

# Hoe gezond is ons binnenmilieu?

## Schoon is gezond

*“Schoon is gezond” luidt het motto van de VSR (Vereniging Schoonmaak Research), maar hoe schoon is dat? Draagt de huidige manier van schoonmaken en de kwaliteit van de lucht wel bij aan een gezonde werkomgeving in kantoren, scholen en ziekenhuizen? Vaak niet, blijkt uit diverse onderzoeken.*

*Hoe gezonder de ruimten in een gebouw zijn, des te meer presteren de mensen daar. Al was het alleen maar omdat ze er vaker zijn! Minder ademhalingsproblemen, geïrriteerde ogen, hoofdpijn en vermoeidheid maken het leven van de kantoorwerker aangenamer. Die raakt beter gemotiveerd en productiever. De gevolgen laten zich raden: minder ziektekosten en een betere uitstraling voor de vakgebieden die werken aan een gezond binnenklimaat.*

- door VSR\*



De belangrijkste ziekmakers in een gebouw zijn de micro-organismen (bacteriën en schimmels) die voorkomen in het aanwezige stof. Micro-organismen kunnen infecties veroorzaken, maar wat belangrijker is: ze maken giftige stoffen. Wie te veel van die gifstoffen binnenkrijgt wordt ziek van zijn eigen kantoor, school of ziekenhuis. Een andere groep ziekmakers zijn de allergenen, stoffen die bij daarvoor gevoelige mensen allergische reacties oproepen. Mensen die niet allergisch zijn, kunnen dat worden als ze lang genoeg allergenen binnen krijgen. We spreken dan over jarenlang werken in vervuilde werkomgeving. De belangrijkste allergenen komen van dieren (huisstofmijten, katten, honden) en planten (stuifmeel ofwel pollen). Er zijn sterke aanwijzingen dat een cocktail van gifstoffen en allergenen veel zeker maakt dan de stoffen ieder afzonderlijk doen. Ook van grote invloed op de leefkwaliteit is de hoeveelheid CO<sub>2</sub> en CO in de gebouwen. De maximaal aanvaardbare concentratie is 5.000 ppm (parts per million) De hygiënische grenswaarde voor een kantoorruimte of klaslokaal

bedraagt 1.000 ppm. Gemiddeld wordt per persoon 0,021 m<sup>3</sup>/h CO<sub>2</sub> geproduceerd.[66]

### OVERAL LOERT HET GEVAAR

Onderzoekers en beleidsmakers over de hele wereld zijn er nog niet uit hoeveel een mens van deze ziekmakers binnen mag krijgen zonder problemen te ondervinden.

Er zijn dus geen normen die een wettelijke basis geven om in te grijpen. Maar er zijn wel richtlijnen bekend, die wetenschappers naar beste eer en geweten hebben beschreven.

De concentraties van ziekmakers in stof blijken regelmatig hoger te liggen dan die richtlijnen – met alle risico's van dien. De gemiddelde waarde voor microben en gifstoffen liggen in 70 tot 80 procent van alle onderzochte gebouwen boven de richtlijn. In bijna elke gebouw wordt er ergens ooit wel eens een richtlijn overschreden, zo blijkt uit metingen.

Naar de huidige stand van de wetenschappen is ingrijpen dus hard nodig.

### DROGE BRONNEN

Een risico aanpakken bij de bron is altijd het beste, maar blijkt in de praktijk nog niet zo eenvoudig. In grotere gebouwen is het ventilatiesysteem een belangrijke bron van ziekmakers, maar een noodzaak om de CO<sub>2</sub>-concentratie op een aanvaardbaar niveau te houden. Mensen die in kantoren werken hebben de minste klachten als de ventilatie natuurlijk verloopt, gewoon door open ramen en deuren. De meeste klachten komen van mensen die werken in gebouwen met een luchtbevochtiging.

Regelmatig en goed onderhoud van het ventilatiesysteem is noodzakelijk voor een gezond binnenmilieu. En dan nog is er een tweede belangrijke bron voor ziekmakers. Het is de mens die micro-organismen en mijten mee naar binnen sleept en verspreidt over de hele ruimte. De beestjes vermenigvuldigen zich en maken gifstoffen en allergenen.

Ze voelen zich het best thuis bij een gematigde temperatuur, vochtige lucht en een voedselrijke, vuile, omgeving. Het doden van deze beestjes heeft eigenlijk geen zin. Juist dan komen de gifstoffen en allergenen vrij. Bovendien brengt de mens en het ventilatiesysteem steeds nieuwe beestjes naar binnen, zodat het eventuele effect maar kort merkbaar is.

Veel zinnvoller is het ervoor te zorgen dat de omgeving onvruchtbaar is voor mijten en micro-organismen door het droog en stofvrij te houden.

### HET GEHEIM VAN DE ZIEKMAKER

Maar waarom helpen de huidige inspanningen dan niet genoeg? De ziekmakers hebben een geheim: ze zitten op, of zijn stofdeeltjes die niet met het blote oog zijn te zien, fijnstof. En dat is niet voor niets. Juist die deel-

\* De tekst van dit artikel is gebaseerd op een publicatie in het Vaknieuws nr. 3 - Gezond Schoonmaken van de Vereniging Schoonmaak Research - Tilburg, [www.vsr-org.nl](http://www.vsr-org.nl)

tjes laten gemakkelijk los van oppervlakken door een luchtstroming of aanraking. Daarna blijven ze urenlang zweven in de lucht, zodat er goede kans is dat mensen ze inademen of in de ogen krijgen. Daar, in longen en ogen, doen ze hun ziekmakende werk. Hoe meer fijnstof er op oppervlakken ligt en hoe meer dat wordt aangeraakt, des te meer komt er in de lucht. Zo brengt de mens fijnstof uit zijn omgeving in de lucht en maakt een stofwolk rondom zichzelf. Dat stof ademt hij in – tot zijn eigen onheil. Schoonmaken was tot nog toe vooral bedoeld om vloeren en inventaris op het oog schoon te maken, en niet om onzichtbaar kleine deeltjes weg te halen. Daarbij komt nog dat verkeerd schoonmaken, zoals vegen en snel stofwissen, veel fijnstof in de lucht brengt. De schoonmaker bekoopt dat met een verdubbeling van de kans op astma. Bovendien valt het stof later weer op het oppervlak en is al het werk voor niets geweest.

#### ONGEZOND VUIL

##### *Met een beetje stof is niks mis*

In stof zitten ziekmakers zoals bacteriën, schimmels en hun gifstoffen, maar ook de allergenen van ongedierte en huisdieren. Zolang we niet te veel

ziekmakers inademen is er niets aan de hand. Maar wat is 'te veel'?

Er zit van alles en nog wat in stof en vuil (kader 2-1) en niet alles is even prettig. Ongezonder is vooral het fijnstof [2]. Dat is onzichtbaar voor het blote oog. Die deeltjes zijn zo klein dat ze makkelijk in de lucht raken, lang blijven zweven en diep in de longen neerslaan.

Veel van de ziekmakers in fijnstof hebben nota bene een natuurlijke, biologische, oorsprong. Ook door de mens gemaakte stoffen zijn schadelijk. Fijnstof in de buitenlucht wordt verantwoordelijk gehouden voor meer dan 2.000 sterfgevallen per jaar in Nederland [9] (kader 2-2).

Hier gaan we ervan uit dat de lucht die openbare gebouwen binnenkomt goed is gefilterd, en dus geen gevaarlijke hoeveelheden 'buitenstof' bevat. Maar daarmee zijn we er niet. Binnen leven mijten, schimmels en bacteriën. Die vormen zelf het gevaar en/of maken giftige stoffen en allergenen. Om de kleine vijanden van onze gezondheid te leren kennen, nemen we ze één voor één onder de loep [10]. Kader 2-3 vat samen welke gevolgen mensen kunnen ondervinden van deze ziekmakers.

#### HUISSTOFMIJT



**De huisstofmijt, in het echt drietiende millimeter lang**

- FIGUUR 1 -

De huisstofmijt, kortweg mijt, is een beestje van drietiende (0,3) millimeter lang. Het is doorzichtig en met het blote oog niet te zien. Mijten leven van huidschilfers, bacteriën en stuifmeel en zijn dus kleine opruimers. Helaas bevat hun poep, huid en eieren stoffen allergenen. Een kwart van alle mensen is daarvoor gevoelig en krijgt niesbuien, betraande ogen of voelt zich benauwd. Het doden van mijten neemt de klachten niet weg omdat de allergenen nog steeds aanwezig zijn en kunnen opwarrelen. Huisstofmijten leven daar waar veel voedsel (stof) is, bij een gematigde temperatuur (tussen 15 en 50 graden Celsius) en in voldoende vochtige lucht. Op koelere plekken is de lucht vaak vochtiger. We vinden mijten dan ook

#### MINDER PRESTEREN DOOR SLECHTE WERKOMSTANDIGHEDEN

Stress vermindert prestaties. Dat geldt voor seks, sport en werk. Stress is een belasting van het lichaam of de geest, of beide. Een flink zonnetje zorgt ervoor dat we minder presteren omdat ons lichaam minder warmte kan afvoeren, maar ook dat we balen: je zit met dat mooie weer liever op het strand!

Volgens de Britse bouwkundige Clements-Croome [6] hebben vier vormen van stress het meest invloed hebben op onze werkprestaties:

- 1 thermische stress: te warm of te koud
  - 2 drukte: lawaai en fysieke drukte
  - 3 binnenmilieu: stank en stof met ziekmakende stoffen (ziek gebouw)
  - 4 werkstress: bijvoorbeeld te veel of te weinig werk; een slechte organisatie.
- Elke factor op zich kan meer dan tien procent prestatieverlies veroorzaken.

Bijvoorbeeld: een Amerikaanse verzekeringsmaatschappij verhuisde naar een nieuw, schoon en ruim kantoor met optimale verlichting en geluiddemping. De totale productiewinst door de verhuizing bedroeg zestien procent door een betere beheersing van de thermische stress, minder drukte en een gezonder binnenmilieu.

Als je het meest zieke gebouw volledig gezond zou maken levert dat volgens het model van Clements-Croome vijftien procent prestatiewinst op. Andere onderzoeken laten een winst van vijf tot tien procent zien.

Zo is in een schoon kantoor, onzichtbaar voor de testpersonen, een twintig jaar oud tapijt opgehangen [7]. Dat leidde tot meer klachten over hoofdpijn en luchtkwaliteit, en een afname in typische kantoorproductie van 2,5 tot 6,5 procent.

Volgens Nederlands onderzoek [8] is de slechte kwaliteit van de werkplek oorzaak van tweeënhalve verzuimdag per werknemer per jaar.

Stel dat een slecht binnenmilieu vijf procent productieverlies geeft door meer verzuim en lagere prestaties – dat is een voorzichtige schatting. Met een jaaromzet van 45.000 euro per werknemer kost dit 2.250 euro per werknemer per jaar. Voor een bedrijf met 100 werknemers is de schade meer dan 2 ton per jaar.

vooral op de vloer, in de matras, achter plinten en op gestoffeerd meubilair.

### HUIS- EN PLAAGDIEREN

Kat, kanarie en konijn kunnen onze grootste vrienden zijn. Helaas bevat hun vacht en veren, huidschilfers, speeksel en urine allergenen. De kat is de grootste boosdoener. Ook de hond gaat niet vrijuit. Er zijn minder mensen die last hebben van de allergenen van knaagdieren, maar als ze het hebben, dan is het ook goed mis.

Allergenen van dieren verspreiden zich via de lucht en kleding. Ook in kantoren en scholen zweven allergenen van kat en hond, want er komen mensen die thuis huisdieren hebben. Zelfs maanden nadat de kat van huis is, vindt men er zijn allergenen nog.

### SCHIMMELS EN SPOREN



Voorbeelden van schimmels, sterk uitgegroot.

- FIGUUR 2 -

Schimmels zijn eencellige planten zonder bladgroen, een soort minipaddestoel. Ze groeien op organisch materiaal zoals hout en behang, maar ook op stof, zolang het maar vochtig genoeg is. Schimmels maken sporen om zich te verspreiden via de lucht. Sporen ontstaan ook als bescherming tegen droogte. Kamerplanten met schimmels vormen geen probleem zolang de grond in de potten zo nat is dat er zich geen sporen vormen.

Sommige schimmels zijn nuttig bij het maken van bijvoorbeeld penicilline en schimmelkaas, maar andere kunnen infecties aan de luchtwegen veroorzaken. Sommige sporen en schimmels bevatten allergenen en giftige stoffen.

De typische schimmelgeur draagt niet bij aan een plezierig binnenklimaat.

Als mensen klagen over droge of muffe lucht is dat een veeg teken: er huzen daar schimmels.[10]

Ook schimmels zijn als de dood voor droogte, maar om de vorming en verspreiding van sporen te voorkomen, moeten zichtbare schimmelvlekken juist nat worden verwijderd.

### BACTERIËN



Voorbeeld van een bacterie: de legionella.

- FIGUUR 3 -

Zonder bacteriën kunnen we niet. Ze helpen ons bij de spijsvertering, bij het schoonmaken van rioolwater en bij het maken van medicijnen. Anderzijds zijn bacteriën ook de verwekkers van veel ontstekingen en ziekten. De bekendste soorten zijn salmonella (in kip en ei), legionella (in waterdruppels) en E. coli (in poep). Hygiënisch omgaan met voedsel, waterleidingen en toilet voorkomt besmetting.

Moeilijker te bestrijden zijn Gram-negatieve bacteriën. Die hebben een celwand waarin een gifstof zit, endotoxine. Dat geeft in lichte gevallen ademhalingsklachten en vermoeidheid en in ernstigere gevallen griepachtige verschijnselen[16].

Ook bacteriën voelen zich thuis in een vochtige omgeving met een gematigde temperatuur. Op de vloer en in matrassen, bijvoorbeeld, kunnen ze groeien en zich vermeerderen.



Meting is niet altijd nodig om problemen te herkennen: schimmel op een zijgevel.

- FIGUUR 4 -

Bij het doden van bacteriën komen de gifstoffen juist vrij, al voorkomt dat wel dat er meer van wordt aangemaakt.

### VOORKOMEN IS BETER DAN GENEZEN

Het ligt voor de hand om de bronnen van de ziekmakers op te sporen en aan te pakken. Maar dat kan lang niet altijd. Veel huisdieren, bron van allergenen, zijn er niet op kantoren maar toch zweven hun allergenen er. Mensen slepen dat mee van huis en daar valt weinig aan te doen.

Ook voor bacteriën en stofmijten is bronbestrijding niet zinvol. Het is onmogelijk om alle bacteriën en mijten te doden of weg te halen. Via de lucht en meegeslept stof zijn er snel nieuwe beestjes die als de omstandigheden (voeding, vocht en warmte) gunstig zijn al gauw weer alomtegenwoordig zijn.

Door bacteriën en mijten te doden komen de giftige en irriterende stoffen juist vrij. Dat zijn bovendien zeer stabiele stoffen die nauwelijks worden afgebroken en dus opstapelen overal waar fijnstof ligt. Alleen goed schoonmaken of vervangen van vuile zaken helpt om die stofreservoirs redelijk leeg te houden. En omdat steeds weer verse beestjes binnenkomen en hun kwalijke stoffen maken is regelmatig schoonmaken hard nodig.

### WAARDEN

Als ergens meer ziekmaker ligt of zweeft dan de richtlijn voorschrijft is er een probleem. Maar hoe vaak gebeurt dat, en met hoeveel? Figuur 3-1 toont gegevens uit de literatuur over openbare gebouwen. De gevonden waarde is gedeeld door de richtlijn uit tabel 3.1. Dit laat zien of de meetwaarde onder de richtlijn blijft (kleiner is dan 1) of daar overheen gaat (groter dan 1). In dat laatste geval is actie geboden.

Zo kunnen we alle gegevens in één oogopslag vergelijken en zien we dat de gemiddelde meetwaarden voor endotoxine, bacteriën en PM10 in 70 tot 80 procent van de gebouwen hoger liggen dan de richtlijn, wat duidt op ongezonde situaties.

In 10 tot 20 procent van de gebouwen is de gemiddelde concentratie schimmels



## HOE FIJN IS STOF?

In stof zit van alles en nog wat. Met het blote oog zijn zand- en kleideeltjes te zien, textielvezels, haren, as en roet. De microscoop laat nog veel meer zien. De onzichtbare deeltjes zijn zo klein dat ze eenvoudig in de lucht terecht komen, blijven zweven en worden ingeademd. Over die deeltjes, fijnstof, moeten we ons de meeste zorgen maken.

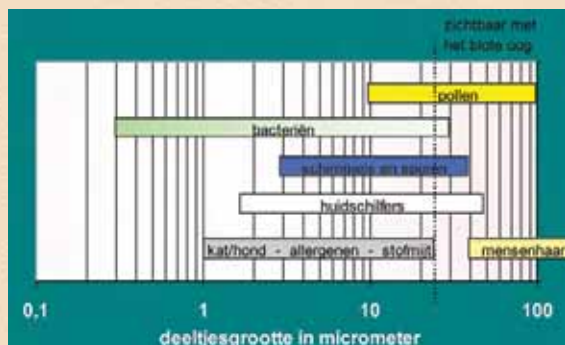
Fijnstof, dat zijn de deeltjes van één tot tien micrometer, dat is een duizendste tot een honderdste millimeter. Ter vergelijking: een mensenhaar is minstens veertig micrometer dik. Een fijnstofdeeltje op de punt van een balpen is te vergelijken met een bal op een voetbalveld. Kleinere deeltjes komen gelukkig niet of nauwelijks los van oppervlakken [12, 13]. Deeltjes groter dan tien micrometer vallen snel terug naar de grond [2] en komen dus nauwelijks in de lucht voor.

Precies de deeltjes tussen één en tien micrometer worden slecht afgevangen door het menselijke filtersysteem (neus en keel) en slaan diep in de longen neer.

Veel fijnstof bestaat uit biologisch materiaal (Figuur 2-1), zoals huidschilfers en stofmijten die daarvan leven, schimmels en bacteriën, maar ook allergenen van de kat en de hond. Dat is niet vreemd. Voor hun verspreiding zijn stuifmeel, schimmels en bacteriën vaak afhankelijk van de lucht. En is het belangrijk dat de deeltjes los kunnen raken (dus groter dan één micrometer zijn) en lang blijven zweven (dus kleiner dan tien micrometer; bij sterke wind kan het wat groter zijn). En dus zijn veel microben en sporen tussen één en tien micrometer groot.

Zoiets geldt ook voor allergenen: ook daar hebben we last van omdat ze tot het fijnstof behoren. Ongetwijfeld zitten in hondenpoep ook stoffen waar je allergisch voor zou kunnen zijn. Dat zijn we niet, want hondenpoep raken we niet aan. Maar wel de haren en huidschilfers van de hond, want die zweven door de lucht.

Er zijn ook niet-organische, ofwel minerale deeltjes die in de lucht zweven (figuur 2-2). Van het stof in de lucht is ongeveer eenderde mineraal en tweederde organisch. Voor stof op de vloer geldt het omgekeerde [13].



**Deeltjesgrootte van organisch stof in micrometers. De schaal is logaritmisch. Zo zijn schimmels tussen drie en veertig micrometer (duizendste millimeter) groot.**

- FIGUUR 2.1 -



**Deeltjesgrootte van mineraal stof in micrometers. De druppels van een luchtbevochtiger kunnen microben bevatten; die uit spuitflessen kunnen allergenen. De schaal is logaritmisch. Bijvoorbeeld: looddeeltjes zijn tussen 0,1 en 2,2 micrometer groot.**

- FIGUUR 2.2 -

- KADER 2.1 -

## ANDER FIJNSTOF

Volgens de Utrechtse hoogleraar Bert Brunekreef [9] sterven er jaarlijks in Nederland naar schatting 2.000 mensen door inademen van fijnstof. Dit treft vooral ouderen, in het bijzonder lijders aan hart- en longziekten. Deze overlijden wellicht één tot twee jaar eerder dan ze bij schone lucht zouden hebben gedaan.

Het gaat hier om fijnstof in de buitenlucht, een soort smog. Het is een mengsel van roet, zure regen, ozon en stikstofoxiden, veroorzaakt door verkeer en industrie. Tegen dit fijnstof van buiten helpt maar één ding, en dat is goede filtering van de buitenlucht die door de ventilatie-installaties en airconditioningsinstallaties naar binnen wordt gebracht. Het rookverbod beperkt de bronnen van rook en roet in gebouwen.

Greenpeace maakt zich zorgen over niet afbreekbare organische verontreinigingen in stof (<http://archive.greenpeace.nl/ams/toxicstofonderzoek.shtml>). Die zitten in kunststoffen, als vlamvertrager of weekmaker, en lekken het milieu in. Ze hopen zich op in plant en dier, die daar bijvoorbeeld onvruchtbaar van kunnen worden. Er komt in 2020 een totaal verbod op deze stoffen, maar dat is Greenpeace te laat.

Ook voor de mens zijn deze stoffen giftig, maar niet in de hoeveelheden die nu in stof zitten. Dit geldt ook voor lood en andere zware metalen, roet, asbest en bestrijdingsmiddelen. Te veel daarvan verhoogt onder andere het risico op kanker. Alleen in uitzonderlijke situaties, zoals gebouwen die direct langs snelwegen zijn gebouwd, is dat zorgelijk.

- KADER 2.2 -

## DE HYGIËNE-HYPOTHESE IS NOG (LANG) NIET BEWEZEN

Het klinkt te mooi om waar te zijn: een beetje vuil is nodig om onze weerstand tegen ziekten op peil te houden. Dat is de populaire vertaling van de hygiëne-hypothese: steeds meer mensen worden allergisch omdat we te hygiënisch zijn. Maar let op: dit is een hypothese, een veronderstelling, die zich bovendien beperkt tot zuigelingen. Het zou zo kunnen zijn dat jonge kinderen allergieën opbouwen omdat zuigelingen te weinig blootstaan aan ziekmakers. Dat is onderwerp van veel onderzoek. Dat deze veronderstelling zo snel populair geworden is, valt goed te begrijpen. Als een beetje minder schoonmaken goed is: graag! Bovendien laten we onze kinderen inenten om weerstand op te bouwen tegen bijvoorbeeld kinkhoest en polio. Zou dat ook niet werken voor allergenen?

Toch zit hem juist daar de kneep: inenten gebeurt maar een enkele keer, met een afgepaste hoeveelheid afgezwakte microben. Dat is iets heel anders dan dagelijks een onbekende dosis bacteriën op volle oorlogssterkte! Een inenting is een goed beheerste blootstelling aan ongevaarlijke microben. In een vuil huis of kantoor krijgen mensen op een onbeheerste manier microben binnen die mogelijk gevaarlijk zijn.

Op rauwe eieren en in kip zitten salmonellabacteriën, waarvan je buikloop kunt krijgen. Voor jonge kinderen, zieken en ouderen soms levensbedreigend. Maar wie eet er elke week een rauw ei om weerstand op te bouwen? Dat is zeker niet de bedoeling van de hygiëne-hypothese.

Misschien is voor zuigelingen een beheerste, geringe, blootstelling aan ziekmakers goed. Baby's moeten hun immuunsysteem opbouwen, en daarvoor is het misschien goed als ze wat endotoxine binnenkrijgen [24]. Niet de microben zelf dus, maar de gifstoffen. Ook voor allergenen is de situatie verwarrend: er zijn aanwijzingen dat jonge kinderen die regelmatig weinig katallergeen binnenkrijgen nergens last van hebben, terwijl kinderen die iets meer binnenkrijgen allergisch worden. Maar een hoge dosis zou juist bescherming bieden [25]. Wie het weet mag het zeggen.

Ondertussen geldt voor volwassenen: schoon is gezond. En vuil is ongezond. Het klonk ook al te mooi om waar te zijn.

- KADER 3.1 -

## WAAROM NORMEN VOOR ZIEKMAKERS ZO LASTIG ZIJN TE BEPALEN

De opstellers van richtlijnen en normen voor ziekmakers in het binnenmilieu hebben vier grote problemen.

- 1 Een norm moet gebaseerd zijn 'geen-effect dosis'. Die is niet bekend want de dosis die een mens binnenkrijgt wordt maar zeer zelden gemeten.
- 2 Als alternatief voor de dosis meet men dan vaak de concentratie in de lucht. Maar die is erg laag en erg variabel (kader 3-3), dus niet goed te bepalen. Dus meet men hoeveel ziekmaker er ligt per vierkante meter. Maar op tapijt, bijvoorbeeld, lukt het niet om al het stof op te zuigen. Ten einde raad bepaalt men dan maar de hoeveelheid ziekmaker per gram verzameld stof. Raar, want als er veel onschuldig stof ligt, zoals textielvezels en zand, dan is de concentratie ziekmakers laag, terwijl de hoeveelheid kwalijke stof per vierkante meter wel hoog kan zijn.
- 3 Dan hebben mensen sterk verschillende gevoeligheid voor ziekmakers, zowel de microben als de allergenen. Sommige mensen worden ziek van een miljardste gram katallergeen, een ander merkt nog niets bij een milligram, een dosis die een miljoen maal groter is.
- 4 Ook kan het zijn dat een lage dosis geen direct probleem oplevert maar mensen naar verloop van tijd wel gevoelig maakt. Het is verre van eenvoudig een dergelijk sluipend gevaar te onderkennen.


- KADER 3.2 -

en allergenen hoger dan de richtlijn. Kijken we niet naar de gemiddelde per gebouw, maar naar individuele meetpunten, dan wordt in bijna ieder gebouw wel ergens een richtlijn overschreden. Een recent overzichtsartikel over de situatie in scholen [31] wijst schimmels, bacteriën, endotoxine en allergenen aan als de waarschijnlijkste veroorzakers van gezondheidsproblemen, naast formaldehyde. Dat is een giftig gas dat vrijkomt uit bijvoorbeeld isolatiemateriaal en spaanplaat.

### HET GEVAAR IS DAAR

In het gemeentehuis, in school en kantoor: er is alle kans dat er meer ziekmakers liggen en zweven dan goed voor ons is. Niet iedereen merkt dat, sommige mensen hebben nu eenmaal nergens last van, maar overgevoelige personen merken het vaak zodra ze een gebouw binnenlopen. Bacteriën en hun gifstoffen lijken de grootste boosdoeners, maar er zijn vaak ook zo veel schimmels en allergenen dat de kans op problemen meer dan theoretisch is. Harde normen zijn er niet te stellen, en is er dus helaas geen wettelijk kader.

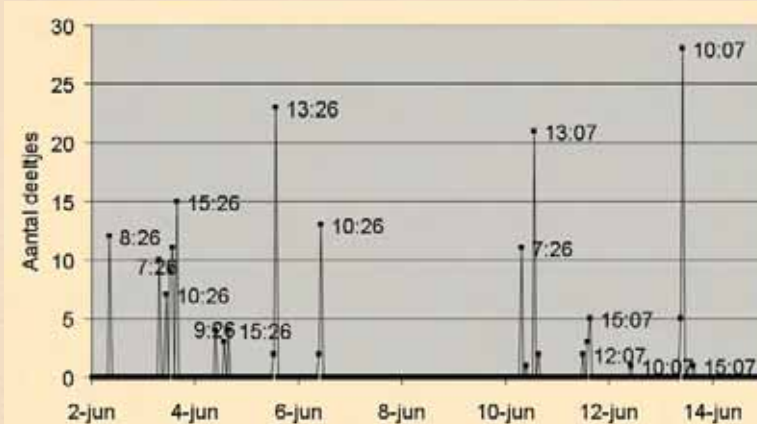
Maar dat is niet nodig om te zien dat er wat moet gebeuren om de kantoren en scholen weer gezond te maken.

Voor volwassenen is de deeltjeswolk ruim twee meter in doorsnee (zie fig. 4.1 en kader 4-1). De meeste deeltjes zweven dicht bij de mens op één tot anderhalve meter hoog en dichtbij de vloer, onder de dertig centimeter. Rond kinderen zweven tot vier keer zoveel deeltjes als in de rest van de ruimte. Dat komt omdat kinderen 'dichter bij de grond' leven en omdat ze beweeglijker zijn dan volwassenen. 

### SPREIDING IN DE TIJD MAAR NIET PER SEIZOEN

De hoeveelheden ziekmaker in de lucht variëren sterk met het moment van de dag. 's Nachts zijn de concentraties laag, overdag een stuk hoger, vanwege de veel hogere activiteit in een gebouw. Zo is het ook mogelijk dat overdag grote variaties worden gemeten, afhankelijk van hoeveel mensen en huisdieren aanwezig zijn en wat ze doen [16, 20, 25, 30]

Opmerkelijk genoeg geven de seizoenen meestal maar een klein effect [30]. Dit terwijl de hoeveelheden schimmels en endotoxine in de buitenlucht vaak sterk variëren met de seizoenen. 's Winters groeien bacteriën en schimmels buiten maar weinig, omdat het te koud is. Op de concentraties binnen blijkt dat geen effect te hebben, wat duidelijk aantoont dat biologische activiteit in het gebouw een belangrijke oorzaak is van de ziekmakers. Deze problemen zijn dus niet op te lossen met betere filters in het ventilatiesysteem.



Het aantal deeltjes van 5 micrometer in een stofarme ruimte in de tijd.

Meestal, zoals in het weekend van 7 en 8 juni, worden er geen deeltjes gemeten, maar zodra er mensen zijn, zijn er deeltjes in de lucht. De schoonmaker komt meestal vroeg in de ochtend; dat geeft een kleine piek. De grootste pieken ontstaan als er meerdere mensen actief zijn.

- KADER 3.3 -

ziekmaker	richtlijn	opmerkingen
endotoxine (gif uit bacteriën)* #	0,1 miljardste gram per kubieke meter lucht (ng/m <sup>3</sup> ) [26]	MAC-waarde is 200 eenheden per kubieke meter lucht. Er is nog weinig bekend over effecten van lage dosis, maar wat er bekend is leidt tot deze lagere norm.
stofmijtallergeen	2 miljoenste gram per gram stof (mg/g)	
kattenallergeen	8 miljoenste gram per gram stof (mg/g)	Microgram per vierkante meter is een betere maat [16]. Langdurige blootstelling kan bij gevoelige personen al bij veel lagere waarden problemen geven [27, 28]
allergeen van hond, cavia, kakkerlak, enz.	geen waarde bekend	
schimmels en sporen	150 kiemvormende eenheden per kubieke meter lucht (KVE/m <sup>3</sup> ) [29]	Anderen geven hogere richtlijnen, tot 10.000 KVE/m <sup>3</sup> en 500 per soort. De WHO doet geen uitspraak omdat minder ook kwaad zou kunnen. Hangt sterk af van soort en stam.
bacteriën #	150 kiemvormende eenheden per kubieke meter lucht (KVE/m <sup>3</sup> ) [29]	
PM10, deeltjes kleiner dan een honderdste millimeter	40 miljoenste gram per kubieke meter lucht (mg/m <sup>3</sup> ) (jaargemiddeld)	Geldt voor stof in buiten-lucht met effecten op lange termijn [9]. Minerale stofdeeltjes zijn onschadelijk [14], maar veel stof is een aanwijzing voor problemen

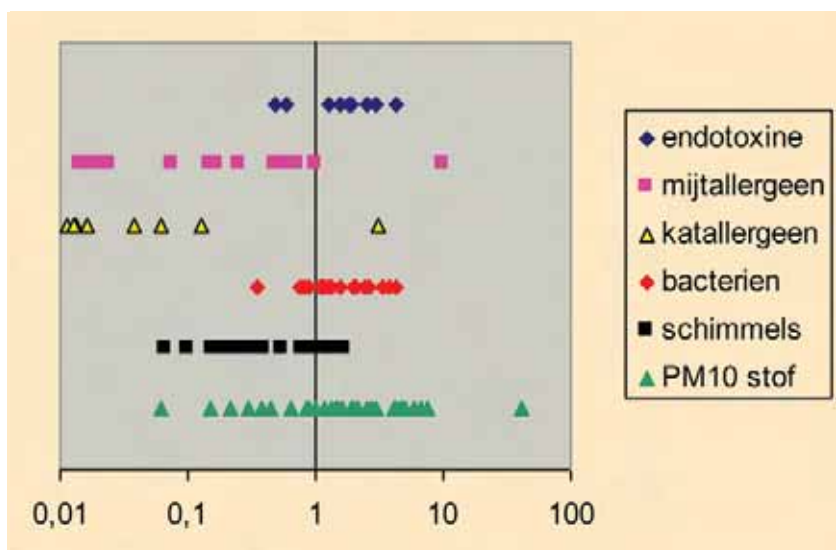
\* Glucan, een gif uit schimmels, lijkt net zo te werken als endotoxine [16]. De geschatte richtlijn is 0,25 miljardste gram per kubieke meter lucht [26].

# In deze gevallen zijn er in de literatuur verschillende voorgestelde of geldende normen. We hebben hier steeds de laagste waarde gekozen om een veiligheidsmarge te hebben voor lange termijn-effecten bij lage blootstelling en voor de effecten van combinaties van ziekmakers.

### Richtlijnen voor ziekmakers in het binnenmilieu [2].

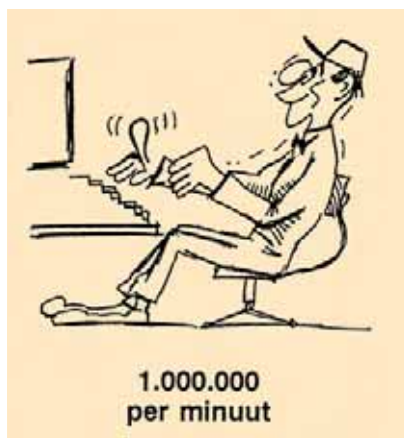
- TABEL 3.1 -





**Genormeerde concentratie ziekmakers in openbare gebouwen. Een meetwaarde ligt boven de richtlijn als het meetpunt rechts van de lijn ligt (groter dan 1 is). De gemeten concentratie mijtallergeen loopt dus van 0,01 maal tot 10 maal de richtlijn.**

- FIGUUR 3.1 -



**Aantal deeltjes dat mensen afgeven per minuut bij zittend werk [37].**

- FIGUUR 4.1 -

#### LITERATUUR

1. J.H.A. Schoenmakers, *Stof en stofbestrijding*, TNO rapport HR138002, SM59, VSR Tilburg, september 1998
2. A.E. Duisterwinkel, *Schoonmaken beperkt de schadelijke gezondheidseffecten van Fijn Stof*, TNO rapport 70037.001, SM61, VSR Tilburg, september 1999
3. A.E. Duisterwinkel, *Schoonmaken beperkt de schadelijke de blootstelling aan Fijn Stof*, SM63, TNO rapport 70037.003, VSR Tilburg, december 1999
4. A.E. Duisterwinkel, *Schoonmaken beperkt de schadelijke de blootstelling*
5. L.G.H. Koren, J.E.M.H. van Bronswijk, *Ontwikkeling van een hygiënenorm voor kantoorgebouwen*, OSB 2003
6. D Clements-Croome, Li Baiznan, *Productivity and Indoor Environment, Proceedings of Healthy Buildings 2000*, O. Seppänen, J. Säteri (eds), Vol 1, pp 629-634
7. P. Wargocki, D.P. Wyon, Y.K. Baik, G. Clausen, P.O. Fanger, *Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity in an Office with Two Different Pollution Loads*, Indoor Air, 1999, 9, 165-179
8. R. Rolloos, *Binnenmilieu en productiviteit*, TNO-rapport 96-BBI-R0377, TNO Bouw, Delft, februari 1996
9. B. Brunekreef, ST Holgate, *Air pollution and health*, The Lancet 2002, 360 (9341), 1233
10. *Praktijkboek Gezonde Gebouwen*, Stichting Bouw Research, Rotterdam, 2003
11. M.K. Owen, D.S. Ensor, L.E. Sparks, *Airborne particle sizes and source found in indoor air*, Atmospheric Environment 26A (12), 1992, 2149-62
11. T.L. Thatcher, D.W. Layton, *Deposition, resuspension and penetration of particles within a residence*, Atmospheric Environment 29 (13), 1995, 1487-97
12. K.W. Nicholson, *A review of parti-*

#### MEER STOF OP DE VLOER: MEER STOF IN DE LUCHT

Als er meer stof op een oppervlak ligt, zal er ook meer in de lucht hangen. Klinkt logisch, maar is moeilijk te bewijzen. Ten eerste: binnen één kamer is de hoogste concentratie soms honderd keer meer dan de laagste, zowel in de lucht als op het oppervlak. Ten tweede maakt het veel uit hoeveel activiteit er is: in een stoffig maar stil lokaal zweeft minder stof in de lucht dan in een relatief schone kamer vol spelende kinderen.

De Zweedse kinderarts Munir heeft onlangs laten zien dat het wel degelijk zo is dat er meer stof in de lucht zweeft als er meer op oppervlakken ligt [25]. Maar die metingen laten ook zien dat het moeilijk is dat verband aan te tonen. Munir heeft het kattenallergeen tegelijkertijd gemeten op het oppervlak en in de lucht. Op de verschillende plekken worden enorme verschillen in concentratie gemeten: de hoogste concentratie is tien miljoen maal zo groot als de laagste concentratie.

In woonhuizen met kat is het verband duidelijk: meer allergeen in het stof, dus meer in de lucht. Vooral in deze huizen wordt vaak meer dan de 8.000 ng/g gevonden die allergische reacties kan veroorzaken. In woonhuizen zonder kat en in een gymlokaal zijn de concentraties lager en de verschillen veel kleiner. Daar is niet te merken dat meer allergeen op oppervlakken leidt tot meer in de lucht. Wel is te zien dat in de gymlokalen, waar veel kinderen actief bezig zijn, de concentratie in de lucht gemiddeld een factor tien hoger is dan in woonhuizen, terwijl er evenveel op de oppervlakken lag.

Overigens hebben andere onderzoeken ook laten zien dat er meer stof [35], bacteriën [36], schimmels [33] en endotoxine [16] in de lucht zweven als er meer daarvan op de vloer ligt.

- KADER 4.1 -

- cle resuspension, *Atmospheric Environment* 22 (12), 1988, 2639-2651
13. L. Mølhave, T. Schneider, S.K. Kjaergaard, L. Larsen, S. Norn, O. Jørgensen, *House dust in seven Danish offices*, *Atmospheric Environment*, 2000, 34, 4767-4779
  14. T. Schneider, J. Sundell, W. Bishof, M. Boggard, J.W. Cherie, P.A. Clausen, S. Dreborg, J. Kildesø, 'EUROPART', *Airborne particles in the indoor environment. A European interdisciplinary review of scientific evidence on associations between exposure to particles in buildings and health effects*, *Indoor Air*, 2003, 13, pp 38-48
  15. S.T.Y. Tong, Kin Che Lam, *Home sweet home? A case study of household dust contamination in Hong Kong*, *The Science of the Total Environment*, 2000, 256, 115-123
  16. J. Douwes, A. Zuidhof, G. Doekes, S. van der Zee, I. Wouters, H.M. Boezen, B. Brunekreef, *(1-3)-β-D-glucan and Endotoxine in House Dust and Peak Flow Variability in Children*, *Am. J. Respir Crit Care Med*, 2000, 162, 1348-1354
  17. H.T. Smedbold, C. Ahlen, D. Norbäck, B. Hilt, *Sign of eye irritation in female hospital workers and the indoor environment*, *Indoor Air* 2001, 11, pp 223-231
  18. T.A.E. Platt-Mills, D. Vervloet, W.R. Thomas, R.C. Aalberse, M.D. Chapman, *Indoor Allergens and asthma: report of the third international workshop*, *J. Allergy Clin Immunol* 1997, 100 (6, part 1), S1-S24
  19. J. Douwes, D. Heederik, *Epidemiologic Investigations of Endotoxins*, *Int J. Occup & Environ Health*, 1995, 3 S, S26-31
  20. C.J. Hines, D.K. Milton, L. Larsson, M.R. Petersen, W.J. Fisk, M.J. Mendell, *Characterization and Variability of Endotoxin and 3-Hydroxy Fatty Acids in an Office Building During a Particle Intervention Study*, *Indoor Air* 2000 10, 2-12;
  20. C.J. Hines, M.A. Waters, L. Larsson, M.R. Petersen, A. Saraf, D.K. Milton, *Characterization of endotoxin and 3-hydroxy fatty acid levels in air and settled dust from commercial aircraft cabins*, *Indoor Air* 2003, 13 (2), 166-173
  21. M.W. Eldridge, D.B. Peden, *Allergen provocation augments endotoxin-induced nasal inflammation in subjects with atopic asthma*, *J. Allergy Clin Immunol.*, 2000, 105, 475-481
  22. O. Michel, J. Kips, J. Duchateau, F. Vertongen, L. Robert, H. Collet, R. Pauwels, R. Sergysels, *Severity of Asthma is Related to Endotoxin in House Dust*, *Am J Respir Crit Care Med*, 1996, 154, 1641-1646
  23. D.B. Peden, K. Tucker, P. Murphy, L. Newlin-Clapp, B. Boehlecke, M. Hazucha, Ph. Bromberg, W. Reed, *Eosinophil influx to the nasal airway after local, low-level LPS challenge in humans*, *J. Allergy Clin Immunol.*, 1999, 104, 388-394
  24. J.E. Gereda, D.Y.M. Leung, A. Thetayatikom, J.E. Streib, M.R. Price, M.D. Klinnert, AH Liu, *Relation between house-dust endotoxin exposure, type 1 T-cell development, and allergen sensitisation in infants at high risk of asthma*, *The Lancet* 2000, 355, 1680-3
  25. A.K.M. Munir, R. Einarsson, S. Dreborg, *Variability of airborne cat allergen, Fel d1, in a public place*, *Indoor Air* 2003, 13, pp. 353-358
  26. R. Rylander, S. Sörensen, H. Gotoo, K. Yuasa, S. Tanaka, *The importance of endotoxin and glucan for symptoms in sick buildings*, 1989, 860, 219-226 in *Present and Future of indoor air quality*, C.J. Bieva (Ed.)
  27. A.K.M. Munir, R. Einarsson, C. Schou, S.K.G. Dreborg, *Allergens in school dust I. The amount of the major cat (Fel d1) and dog (Can fl) allergens in dust from Swedish schools is high enough to probably cause perennial symptoms in most children with asthma who are sensitized to cat and dog*, *J. Allergy Clin Immunol.*, 1993, 91, 1067-1074
  28. A. Custovic, B. Simpson, A. Simpson, C. Hallam, M. Craven, A. Woodcock, *Relationship between mite, cat, and dog allergens in reservoir dust and ambient air*, *Allergy*, 1999, 54, 612-616
  29. H. Fouad, B. Baird, M. Donn, N. Isaacs, *Indoor air quality in New Zealand office buildings: studies of airborne bacteria and fungi in Proc. Indoor Air* 1996, S. Yoshizawa et al, Eds, Japan 2, 67-72
  30. J.H. Park, DL Spiegelman, H.A. Burge, D.R. Gold, G.L. Chew, D.K. Milton, *Longitudinal Study of Dust and Airborne Endotoxin in the Home*, *Environmental Health Perspectives*, 2000, 108, 1023-1028
  31. J.M. Daisey, W.J. Angell, M.G. Apte, *Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information*, *Indoor Air*, 2003, 13, pp 53-64
  32. N. Aso, S. Yoshizawa, H. Tang, 1993, 4, 43, 48, *Proc. Indoor Air '93*
  33. M.P. Buttner, LD Stetzenbach, *Monitoring airborne fungal spores in an experimental indoor environment to evaluate sampling methods and the effect of human activity on air sampling*, *Applied and Environmental Microbiology* 59 (1), 1993, 219-226
  34. M. Luoma, S.A. Batterman, *Characterization of particulate emissions from occupant activities in offices*, *Indoor Air* 2001, 11, 35-48
  35. K.E. Leese, E.C. Cole, R.M. Hall, M.A. Berry, *Measurement of airborne and floor dusts in a nonproblem building*, *AIHA Journal* 1997, 58, 432-8
  36. E.C. Cole, P.D. Dulaney, K.E. Leese, RM Hall, K.K. Foarde, D.L. Franke, E.M. Myers, MA Berry, *Biopollutant Sampling and Analysis of Indoor Surface Dusts: Characterization of Potential Sources and Sinks*, 1996, ASTM STP 1287, 153, 165, in *Characterizing Sources of Indoor Air Pollution and Relates Sink Effects*, B.A. Tichenor (Eds)
  37. H.F. Otto, *Syllabus Cleanroom GedragsCursus*, VCCN Leusden, april 2003
  38. Young Hun Yoon, Brimblecombe P, *The distribution of soiling by coarse particulate matter in the museum environment*, *Indoor Air* 2001, 11, pp 232-240
  39. T. Schneider, S.K. Nielsen, I. Dahl, *Cleaning methods, their effectiveness and airborne dust generation*, *Building and Environment* 1994, 29 (3), 369-372
  40. J. Kildesø, L. Tornvig, P. Skov, T. Schneider, *An intervention Study of the Effect of improved cleaning methods on the concentration and composition of dust*, *Indoor Air* 8, 1998, 12-22
  41. D. Brugge, J. Vallerino, L. Ascolillo, N-D Osgood, S. Steinbach, J. Spengler, *Comparison of multiple environmental factors for asthmatic*



- children in public housing, *Indoor Air*, 2003, 13, pp18-27
42. G.J. Raw, *Office hygiene and sick building syndrome, a demonstration of the power of intervention studies*, Seminar in Bonn, Maart 1999, tekst verkregen van auteur, BRE, Watford, UK
  43. P.C. Kemp, P. Dingle, H.G. Neumeister, *Particulate Matter Intervention Study: A Causal Factor of Building-related Symptoms in an Older Building*, *Indoor Air*, 1998, 8, 153-171
  44. J.E.M.H. van Bronswijk, *De effectiviteit van een stofzuiger in het verwijderen van stof, mijten en mogelijk allergeen van een tapijt*, *Airways* 1985 (4) 2, 10-16
  45. J.M. Bates, DJ Mahaffy, *Relationship of reported allergy symptoms, relative humidity and airborne biologicals in 13 Florida Classrooms*, *IAQ* 96, 219-222, 1996
  46. N. Adilah, P. Fitzharris, J. Crane, R.W. Siebers, *The effect of frequent vacuum cleaning on the house dust mite allergen, Der p 1 in carpets: a pilot study*, *New Zealand Medical Journal*, 1997, 110, pp. 438, 439
  47. D.L. Franke, E.C. Cole, K.E. Lee, K.F. Foarde, M.A. Berry, *Cleaning for Improved Indoor Air Quality: an Initial Assessment of Effectiveness*, *Indoor Air*, 1997, 7, 41-54
  48. W. Bishof, A. Koch, U. Gehring, B. Fahlbush, H.E. Wichmann, J. Heinrich, for the INGA study group, *Predictors of High Endotoxin Concentrations in the Settled Dust of German Homes*, *Indoor Air* 2002, 12 (1), 2-9
  49. K. Skyberg, K.R. Skulberg, W. Eduard, E. Skåret, F. Levy, H. Kjuus, *Symptoms prevalence among office employees and associations to building characteristics*, *Indoor Air* 2003, 13, pp 246-252
  50. G. Smedje, D. Norbäck, *Irritants and allergens at school in relation to furnishings and cleaning*, *Indoor Air* 2001, 11, 127-133
  51. R. Wålinder, D. Norbäck, G. Wieslander, G. Smedje, C. Erwall, P. Venge, *Nasal patency and lavage biomarkers in relation to settled dust and cleaning routines in schools*, *Scand. J. Work Environ Health*, 1999, 25, 137-143
  52. K. Wickens, J. Douwes, R. Siebers, P. Fitzharris, I. Wouters, G. Doekes, K. Mason, M. Hearfield, M. Cunningham, J. Crane, *Determinants of endotoxin levels in carpets in New Zealand homes*, *Indoor Air* 2003, 13, pp 128-135
  53. P.P. Kozak, J. Gallup, L.K. Cummins, S.A. Gillman, *Factor of importance in determining the prevalence of indoor molds*, *Annals of allergy* 43 (8), 1979, 88-94
  54. H. Yokoyama, H. Matsuki, H. Kasuga, *The epidemiological study of mites, guanine and allergens of mites in house dust in Proceedings*, *Indoor Air* 1996, S Yoshizawa et al (Eds), Japan, 1, 665-70
  55. H. Matsumoto, R. Fang, *Field measurements and numerical simulations of indoor air quality in houses in the mild climate of Japan*, in *Proc. Indoor Air* 1996, S Yoshizawa et al Eds, Japan 2 1033-8
  56. J. Sundell, Th. Lindvall, B. Stenberg, S. Wall, *Sick building syndrome (SBS) in office workers and facial skin symptoms among VDT-workers in relation to building and room characteristics: two case-referent studies*, *Indoor Air* 4, 1994, 83-94
  57. J.M. Bates, D.A. Albright, V.B. Weeks, *Removal of cat allergen and mold spores from carpet dust in family homes by dry extraction carpet cleaning in Proceedings*, *Indoor Air '96*, S Yoshizawa et al, eds, Japan, 3, 675-680
  58. T. Carlsson, J. Fransson, *Dammutsläpp vis Dammsugning, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut*, SP RAPPORT 1994 :38
  59. J.A. Woodfolk, C.M. Luczynska, F de Blay, M.D. Chapman, T.A.E. Platts-Mills, *The effect of vacuum cleaners on the concentration and particle size distribution of airborne cat allergen*, *J. Allergy Clin. Immunol* 1993, 91 (4), 829-367
  60. G. Smedje, *Cleaning methods in relation to particles and allergen at school*, *Indoor Air* 2002, H. Levin and G. Bendy, Eds, abstract
  61. M. Lehtonen, T. Reponen, A. Nevalainen, *Everyday Activities and Variation of Fungal Spore Concentrations in Indoor Air*, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 1993, 31, 25-39
  62. R. Rolloos, *Toets gezond kantoor*, TNO-rapport 97-BBI-R0307/3, TNO Bouw, Delft, augustus 1997
  63. D. Menzies, J. Pope, J.A. Hanley, T. R. and D.K. Milton, *Effect of ultraviolet germicidal lights installed in office ventilation systems on workers' health and wellbeing: double-blind multiple crossover trial*, *The Lancet* 362 nov 29, 2003, 1785-1791
  64. I. Ahmad, B Tansel, J.D. Mitriani, *Effectiveness of HVAC Duct Cleaning Procedures in Improving Indoor Air Quality*, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2001, 72, 265 – 276
  65. L.M. Brosseau, *Duct cleaning: a review of associated health effects and results of company and expert surveys*, *ASHRAE Transactions*, 2000, 106, 180-187
  66. P.M. Stissi, *Luchtkwaliteitanalyse op basis van CO2-meting*, *TVVL Magazine* 6/2002.

#### NOTEN

- <sup>1</sup> stoffen waar mensen allergisch voor zijn of kunnen worden