066		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00068	0,00068	0,00068	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00066	0,0002		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
Chrysotiel (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00068	0,00068	0,00068	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00066	0,00066		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um (5 um>L<100 um))	v/cm <sup>3</sup>	0,0002	0,0009	0,0007	0,0018	0,0011	0,0011	0,0022	0,0002	0,0009	0,0015		
	aantal	1	4	3	8	5	5	10	1	4	7	48	
Anorganische vezels		0,0025	0,007	0,0032	0,0027	0,0031	0,004	0,002	0,0013	0,0031	0,0042		
Calcium sulfaat		0,00068	0,00068	0,00068	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00066	0,00066		
Totaal (excel calciumsulfaat)		0,0027	0,0079	0,0039	0,0045	0,0042	0,0051	0,0042	0,0016	0,004	0,006		
Totaal asbestvezels		0,0002	0,0009	0,0007	0,0018	0,0011	0,0011	0,0022	0,0002	0,0009	0,0018		
Asbestvezels in lucht	v/cm <sup>3</sup>	0,0002	0,0009	0,0007	0,0018	0,0011	0,0011	0,0022	0,0002	0,0009	0,0018		
ondergrens	v/cm <sup>3</sup>	0,00001	0,00025	0,00014	0,00078	0,00036	0,00036	0,00107	0,00001	0,00024	0,00063		
bovengrens	v/cm <sup>3</sup>	0,00126	0,00232	0,00199	0,00355	0,0026	0,0026	0,0041	0,00124	0,00227	0,00442		
Asbestvezels in lucht	v/m <sup>3</sup>	200	900	700	1800	1100	1100	2200	200	900	1800	gem	1090
ondergrens	v/m <sup>3</sup>	10	250	140	780	360	360	1070	10	240	630	sd	671
bovengrens	v/m <sup>3</sup>	1260	2320	1990	3550	2600	2600	4100	1240	2270	4420	gem	2635
Debiet	m <sup>3</sup> /h	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	sd	1088
Gem bronsterkte	v/h	101	454	353	907	555	555	1109	101	454	907	gem	549
												sd	338
Max bronsterkte	v/h	635	1169	1003	1788	1311	1311	2067	625	1144	2227	gem	1328
												sd	548

		Ongewassen kleding wol/acryl									
		Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4			
	eenheid	Sample 11	Sample 12	Sample 13	Sample 14	Sample 15	Sample 16	Sample 17	Sample 18		
Monstername	minuten	121	121	121	121	121	121	121	121		
Debiet (pomp)	l/min	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4		
Volume	liter	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016		
Filteropp	mm <sup>2</sup>	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4		
Onderzocht filter opp	mm <sup>2</sup>	1,515	1,515	1,515	1,515	1,01	0,606	0,566	1,515		
Verdunningsfactor	f	1	1	1	1	1	1	1	1		
Chrysotiel (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00101	0,00168	0,00183	0,00067		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,0016	0,0029	0,0029	0,0022	0,00101	0,00168	0,00183	0,0031		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0		
Chrysotiel (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00067	0,0002	0,00067	0,00067	0,00101	0,00168	0,00183	0,00067		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um) (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,0416	0,0461	0,029	0,0373	0,0564	0,0742	0,081	0,0225		
	aantal	185	205	129	166	167	132	132	100	1216	
Anorganische vezels		0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00101	0,00168	0,00183	0,00067		
Calcium sulfaat		0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00101	0,00168	0,00183	0,00067		
Totaal (excel calciumsulfaat)		0,0432	0,0493	0,0319	0,0396	0,0564	0,0742	0,081	0,0256		
Totaal asbestvezels		0,0432	0,0493	0,0319	0,0396	0,0564	0,0742	0,081	0,0256		
Asbestvezels in lucht ondergrens	v/cm <sup>3</sup>	0,04319	0,04927	0,03194	0,03959	0,05635	0,07424	0,08098	0,02565		
	v/cm <sup>3</sup>	0,03751	0,04263	0,02599	0,03379	0,04907	0,06623	0,07225	0,02002		
	v/cm <sup>3</sup>	0,05252	0,06034	0,03973	0,04859	0,06667	0,09292	0,10137	0,03265		
Asbestvezels in lucht ondergrens	v/m <sup>3</sup>	43190	49270	31940	39590	56350	74240	80980	25650	gem	50151
	v/m <sup>3</sup>	37510	42630	25990	33790	49070	66230	72250	20020	sd	19500
	v/m <sup>3</sup>	52520	60340	39730	48590	66670	92920	101370	32650	gem	61849
Debiet	m <sup>3</sup> /h	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	sd	24371
Gem bronsterkte	v/h	21759	24822	16091	19946	28389	37402	40798	12923	gem	25266
										sd	9824
Max bronsterkte	v/h	26460	30399	20016	24480	33588	46813	51070	16449	gem	31160
										sd	12278

		Gewassen kleding wol/acryl											
		Kledingstuk 1		Kledingstuk 2		Kledingstuk 3		Kledingstuk 4		Kledingstuk 5			
	eenheid	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6	Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10		
Monstername	minuten	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121		
Debiet (pomp)	l/min	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4		
Volume	liter	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016		
Filteropp	mm <sup>2</sup>	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4	346,4		
Onderzocht filter opp	mm <sup>2</sup>	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515		
Verduunningsfactor	f	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Chrysotiel (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Chrysotiel (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Amfibole (<5um) (5 um>L<100 um)	v/cm <sup>3</sup>	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
	aantal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Anorganische vezels		0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
Calcium sulfaat		0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
Totaal (excel calciumsulfaat)		0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
Totaal asbestvezels		0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067		
Asbestvezels in lucht ondergrens	v/cm <sup>3</sup>												
	v/cm <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
bovengrens	v/cm <sup>3</sup>	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00202	0,00067		
Asbestvezels in lucht ondergrens	v/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	gem	0
	v/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	sd	0
bovengrens	v/m <sup>3</sup>	670	670	670	670	670	670	670	670	670	670	gem	670
Debiet	m <sup>3</sup> /h	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	sd	0
Gem bronsterkte	v/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	gem	0
												sd	0
Max bronsterkte	v/h	338	338	338	338	338	338	338	338	338	338	gem	338
												sd	0

## Bijlage 4 Rekenvoorbeeld blootstelling

Dit rekenvoorbeeld is een berekening aan de hoeveel asbestvezels waar je mogelijk aan blootgesteld wordt bij het dragen van de gewassen kleding.

In dit rekenvoorbeeld ga ik uit van een gewassen katoenen kledingstuk uit ons experiment. Als uitgangspositie is dit kledingstuk blootgesteld aan een concentratie van  $3,9 \cdot 10^6$  amosiet asbestvezels. Na het wassen heeft het kledingstuk een berekende bronsterkte van 588 vezels/h.

Tijdens het aantrekken is er geen tot zeer weinig ventilatie. In het voorbeeld ben ik hier van een asbestvezel concentratie uitgegaan van 588 vezels/m<sup>3</sup>. Het aan- en uittrekken van een trui is een hele korte handeling. Door de korte duur is het totaal aantal asbestvezels waaraan je wordt blootgesteld laag.

In een goed geventileerde ruimte is er een evenwichtsconcentratie van asbestvezels en is de blootstelling 24 vezels/m<sup>3</sup> ((588 vezels/h)/(25 m<sup>3</sup>/h)).

In een slecht geventileerde ruimte met ventilatie van 7m<sup>3</sup>/h zal de blootstelling 84 vezels/m<sup>3</sup> zijn.

In de buitenlucht zal de verdunning van asbestvezels heel groot zijn. De asbestvezels zullen verwaaien en de blootstelling wordt hier 0 verondersteld.

	Tijdsduur (h)	Asbestvezelconcentratie (vezels/m <sup>3</sup> )	Tijdsduur van blootstelling aantal asbestvezels (vezels *h/m <sup>3</sup> )
Handeling op een dag			
Aan- en uittrekken trui	2/60 uur	588	19,6
Aanwezig in slecht geventileerde ruimte	4 uur	84	336
Aanwezig in 'normaal' geventileerde ruimte	9 uur	24	216
Buitenlucht	1 uur	0	0
totaal	14 uur		571
Gemiddeld over de 14 uur betekent dit een <b>extra</b> blootstelling van 41 vezels per m <sup>3</sup> ( (571 vezels*h/m <sup>3</sup> )/14 uur )			

De 41 vezels/m<sup>3</sup> is 14% van de advies waarde van de Gezondheidsraad, die een MTR van 300 vezels/m<sup>3</sup> adviseren.