

Gezondheidseffecten van MMMF; herhaling van zetten?*

A. Burdorf¹, P. Swuste²

Summary

The fibrous nature of asbestos is thought to be responsible for the carcinogenic effects in human after inhalation of asbestos fibers. Therefore, concern has been raised as to the potential impact of man-made mineral fibers (MMMF) on the health of exposed people. Animal studies based on inhalation, intratracheal installation or intraperitoneal injection of MMMF have shown different results, sometimes in contradiction.

However, the animal studies have provided sufficient evidence for the carcinogenicity of glass wool and of ceramic fibers, limited evidence for the carcinogenicity of rock wool and inadequate evidence for the carcinogenicity of glass filaments and of slag wool. Epidemiologic studies have revealed important information on the various health effects of MMMF, but have not been sufficient to date to conclusively address the health impact of exposure to MMMF at the workplace. However, exposures to mean level of 0.2 respirable fibers per cm³ or less seem unlikely to cause any detectable excess in lung cancer rates.

The Dutch Expert Committee for Occupational Standards has

proposed exposure limits for MMMF, varying from 1 respirable fiber/cm³ for slag wool and ceramic fibers, to 5 respirable fibers/cm³ for glass wool and rock wool. The authors of this article argue that these recommended exposure limits are too high. Firstly, the risk assessment of the Dutch Expert Committee does not take into account the low levels of exposure in the production industry of MMMF which have not resulted in an excess of lung cancer mortality. Secondly, the risk assessment is solely focused on carcinogenic potential of MMMF and does not pay attention to the wellknown irritation of the exposed parts of the skin which can result in severe itching, rash and dermatitis.

Inleiding

Het laatste decennium laat in Nederland een grote verschuiving zien van het gebruik van asbesthoudende producten naar alternatieve materialen. De belangrijkste drijfveer achter deze verschuiving is de kennis over de carcinogene eigenschappen van asbest. In een debat op 8 februari 1989 heeft de meerderheid van de Tweede Kamer zich uitgesproken voor een verbod op nieuwgebruik van asbest en/of asbesthoudende producten. Verschillende adviesorganen hebben hun licht reeds laten schijnen over een asbestverbod en per 1 januari 1993 zal het verbod waarschijnlijk van kracht worden.

De noodzaak tot vervanging van asbesthoudende producten wordt daarmee binnenkort een wettelijke verplichting. Voor meer dan 95% van deze producten is een goede vervanger voorhanden. Vaak gebruikte alternatieven zijn de materialen bestaande uit industrieel vervaardigde minerale vezels; de 'Man Made Mineral Fibers' (Burdorf 1988). Door de grote overeenkomst in structuur van asbest en sommige minerale vezels is het niet verwonderlijk dat op nationaal en internationaal niveau een uitgebreide discussie over de gezondheidsrisico's van MMMF wordt gevoerd. Om te voorkomen dat men van de regen in de drup raakt, dienen de gezondheidsrisico's van vervangingsmiddelen veel kleiner te zijn dan van asbesthoudende producten.

Recent heeft de Werkgroep van Deskundigen te zamen met de Gezondheidsraad een concept-advies uitgebracht over grenswaarden voor MMMF in de buitenlucht en op de

werkplek (WGD e.a. 1991). Vooral de voorgestelde grenswaarden van MMMF voor beroepsmatige blootstelling hebben een lawine van reacties veroorzaakt. In dit artikel worden de beschikbare gegevens over de gezondheidsrisico's van MMMF besproken. Vezels van organisch materiaal, zoals aramide, vallen hier niet onder. Tevens wordt een kritisch commentaar gegeven op de risicoschatting van de Werkgroep van Deskundigen. Tot slot worden, op basis van de beschikbare wetenschappelijke informatie, enkele aanbevelingen gedaan over het te voeren beleid bij de overheid en in bedrijven.

Classificatie en kenmerken van MMMF

Een kenmerkende eigenschap van de MMMF is hun vezelstructuur. Volgens de vezelgeometrietheorie kunnen vezels van een bepaalde lengte en diameter een carcinogene werking hebben (Stanton e.a. 1981). Op basis van zijn eerste studies concludeerde Stanton dat diverse vezelsoorten met een lengte groter dan 8 µm en een diameter kleiner dan 1,25 µm een carcinogene potentie bezitten (Stanton 1972, 1973). Vezels met deze afmetingen worden ook wel Stanton-vezels genoemd. In zijn latere werk wordt gesteld dat diverse vezelsoorten met een diameter kleiner dan 3 µm enige carcinogene potentie bezitten terwijl de meest carcinogene diameter 0,25 µm is (Stanton e.a. 1981).

Er bestaan verschillende classificatie-systemen voor vezelvormige stoffen die industrieel worden vervaardigd uit minerale grondstoffen. Een eenvoudig hanteerbare indeling gaat uit van de volgende categorieën:

A. Glasgarens ('continuous filaments')

Textiele glasvezels worden als lange draden geproduceerd en vervolgens overdwars op maat gesneden. Deze productietechniek vereist een diameter van de glasdraad die groter is dan 3 µm. De nominale diameter ligt dan ook tussen de 6-25 µm (Cherrie e.a. 1986, WHO 1988). Afhankelijk van het productieproces en de bewerking kunnen vezels met een kleinere diameter voorkomen. Bij metingen bij

* Achtergrondartikel behorende bij de lezing van A. Burdorf op de studiedag 'Gezond werken met minerale kunstvezels', 13 mei 1992 te Utrecht.

1. Instituut Arbeid en Gezondheid, Erasmus Universiteit Rotterdam.
2. Vakgroep Veiligheidskunde, Technische Universiteit Delft.

een producent bedroeg het aandeel van de Stanton-vezels zo'n 5% tot 25% (Cherrie e.a. 1986).

B. Isolatie-wolvezels ('insulation wool')

Onder deze categorie vallen de belangrijke toepassingen glaswol ('glass wool'), steenwol ('rock wool') en slakkenwol ('slag wool'). Glaswol wordt geproduceerd door het blazen en verspinnen van gesmolten glas. De niet-textiele glasvezels hebben een nominale diameter rond de 5-7 μm (Cherrie e.a. 1986) maar specifieke typen glaswolvezel kunnen een diameter hebben van 2-10 μm (WGD e.a. 1991). Het aandeel van de Stanton-vezels in de blootstelling in produktiebedrijven bedroeg 20-50% (Cherrie e.a. 1986). Steenwol wordt op identieke wijze geproduceerd van gesmolten steen. De nominale diameter ligt rond de 3-6 μm en het aandeel van de Stanton-vezels bedraagt 20-30% (Cherrie e.a. 1986). Slakkenwol wordt gemaakt van gesmolten slakken uit hoogovens. De afmetingen van deze vezels zijn vergelijkbaar met die van steenwol.

C. Keramische vezels ('ceramic refractory fibres')

Keramische vezels worden geblazen of getrokken van verschillende grondstoffen, zoals kaoline-klei en aluminiumoxyde. De nominale diameter ligt tussen de 1,2 en 5,0 μm (IARC 1988, WGD e.a. 1991), met een lengte die kan oplopen tot ruim 250 mm (IARC 1988). Het aandeel van de Stanton-vezels is niet gerapporteerd in de literatuur.

D. Glas-micro-vezels ('special purpose fibres')

Glas-micro-vezels worden op analoge wijze geproduceerd als andere glasvezels. De specifieke toepassingen vereisen een hoge thermische bestendigheid (bijvoorbeeld in vliegtuigen en in de ruimtevaart). De nominale diameter ligt rond de 1,0-1,5 μm , hoewel ook toepassingen bekend zijn met diameters van 0,05 μm en 3,0 μm (IARC 1988). Het aandeel van de Stanton-vezels kan oplopen tot 60% (Cherrie e.a. 1986).

Bovenstaande indeling wordt in veel onderzoek naar de gezondheidseffecten van blootstelling aan MMMF gehanteerd. Ook de Werkgroep van Deskundigen heeft in haar rapport de wetenschappelijke informatie over MMMF volgens deze indeling gepresenteerd.

Irritaties van de ogen en huid

Glas- en steenwolvezels kunnen irritatie van de huid veroorzaken. Kenmerkend is een heftige jeuk, vaak gepaard gaande met roodheid en blaasjes. Deze huidklachten worden door sommige auteurs gezien als het belangrijkste gezondheidseffect van blootstelling aan glaswol (Hill 1977). De huidklachten ontstaan door een mechanische beschadiging van de huid waarvoor vooral de harde en scherpe vezels met een diameter boven 4,5 μm verantwoordelijk zijn (Björnberg 1985, Petersen e.a. 1991). Ondanks het feit dat deze klachten van voorbijgaande aard zijn en er bij werknemers met regelmatige blootstelling gewinning optreedt, blijkt dat een groot deel van de blootgestelde werknemers melding maakt van huidirritatie. In het overzichtsartikel van Remijn worden onderzoeken geciteerd waarin zo'n 65% van de ondervraagde werknemers last heeft gehad van huidirritatie, waarvan 22% 10 dagen na het laatste contact met MMMF (Remijn 1989a). In een Italiaanse studie wordt een prevalentie van huidklachten van 14% gemeld bij een blootstelling aan 1 mg/m^3 totaal stof, waarvan slechts 1% bestond uit glasvezels (Maggioni e.a. 1984). Voor de huidklachten is het directe contact met glas- en steenwol echter belangrijker.

Over irritatie van de ogen is minder bekend. In een Zweeds onderzoek in de steenwolproductie werden reversibele beschadigingen van bindweefsel in het oog aangetroffen bij 6 van de 15 werknemers, na slechts 4 dagen blootstelling. Deze bevinding duidt erop dat de 'no-effect

level' ruim beneden de huidige grenswaarde voor hinderlijk stof ligt (Stockholm e.a. 1982).

Carcinogene effecten in epidemiologisch onderzoek

Onderzoek naar de carcinogene effecten van MMMF is te onderscheiden in twee hoofdstromingen: epidemiologisch onderzoek en dierexperimenteel onderzoek. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste bevindingen in het beschikbare epidemiologisch onderzoek.

De WHO en het IARC hebben een grote epidemiologische studie gecoördineerd in 13 Europese produktiebedrijven, te weten twee glasgarenbedrijven, vier glaswolproducenten en zeven steenwol-/slakkenwolbedrijven, verspreid over zeven Westeuropese landen. In het cohort zijn 25 146 werknemers opgenomen die ooit in een van de 13 bedrijven hebben gewerkt, waarvan de oudste in 1933 de produktie startte. Het gemiddelde dienstverband van de (ex-)werknemers is kort, meer dan 50% heeft minder dan 5 jaar in de MMMF-industrie gewerkt. De uitgebreide metingen in deze bedrijven in 1985-1986 lagen meestal onder de 0,1 respirabele vezels/ml (lengte groter dan 5 μm , diameter kleiner dan 3 μm); voor glaswolbedrijven 0,02 vezels/ml, voor steenwolbedrijven 0,04 vezels/ml en voor glasgarenbedrijven 0,004 vezels/ml. De hoogste concentraties werden gemeten in de verwerking, variërend van 0,03 tot 0,45 vezels/ml (Cherrie e.a. 1986, Saracci 1986). De blootstelling in het verleden zal aanmerkelijk hoger zijn geweest, met name in de steenwol- en slakkenwolbedrijven, maar goede gegevens ontbreken hierover (WHO 1987). De resultaten van dit grote onderzoek zijn vermeld in tabel 1. In de eerste follow-up werd een significant verhoogd risico op longkanker geconstateerd voor werknemers in de MMMF-industrie met hun eerste blootstelling meer dan 30 jaar geleden. Deze oversterfte was vooral aanwezig onder werknemers uit de oudere steenwol- en slakkenwolbedrijven, met een SMR voor longkanker van 195 (95% betrouwbaarheidsinterval van 117-307). In de slakkenwolbedrijven was er in het verleden ook een aanzienlijke blootstelling aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen en arseenoxyde (Saracci e.a. 1984).

In het vervolgonderzoek met een follow-up van 10 jaar werd de oversterfte aan longkanker nogmaals bevestigd (Simonato e.a. 1986). Ditmaal werd voor het totale cohort een oversterfte aan longkanker geconstateerd met een SMR van 125 (95% betrouwbaarheidsinterval van 108-144). Zowel in de glaswol-industrie als in de steenwol- en slakkenwolindustrie nam de SMR voor longkanker toe bij toenemende tijdsduur sinds de eerste blootstelling, maar was een verband met de duur van de blootstelling afwezig. In de steenwol- en slakkenwolindustrie werd de oversterfte aan longkanker voornamelijk veroorzaakt door werknemers die hadden gewerkt in bedrijven met oude produktietechnologieën (SMR = 223). In de glaswolindustrie werd voor werknemers met een eerste blootstelling meer dan 20 jaar geleden een significante SMR van 139 gevonden, voor werknemers met een eerste blootstelling meer dan 30 jaar geleden zelfs een significante SMR van 173. In de analyse kon men geen verschil aantonen tussen de werknemers werkzaam met nieuwe en oudere produktietechnologieën. Er werd geen oversterfte geconstateerd voor mesothelioom en non-maligne respiratoire aandoeningen. Voor de glasgarenbedrijven waren de aantallen overledenen te klein om betrouwbare SMR-waarden te berekenen.

In tabel 1 zijn de SMR-waarden vermeld bij gebruik van zowel landelijke als regionale sterftcijfers als vergelijking. Epidemiologisch gezien heeft de toepassing van regionale sterftcijfers de voorkeur. Bij gebruik van regio- ►

nale in plaats van landelijke sterftecijfers bleek de oversterfte aan longkanker in de glaswolindustrie veel kleiner en niet-significant. Dit was de reden voor de auteurs om te concluderen dat dit risico in de glaswolindustrie nagevoeg afwezig is (Simonato e.a. 1986).

De resultaten van deze onderzoeken moeten met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Na de eerste follow-up was slechts 7% van het gehele cohort overleden, na de tweede follow-up was nog maar 12% van het cohort overleden. Omdat longkanker een belangrijke doodsoorzaak op latere leeftijd is, kunnen valide conclusies pas worden getrokken als een aanzienlijk deel van het cohort

1964 tot 1977; gedurende deze periode overleden 3761 werknemers (22%). In de steenwol-/slakkenwolindustrie werd een significante oversterfte aan longkanker van SMR = 160 gevonden. Deze oversterfte bleek in belangrijke mate te worden veroorzaakt door één bedrijf, waar in het verleden met asbest was gewerkt (Enterline e.a. 1983). In een tweede follow-up tot 1982 werd de oversterfte aan longkanker in de steenwol-/slakkenwolindustrie bevestigd (Enterline e.a. 1987). In de meest recente follow-up tot 1985 is een significante SMR van 113 voor longkanker gerapporteerd voor het gehele cohort, veroorzaakt door oversterfte onder werknemers uit de glaswolbedrijven en

Tabel 1. Resultaten van twee grote epidemiologische studies naar de invloed van beroepsmatige blootstelling aan MMMF op de sterfte

Studie	Type blootstelling	Sterfte aan longkanker (ICD 162)		
		SMR ^a	SMR ^b	
<i>Europese studie</i>				
Saracci e.a. 1984	Gehele cohort	106	.	
	glaswol	94	.	
	steen-/slakkenwol	111	.	
	Latentietijd > 30 jaar	173*	.	
	glaswol	157	.	
Simonato e.a. 1986	Gehele cohort	125*	110	
	glaswol	127*	103	
	steen-/slakkenwol	124	124	
	Latentietijd > 30 jaar	173*	152*	
	glaswol	173	138	
Amerikaanse studie	Enterline e.a. 1983	Gehele cohort	107	.
		glaswol	99	.
		steen-/slakkenwol	160*	.
		Latentietijd > 30 jaar	138	.
		glaswol	130	.
Marsh e.a. 1990	Gehele cohort	glaswol	122*	113*
		steen-/slakkenwol	.	112*
		glaswol	.	136
		Latentietijd > 30 jaar	.	115*
		glaswol	.	115
Gehele cohort	steen-/slakkenwol	.	132	

SMR standard mortality ratio

^a landelijke mortaliteitsgegevens als bron voor verwachte sterfte

^b regionale mortaliteitsgegevens als bron voor verwachte sterfte

* significante bevinding, P < 0,05

(zo'n 30-50%) is overleden (Miettinen e.a. 1990). Een tweede argument voor een voorzichtige interpretatie is de bevinding dat de resultaten voor de glaswolindustrie sterk werden beïnvloed door het gebruik van regionale sterftecijfers als vergelijkingsmateriaal.

In de Verenigde Staten is eveneens een groot epidemiologisch onderzoek verricht in 11 glaswolbedrijven en 6 steenwol-/slakkenwolbedrijven. Het cohort bestaat uit 16 730 werknemers met minimaal 1 jaar blootstelling in de periode 1945-1963 (Enterline e.a. 1983). Arbeidshygiënische metingen in de periode 1976-1978 gaven aan dat de blootstelling aan respirabele vezels bijna altijd beneden de 0,5 vezels/ml lag. Informatie over de blootstelling in het verleden was afwezig (Esmen e.a. 1979). De laagste blootstelling werd gevonden in de glaswolindustrie met een gemiddelde concentratie van 0,06 vezels/ml, de hoogste blootstelling in de steenwol-/slakkenwolindustrie met een gemiddelde concentratie van 0,35 vezels/ml (Enterline e.a. 1987).

De resultaten van de Amerikaanse studie staan vermeld in tabel 1. Het eerste onderzoek betrof de follow-up van

de steenwol-/slakkenwolindustrie. Een opvallende bevinding was dat 4 werknemers waren overleden aan mesotheliom (Marsh e.a. 1990). In deze laatste follow-up zijn regionale sterftecijfers gebruikt.

Zoals blijkt uit tabel 1 zijn er opvallende overeenkomsten tussen de Europese en Amerikaanse studie voor de risico's van MMMF voor longkanker. De risico's in de steenwol-/slakkenwolbedrijven zijn hoger dan in de glaswolindustrie, en de sterfte aan longkanker is het hoogst bij werknemers met hun eerste blootstelling meer dan 30 jaar geleden. In het eerste Amerikaanse onderzoek is ook een verhoogde sterfte aan non-maligne respiratoire aandoeningen geconstateerd met een SMR van 110, verdeeld over de glaswolindustrie met significante SMR van 139 en de steenwol- en slakkenwolindustrie met een (niet-significante) SMR van 150. De meest recente follow-up laat nog steeds een oversterfte zien voor non-maligne respiratoire aandoeningen, met een significante SMR van 112 (Marsh e.a. 1990).

Ondanks het unieke karakter van beide grote cohortonderzoeken is het definitieve antwoord op de vraag naar de

gezondheidseffecten op de lange termijn van blootstelling aan MMMF nog niet te geven. Ook de resultaten van andere, kleinere cohort- en case-control studies laten ruimte over voor interpretatieverschillen door de grote verschillen in onderzoeksopzet, blootstellingsgegevens en onderzochte populaties. Opvallend is dat de meeste studies zijn gericht op werknemers in productiebedrijven. Het is bekend dat de gemiddelde blootstelling in productiebedrijven lager is dan in de verwerkende industrie en op de bouwplaats. Door Remijn (1989a) worden verschillende studies besproken waarbij tijdens isolatiewerkzaamheden met glas- en steenwol blootstelling aan respirabele vezels boven de 1 vezels/ml is gemeten.

Bij de beoordeling van het beschikbare epidemiologische onderzoek is het gebrek aan (historische) blootstellingsgegevens een groot probleem. Daardoor is het veelal niet mogelijk de resultaten te corrigeren voor versturende variabelen, zoals asbestblootstelling in het verleden. In een Zweeds onderzoek bij 135 000 bouwvakkers bleek de significante oversterfte aan longkanker onder MMMF-blootgestelden te verdwijnen na correctie voor asbestblootstelling. De vondst van 23 mesothelioomgevallen in dit onderzoek duidde op relevante asbestblootstelling bij bouwvakkers (Engholm e.a. 1987). Een andere belangrijke versturende variabele is het rookgedrag van werknemers. Aangezien roken als de belangrijkste etiologische factor voor longkanker wordt gezien, maakt het ontbreken van correctie voor rookgedrag resultaten van epidemiologisch onderzoek moeilijk interpreteerbaar.

Het gebrek aan eensluidende onderzoeksresultaten wordt treffend geïllustreerd in twee recente overzichten over de relatie tussen MMMF en longkanker. Miettinen en Rossiter (1990) concluderen in hun overzichtsartikel dat de beschikbare epidemiologische bewijslast niet toereikend is voor het aantonen van een verband tussen blootstelling aan MMMF en oversterfte aan longkanker. Het IARC (1988) ondersteunt deze conclusie voor glaswol en glasgarens maar constateert wel dat er een beperkte bewijslast aanwezig is om steenwol/slakkenwol als carcinogeen te beschouwen.

Carcinogeniteit en dierexperimenteel onderzoek

De epidemiologische onderzoeken hebben belangrijke informatie opgeleverd maar kunnen nog niet voldoende aangeven wat de carcinogene risico's zijn van blootstelling aan MMMF in het beroep. Dit is gedeeltelijk een gevolg van de relatief recente introductie van de meeste typen kunstmatige minerale vezels, de lange latentietijd voor longkanker en andere tumoren, alsmede de relatief lage blootstellingsniveaus in de meeste productiebedrijven (Wheeler 1990). Daarom zijn er vele dierexperimentele onderzoeken gedaan om de carcinogeniteit van MMMF te onderzoeken. Deze dierexperimentele onderzoeken laten zich grofweg in twee groepen onderscheiden: onderzoek waarbij de minerale vezels via inhalatie worden toegediend en onderzoek waarbij de minerale vezels door injectie lokaal worden toegediend.

Inhalatiestudies bij dieren worden vaak gezien als de beste benadering om de carcinogene potentie van MMMF te onderzoeken (Davids 1986). In diverse inhalatieproeven met ratten, hamsters en konijnen kon geen carcinogene of fibrogene werking van glaswol, glas-microvezels, steenwol of slakkenwol worden aangetoond (Smith e.a. 1987, Muhle e.a. 1987, Pott e.a. 1991). Voor keramische vezels zijn in inhalatiestudies tegenstrijdige resultaten gevonden (IARC1988). De betrouwbare uitkomst van de uitkomsten van inhalatiestudies wordt door Pott en collega's treffend aangegeven doordat ze wijzen op inhalatiestudies met crocidoliet waarin geen carcinogene werking van deze asbestvezel kon worden aangetoond (Muhle e.a. 1987,

Pott e.a. 1991).

Uit intrapleurale en intratracheale injectie van de meest uiteenlopende vezelsoorten is gebleken dat vele vezelsoorten in staat zijn longkanker en/of mesothelioom te veroorzaken (Davis 1986, Pott e.a. 1991). Uit deze studies komt het beeld naar voren dat glaswolvezels over een grotere carcinogene potentie beschikken dan steenwol- en slakkenwolvezels (Davis 1986). Het voordeel van 'injectiestudies' boven inhalatiestudies is dat de dosis veel beter kan worden vastgesteld. Bij inhalatiestudies is de depositie van vezels in de longen vaak moeilijk te voorspellen. Het nadeel van de 'injectie-studies' is dat effecten kunnen worden geprovoceerd die bij inhalatie niet zouden optreden. Het zijn vooral de 'injectiestudies' geweest die de grondslag hebben gelegd voor de vezelgeometrietheorie van Stanton (1972).

Injectie van vezels in longweefsel van dieren is ook toegepast om de duurzaamheid van vezels in het longweefsel te onderzoeken. Deze experimenten duiden op een geringere duurzaamheid van de meeste kunstmatige minerale vezels in vergelijking met asbest. Muhle vond bijvoorbeeld voor crocidoliet in longweefsel van de rat een halfwaardetijd van 1000 dagen, voor glasvezels varieerde de halfwaardetijd voor het oplossen van de vezels in het longvocht van 38 tot 238 dagen (Muhle e.a. 1991). De geringere duurzaamheid van de MMMF wordt door veel auteurs gezien als belangrijke verklaring voor de lagere tumorincidentie in vergelijking met asbest.

Risico-evaluatie

In een risico-evaluatie wordt een schatting gemaakt van de aard en omvang van de groep werknemers met relevante blootstelling aan MMMF en de te verwachten gezondheidseffecten van deze blootstelling op korte en lange termijn.

De omvang van de risicopopulatie in de MMMF-producerende industrie in Nederland is klein; er is een producent van glaswol en een producent van steenwol. Problemen met blootstelling aan MMMF zullen met name optreden tijdens het gebruik van deze materialen. De aandacht richt zich daarbij vooral op verwerking van glaswol en steenwol als isolatiemateriaal in de bouw en de industrie; de risicopopulatie omvat vele tienduizenden werknemers. Keramische vezels kennen een specifiek toepassingsgebied, bijvoorbeeld als isolatiemateriaal in de ovenbouw. Slakkenwol wordt in Nederland nagenoeg niet toegepast. Over de toepassing van glasgarens en glas-micro-vezels is weinig bekend, maar de omvang van het gebruik is beperkt.

In Nederland zijn door Remijn metingen uitgevoerd bij het verzagen van minerale vezelplaten met een cirkelzaag met lokale afzuiging (2,50 vezels/ml), het handmatig verzagen en vastnieten van deze minerale vezelplaten (0,85 vezels/ml), het zagen van steenwolmatten met een handzaag (0,42 vezels/ml), en het aanbrengen van ingepakte glaswolkussens (0,10 vezels/ml) (Remijn 1989b). Deze blootstellingsniveaus liggen beduidend boven de gemeten concentraties in de productiebedrijven. Daar staat tegenover dat de meeste bouwvakkers niet continu werken met glas- of steenwol. Voor gespecialiseerde werknemers in isolatiebedrijven zijn de grootste risico's op gezondheidseffecten door het werken met glas- of steenwol te verwachten.

De te verwachten gezondheidseffecten van deze blootstelling op korte termijn zijn irritatie van huid en ogen. Uit de literatuur blijkt dat zowel de incidentie als prevalentie van huidirritatie onder blootgestelden hoog is. Ondanks het reversibele karakter van huidirritatie is het daarmee een belangrijk gezondheidsprobleem.

Over de carcinogene effecten van blootstelling aan MMMF bestaat veel discussie. Het IARC heeft glaswol, steenwol, ►

slakkenwol en keramische vezels beoordeeld als mogelijk carcinogeen. Glasgarens worden niet beschouwd als carcinogeen (IARC 1988). Met het IARC-oordeel over de carcinogeniteit van slakkenwol lijken weinigen problemen te hebben, maar de andere beoordelingen van het IARC hebben veel kritiek ontmoet. Het IARC heeft gesteld dat er voldoende bewijs is voor de carcinogeniteit van glaswol en keramische vezels in het dierexperimentele onderzoek; daarom zijn glaswol en keramische vezels als mogelijk carcinogeen voor mensen beoordeeld. Critici wijzen natuurlijk op de methodologische problemen bij de interpolatie van dierexperimentele gegevens naar de mens. Bovendien wordt gewezen op het ontbreken van een duidelijk bewijs dat glaswol en keramische vezels humaan carcinogeen zijn; significante oversterfte aan longkanker in cohortstudies is niet aangetoond (Davis 1986). De meest recente follow-up van de Amerikaanse studie uit 1990 vertoont overigens wel een significante oversterfte aan longkanker. Deze informatie was ten tijde van de IARC-evaluatie nog niet beschikbaar.

In de discussie over de carcinogeniteit van steenwol wordt door critici van het IARC gesteld dat de oversterfte aan longkanker alleen is aangetoond bij werknemers met een eerste blootstelling meer dan 30 jaar geleden in steenwol/slakkenwolbedrijven. Deze groep werknemers is toen blootgesteld aan concentraties die beduidend hoger zijn dan de huidige concentraties. Rond 1952 zijn productietechnologieën geïntroduceerd waarbij het gebruik van minerale oliën en bindmaterialen resulteerde in beduidend lagere stofconcentraties. De oorzaak van de geconstateerde oversterfte wordt echter vooral geweten aan de aanzienlijke blootstelling aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen en arseenoxyde in de slakkenwolbedrijven (Saracci e.a. 1984). Vervolgonderzoek heeft uitgewezen dat de oversterfte aan longkanker vooral is geconcentreerd in bedrijven die in het verleden met slakken hebben gewerkt, zodat bovengenoemde hypothese inderdaad correct lijkt (Enterline e.a. 1987).

Het dierexperimentele onderzoek laat zien dat de meeste typen MMMF een carcinogene werking kunnen hebben. Het epidemiologische onderzoek is tot op heden niet in staat gebleken deze carcinogene werking bij werknemers op de arbeidsplaats aan te tonen. Het ontbreken van dit bewijs kan echter niet worden opgevat als het ontbreken van enige carcinogene werking van MMMF. Doll heeft erop gewezen dat epidemiologisch onderzoek als methode faalt om de oversterfte aan longkanker aan te tonen bij werknemers met een langdurige blootstelling aan chrysotiel van 0,5-1 vezels/ml. De gemiddelde blootstelling aan MMMF in de onderzochte productiebedrijven lag ver onder de 0,5 respirabele vezel/ml. Het ontbreken van oversterfte aan longkanker door MMMF-blootstelling in de productiebedrijven kan mogelijk worden verklaard door het lage blootstellingsniveau (Doll 1987). Tijdens de tweede MMMF-conferentie te Kopenhagen is door de aanwezige deskundigen de conclusie geformuleerd dat een MMMF-blootstelling beneden de 0,2 respirabele vezels/ml geen detecteerbare oversterfte aan longkanker zal veroorzaken.

De risicoschatting van de WGD

De Werkgroep van Deskundigen baseert haar risicoschatting van MMMF in het beroep op een interessante analogie met asbest. Uit het epidemiologisch onderzoek naar MMMF blijkt voortdurend dat de oversterfte aan longkanker veel lager is dan bij vergelijkbaar onderzoek onder blootgestelden aan asbest. Op basis daarvan wordt gesteld dat de grenswaarden voor MMMF boven de grenswaarden van asbest mogen liggen. Het voorstel van de WGD luidt voor glas- en steenwol 5 respirabele vezels/ml (over 8 uur gemeten), voor slakkenwol en keramische vezels 1 respi-

rabele vezel/ml, en voor glas-micro-vezels 5 respirabele vezels/ml.

Voor wat betreft de gemeten gezondheidseffecten heeft de WGD ongetwijfeld gelijk in haar opstelling; het beschikbare epidemiologisch onderzoek laat inderdaad zien dat de oversterfte aan longkanker bij MMMF-blootgestelden veel geringer is dan bij asbest-blootgestelden. De WGD heeft echter geen analyse gemaakt van de verschillen in dosis die tot de gemeten gezondheidseffecten aanleiding hebben gegeven. Dit terwijl er toch grote verschillen zijn tussen blootstelling aan MMMF en blootstelling aan asbest in het verleden. Eind zeventiger jaren werden in de MMMF-industrie niveaus ruim onder de 0,5 vezels/ml gemeten, bijvoorbeeld 0,06 vezels/ml in de glaswolindustrie (Esmen e.a. 1979). In die tijd werden in de asbestindustrie concentraties ruim boven de 0,5 vezels/ml gemeten (Selikoff e.a. 1978). Deze grote verschillen in blootstellingsniveaus zijn zeer waarschijnlijk ook aanwezig geweest in het verleden (Dunningan 1989). Een kernargument hiervoor is een historische studie uit 1934 waarbij in een Amerikaans productiebedrijf van steen- en slakkenwol een concentratie van 1,5 vezels/ml (lichtmicroscopisch) is gemeten (Enterline 1990). Asbestmetingen in de jaren '40 in asbesttextiel- en asbestisolatiebedrijven lieten veel hogere concentraties zien, respectievelijk 20 vezels/ml (Newhouse e.a. 1979) en 12 vezels/ml (Selikoff e.a. 1979). Er zijn voldoende gronden om aan te nemen dat de cumulatieve blootstelling van de werknemers in beide, grote epidemiologische studies in de MMMF-industrie minimaal een factor 10 lager ligt dan de cumulatieve blootstelling in de bekende asbest-cohortonderzoeken (Enterline 1990).

Indien de grenswaarden voor MMMF worden afgeleid naar analogie met asbest, dient men rekening te houden met de eminente verschillen in blootstelling tussen de MMMF-bedrijven en de asbestindustrie. Het oordeel van de WGD, MMMF-grenswaarden variërend van 1 tot 5 vezels/ml, is in dit licht bezien merkwaardig te noemen. Een betere risicoschatting lijkt gemaakt te zijn door de aanwezige deskundigen op de tweede MMMF-conferentie in Kopenhagen. Zij stelden op basis van het beschikbare epidemiologische onderzoek dat een MMMF-blootstelling beneden de 0,2 respirabele vezels/ml geen detecteerbare oversterfte aan longkanker zal veroorzaken (Doll 1987).

Van wetenschap naar beleid

Uit de geschiedenis van de asbestproblematiek zijn een aantal lessen te leren (Selikoff 1984), die hopelijk ter harte worden genomen in de huidige discussie over de gezondheidseffecten van MMMF. Een van de belangrijkste lessen is dat het ontbreken van het ultieme wetenschappelijke bewijs geen reden mag zijn voor het nalaten van maatregelen op de werkplek (Selikoff 1984). De nadruk die wordt gelegd op epidemiologisch onderzoek om een causale relatie tussen schadelijke agentia en gezondheidseffecten bij blootgestelde werknemers te bewijzen, kan overdreven vormen aannemen (Selikoff 1984). Zo heeft Enterline laten zien op welke manier het klinische bewijs voor een samenhang tussen asbest en longkanker terzijde werd geschoven door de negatieve resultaten van de eerste epidemiologische onderzoeken op dit terrein (Enterline 1991). Voor Nederland is aangetoond dat een trage totstandkoming van regelgeving op de arbeidsplaats, ondanks de aanwezige kennis over de gezondheidsgevaaren van asbest uit veelal klinisch onderzoek, heeft geleid tot vele onnodige slachtoffers (Burdorf e.a. 1991). Velen zullen het standpunt ondersteunen dat de wetenschappelijke discussie over MMMF niet mag worden gebruikt om maatregelen ter voorkoming van gezondheidsschade door het werken met MMMF te traineren. Daarom zijn effectieve en efficiënte maatregelen op het

gebied van de MMMF op korte termijn noodzakelijk.

De meest effectieve maatregel is het voorkómen dat minerale vezels kunnen worden ingeademd. Dit betekent dat produktie van minerale vezels met een diameter kleiner dan 3 µm moet worden vermeden; dit terwijl de huidige trend voor sommige produkten juist dunnere vezels verlangd vanwege de hogere thermische bestendigheid. Analooq aan de huidige regelingen met bestrijdingsmiddelen kan een toelatingsbeleid worden geformuleerd waarbij nieuwe minerale vezels alleen worden toegelaten bij het ontbreken van een carcinogene werking (in dierexperimenteel onderzoek).

Een tweede maatregel is de produktie van minerale vezels met een geringe duurzaamheid in het longweefsel. Onderzoek heeft aangetoond dat de chemische samenstelling van glasvezels zodanig is te veranderen dat de duurzaamheid met bijna 80% kan worden verminderd.

Een derde maatregel is het opstellen en naleven van grenswaarden voor MMMF in de lucht op de werkplek die veilig en gezond werken mogelijk maakt. De uitkomsten van de epidemiologische studies suggereren dat een grenswaarde voor MMMF van 0,2 vezels/ml geen detecteerbare oversterfte aan longkanker zal veroorzaken. Overigens blijkt uit metingen in produktiebedrijven dat de arbeidsomstandigheden in deze bedrijven aan een dergelijke grenswaarde kunnen voldoen. Bij de verwerking van MMMF-produkten kunnen hogere blootstellingsniveaus optreden. Door aanvullende maatregelen als een goede verpakking (afdeklagen aan beide kanten), het op maat aanleveren, goede verwerkingstechnieken (snijden en knippen) en een goed geventileerde ruimte moet het mogelijk zijn de blootstelling te reduceren tot 0,2 vezels/ml (gemeten over 8 uur). Deze maatregelen zullen hopelijk ook leiden tot een verminderde incidentie van irritatie van huid en ogen. Dit zal voor vele bouwvakkers een goede stimulans zijn zorgvuldig te werken met MMMF-materialen.

Referenties

- Bjönberg, A., Glass fiber dermatitis. *Am J Ind Med* 1985;8:69-72
- Burdorf, A., Asbest, vervanging en gezondheidsrisico's. *Arbeidsomstandigheden* 1988; 64: 741-9.
- Burdorf, A., P. Swuste, D. Heederik; A history of awareness of asbestos disease and the control of occupational asbestos exposures in The Netherlands. *Am J Ind Med* 1991; 20: 547-55.
- Cherrie, J., J. Dodgson, S. Groat e.a.; Environmental surveys in the European man-made mineral fiber production industry. *Scand J Work Environ Health* 1986; 12 (suppl 1): 18-25.
- Davids, J.M.G., A review of experimental evidence for the carcinogenicity of man-made vitreous fibers. *Scand J Work Environ Health* 1986;12 (suppl 1): 12-7.
- Doll, R., Man-made mineral fibres in the working environment. *Proceedings of an international symposium. Ann Occup Hyg* 1987; 31: 805-17.
- Dunningan, J., Comparing biological effects of mineral fibres. *Br J Ind Med* 1989; 46: 681-2.
- Engholm, G., A. Englund, T. Fletcher e.a.; Respiratory cancer incidence in Swedish construction workers exposed to man-made mineral fibres and asbestos. *Ann Occup Hyg* 1987; 31: 663-75.
- Enterline, P.E., Changing attitudes and opinions regarding asbestos and cancer 1934-1965. *Am J Ind Med* 1991; 20: 685-700.
- Enterline, P.E., Role of manmade mineral fibres in the causation of cancer. *Br J Ind Med* 1990; 47: 145-6.
- Enterline, P.E., G.M. Marsh, N.A. Esmen; Respiratory disease among workers exposed to man-made mineral fibers. *Am Rev Respir Dis* 1983; 128: 1-7.
- Enterline, P.E., G.M. Marsh, V. Henderson e.a.; Mortality update of a cohort of US man-made mineral fibre workers. *Ann Occup Hyg* 1987; 31: 625-56.
- Esmen, N.A., M. Corn, Y.Y. Hammad e.a.; Summary of measurements of employees to airborne dust and fiber in sixteen facilities producing man-made mineral fibers. *Am Ind Hyg Assoc J* 1979; 40: 108-17.
- Hill, J.W., Health aspects of man-made mineral fibers. A review. *Ann Occup Hyg* 1977; 20: 161-73.
- IARC (International Agency for Research on Cancer); Man-made

Mineral Fibres and Radon. IARC Monographs on the evaluation of Carcinogenic risks to Humans no. 43, Lyon, 1988.

- Maggioni, A., G. Meregalli, C. Sala e.a.; Respiratory and skin diseases in glass fiber workers. *Med Lav* 1980; 3: 216-27.
- Marsh, G.M., P.E. Enterline, R.A. Stone e.a.; Mortality among cohort of US man-made mineral fiber workers: 1985 follow-up. *J Occup Med* 1990; 32: 594-604.
- Miettinen, O.S., C.E. Rossiter; Man-made mineral fibers and lung cancer. *Scand J Work Environ Health* 1990; 16: 221-31.
- Muhle, H., F. Pott, B. Bellmann e.a.; Inhalation and injection experiments in rats for testing MMMF on carcinogenicity. *Ann Occup Hyg* 1987; 31: 755-64.
- Muhle, H., B. Bellmann, F. Pott e.a.; Durability of various mineral fibres in rat lungs. In: Brown e.a. (ed), *Proceedings of a NATO Advanced Research Workshop on Mechanisms in Fibre Carcinogenesis*. Albuquerque, New Mexico 1990. Plenum Press, New York 1991, 181-7.
- Newhouse, M.L., G. Berry; Patterns of mortality in asbestos factory workers in London. *Ann NY Acad Sciences* 1979;330:53-60.
- Petersen, R., S. Sabroe; Irritative symptoms and exposure to mineral wool. *Am J Ind Med* 1991; 20: 113-22.
- Pott, F., M. Roller, R.M. Rippe e.a.; Tumours by the intraperitoneal and intrapleural route and their significance for the classification of mineral fibres. In: Brown e.a. (ed), *Proceedings of a NATO Advanced Research Workshop on Mechanisms in Fibre Carcinogenesis*. Albuquerque, New Mexico 1990. Plenum Press, New York 1991, 547-65.
- Remijn, B., Man-Made Mineral Fibres in de bouw I. Literatuur-overzicht van gezondheidseffecten en expositieniveaus. *Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap* (1989) nr. 2, blz. 23.
- Remijn, B., Man-Made Mineral Fibres in de bouw II Verwerkingstechnieken en expositieniveaus bij Nederlandse bouwbedrijven. *Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap* (1989) nr. 2, blz. 27.
- Saracci, R., L. Simonati, E.D. Acheson e.a.; Mortality and incidence of cancer of workers in the man-made vitreous fibres producing industry: an international investigation at 13 European plants. *Br J Ind Med* 1984; 41: 425-36.
- Saracci, R., Ten years of epidemiologic investigations on man-made mineral fibers and health. *Scand J Work Environ Health* 1986; 12 (suppl 1): 5-11.
- Selikoff, I.J., Twenty lessons from asbestos. A bitter harvest of scientific information. *J Environ Health* 1984;47:140-4.
- Selikoff, I.J., D.H.K. Lee; Asbestos and disease. Academic Press, New York, 1978.
- Selikoff, I.J., E.C. Hammond, H. Seidman; Mortality experience of insulation workers in the United States and Canada, 1943-1976. *Ann N Y Acad Sciences* 1979;330:91-116.
- Simonato, L., A.C. Fletcher, J. Cherrie e.a.; The man-made mineral fiber European historical cohort study. Extension of the follow-up. *Scand J Work Environ Health* 1986;12(suppl 1):34-47.
- Smith, D.M., L.W. Oriz, R.F. Archuleta e.a.; Long-term health effects in hamsters and rats exposed chronically to man-made vitreous fibers. *Ann Occup Hyg* 1987; 31: 731-54.
- Stanton, M.F., C. Wrench; Mechanism of mesothelioma induction with asbestos and fibrous glass. *J Natl Cancer Inst* 1972; 48: 797-821.
- Stanton, M.F., Some etiological considerations of fibre carcinogenesis. In: Bogovski e.a (ed) *Biological effects of asbestos*. International Agency for Research on Cancer, Scientific Publication no.8, Lyon, 1973.
- Stanton, M.F., M. Layard, A. Tegeris e.a.; Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestos and other fibrous minerals. *J Natl Cancer Inst* 1981; 67: 965-75.
- Stockholm, J., M. Norn, T. Schneider; Ophthalmologic effects of man-made mineral fibres. *Scand J Work Environ Health* 1982; 8: 185-90.
- WGD (Werkgroep van Deskundigen) & Gezondheidsraad; Health-based recommended occupational and non-occupational criteria and exposure limits for man-made mineral fibres. Den Haag/Leidschendam, 1991.
- Wheeler, C.S., Exposure to man-made mineral fibers: a summary of current animal data. *Toxicol Ind Health* 1990; 6: 293-307.
- WHO (World Health Organization); International symposium on man-made mineral fibres in the working environment Copenhagen, 28-29 October 1986. Summary report. *Ann Occup Hyg* 1987; 31: 99-102.
- WHO (World Health Organization); Environmental Health Criteria 77: Man-made Mineral fibres. World Health Organization, Geneva, 1988.