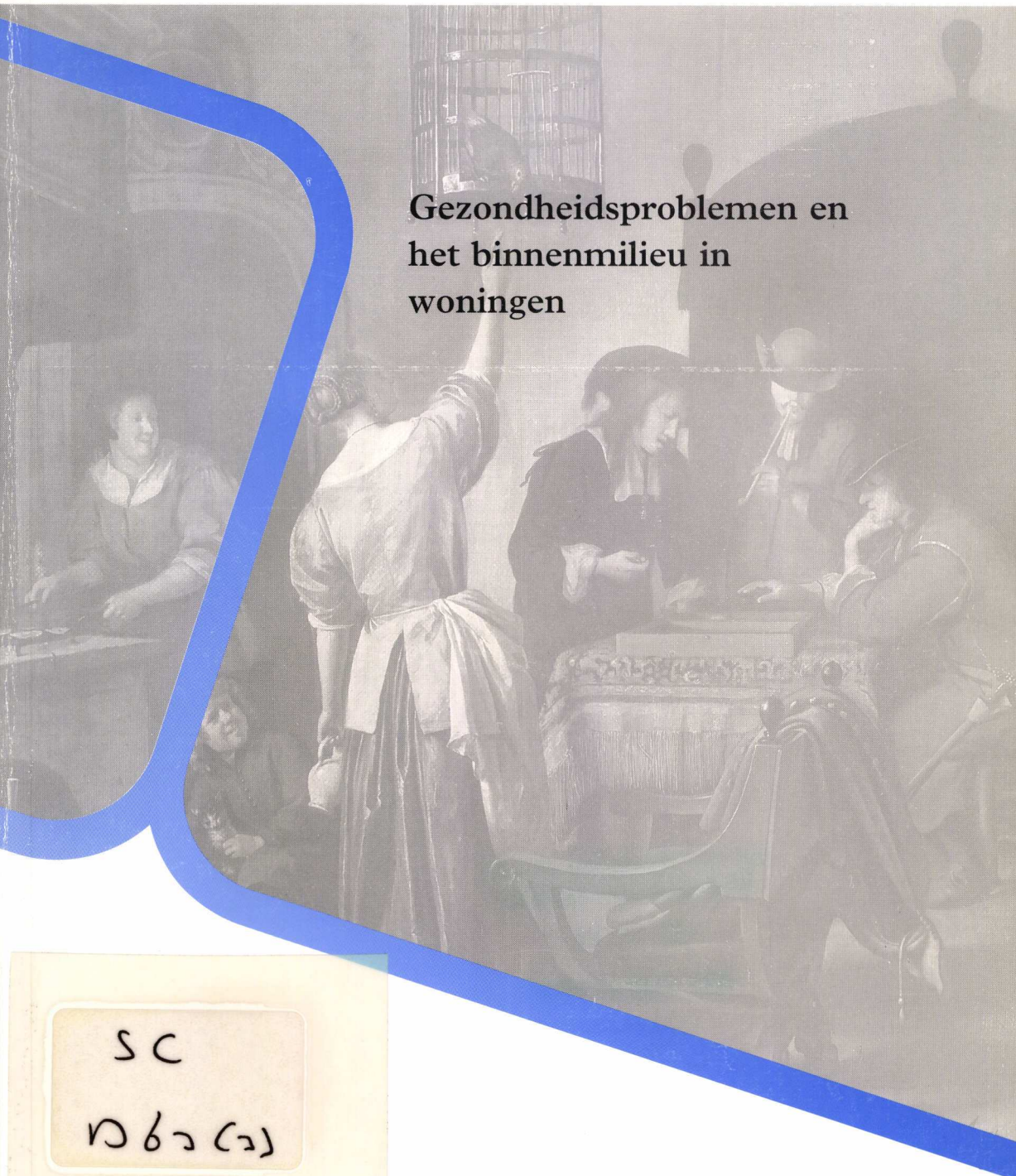


TNO-Gezondheidsonderzoek



Gezondheidsproblemen en het binnenmilieu in woningen

SC

1062 (2)

Jef van Dongen
Anja Steenbekkers



TNO-Gezondheidsonderzoek

SC
108262

TNO-rapport

Gezondheidsproblemen en het binnenmilieu in woningen

IBISSTAMBOEKNUMMER

10812.

BIBLIOTHEEK NEDERLANDS INSTITUUT VOOR
PRAEVENTIEVE GEZONDHEIDSZORG TNO

15 NOV 1993

POSTBUS 124, 2300 AC LEIDEN

Jef van Dongen
Anja Steenbekkers



Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Wassenaarseweg 56, Leiden
Postadres:
Postbus 124, 2300 AC LEIDEN
Telefoon: 071 - 18 11 81

Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van f 48,85 (incl. BTW) op postbank-
rekeningnr. 99.889 van het NIPG-TNO te Leiden onder vermelding van bestelnummer
93.067.

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Dongen, J.E.F. van

Gezondheidsproblemen en het binnenmilieu in woningen /
J.E.F. van Dongen, J.H.M. Steenbekkers. - Leiden :
Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg
TNO
NIPG-publicatie 93.067. - Met lit. opg.
ISBN 90-6743-271-7
Trefw.: woninghygiëne.

© 1993 TNO

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel
van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen
van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Algemene Voorwaarden voor
Onderzoeks- en Ontwikkelingsopdrachten TNO 1979', dan wel de desbetreffende terzake
tussen partijen gesloten overeenkomst.

INHOUD

pagina

VOORWOORD

i

DEEL I. ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE ACHTERGRONDEN, AARD EN OMVANG VAN DE PROBLEMATIEK

1

1. INLEIDING

3

1.1 Achtergronden

3

1.2 Het overheidsbeleid inzake de kwaliteit van het binnenmilieu

4

1.3 De regelgeving

7

1.4 Centrale probleemstelling

9

1.5 Leeswijzer

9

2. AARD EN OMVANG VAN DE PROBLEMATIEK

12

2.1 Referentiemodel

12

2.2 Gezondheidskundige grenswaarden

14

2.2.1 Maximale toelaatbaarheid

14

2.3 Geselecteerde agentia

15

2.3.1 Relevantie

17

2.4 Prioriteitstelling voor aanpak

19

2.4.1 Relevante fysische agentia of stimuli

20

2.4.2 De belangrijkste chemische agentia

20

2.4.3 Relevante biologische agentia

22

2.4.4 Belangrijke voorwaardenscheppende agentia

23

2.4.5 Binnen-buiten relatie

23

	pagina
3. GEDRAGSASPECTEN	24
3.1 Prikkel en gedrag	24
3.2 Processen van informatieverwerking en gedrag	26
3.3 Perceptie van lichaamssymptomen	30
3.4 Sociologische factoren	31
3.5 Het ervaren wooncomfort	32
4. GEZONDHEIDSEFFECTEN	35
4.1 Gezondheid en typen gezondheidseffecten	35
4.2 Gezondheidsecologie	37
4.3 Biologische basisconstitutie	39
4.3.1 Zintuiglijke vermogens	39
4.3.2 A-specifieke afweer	39
4.3.3 Het immuunsysteem	40
4.3.4 Typen allergieën	41
5. AAN WONINGEN GERELATEERDE GEZONDHEIDSKLACHTEN	43
5.1 SBS en BRI	43
5.2 De omvang van op SBS- of BRI-lijkende gezondheidsklachten	45
5.2.1 Buitenland	45
5.2.2 Nederland	46
5.2.3 Trend	48
5.2.4 Het aandeel van binnenmilieufactoren	50
5.2.5 Binnen-buiten relatie	50
5.2.6 Klachtenanalyse	51
5.2.7 Speciale case study	53

	pagina
6. HET BOUWBESLUIT	55
6.1 Algemeen	55
6.2 Voorschriften uit het oogpunt van gezondheid	56
6.2.1 Tegen schadelijke of hinderlijke invloeden	57
6.2.2 Tegen schadelijke en hinderlijke stoffen	58
6.3 Energiezuinigheid	59
6.4 De uitvoering van het Bouwbesluit	59
7. HET FEITELIJKE BEWONERSGEDRAG	61
7.1 Algemeen	61
7.2 Bezetting van woningen	62
7.3 Het ventileren	63
7.3.1 Minimaal noodzakelijke ventilatie	64
7.3.2 Ventilatieadvies	65
7.3.3 Regelgeving	66
7.3.4 Gemeten gedrag en volumestromen	68
7.3.5 Beïnvloedende factoren	71
7.3.6 Binnen-buiten relatie	72
7.3.7 De relatie tussen ventilatievoud en gezondheid	74
7.3.8 Kwaliteitscriteria voor ventilatievoorzieningen	74
7.4 Het verwarmen	75
7.5 De vochtproductie	77
7.6 Het roken	78
7.7 Het schoonmaakgedrag	78
7.8 Doe-het-zelf activiteiten	80
7.9 Huisdieren en plaagdieren	81
7.10 Geluidproducerende toestellen en gedragingen	82
7.10.1 Preventieve gedragsmaatregelen	83
7.11 Open haarden, "allesbranders" en barbecues	83

	pagina
DEEL II. BESCHRIJVING VAN SPECIFIEKE AGENTIA, STIMULI EN VOORWAARDENSCHEPPENDE FACTOREN	85
8. VOORWAARDENSCHEPPENDE FACTOREN	87
8.1 Vocht	87
8.1.1 Preventieve maatregelen	89
8.1.2 Gezondheidseffecten	92
8.2 (Huis)stofdeeltjes	93
8.2.1 Stofbronnen door bewonersgedrag	96
8.2.2 Gezondheidseffecten	97
8.2.3 Preventieve maatregelen	98
9. FYSISCH AGENTIA	100
9.1 Geluid	100
9.1.1 Effecten	100
9.1.2 Algemene geluidhinder	102
9.1.3 Hinder door woongeluiden	103
9.1.3.1 <i>Geluidhinder in de eigen woning</i>	103
9.1.3.2 <i>Geluidhinder van burelen</i>	104
9.1.4 Geluiden van buiten	106
9.1.5 Trillingen	106
9.2 Binnenklimaat	107
9.2.1 Beïnvloedende factoren	108
9.2.2 Comfort- en gezondheidseffecten	111
9.3 Licht	113

	pagina
9.3.1 Zichtbaar licht	114
9.3.1.1 <i>Daglicht</i>	114
9.3.1.2 <i>Uitzicht en bezonning</i>	116
9.3.1.3 <i>Kunstlicht</i>	117
9.3.2 Infra-rood en ultra violet licht	119
9.4 Ioniserende straling	120
9.4.1 Radon	122
9.5 Elektromagnetische velden	123
9.6 Luchtionisatie	125
10. CHEMISCHE AGENTIA	126
10.1 Algemeen	126
10.1.1 De "top-50" chemische agentia	127
10.2 Kooldioxide (CO ₂)	131
10.2.1 Gezondheidseffecten	131
10.2.2 Preventieve maatregelen	132
10.3 Koolmonoxyde (CO)	132
10.3.1 Gezondheidseffecten	133
10.3.2 Preventieve maatregelen	134
10.4 Formaldehyde (HCHO)	134
10.4.1 Gezondheidseffecten	136
10.4.2 Preventieve maatregelen	137

	pagina
10.5 Stikstofdioxide (NO ₂)	138
10.5.1 Gezondheidseffecten	138
10.5.2 Preventieve maatregelen	139
10.6 Benzeen	139
10.6.1 Gezondheidseffecten	141
10.6.2 Preventieve maatregelen	142
10.7 Vluchtige Organische Verbindingen (VOV of VOC)	142
10.7.1 Gezondheidseffecten	145
10.7.2 Preventieve maatregelen	146
10.7.3 Actueel onderzoek	147
10.8 Tabaksrook (ETS)	148
10.8.1 Gezondheidseffecten	149
10.8.2 Preventieve maatregelen	151
10.9 Lood	152
10.9.1 Gezondheidseffecten	153
10.9.2 Preventieve maatregelen	154
10.10 Zwaveldioxide (SO ₂)	154
10.10.1 Gezondheidseffecten	155
10.10.2 Preventieve maatregelen	155
10.11 Vezeldeeltjes	156
10.11.1 Asbest	156
10.11.2 Minerale kunstvezels (MMMF)	158
10.11.3 Preventieve maatregelen	159

	pagina
11. BIOLOGISCHE AGENTIA	161
11.1 Algemeen	161
11.1.1 Soorten organismen	162
11.2 Mijten	163
11.2.1 Gezondheidseffecten	164
11.2.2 Preventieve maatregelen	165
11.3 Schimmels	165
11.3.1 Gezondheidskundige effecten	168
11.3.2 Preventieve maatregelen	169
11.4 Bacteriën en protozoën	171
11.4.1 Gezondheidskundige effecten	172
11.4.2 Preventieve maatregelen	173
11.5 Insekten	173
11.5.1 Preventieve maatregelen	174
11.6 Zoogdieren	175
11.7 Vogels	176
11.8 Planten, pollen en organisch produkten	177
11.9 Samenvattend overzicht inzake biologische agentia	178
12. SAMENVATTENDE MATRIX	179
LITERATUUR	187

VOORWOORD

Gemiddeld brengen de Nederlanders, variërend van baby, kostwinner tot bejaarde, naar 90% van de tijd door in het binnenmilieu, waarvan circa 70% in de eigen woning. Als primaire leefomgeving en ter bescherming en beschutting tegen de "buitenwereld" is de woning bij uitstek een noodzakelijke voorwaarde voor gezondheid en welbevinden.

Vanouds is men zich hiervan van bewust en is met het oog hierop regelgeving gehanteerd. Aardig is te vermelden dat Tsaar Peter de Grote, geïnspireerd door wat hij in de Zaanstreek had gezien, na terugkeer in Rusland rond 1700 in een bouwvoorschrift bepaalde, dat in elke kamer een klein open te zetten raampje gemaakt moest worden en dat dit minstens eenmaal per dag (mede ter voorkóming van het dichtvriezen in de winter) geopend moest worden. Zo'n raampje om te luchten heet in Rusland nog steeds het "fortotsjka"-raampje, wat een afgeleide zou zijn van het Nederlandse "voor tocht". In 1864 werd in Amsterdam "de Gezondheidscommissie" opgericht met ondermeer als taak het overeenkomstig de gezondheidsleer inrichten van woningen en andere gebouwen. In het begin van deze eeuw (in 1901) zijn de Woningwet en de Gezondheidswet, die nauw met elkaar zijn verweven, tot stand gekomen.

Veranderingen en ontwikkelingen in de laatste decennia, zowel in leefwijzen, als de toepassing en het gebruik van (consumenten)produkten en bouwtechnieken, versterkt door de noodzaak het energieverbruik terug te dringen, hebben tot de verwachting geleid dat bij ongewijzigd beleid de kwaliteit van het binnenmilieu in woningen zal verslechteren. Mede in verband hiermee wordt in toenemende mate door overheden, basisgezondheidsdiensten, participanten in de bouwwereld, maar ook door particulieren aan TNO om advies en onderzoek gevraagd, dat betrekking heeft op het voorkómen van of ondervinden van overlast of gezondheidsklachten, die in verband worden gebracht met de al of niet vermeende aanwezigheid van schadelijke "stoffen" in het binnenmilieu in woningen.

Omdat de materie zeer complex is en veel factoren, zowel chemische-, fysische- en biologische agentia, als het gedrag van de bewoners zelf, de kwaliteit van het binnenmilieu bepalen, is de behoefte ontstaan om de meest relevant geachte informatie

hierover op een min of meer systematische wijze te bundelen. Dit boek is hier het resultaat van. Het beoogt voor de geïnteresseerde leek (bewoner) en voor de steeds meer "slechts" op een deelgebied gespecialiseerde deskundige een overzicht en naslagwerk te bieden, zonder al te diep in details te treden: dit zij een taak voor deze deskundigen zelf. Zoveel mogelijk vanuit het perspectief van de gezondheid- en hindereffecten beschouwd, hebben de volgende vragen als leidraad bij het schrijven gediend:

- wat is de aard van de gezondheidsklachten, de geschatte omvang van de problematiek en de risico's die de bewoners lopen;
- welke zijn de belangrijkste bronnen, agentia, emissies en gedragsfactoren, die de kwaliteit van het binnenmilieu van woningen en effecten op de bewoners bepalen;
- en welke interventies (regelgeving, voorlichting, faciliteiten) kunnen worden toegepast om problemen te voorkómen, op te lossen of te verzachten?

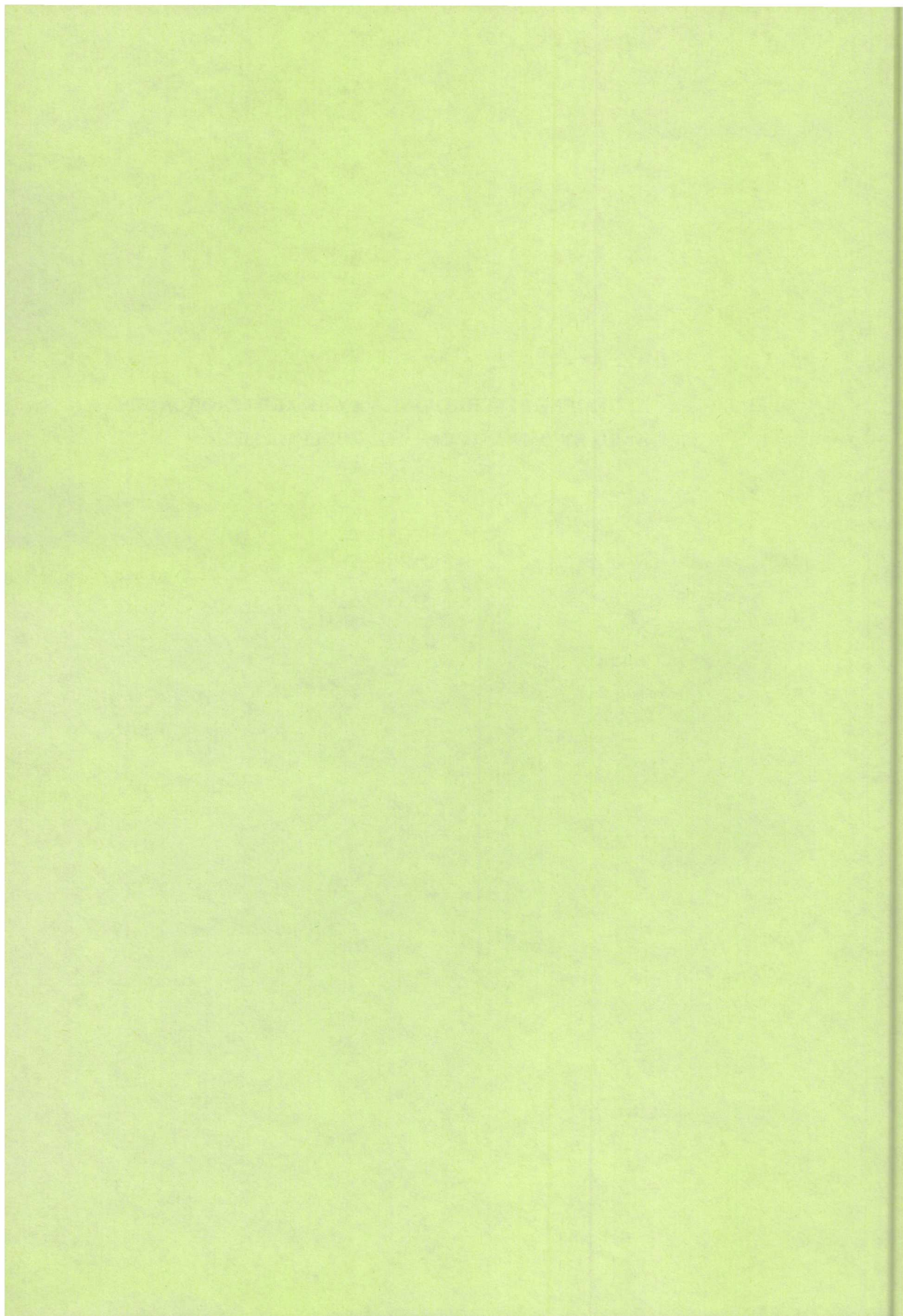
Als "snelle" wegwijzers voor degenen die geïnteresseerd zijn in een deelaspect kunnen vooral de inhoudsopgave en het samenvattende overzicht in hoofdstuk 12 dienen, maar benadrukt moet worden dat het boek juist ook is bedoeld om inzicht te geven in het geheel van de problematiek met betrekking tot de gezondheid en het binnenmilieu in woningen.

Dr. A. Dijkstra,
plaatsvervangend directeur

*Afbeelding op de omslag:
Fragment van "de papegaaienkooi" van Jan Steen
(In de collectie van het Rijksmuseum te Amsterdam)*

*Het aantal mensen in een ruimte, hun activiteiten,
huisdieren, het bakken en braden, vuur, het roken,
de afvoer van verontreinigde lucht, de hoogte van een vertrek,
de licht- en luchttoetreding, de stoffering:
zie hier factoren die (nog steeds) de kwaliteit van
het binnenmilieu bepalen en de gezondheid kunnen beïnvloeden.*

**DEEL I. ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE ACHTERGRONDEN,
AARD EN OMVANG VAN DE PROBLEMATIEK**



1. INLEIDING

1.1 Achtergronden

Ruim 10 jaar geleden is in Nederland de kwaliteit van het binnenmilieu in woningen weer in versterkte mate in de belangstelling komen te staan.

Een belangrijke reden hiervoor was de noodzaak energie te besparen, wat leidde tot de "nationale kierenjacht", die op haar beurt bezorgdheid veroorzaakte over de mogelijk gevolgen hiervan op de gezondheid (Brunekreef en Boleij, 1981). In verband met een gesignaleerde toename van vocht- en schimmelp Problemen in woningen ten gevolge van energiebesparend stookgedrag ("de thermostaat een graadje lager en 's nachts uit") en het zowel thermisch als akoestisch (na)isoleren en het kierdicht maken van woningen werd de relatie tussen het optreden van CARA-klachten en het wonen in vochtige woningen weer actueel. CARA is een verzamelbegrip voor Chronische Aspecifieke Respiratoire Aandoeningen van de luchtwegen: astma, chronische bronchitis en emfyseem.

Tevens kwamen problemen aan het licht in verband met bodemverontreiniging onder woonwijken, zoals in Lekkerkerk, en was sprake van een "spaanplaatsyndroom" in nieuwbouwwoningen (Van Duijn et al, 1981).

Discussies ontstonden en onderzoek werd gestart naar de mate van toelaatbaarheid van emissies van chemische componenten uit de bodem, bouwmaterialen (zoals formaldehyde en houtverduurzamingsmiddelen) en over de wijze waarop deze emissies cq. immissies gemeten moeten worden (Van der Kolk, 1984a en 1984b; Gezondheidsraad, 1984).

In het kader van het hergebruik van industrie- en bouwprodukten werd onderzoek gestart naar de blootstelling aan radioactieve straling in het binnenmilieu (Van Dijkum et al, 1984).

Bij dit alles is, met het oog op een mogelijke verslechtering van het binnenmilieu, ook de constatering van belang dat de wijze waarop woningen worden bewoond en gebruikt, aan veranderingen onderhevig is: er is een toename van apparatuur in huis (zoals

beeldschermen en computers), meer "doe-het-zelf" activiteiten worden verricht, een verhoogde "omloopsnelheid" van (meestal gevoelige) inrichtingsmaterialen (nieuwe vloerbedekking en meubels) vindt plaats, vaker is er niemand thuis en er is sprake van niet-traditioneel Nederlands woongedrag.

Ook op internationaal niveau kwam het onderwerp binnenluchtkwaliteit steeds meer in de belangstelling te staan. In 1979 publiceerde een WHO-werkgroep een rapport over gezondheidsaspecten, gerelateerd aan de kwaliteit van de binnenlucht. In 1983 werd dit gevolgd door een rapport waarin, weliswaar toegespitst op de situatie in kantoorgebouwen, gezondheidseffecten ondermeer werden omschreven in termen van het "Sick Building Syndrome" (SBS) of Building Related Illnesses (BRI) (WHO, 1983). Het betreft een spectrum van veelal aspecifieke (niet aan een eenduidige oorzaak gerelateerde) gezondheidsklachten die na enige tijd verdwijnen als men niet meer in het gebouw vertoeft. Veel voorkomende klachten zijn oogirritaties, (slijmvlies) irritaties van neus en keel, luchtwegklachten, huidklachten, hoofdpijn en klachten over vieze geur en smaak. Tegelijkertijd zorgden ondermeer een overzichtsartikel van Spengler & Sexton in het blad Science en een toenemend aantal conferenties over het onderwerp voor een versnelde wereldwijde aandacht voor de binnenmilieuproblematiek (1983).

1.2 Het overheidsbeleid inzake de kwaliteit van het binnenmilieu

Tegen de achtergrond van deze ontwikkelingen werd in 1986 door minister Nijpels van VROM de Notitie Binnenmilieu aan de Tweede Kamer aangeboden (Ministerie VROM, 1986). In deze notitie werd, als onderdeel van het totale milieubeleid, het bevorderen c.q. handhaven van de kwaliteit van het binnenmilieu, in het bijzonder van woningen, centraal gesteld. Als beleidsuitgangspunt bleef evenwel gelden dat ten aanzien van de binnenlucht geen specifieke kwaliteitseisen zullen worden geformuleerd, mede omdat de controle hierop onuitvoerbaar is en een en ander tot het private domein van mensen moet worden gerekend.

Vooraf een **brongerichte aanpak** wordt beoogd van de opgesomde fysische, chemische en biologische verontreinigingen in het binnenmilieu van woningen, die in potentie schadelijke effecten op de gezondheid kunnen veroorzaken.

Als de aanpak van de bron onvoldoende mogelijk is, wordt gekozen tussen maatregelen (al dan niet vastgelegd in regelgeving) verband houdend met de **overdracht** (bijvoorbeeld minimale isolatie-eisen in het geval van geluid en minimale ventilatievoorschriften in verband met de luchtkwaliteit) en/of de voorlichting en adviezen aan ontwerpers, bouwers en eigenaren/beheerders en/of (gedrags)voorlichting aan de **ontvangers**: de bewoners.

De volgende categorieën bronnen ("invloedssferen") worden onderscheiden:

- behorend tot de woning zelf (bouwmaterialen, afwerkmiddelen, vaste installaties);
- bronnen buiten de woning (het verkeer, industrie, aangrenzende woningen) en bronnen in de bodem en de lucht (inclusief regen- en grondwater, flora en fauna);
- produkten in de woning (woninginrichtingsartikelen, schoonmaakmiddelen, bestrijdingsmiddelen, cosmetica, hobby-artikelen, (niet vaste) verbrandingstoestellen, huishoudelijke apparaten);
- de mens en zijn handelingen (metabole produkten, roken, voedselbereiding, resuspensie van stof, etcetera);
- huisflora en -fauna.

Wanneer emissie uit een stof of materiaal niet kan worden voorkómen, gelden de kwaliteitseisen die zijn geformuleerd voor het **buitenmilieu**.

Voorts werd de verwachting uitgesproken dat de nieuwe regelgeving, zoals het Bouwbesluit, de Warenwet, de Bestrijdingsmiddelenwet en de Wet Milieugevaarlijke Stoffen in voldoende mate een wettelijk kader zullen bieden voor kwaliteits- en prestatie-eisen voor constructie- en bouwmaterialen en consumentenprodukten.

Ondanks de (voorgenomen) regelgeving (die de basisvoorwaarden schept) en gegeven de additionele mogelijkheden en omstandigheden (zoals de toestand van het buitenmilieu) blijft evenwel, naar de visie van de overheid, het feitelijk bewonersgedrag, de wijze

waarop mensen hun woning en de voorzieningen daarin gebruiken en onderhouden, de belangrijkste factor die bepalend is voor de (handhaving van de) kwaliteit van het binnenmilieu.

Desalniettemin werd in het in 1989 verschenen Nationaal Milieubeleidsplan (NMP) ten aanzien van de binnenmilieuproblematiek opgemerkt dat bij ongewijzigd beleid, mede als gevolg van de verslechtering van de kwaliteit van de woonomgeving, in een deel van het woningbestand de kwaliteit van het binnenmilieu ontoereikend zal zijn (Ministerie VROM, 1989).

In de Nationale Milieuverkenning 2 (ofwel "Zorgen voor Morgen 2") van het RIVM wordt zelfs gesteld dat in de jaren 2000 en 2010 in respectievelijk 98% en 96% van de woningen voor tenminste één agens een overschrijding plaatsvindt van de gezondheidkundige advieswaarden of maximaal toelaatbaar geachte risico-concentraties (RIVM, 1991).

In het kader van het NMP is aan de "doelgroep Bouw" (de participanten in de bouwwereld) met betrekking tot de nieuwbouw en vernieuwbouw ondermeer opgedragen een zodanige kwaliteit te bereiken dat risicogrenswaarden in het binnenmilieu niet worden overschreden (Ministerie VROM, 1989).

In het NMP-plus komt het binnenmilieu niet expliciet meer aan de orde. Wel is sprake van een intensivering van het produktenbeleid, waarbij gestreefd wordt naar normstelling gericht op ondermeer emissiereductie van produkten en naar het creëren van milieubewust aankoopgedrag bij de burgers (Ministerie VROM, 1990a). En in de als bijlage bij het NMP-plus gevoegde nota "Duurzaam bouwen" wordt met betrekking tot **duurzame (bouw)produkten** gesteld dat deze, behalve dat ze moeten voldoen aan de criteria **levensduur, repareerbaarheid, geschiktheid voor hergebruik** en een **verminderd verbruik van eindige grondstoffen**, ook moeten leiden tot **reductie van gezondheidsrisico's en milieueffecten** (Ministerie VROM, 1990b).

Het doel is en blijft, zo wordt gesteld, de risico-grenswaarden voor de gezondheid van mensen en de effecten op het milieu niet te laten overschrijden.

Een complicatie bij de realisering van bovenstaande doelstelling van duurzame kwaliteit is, dat in sommige gevallen sprake kan zijn van een serieus spanningsveld tussen het handhaven van een goede binnenluchtkwaliteit en het voorkómen van overschrijdingen van risicogrenswaarden enerzijds en anderzijds het bereiken van andere beleidsdoelstellingen met betrekking tot duurzame kwaliteit zoals het **hergebruik** van industrieel bouw- en sloopafval, **energiebesparing** (25% op ruimteverwarming) en een verhoging van de akoestische en thermische **isolatie**.

Ook kan er een spanningsveld ontstaan met **(brand)veiligheidsvoorschriften**.

1.3 De regelgeving

Als historische bases voor de regelgeving gelden nog steeds de toentertijd nauw met elkaar verweven Gezondheidswet en de Woningwet, die beiden in hun eerste versie in 1901 zijn uitgebracht. Krachtens de Gezondheidswet is aan de Overheid de zorg voor het fysieke milieu van de mens opgedragen, omdat dit een factor is die de volksgezondheid in sterke mate bepaalt. Tot dit milieu wordt ook de (volks)huisvesting gerekend en daarmee ook het binnenmilieu.

Ook in het vernieuwde burgerlijk wetboek (NBW) zijn op het gebied van woningen en produkt-aansprakelijkheden verplichtingen voor de verschillende betrokkenen (producenten, eigenaren/verhuurders en huurders) opgenomen.

Een zeer belangrijk wettelijk instrument hiertoe is het Bouwbesluit dat, als Algemene Maatregel van Bestuur op grond van de in 1991 herziene Woningwet en rekening houdend met de (toekomstige) Richtlijnen (vooral de Richtlijn Bouwprodukten) en normen van de Europese Commissie (EC), per 1 oktober 1992 is ingevoerd (Staatsblad, 1991).

Behalve het Bouwbesluit zijn nog een aantal andere Besluiten relevant voor het binnenmilieu.

Zo zijn het Besluit houtverduurzamingsmiddelen, het Besluit geluidwering gebouwen, het Besluit emissie-eisen stookinstallaties (met een wijziging in voorbereiding), het Spaanplaatbesluit, het Asbestbesluit (Arbeidsomstandighedenwet) en het Besluit luchtkwaliteit benzeen in werking.

Het Asbestverwijderingsbesluit verschijnt medio 1993 in het Staatsblad, het Besluit verplicht bodemonderzoek ligt ter advies voor de Raad van State en het Bouwstoffenbesluit en het Radonbesluit zijn in voorbereiding.

Relevant is ook de Bestrijdingsmiddelenwet, waarin regels zijn gesteld voor de toelating en het gebruik van bestrijdingsmiddelen.

Vanuit het beleid van aanpak bij de bron (van verontreiniging en ook vanuit het oogpunt van duurzaamheid) valt overigens te verwachten dat bijvoorbeeld op basis van de Warenwet of milieuwetten minimale kwaliteitseisen aan steeds meer produkten zullen worden gesteld.

Daarnaast is het streven om, door middel van een stelsel van keurmerken, de kwaliteit van tot de woning behorende installaties en van binnenshuis te gebruiken consumentenartikelen te garanderen. Keuringen kunnen ook verplicht worden gesteld, zoals de keuring op open haarden en allesbranders die vanaf medio 1993 zal moeten plaatsvinden.

Over het algemeen is het aantal "harde" wettelijke normen dat is vastgesteld voor blootstellingsniveau's ten gevolge van agentia's in het binnenmilieu echter (nog) zeer beperkt. De noodzaak tot deregulering, strijdigheid met EG-regelgeving, de ervaring dat de handhaving ervan niet uitvoerbaar is en het al eerder genoemde aspect van privacy-bescherming, worden als argumenten genoemd die dit verklaren. Anderzijds is het op grond van een (gemeentelijke) bouwvergunning verbieden van materialen zoals asbest en tropisch hardhout sinds de invoering van het Bouwbesluit niet meer toegestaan. Ten hoogste is sprake van richtlijnen, maximaal toelaatbaar geachte niveaus of risico's, gezondheidkundige advies- of referentiewaarden, drempelwaarden en streefwaarden.

1.4 Centrale probleemstelling

Wat is de aard van de gezondheidsklachten, de geschatte omvang van de problematiek, de risico's die de bewoners lopen?

Welke zijn de belangrijkste bronnen, agentia, emissies en gedragsfactoren, die de kwaliteit van het binnenmilieu van woningen en effecten op de bewoners bepalen?

En welke interventies (regelgeving, voorlichting, faciliteiten) kunnen worden toegepast om problemen te voorkómen, op te lossen of te verzachten?

Samengevat, zijn dit de centrale vragen die met betrekking tot het binnenmilieu in woningen in Nederland worden gesteld en waar in het vervolg op zal worden ingegaan.

De hiervolgende informatie beoogt (rechtstreeks of via vertegenwoordigende platforms of "intermediaire kaders") een niet te specifieke algemene "state of the art" anno 1993 te bieden voor overheidsinstanties, ontwerpers, bouwers, eigenaren/beheerders van woningen, maar tevens voor mensen, die werkzaam zijn in de eerste lijns gezondheidszorg en uiteraard de bewoners zelf.

De behoefte om zoveel mogelijk zaken met betrekking tot gezondheidsklachten en binnenmilieuaspecten in woningen te bundelen, komt voort uit de bevinding dat er in toenemende mate door woonconsumenten vragen over deze materie worden gesteld of om advies wordt gevraagd. En ook bij de betrokkenen in de bouw en het beheer van woningen blijkt een behoefte te bestaan aan een algemeen overzicht te bestaan, omdat hun (vaak zeer specialistische) deskundigheid per definitie "slechts" deelgebieden betreft.

1.5 Leeswijzer

Het boek bestaat uit twee delen. Deel I is algemeen van aard en gaat in op achtergronden en de aard en omvang van gezondheidsproblemen in het binnenmilieu. In deel II wordt een specifieke beschrijving gegeven van de fysische, chemische en biologische agentia en intermediërende factoren die verantwoordelijk zijn voor binnenmilieuproblemen.

De hoofdstukindeling van deel I ziet er als volgt uit.

In hoofdstuk 2 zal de **aard en omvang van de problematiek** worden geschetst en zullen de meest relevante chemische, biologische en fysische agentia worden opgesomd.

Hoe mensen de prikkels en de informatie uit hun omgeving (in dit geval vooral het binnenmilieu) verwerken en hoe mensen hierop reageren wordt in de daarop volgende hoofdstukken in het kort aangegeven. Twee vormen van verwerking (respons) worden speciaal onderscheiden:

- in termen van **algemene gedragsaspecten** (hoofdstuk 3);
- in termen van **gezondheidseffecten**, waarbij eerst algemene aspecten zoals immuunreacties aan de orde worden gesteld (in hoofdstuk 4) en vervolgens (specifieke) speciaal aan het **binnenmilieu** in woningen gerelateerde **gezondheidsklachten** (hoofdstuk 5).

Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 nader ingegaan op het **Bouwbesluit**.

Ter handhaving en verbetering van de binnenmilieukwaliteit in woningen, met het oog op de gezondheid, is het daadwerkelijke gedrag (en de onderliggende factoren en motieven daarvan) van de bewoners, van de ontwerpers en uitvoerders, van de producenten van bouw- en inrichtingsprodukten en van de controlerende (overheids)instanties van essentiële betekenis. Immers de bronnen van en blootstelling aan agentia en stimuli zijn er in sterke mate een afgeleide van.

Het **feitelijke bewonersgedrag**, voor zover dat relevant is met betrekking tot het binnenmilieu in woningen, zal in hoofdstuk 7 aan de orde worden gesteld. Ook zal aandacht worden geschonken aan factoren die van invloed kunnen zijn op dit gedrag.

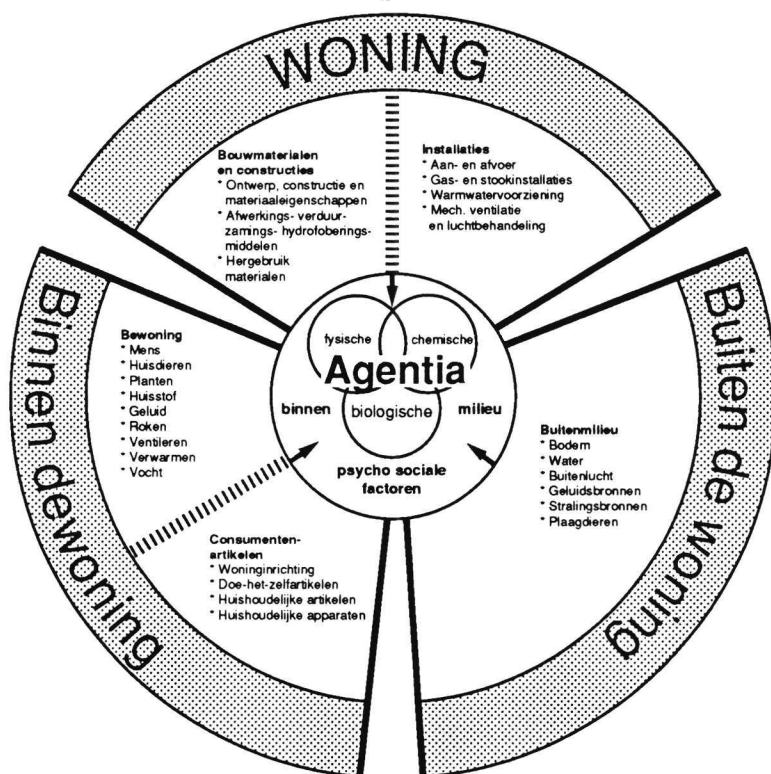
In het tweede deel van deze publikatie zijn de hoofdstukken opgenomen die betrekking hebben op **intermediërende factoren** (vocht en stofdeeltjes) (hoofdstuk 8) en een groot aantal specifieke **fysische** (hoofdstuk 9), **chemische** (hoofdstuk 10) en **biologische** agentia of stimuli (hoofdstuk 11).

Naast een schets van de omvang en aard van de problematiek, zullen waar mogelijk dosis-respons of dosis-effect relaties worden aangegeven en suggesties worden gedaan voor technische interventies, preventieve maatregelen of gedragsverandering.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 12 een **samenvattend overzicht** gegeven van de gezondheidseffecten die aan de orde zijn gesteld, inclusief een verwijzing naar de hiervoor relevante paragrafen.

In figuur 1.1 wordt schematisch aangegeven welke bronnen bepalend zijn voor de agentia en stimuli en de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu.

Figuur 1.1 Bronnen van de agentia en stimuli en de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu
Bron: Ministerie VROM, 1986; Rolloos, 1989



2. AARD EN OMVANG VAN DE PROBLEMATIEK

2.1 Referentiemodel

Als referentiekader om de gedachtenvorming te bepalen en om aan te geven welke elementen een rol spelen kan figuur 2.1 dienen, ontleend aan het rapport Gezondheidskundige aspecten en kwaliteit van het Binnenmilieu (GABIMIL) (Van Dongen et al, 1989). In de vorm van een stroommodel is daarin schematisch aangegeven welke hoofdelementen een rol spelen bij de schatting van omvang en ernst van binnenmilieuproblemen. Tevens wordt een relatie gelegd met instrumenten die de overheid bij haar beleid kan hanteren.

De "ingang" van het schema wordt gevormd door een specifieke **agens** of **stimulus** of, indien mogelijk, door agentia of stimuli die geclusterd zijn in een specifieke groep. Conform de benadering in de Notitie Binnenmilieu (VROM, 1986) worden fysische agentia of stimuli, chemische agentia en biologische agentia onderscheiden.

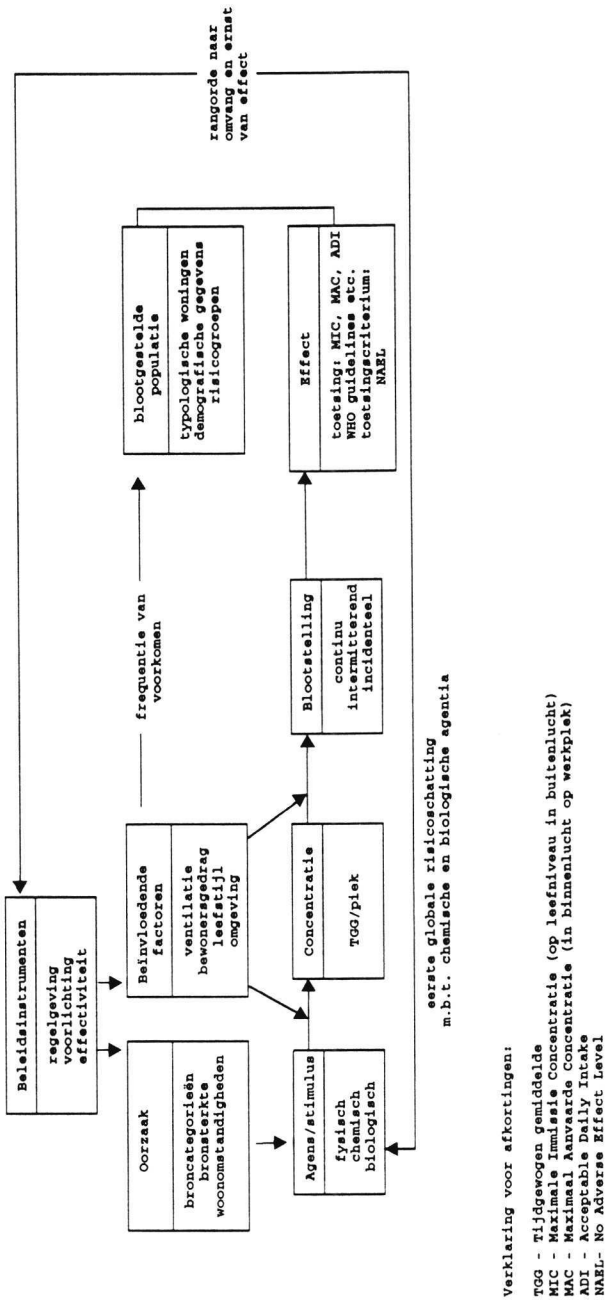
Opgemerkt dient te worden dat in de praktijk vele agentia en stimuli tegelijkertijd zullen optreden. Kennis over de effecten van een gecombineerde blootstelling (synergisme) is evenwel nog zeer weinig voorhanden.

Het optreden van een agens of stimulus en de mate van vóórkomen, wordt gerelateerd aan **oorza(a)k(en)** of **bron(nen)**. Beïnvloedende factoren, zoals het **bewonersgedrag** met betrekking tot het ventileren, het schoonmaken, het onderhoud, e.d. of specifieke kenmerken van **installaties** en **voorzieningen** in de woningen, hebben invloed op de **concentratie** en de uiteindelijke **blootstelling**.

Deze kan, afhankelijk van de **blootstellingsroute**, en waar mogelijk vastgesteld per type blootgestelde **populatie** en **risicogroepen** (de lijn "frequentie van vóórkomen" in het stroommodel), leiden tot een **gezondheidseffect** en een schatting van de **kans van optreden**.

Figuur 2.1

Theoretisch model voor de schatting van omvang en ernst van binnenmilieuproblemen
Bron: Van Dongen et al, 1989



2.2 Gezondheidskundige grenswaarden

Zowel in de hiervoor genoemde Notitie Binnenmilieu (VROM, 1986) als, meer uitgebreid, in een overzichtsartikel in Lucht en Omgeving (Houthuijs et al, 1987) en in "Zorgen voor Morgen" (RIVM, 1988) en in GABIMIL (Van Dongen et al, 1989) wordt een reeks van chemische, biologische en fysische agentia opgesomd die in potentie schadelijke effecten op de gezondheid kunnen hebben. Het aantal beschreven agentia is echter, gelet alleen al op het aangetoonde aantal van 300-400 chemische verbindingen in het binnenmilieu, noodgedwongen beperkt.

In "Zorgen voor Morgen" zijn van een dertigtal, meest chemische, agentia zgn. referentiewaarden ofwel gezondheidskundige grenswaarden aangegeven. In verreweg de meeste gevallen hebben deze referentiewaarden overigens slechts de status van een advies cq. richtlijn in plaats van een wettelijke norm.

De vaststelling van de referentiewaarden is zoveel mogelijk ontleend aan door overheidsinstanties (WHO, RIVM, Gezondheidsraad) gepubliceerde gezondheidskundige beoordelingen van stoffen.

Ook wordt uitgegaan van de risicobenadering die in de, als aanhangsel bij het NMP gevoegde, beleidsnotitie "Omgaan met Risico's" is aangegeven en die betrekking heeft op risico's die onvrijwillig en doorgaans niet waarneembaar of te beïnvloeden zijn (VROM, 1989). Daarin worden als uitgangspunten voor het overheidsbeleid zowel **maximaal toelaatbare grenswaarden als streefwaarden** gehanteerd. **Verwaarloosbaar** wordt een risico geacht als dit 1% of minder van het maximaal toelaatbaar niveau bedraagt.

2.2.1 Maximale toelaatbaarheid

Een situatie wordt voor individuele personen "ongezond" of "ontoelaatbaar" geacht als bij **niet-carcinogene** stoffen concentraties optreden boven het humane "no adverse effect level".

Per **carcinogene** stof wordt een situatie niet toelaatbaar geacht als sprake is van een hoger vermijdbaar risico-niveau dan 1 overlijdensgeval per miljoen bewoners per jaar.

Voor het **totaal** van de risico's wordt per afzonderlijk onderscheiden deelterreinen (externe veiligheid, stoffen en ioniserende straling) een **overlijdenskans** van 1:100.000 per jaar maximaal toelaatbaar geacht. Anders gezegd: 1 op de 100.000 personen "mag" overlijden aan een niet gespecificeerde **onveilige situatie** waaraan men zelf geen schuld heeft (bij een populatie van 15 miljoen Nederlanders betreft het dus 150 personen), of ten gevolge van blootstelling aan een (mix van) niet gespecificeerde (**chemische**) **stoffen**, of ten gevolge van de gecumuleerde **radioactieve stralingsbelasting**.

Momenteel is bij fietsers en voetgangers de kans op overlijden respectievelijk 1:26.000 en 1:54.000 per jaar en voor rokers wordt geschat dat dit 1:200 per jaar is.

Voor wat betreft een stimulus als **geluid**, wordt een blootstelling waarbij sprake is van meer dan 10% **gehinderden** (waaronder verstaan wordt **erg** gehinderden, alhoewel niet expliciet geformuleerd) als maximaal toelaatbaar beschouwd.

2.3 Geselecteerde agentia

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de referentiewaarden voor agentia en stimuli in het binnenmilieu die in "Zorgen voor Morgen" zijn aangegeven (RIVM, 1988).

Voor een aantal agentia of stimuli zijn referentiewaarden uit andere bronnen opgenomen.

Tabel 2.1 Referentiewaarden voor agentia voor een "gezond binnenmilieu"

Bron: RIVM, 1988 (p. 326)

Agentia	Referentiewaarde	Referentie
Maximaal geluidniveau, veroorzaakt door buitenbronnen	35 dB(A)/etmaal	Bouwbesluit (1991)
Geluidisolatie t.o.v. buurwoningen	+5 dB	Bouwbesluit (1991)
Radon	1 Bq/m ³ EER/jaar	
Zwevende deeltjes (thoracaal stof, PM10)	40 µg/m ³ /jaar	
	140 µg/m ³ /24 uur	
	70 µg/m ³ /24 uur	Krijgsheld (1987)
	120 µg/m ³ /30 min	
Formaldehyde	25 µg/m ³ /1 uur	Gezondheidsraad
Acroleïne	1 ng/m ³ /jaar	
Benz(a)pyreen	10 µg/m ³ /jaar	
Benzeen	1,7 mg/m ³ /24 uur	
Dichloormethaan	0,8 mg/m ³ /24 uur	
Styreen	3 mg/m ³ /24 uur	
Tolueen	0,3 mg/m ³ /30 min	Seifert (1990b)
TVOC		
Asbest (totaal)	1000 vezels/m ³	
Asbest (> 5 µm lang, diameter < 3 µm)	200 vezels/m ³	WHO
Lood in lucht	0,5 µg/m ³ /jaar	
Lood in drinkwater	50 µg/l	
Kwik	1 µg/m ³ /jaar	
Stikstofdioxide (NO ₂)	300 µg/m ³ /1 uur	
	150 µg/m ³ /24 uur	
Koolmonoxide (CO)	40 mg/m ³ /1 uur	
	10 mg/m ³ /8 uur	
Zwavedioxide (SO ₂)	350 µg/m ³ /1 uur	
Zwavelwaterstof (H ₂ S)	7 µg/m ³ /30 min	WHO (Suess, 1990)
	150 µg/m ³ /24 uur	
Ozon	150-200 µg/m ³ /1 uur	
	100-200 µg/m ³ /8 uur	
Huisstofmijt- en schimmellallergeen	indirect: "niet-vochtige woning"	
Legionella inhalatoir	niet significant geacht	

Op Europees niveau is in het kader van het EC-COST project "Indoor air quality & its impact on man", behalve in algemene termen over effecten van binnenluchtverontreiniging op de gezondheid van de mens en over het zogenaamde Sick Building Syndrome, meer stoffen-specifiek gerapporteerd over formaldehyde, VOC's, asbest, zwevende stofdeeltjes, NO₂ en radon (COST, 1988-1993).

Ook Europese werkgroepen van de WHO hebben met betrekking tot een reeks van chemische stoffen in de binnenlucht van verblijfsruimten gezondheidskundige grenswaarden aanbevolen.

Overzichten hiervan zijn opgenomen in Suess (1990) en in Schalkoort (1991).

2.3.1 Relevantie

De relevantie van de geselecteerde agentia hangt echter vooral samen met het antwoord op de uiteindelijke vraag **hoeveel mensen van welke populatie in welke binnenmilieu-situatie door wat, hoe ernstig worden geschaad.**

Met betrekking tot de blootstelling aan een twaalftal agentia cq stimuli geeft figuur 2.2 het percentage woningen aan, waar sprake is van een ongezond binnenmilieu, m.a.w. waar een overschrijding optreedt van vastgestelde blootstellings-grenswaarden ofwel referentiewaarden (RIVM, 1988).

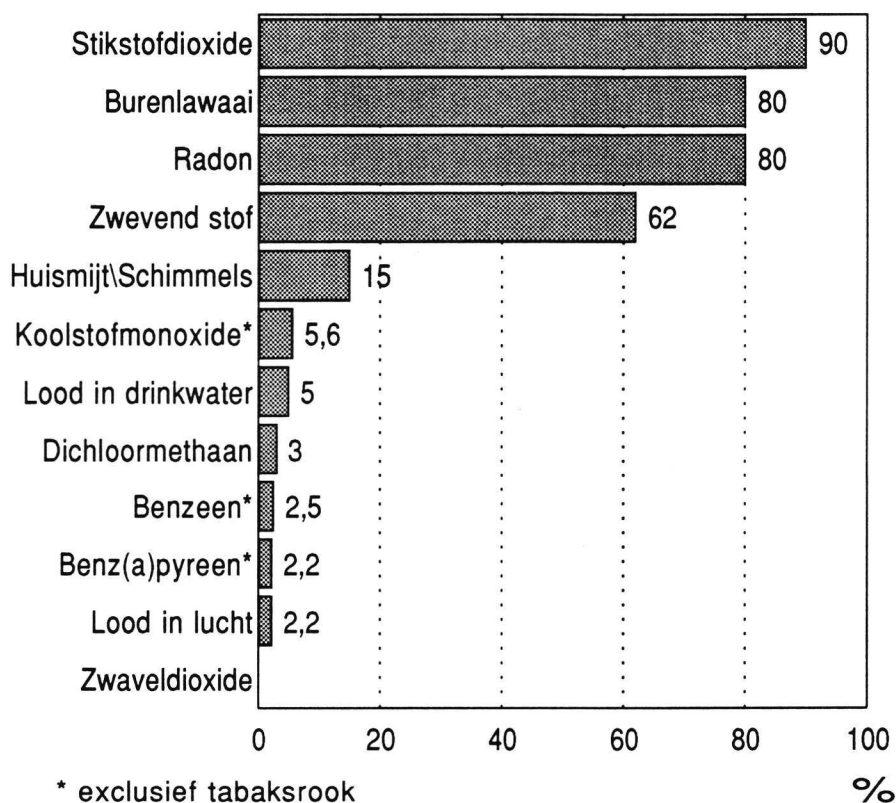
Van een groot aantal stoffen waarvan referentiewaarden zijn vastgesteld is echter niet bekend in welke concentraties ze voorkomen en in hoeveel woningen sprake is van een overschrijding van referentiewaarden. Dit geldt zelfs voor een stof als formaldehyde. Toch wordt in "Zorgen voor Morgen" (RIVM, 1988) de kans op verbeteringen van het binnenmilieu door beleidsmaatregelen het grootst geacht voor wat betreft **NO₂, CO, benzeen, pesticiden en tabaksrook als zwevend stof**, en bij extra beleid op het gebied van **straling** (radon) en **geluid**. Daarnaast kan het overheidsbeleid inzake **koolwaterstoffen** "Koolwaterstoffen 2000" ook in het binnenmilieu een reductie van de emissies teweegbrengen. Met betrekking tot de effecten van **biologische agentia** wordt vooralsnog niet veel verbetering door beleidsmaatregelen verwacht.

In de Nationale Milieuverkenning 2 ("Zorgen voor Morgen 2"), wordt gesteld dat bij het ontbreken van maatregelen in het merendeel van de woningen in het jaar 2010 sprake zal zijn van overschrijding van de maximaal toelaatbare risico-concentraties voor **NO_x** en **radon** (RIVM, 1991).

In figuur 2.2 is aangegeven in welk deel van het Nederlandse woningbestand sprake is van een overschrijding van het criterium van een "gezond binnenmilieu".

Figuur 2.2

Deel van het huidige Nederlandse woningbestand in overschrijding t.a.v. verschillende agentia
Bron: RIVM, 1988



Enig inzicht in de omvang van problemen met binnenmilieuaspecten kan ook worden ontleend aan een onderzoek dat door Heijs in 500 voor het Nederlandse woningenbestand redelijk representatief geachte woningen bij de bewoners is verricht naar kenmerken die het algemene wooncomfort bepalen (Heijs, 1992).

Tabel 2.2 geeft de percentages woningen aan waarin door de bewoners problemen worden ondervonden met de aangegeven aan het binnenmilieu gerelateerde aspecten:

Tabel 2.2 Percentage woningen (N=500) met problemen in de aangegeven gebieden Bron: Heijs, 1992

Probleemgebieden	%
koude(straling)	44
tocht	42
vocht(plekken)	35
lawaai van buiten de woning	29
stank vanuit de woning zelf	21
stank van buiten de woning	21
ventilatie	21
temperatuur(handhaving)	21
draairichting van ramen/deuren	18
bediening verwarming/warmwatervoorziening	12
lawaai van binnen de woning	11
plaats van radiatoren	8
schoonhouden van de woning	7

2.4 Prioriteitstelling voor aanpak

Gelet op de veelheid van chemische, biologische en fysische agentia en stimuli in het binnenmilieu, de complexiteit van de materie en ter vermijding van ad hoc beslissingen naar aanleiding van incidenten "in het veld", is er, om prioriteiten in beleids- en aandachtsgebieden beter te kunnen vaststellen, door TNO een methode ontwikkeld om het aantal te bestuderen agentia in het binnenmilieu van woningen te reduceren en te ordenen naar risico voor de gezondheid (Van Dongen et al, 1989).

Tevens is als "raamwerk" een systeem van indicatoren aangedragen op basis waarvan per afzonderlijke agens c.q. stimulus een "mini-criterium document" zou kunnen worden beschreven.

De volgende ordeningsindicatoren zijn hierin onderscheiden:

- eigenschappen (waaronder vorm van vóórkomen);
- oorzaak/bronnen en emissies (inclusief aard van emissies en bewonersgedrag);
- verspreiding en gedrag (reëmissie, depositie, opnametracees, blootstellingsroutes, etc.);
- blootstelling/belasting (concentratie-eenheden, meetmethoden, tijdspatronen, etc.);
- effect (type, aard, synergismen, gevoelige groepen);
- grenswaarden (beschikbare normen, etc.);

- risicoschatting (omvang van populaties, te verwachten effecten, trends);
- maatregelen ter vermindering van blootstelling (waaronder interventie);
- informatiebronnen.

2.4.1 Relevante fysische agentia of stimuli

De belangrijkste fysische agentia of stimuli die in het binnenmilieu van woningen een rol spelen zijn:

- **thermische factoren** (luchttemperatuur, stralingstemperatuur en lichtsnelheid);
- **geluid** (van buiten, van buurwoningen, vanuit de eigen woning);
- **niet-ioniserende straling** (radiofrequente straling en microgolven, infrarode straling, zichtbaar licht, ultraviolette straling);
- **ioniserende straling** (radon);
- **lucht-ionisatie** (positieve-negatieve ionenbalans).

In hoofdstuk 9 worden de fysische factoren nader aan de orde gesteld.

2.4.2 De belangrijkste chemische agentia

Met betrekking tot de chemische agentia heeft bovengenoemde selectie, alsmede een indicatieve rangordening van een 50-tal stoffen plaatsgevonden (Lanting en de Mik, 1991). Tevens zijn adviezen uitgebracht over welke stoffen nader onderzoek gewenst is.

De toegepaste selectie is gebaseerd op:

- MAC-waarden, met een nadere clustering op basis van (carcinogene) effecten en naar broncategorieën en activiteiten (MAC-waarden zijn beleidsmatig vastgestelde Maximaal Aanvaarde Concentraties, die gelden voor de werkplek);
- een selectie op basis van de advieswaarden van het RIVM en de WHO;
- een selectie op basis van geurdrempels.

De ordeningen zijn tot stand gekomen door middel van een scoringsmethode gebaseerd op vier parameters:

- het vóórkomen in het binnenmilieu van bronnen (als indicator voor de omvang van de potentieel blootgestelde populatie);
- emissieprofielen (blootstellingsduur en frequentie) over een bepaalde tijdsperiode;
- concentraties (niveau van blootstelling);
- een effect-criterium (het potentiële effect op de mens, variërend van hinder tot overlijden).

Ofschoon de methode van selectie in feite niet discriminerend genoeg is om er een definitieve "harde" waarde aan toe te kunnen kennen, zijn hier (in tabel 2.3) ter oriëntering toch de "top-10" geselecteerde agentia en de bronnen en gezondheidseffecten daarvan aangegeven.

Tabel 2.3. Tien belangrijke chemische agentia in het binnenmilieu

Bron: Lanting en de Mik, 1991

Agens	Bron/Activiteit	Effect
kooldioxide (CO ₂)	verbrandingstoestellen, mens	neurologisch
koolmonoxide (CO) (1 uur)	verbrandingstoestellen	neurotoxisch
formaldehyde (HCHO)	bouwmateriaal, meubels, tabaksrook, kledingstoffen	waarschijnlijk carcinogeen, sensibiliserend, irriterend
stikstofdioxide (NO ₂) (1 uur)	verbrandingstoestellen	irriterend
benzeen	tabaksrook, inpandige garages, bouwmateriaal	carcinogeen, neurotoxisch
nicotine	tabaksrook	neurotoxisch
stikstofdioxide (NO ₂) (24 uur)	verbrandingstoestellen	irriterend
stof (respirabel, PM10)	tabaksrook	irriterend
zwaveldioxide (SO ₂)	verbrandingstoestellen	irriterend
endosulfan	insecticide	neurotoxisch

De chemische agentia en bronnen daarvan die op basis van de selectieprocedure prioritair aandacht vragen zijn ook in zogenaamde **stofgroepen** aangegeven. Deze zijn:

- **verbrandingsgassen** uit verbrandingstoestellen;
- **carcinogene** en **irriterende stoffen** in **tabaksrook**;
- **insecticiden, fungiciden, bactericiden** en **desinfectantia** uit bestrijdingsmiddelen (houtverduurzaming, plaagbestrijding, conservering);

- **aldehyden en carbonzuren** uit bindmiddelen in houtprodukten, vloerbedekking en textiel;
- **aromaten en alifaten** uit organische oplosmiddelen (bouwmaterialen, verven en brandstoffen);
- **ftalaatesters** uit weekmakers (plastics, verven, lijmen, vloerbedekking);
- **isocyanaten** uit verven, isolatiefoams en lijmen;
- **glycolethers en -esters, alkoholen, conserveermiddelen** uit watergedragen verfsystemen en reinigings/onderhoudsmiddelen;
- **kwik** uit kwikthermometers;
- **chloorkoolwaterstoffen** uit bouwmaterialen, vloerbedekking, reinigingsmiddelen, leidingwater.

In het tweede deel van deze publikatie, in hoofdstuk 10, wordt nader ingegaan op de meest relevant geachte chemische agentia.

2.4.3 Relevante biologische agentia

Vanwege de complexiteit van de materie is het vooralsnog niet haalbaar gebleken, in analogie met de chemische agentia, een rangordening van biologische agentia in het binnenmilieu van woningen ten behoeve van de prioriteitsstelling van aanpak op te stellen. Wel kan worden gesteld dat met het oog op de omvang, aard en ernst van de mogelijke gezondheidseffecten **huis(stof)mijten** en **huisdieren** veruit de belangrijkste biologische (micro)organismen of vectoren daarvan vormen, op grote afstand gevolgd door **schimmels**. En ofschoon voornamelijk van buiten afkomstig, zijn (**gras**)**pollen** ook van belang.

In hoofdstuk 11 komen bovengenoemde biologische agentia aan de orde en ook organismen als **bacteriën** en **protozoën**, **insekten**, **vogels**, **planten** en **organisch stof**.

2.4.4 Belangrijke voorwaardenscheppende agentia

Tenslotte worden als **aparte** groep twee speciale voorwaardenscheppende of "agentia dragende" groepen "stoffen" onderscheiden, te weten:

- **vocht** (vochtgehalte, relatieve luchtvochtigheid, vochtproductie, vochtbronnen);
- **stofdeeltjes** (zwevend of gedeponiseerd huisstof met biologische organismen, organische verbindingen en anorganische stoffen).

Ze zijn van belang omdat ze in sterke mate de mediator of basisconditie of "drager" vormen voor het vóórkomen of het op gaan treden van fysische, chemische en biologische agentia.

Alvorens in deel II de diverse agentia te beschrijven, wordt ondermeer in hoofdstuk 8 nader op de intermediërende factoren ingegaan.

2.4.5 Binnen-buiten relatie

Opgemerkt moet worden dat tal van fysische, biologische en chemische omgevingsfactoren afkomstig van bronnen **buiten** de woning ook het binnenmilieu en de gezondheid kunnen beïnvloeden. Voorbeelden zijn geluid, radon uit de bodem, emissies van het verkeer en industrie (CO, NO_x, benzeen, lood, koolwaterstoffen), stank, pollen en tal van andere microbiologische agentia.

Waar dit relevant wordt geacht, en voorzover gegevens hierover bekend zijn, wordt ook de binnen-buiten relatie behandeld (zie ondermeer de paragrafen 5.2.5, 7.3.6 en 9.1.4).

3. GEDRAGSASPECTEN

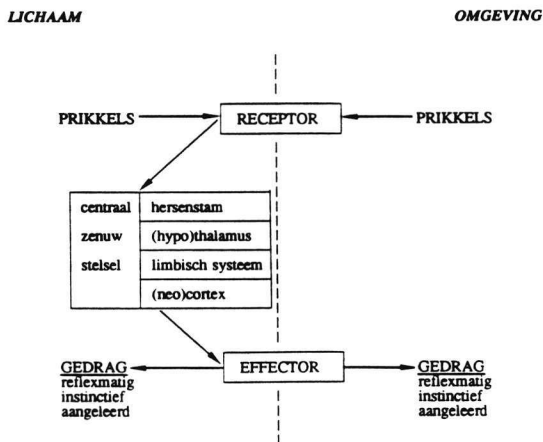
3.1 Prikkels en gedrag

In de interactie van de mens en het milieu speelt uiteraard het (feitelijke) gedrag, de reacties die men vertoont, een grote rol.

Gedrag kan worden gedefinieerd als: elke (waarneembare cq meetbare) **reactie** op een verandering (een **prikkel**, **stimulus** of ook wel een **agens** genoemd) in de omgeving of in het lichaam (inclusief de hersenen).

Figuur 3.1 laat schematisch het proces van de verwerking van endogene en exogene prikkels tot autonome reflexen en instinctieve en aangeleerde gedragingen zien.

Figuur 3.1 Schematische weergave van de totstandkoming van gedrag als reactie op een prikkel



Prikkels kunnen zowel afkomstig zijn vanuit het lichaam zelf (endogene prikkels), als vanuit de omgeving (exogene prikkels).

De prikkels (stimuli) worden opgevangen door **receptoren**.

In het geval van exogene prikkels treden de **zintuigen** op als receptoren. Endogene prikkels worden veelal rechtstreeks (autonoom) door het zenuwstelsel verwerkt.

De receptor vertaalt de prikkel in een "actiestroom" die via de sensorische zenuwbanen naar het **centrale zenuwstelsel** (C.Z.S.) wordt geleid. "Van onderaf" (en in de volgorde van evolutionaire ontwikkeling) beschouwd, bestaat het centrale zenuwstelsel uit de **medulla** (de **hersenstam**; als het verlengde van het ruggemerg), de **hypothalamus** en de **thalamus** (de kleine hersenen), het **limbisch systeem** en de (neo)cortex (de grote hersenen).

De prikkels worden, na selectie en vergelijking met reeds aanwezige "informatie" via de thalamus, enerzijds "naar beneden doorgeschakeld" naar de hypothalamus en de hersenstam en anderzijds "naar boven" naar de (neo)cortex (grote hersenen).

Een essentiële rol spelen hierbij tientallen overdrachtsstoffen (neurotransmitters), die het transport van prikkels van de ene zenuwcel naar de ander bevorderen of remmen. Belangrijke transmitters, die niet alleen het lichamelijk, maar ook het psychisch functioneren (zoals "de stemming") bepalen zijn acetylcholine, noradrenaline, serotonine, dopamine en gamma-amino-boterzuur (Vroon, 1989).

In de hersenstam bevinden zich de **effectoren**, de spieren en klieren, die het verrichten van essentiële functies mogelijk maken zoals hartslag, temperatuurregeling, ademhaling, spijsvertering, afscheiding van vocht en reflexieve lichamelijke reacties en expressies zoals het oogknippen, lichaamshoudingen en gelaatsuitdrukkingen.

De hypothalamus regelt het onwillekeurige autonome zenuwstelsel en prikkelt de hypofyse, van waaruit de hormonenproductie wordt gestuurd. Samen zijn de hypothalamus en de hersenstam verantwoordelijk voor het instinctieve gedrag en "basale" emoties.

De (neo)cortex dient ervoor om gedifferentieerd te kunnen waarnemen en dient voor het inprenten en gebruiken van symbolische informatie. Grote delen van het geheugen, het taal- en het denkvermogen zijn er gevestigd, inclusief de geïnternaliseerde sociaal bepaalde regels op het gebied van de emoties en gedrag.

In het zogenaamde limbische systeem, dat de scheiding vormt tussen de lagere hersenen (de hersenstam en de hypothalamus) en de hogere hersenen, vindt de coördinatie en "afremming" plaats van de "basale" emoties en gevoelens. **Geuren** (maar in mindere mate ook andere stimuli, zoals bepaalde **geluiden** en **pijn**) die een evolutionaire functie hebben

(voortplanting, waarschuwing tegen gevaar) worden primair verwerkt in het limbische systeem, dat ook wel de reukhersenen wordt genoemd. Verondersteld wordt dat ze daardoor sterke onbewuste gevoelens en "arousal" stemmingen kunnen oproepen (Vroon, 1989, 1990). Als er geen gewinning optreedt of als de oorzaak of bron van de (geur)prikkel niet naar bevrediging verklaard kan worden, blijft waakzaamheid of een gevoel van hinder aanwezig.

De reacties op een prikkel, de **gedragingen**, zijn verschillend van aard. In de gevallen dat de reactie genetisch vastligt, zal het gedrag altijd hetzelfde en dus voorspelbaar zijn en meestal ook gelijk bij alle individuen van dezelfde soort.

Bij enkelvoudige reacties spreken we van **reflexen** ofwel automatische reacties (bijvoorbeeld een pupilreflex of het oogknipperen voor zover dit dient om de oogbol te bevochtigen). Bij complexe gedragspatronen spreken we van **instinctief gedrag**. Dit is met name het geval wanneer endogene prikkels een grote rol spelen in het gedrag (hongergevoel, seksueel gedrag).

Dergelijke fysiologische prikkels bouwen in het individu een motivatietoestand (drift) op, een bereidheid het gedrag te vertonen wanneer een adequate exogene prikkel zich voordoet. Soms kan deze drift leiden tot zoekgedrag, het zoeken naar de adequate prikkel.

Naast instinctief gedrag bestaat er ook **aangeleerd gedrag**, een reactie op prikkels die worden getoetst aan zelf verworven en in het geheugen opgeslagen informatie. Bij de mens speelt aangeleerd gedrag een zeer belangrijke rol in het totale gedragsrepertoire. Zijn leefomgeving is grotendeels zelfgemaakt, waarbij de opbouw en handhaving ervan geheel berusten op aangeleerd gedrag.

3.2 Processen van informatieverwerking en gedrag

Van alle stimuli of prikkels die mensen dagelijks te verwerken krijgen, wordt slechts een deel min of meer bewust waargenomen. Onze perceptie is selectief. Of stimuli onze aandacht krijgen en tot een reactie leiden hangt van veel factoren af. Enerzijds gaat het

daarbij om kenmerken van stimuli als: grootte, intensiteit, levendigheid, herhaling; anderzijds leiden behoeften, waarden en bepaalde persoonlijkheidskenmerken van personen tot selectieve aandacht. Iemand die honger heeft zal bij blootstelling aan meerdere geuren eerder de geur van vers brood herkennen dan iemand die zo juist gegeten heeft.

Een voorbeeld van hoe motieven, gebaseerd op behoeften, kunnen leiden tot selectieve waarneming en gedrag is te geven aan de hand van Festingers theorie over cognitieve dissonantie. Dissonantie treedt veelal op na beslissingen waarop niet is terug te komen. Men is geneigd informatie en stimuli die in overeenstemming zijn met de genomen beslissing eerder op te merken (en het belang daarvan te benadrukken) en stimuli die strijdig zijn met de genomen beslissing niet waar te nemen, of het belang ervan te relativiseren. Na de aanschaf van een huis, gelegen aan een drukke verkeersader zal men vooral het levendige beeld waarnemen en waarderen en het lawaai, vooral als dit tegenvalt, negeren. Een ander voorbeeld van een motivatietheorie betreft de theorie over de relatieve deprivatie (Runciman, 1967).

Van **relatieve deprivatie** is sprake als men zich achtergesteld weet of voelt ten opzichte van vergelijkbare anderen en men zich ervan bewust is dat maatregelen ter verbetering van het object of een situatie mogelijk zijn. Een en ander kan ertoe leiden dat de waardering van een stimulus of de beoordeling van een effect (wellicht te) **negatief** wordt. Bijvoorbeeld hinder door wegverkeersgeluid wordt sterker ervaren als mensen in de gaten krijgen dat de buren een betere geluidisolatie van de woning hebben gekregen dan zichzelf.

Een tegenwoordig zeer gangbare motivatietheorie betreft de attitudetheorie van Fishbein & Ajzen (1975) ter verklaring van gedrag. Attitude is de emotionele geneigdheid om op een bepaalde wijze (positief, neutraal, negatief) te reageren ten aanzien van iets of iemand. De attitude is gebaseerd op kennis en ervaring (cognities) met het object of stimulus.

Naarmate de attitude sterker is, zal men ook meer geneigd zijn iets te ondernemen. Sprake is dan van een **gedragsintentie** met betrekking tot de stimulus of agens. In het

zogenaamde Fishbein-model worden de intenties niet alleen bepaald door de aard en sterkte van de **attitude** (die weer bepaald wordt door "beliefs" ofwel persoonlijke opvattingen), maar ook door de zogenaamde **subjectieve norm**, het idee dat de persoon over zichzelf heeft in hoeverre het (sociaal) wenselijk is dat hij/zij een zeker gedrag uitvoert (Fishbein en Ajzen, 1975).

Tallose factoren zoals het **kennisniveau**, het **gewoontegedrag** of de **mogelijkheid** om te reageren of de omgeving te veranderen spelen een rol voordat een gedragsintentie overgaat in **feitelijke ("overt") gedrag**. Zo blijkt dat het ondervinden van hinder lang niet bij iedereen daadwerkelijk leidt tot het indienen van een klacht. Of een ander voorbeeld: het hebben van een milieubewuste attitude wil geenszins zeggen dat men zich ook milieuvriendelijk gedraagt.

Ondermeer in het kader van energiebesparingsprojecten is veelal gebruik gemaakt van het theoretische voorlichtingsmodel van Fishbein en Ajzen (1975). Opgemerkt kan worden dat dit model vooral gericht is op het veranderen van opvattingen ("beliefs") en dat de voorspellende waarde ervan op het feitelijke gedrag beperkt is (Ester, 1984; Ritsema, 1982).

Een rol spelen ook mechanismen die in het kader van **stress-theorieën** worden gehanteerd: **activatie** (van centraal zenuwstelsel), **appraisal** (= beoordeling: in eerste instantie vragend "Wat gebeurt er?", in tweede instantie "Weet ik een oplossing?") en **coping** (het kiezen van een respons-strategie om de discrepantie tussen strevingen en mogelijkheden te verminderen).

Bij een **externe coping** wordt de omgeving aangepast aan het gewenste gedrag, de behoeften en doeleinden, bij **interne coping** past men zijn (gedrags)behoeften of doeleinden aan aan de beperkingen uit de omgeving of wordt de mentale inspanning verhoogd (Evans, 1982; Vroon, 1990; Van Kamp, 1990).

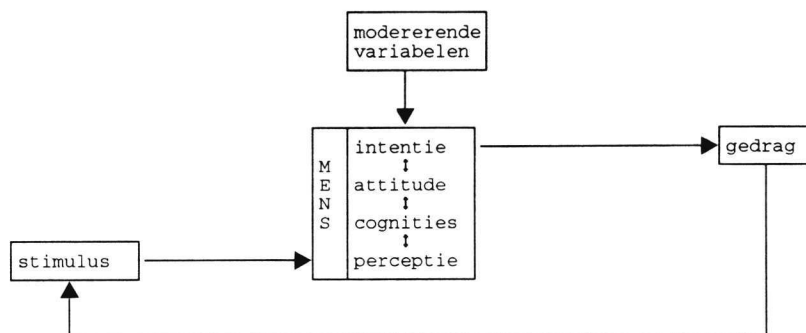
De cognitie en de attitude (met bovenstaande psychologische mechanismen) bepalen dus een **respons** die niet alleen tot uitdrukking hoeft te komen in manifeste gedragsuitingen, maar ook in de **beleving**. Het ondervinden van **hinder** door een stimulus of agens is zo'n

belevingsvorm (een vorm die, zoals eerder al is gesteld, hier duidelijk ook als een gezondheidseffect wordt beschouwd).

In figuur 3.2 is bovenstaande geïllustreerd.

Figuur 3.2 Model van informatieverwerking

Bron: de Jong en Olierook, 1992



Bij het proces van informatieverwerking is veelal in eerste instantie sprake van een respons die tot uitdrukking komt in termen van **hinder**, bijvoorbeeld veroorzaakt door geluiden of geuren. Maar ook **astmatische allergische reacties** kunnen optreden naar aanleiding van louter het waarnemen van **geuren** van bijvoorbeeld tabaksrook en parfums (Aldrich en Brooks, 1992).

Het feit dat naast de feitelijke belasting (de dosis) dus ook modererende zoals sociale en psychologische factoren een rol spelen, betekent niet dat hierdoor hinder als een minder "hard", als een "te subjectief" en gemakkelijk te manipuleren en te beïnvloeden effect opgevat mag worden. Immers, door de betrokken slachtoffers wordt de hinder als reëel ervaren en wordt een situatie als hinderlijk gedefinieerd, en dus is deze reëel in zijn consequenties (Thomas, 1970).

3.3 Perceptie van lichaamssymptomen

Er is sprake van een lichaamssignaal of lichaamssymptoom als de **waarneming** en/of **beleving** betrekking heeft op de staat van ons lichaam. **Symptomen** zijn gewaarwordingen, die zijn onderworpen aan dezelfde perceptuele en cognitieve regels die de perceptie van externe stimuli besturen, zoals in paragraaf 3.2 reeds is beschreven.

Een symptoom is vaak, maar niet altijd, gebaseerd op fysiologische activiteit en vertegenwoordigt informatie over het functioneren van het lichaamssysteem, door toxicologen en medici ook wel het "interne milieu" genoemd (niet te verwarren met het binnenmilieu in woningen als omgevingsfactor!).

Als zodanig zijn symptomen gerelateerd aan bijna alle, zowel instinctieve als aangeleerde, gedragingen zoals eten, drinken, slapen, maar ook medicijngebruik en doktersbezoek. Hierbij zijn de lichaamssignalen zowel oorzaak als gevolg van gedragingen.

De mens blijkt niet erg accuraat te zijn in zijn waarneming van fysiologische activiteit van het lichaam (Pennebaker, 1982). Symptoomrapportage blijkt te zijn onderworpen aan een aantal verstoringen en afwijkingen.

Behalve de in paragraaf 3.2 genoemde mechanismen, zoals relatieve deprivatie en reducties van cognitieve dissonanties, kunnen ook onderstaande beïnvloedende factoren worden onderscheiden:

- Oriëntering ofwel **competitie** van signalen:

De kans dat een bepaald symptoom wordt herkend hangt deels af van het aantal en het karakter van de concurrerende stimuli en de aanwezige ervaring. Immers, gegeven de beperkte capaciteit van een individu om informatie te verwerken, zijn interne en externe sensorische gegevens vaak in competitie voor verwerking.

- Theorieën en **selectief** zoeken:

Perceptie hoeft niet alleen passief te zijn, maar kan ook actief gebeuren. De mens zoekt actief naar informatie in zijn pogingen de interne en externe omgeving te begrijpen. Gezien de hoeveelheid potentieel beschikbare informatie, worden inkomende

gegevens georganiseerd en gereduceerd door uit te gaan van theorieën, hypothesen en verwachtingen. Meestal neemt de mens een grote hoeveelheid lichaamssignalen waar, die vaag, diffuus en subjectief zijn. De perceptie en interpretatie van dit soort symptomen zal in grote mate worden beïnvloed door de hypothesen die we hanteren.

- **Gevolgtrekking:**

Het gevolgtrekkingsfacet geeft aan dat een persoon symptomen rapporteert die zijn gebaseerd op andere informatie dan de veronderstelde sensorische bron. Mensen maken simpelweg "educated guesses" over de symptomen die ze in een bepaalde situatie zouden kunnen waarnemen, zonder ze ook werkelijk te voelen (Pennebaker, 1982).

3.4 Sociologische factoren

In z'n algemeenheid wordt een relatie tussen het wonen en het welbevinden (inclusief de ervaren gezondheid) mede bepaald door sociale factoren zoals (woon)traditie, cultuur, levenswijze en sociale organisatie (Ackermans et al, 1974, 1975; Danz, 1981).

Ook als mensen wordt gevraagd aan te geven of ze (wel eens) bepaalde symptomen (gezondheidsklachten) hebben gehad, dan blijkt de incidentie aanzienlijk te variëren als een (niet aangetoond causale) functie van demografische en culturele variabelen.

Of in sociologische termen, ontleend aan Elias, geformuleerd: het ervaren van een symptoom (hinder, irritatie, pijn) heeft niet alleen te maken met een objectief meetbare stimulus of medisch vastgestelde aandoening, maar is een aspect van het totaal van figuraties waarvan een betrokkene deel uitmaakt (Elias, 1971).

Figuraties zijn "interdependentiestructuren" (netwerken van afhankelijkheidsrelaties), die mensen op grond van hun wederzijdse afhankelijkheden vormen met min of meer labiele "machts-balansen" van het meest uiteenlopende niveau: van staten, van steden, van sociale lagen, arbeid, gezinnen, maar ook op individueel psychologisch niveau.

Centraal in de theorie van Elias is zijn constatering dat, omdat mensen in Europa in de loop van de geschiedenis steeds afhankelijker van elkaar zijn geworden om te kunnen

overleven, ze daardoor niet alleen steeds **gevoeliger** ("geciviliseerder") zijn geworden voor de mening, het gedrag en pijn (zowel geestelijk als lichamelijk) van **anderen**, maar ook jegens **zichzelf**.

Bovendien reageert men, naarmate zijn/haar positie binnen een figuratie **afhankelijker** wordt, gevoeliger op symptomen die men bij zichzelf en anderen waarneemt.

In z'n algemeenheid blijkt uit onderzoek inderdaad dat de "zwakkeren in macht" binnen een figuratie, zoals oudere mensen, vrouwen en voorheen getrouwde mensen, meer symptomen rapporteren dan jongeren, mannen en gehuwden.

Een hogere sociaal-economische status is lineair verbonden met minder symptomen, werkenden en blanken rapporteren minder symptomen dan werkelozen en niet-blanken. Uiteraard is de kwaliteit van de woning en woonomgeving hieraan ook nauw verbonden: over het algemeen wonen de "zwakkeren" slechter dan de "sterkeren" en zullen slechtere woningen tot meer klachten leiden dan kwalitatief goede woningen.

3.5 Het ervaren wooncomfort

Om inzicht te krijgen in welke mate binnenmilieufactoren van invloed zijn op het algemene oordeel van de bewoners over hun woning, is het in paragraaf 2.3.1 genoemde onderzoek van Heijs naar kenmerken die het algemene wooncomfort bepalen interessant (Heijs, 1992). In deze context kan het begrip **wooncomfort** worden beschouwd als een fysische, object-gebonden eigenschap van een woning, die het fysieke en psychische welzijn van de bewoners beïnvloedt.

De belangrijkste elementen die (met onderlinge overlappingsen) het wooncomfort blijken te bepalen en die tevens in sterke mate correleren met de mate van **tevredenheid met de woning** als geheel zijn (in volgorde van sterkte van de correlatie met de tevredenheid):

- **Het ruimtelijk comfort:**

Dit heeft betrekking op de grootte, plattegrond en aanwezigheid van ruimte(n) voor het uitvoeren van huishoudelijke en sociale activiteiten. De mogelijkheid tot **privacy**

speelt hier ook een rol. Tevens wordt het ruimtelijk comfort hoger ervaren bij een goede warmte-isolatie, een groter **gebruikersgemak** van de verwarming en de warmwatervoorziening en de aanwezigheid van een zelf regelbare thermostaat.

- Het **visueel comfort**:

Dit blijkt samen te hangen met de daglichttoetreding, overheersend lichte kleuren in woon- en slaapkamers, de bouwtechnische toestand, het beschikken over een voor- en achtertuin, de mate van vrije ligging ten opzichte van andere woningen.

- Het **bewegings-, gezondheids- en veiligheidscomfort**:

Aspecten die hier van invloed zijn, zijn de gepercipieerde veiligheid van trappen, problemen met het **schoonhouden** van de woning (wat weer samenhangt met de kwaliteit van de warmwatervoorziening), de bouwtechnische toestand en het hebben van een open keuken.

- Het **olfactorisch (geur) comfort** (met name stank vanuit de eigen woning):

Gebleken is dat vooral bij de categorie huisvrouwen stank van binnen de woning (open keuken, toiletten, riolering) vrij sterk van invloed is op het ervaren totale wooncomfort.

- Het **lay-out comfort** (voorzieningen, vertrekken, verkeersruimten, plaats voor kasten);

- Het **auditief comfort** (geluiden van buiten of van binnen);

- Het **bergingscomfort** (de hoeveelheid kastruimte);

- Het **thermisch milieu comfort**:

Dit is vooral afgeleid uit problemen met **ventilatie** en **vocht** en vochtplekken in de woning. Het thermisch milieu wordt ook minder goed ervaren als problemen worden ondervonden met de **draairichting** van ramen en deuren, alsmede bij toenemend **gebruikersgemak** van de warmwatervoorziening (in de volgorde van één geiser - CV combiketel - twee voorzieningen). Verder is gebleken dat de vervulling van de behoefte aan een voldoende thermisch milieu toeneemt met de **leeftijd** van de hoofdbewoner (met uitzondering van de leeftijdscategorie 35-40 jaar, die het meest kritisch oordeelt). Of anders gesteld, vocht en ventilatieproblemen lijkt men minder belangrijk te vinden naarmate men ouder wordt.

- Het **thermisch klimaat comfort**:

In relatie tot de mate van tevredenheid over de woning als geheel staat het thermisch klimaat comfort minder prominent op de comfort-hiërarchie lijst.

Afwezigheid van isolatievoorzieningen en lokale verwarming (in plaats van centrale verwarming met een goede thermostaat) en wellicht deels daarmee samenhangend het beschikken over een grotere woning leiden tot een slechter ervaren thermisch klimaat comfort. Een als goed ervaren bouwtechnische toestand en de aanwezigheid van donkere kleuren bleek samen te hangen met een goed ervaren thermisch klimaat.

Ook is gevonden, dat bij respondenten die minder **doe-het-zelf** activiteiten verrichten in woningen en bij mensen met een minder goede lichamelijke **gezondheid** (vaak **ouderen**) de behoefte aan een voldoende thermisch klimaat minder wordt vervuld.

Behalve bovenstaande, elkaar deels overlappende factoren die van invloed zijn op het welbevinden en het ervaren van comfort in woningen, kunnen een reeks van fysische, chemische en biologische factoren worden opgesomd die, meer specifiek, relevant zijn voor de relatie tussen de (ervaren) gezondheid en het binnenmilieu in woningen. Deze komen in het vervolg in de hoofdstukken 9, 10 en 11 uitgebreid aan de orde.

4. GEZONDHEIDSEFFECTEN

4.1 Gezondheid en typen gezondheidseffecten

Vanuit het uitgangspunt (ook verwoord in het WHO beleidsdocument "Health for all in the year 2000") dat onder "gezond" niet alleen het ontbreken van ziekte of lichamelijk gebrek moet worden verstaan, maar ook het ontbreken van een geestelijk niet-welbevinden, van hinder en van overlast, wordt wat onder "gezondheid" wordt verstaan breed opgevat.

Iets concreter, hier wordt conform de opvatting van de Gezondheidsraad in zijn rapport "Advies inzake uitgangspunten voor normstelling" (1985) onder het begrip gezondheid het volgende verstaan:

Gezondheid is een in principe niet-statische toestand van het organisme, waarvan het functioneren naar eigen oordeel en volgens geneeskundigen niet te wensen overlaat gezien in het licht van gegeven lichamelijke en geestelijke vermogens, afgemeten aan leeftijd, geslacht, de toestand van de bevolking waartoe het individu behoort en getoetst aan inzichten zoals die bestaan afhankelijk van de stand van de wetenschap en de daarop stoelende doeleinden in de gezondheidszorg, de tijd waarin men leeft, het cultuurpatroon en de maatschappelijke opvattingen.

De volgende typen of niveaus van ongewenste gezondheidseffecten kunnen worden onderscheiden:

- overlijden
- niet-herstelbare klinische effecten
- herstelbare klinische effecten
- subklinische klachten ("vage" lichamelijke klachten)
- hinderreacties (irritaties) en verstoring (bijvoorbeeld bij het verrichten van activiteiten als slapen en praten, maar door angst en schrik).

Ofschoon niet in directe zin sprake is van een gezondheidseffect, kunnen ook zaken als een aantasting van ervaren comfort of esthetische bezwaren ook leiden tot een gevoel van aantasting van het welbevinden.

Bij blootstelling aan een bepaald verontreinigend agens wordt de relatie tussen de blootstelling, de omvang van optreden en het type gezondheidseffect ook wel geïllustreerd als in figuur 4.1. Bij het optreden van ernstige milieuverontreiniging doen zich bij relatief weinig mensen ongewenste gezondheidseffecten voor, terwijl bij relatief veel mensen fysiologische veranderingen van onduidelijke betekenis optreden. De stippellijn in de figuur geeft aan dat vaak niet duidelijk vast te stellen is wanneer fysiologische veranderingen overgaan in ongewenste gezondheidseffecten.

Figuur 4.1 Verdeling van milieu-effecten over de bevolking

Bron: RIVM, 1991



4.2 Gezondheidsecologie

In de ecologische benadering van gezondheid en ziekte staat de wisselwerking tussen mens en milieu centraal.

Gezondheid kan vanuit deze benadering ook worden gedefinieerd als *het vermogen zich aan te passen aan de voortdurende veranderingen in de omgeving*.

Vanuit deze definitie kan zowel het individu als zijn omgeving als gezond of ongezond worden beschouwd.

De determinanten van gezondheid en ziekte kunnen worden onderscheiden in endogene en exogene.

De **endogene** determinanten hangen samen met de constitutie van het individu.

De **exogene** determinanten worden gevormd door alle factoren van fysische, chemische, biologische en sociaal-culturele aard, die samen het leefmilieu vormen.

In de gezondheidsecologie worden milieufactoren onderscheiden naar hun betekenis voor individuele mensen en hun gezondheid, waarbij de mate van noodzaak van het vóórkomen van deze factoren (of specifieke agentia) voor het functioneren van het **lichamelijke systeem** de norm vormt.

Onderscheid wordt gemaakt in:

- **systeemgebonden factoren:**

Deze horen in de wisselwerking tussen de mens en zijn milieu thuis en zijn noodzakelijk. De norm is hier een optimum: een tekort is evenzeer schadelijk als een teveel. Voorbeelden zijn: zuurstof, zintuigprikkeling, sociaal contact en microflora van mond, huid en darmen.

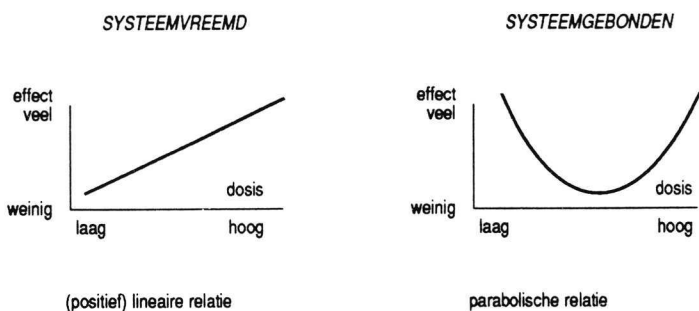
- **systeemvreemde factoren:**

Deze zijn niet noodzakelijk in de wisselwerking tussen mens en milieu en zijn (meestal) schadelijk. Voor deze in principe ongewenste factoren is het optimum het nulpunt; de aanwezigheid moet tot een minimum beperkt worden en ze zijn hoogstens tot een bepaalde grenswaarde aanvaardbaar, het zogenaamde "no-(adverse)-effect-level".

Milieuverontreiniging is een voorbeeld van dergelijke factoren van antropogene aard. Wanneer we het lichaam als een afzonderlijk ecosysteem opvatten, dan zijn ook natuurlijke factoren zoals pathogene microorganismen, parasieten en giftige stoffen van plantaardige en dierlijke herkomst systeemvreemde factoren.

Figuur 4.2 illustreert op vereenvoudigde wijze de dosis-effect relaties die te verwachten zijn. Als de dosisifyactor systeemvreemd is, ligt een lineaire relatie voor de hand, bij een systeemgebonden factor is meer sprake van een parabolische relatie.

Figuur 4.2 Systeemvreemde en systeemgebonden dosis-effect relaties



Of mensen door agentia die de gezondheid kunnen bedreigen worden besmet en of deze besmetting tot ziekte leidt, is afhankelijk van de wisselwerking tussen specifieke eigenschappen van het individu (bijvoorbeeld het weerstandsvermogen of de mate van immuniteit), van het agens en van de omgeving.

Milieufactoren die relevant zijn voor de relatie tussen (ervaren) gezondheid en binnenmilieu zijn de hiervoor reeds genoemde fysische, chemische en biologische factoren en sociale en psychische factoren.

Daarnaast spelen ook nog andere factoren een belangrijke rol in de relatie mens-milieu zoals **voeding** (eiwitten, koolhydraten, vetten, vitaminen) en verschijnselen als **bioritmen**. Laatstgenoemde factoren zullen evenwel niet of slechts in beperkte mate aan de orde komen.

4.3 Biologische basisconstitutie

De biologische basisconstitutie, het functioneren van het menselijk lichaam als systeem, bepaalt hoe de waarneming van en de (afweer)reactie op prikkels uit de omgeving (agentia en stimuli) plaatsvindt in het lichaam. Hierop zal in het vervolg kort worden ingegaan.

4.3.1 Zintuiglijke vermogens

Het al of niet in de gaten hebben dat men blootgesteld is aan vooral de chemische, maar ook de fysische en biologische agentia en stimuli is afhankelijk van de zintuiglijke vermogens van mensen: het zien, horen, ruiken, voelen en proeven (zie ook paragraaf 3.1).

Deze vermogens kunnen van persoon tot persoon aanzienlijk verschillen (leeftijd en sexe kunnen hier van invloed zijn), maar ze kunnen ook per persoon van moment tot moment, en ook afhankelijk van de "achtergrondruis", variëren.

4.3.2 A-specifieke afweer

Voor wat betreft de chemische en biologische agentia geldt, dat deze er meestal na contaminatie niet in slagen het lichaam binnen te dringen. Er bestaat namelijk een complex van a-specifieke mechanische, chemische en biologische barrières die het merendeel van de potentiële indringers kan tegenhouden.

De intacte **huid** vormt op zichzelf een voor de meest micro-organismen onneembare mechanische barrière. Door een zuurafscheiding aan het oppervlak worden bovendien de meeste bacteriën gedood.

Bij alimentaire (**voedsel**-)opname van pathogenen vormt de maag een hindernis door zijn hoge zuurgehalte (= lage pH waarde) en de darm door zijn darmflora.

Bij respiratoire opname (**ademhaling**) vormt de "slijmroltrap" van het **trilhaarepitheel** in de luchtwegen een barrière tegen pathogenen. Om hier nader op in te gaan:

Bepaalde verontreinigingen en, bijvoorbeeld, **koude droge lucht** kunnen echter de activiteit van dit epitheel verminderen en daarmee de kans op **luchtweginfecties** verhogen.

In secreties van huid en **slijmvliezen** bevindt zich een enzym met bacteriebestrijdende werking op lokaal niveau. Wanneer lichaamsvreemde **pathogenen** in niet te grote aantallen het lichaam zijn binnengedrongen, worden ze door fagocytose of een ontstekingsreactie opgeruimd.

Bij het falen van deze specifieke barrières, waarbij pathogenen het lichaam binnendringen, volgt de specifieke immuunrespons die hierna wordt beschreven.

4.3.3 Het immuunsysteem

Immunitet is het **weerstandsvormogen** tegen een aandoening of ziekte tengevolge van een eerder contact ermee. Het functioneren van het immuunsysteem is bepalend voor de fysiologische reactie van mensen op agentia in hun omgeving.

Het immuunsysteem omvat zowel een algemene a-specifieke afweer als een specifieke en kan verder worden onderverdeeld in een humoraal deel (afweerstoffen in de bloedbaan) en een systeem dat berust op cellulaire afweer (macrofagen, lymfocyten).

De specifieke humorale immunitet berust op de aanwezigheid van **antilichamen**, die specifiek zijn gericht op het neutraliseren van **antigenen**, lichaamsvreemde stoffen die een humorale immuunreactie oproepen. Antigenen kunnen bijvoorbeeld produkten zijn afkomstig van mijten, schimmels, bacteriën, pollen, huidschilfers, insecten en vogels, maar ook uit synthetische organische verbindingen en anorganische stoffen.

Een immuunreactie bestaat uit de vorming van een **antigeen-antilichaamcomplex** dat vervolgens door **fagocytose** wordt opgeruimd.

Wanneer een individu meermalen met hetzelfde antigeen te maken heeft, kan dit niet alleen aanleiding geven tot de normale immuunrespons, maar ook tot een overdreven reactie van het immuunsysteem met weefselbeschadiging en ziekte als gevolg.

Sprake is dan van een **overgevoeligheid** van het immuunsysteem van het lichaam als het, gelet op de lage drempelwaarde (of lage concentratie), buitensporig reageert op een antigeen. Bij mensen die **allergisch** zijn is sprake van zo'n overgevoelige reactie op een antigeen als resultaat van een eerdere blootstelling. De blootstelling aan antigenen gedurende de eerste levensjaren blijkt bijvoorbeeld van belang te zijn voor de mogelijke ontwikkeling van overgevoeligheid in het latere leven.

De **genetische aanleg** en/of de wijze van allergische **sensibilisering** van het immuunsysteem bepalen de allergische (overgevoeligheds)reacties, symptomen en ziekteverschijnselen die het gevolg zijn van de "natuurlijke" en "onnatuurlijke" blootstelling aan **allergenen** (antigenen die overgevoelighedsreacties oproepen).

Een substantieel deel van de Nederlandse bevolking, naar schatting in de orde van 10 à 20%, blijkt reeds heftig te reageren op een zeer geringe dosis allergeen.

4.3.4 Typen allergieën

Over het algemeen worden, afgezien van de hier niet relevant geachte voedsel-allergie, drie typen allergieën onderscheiden, te weten het allergie-type I, het allergie type III en contact allergie.

Bij het **allergie-type I** (ook wel **atopische type** genoemd) berust het mechanisme op een specifieke antigeen-antistof reactie, waarbij bovenop een zeker, altijd aanwezig, basisniveau een extra hoeveelheid eiwit **immunoglobuline E (IgE)** als antistof wordt gevormd. Deze extra hoeveelheid leidt vervolgens tot schadelijke overreacties die zich tegen het eigen lichaam keren. Hierbij komt bijvoorbeeld **histamine** vrij, dat contractie

van de gladde spieren en verwijding van de capillairen veroorzaakt, waardoor reeds bij een zeer lage dosis antigeen **astma** en **rhinitis** (loopneus) kunnen optreden.

Bij normaal-gezonde mensen treedt een immunoglobuline G (**IgG**) reactie op, waarbij het binnendringende antigeen op basis van "herkenning" wordt vernietigd.

Bij het **allergie-type III** is sprake van een **antigeen-precipitine** reactie. Precipitine is een antistof die in staat is om met een opgelost antigeen een niet-oplosbaar immuuncomplex te vormen (precipiterende antilichamen). De predisponerende factoren zijn hierbij onbekend. Als gevolg van de blootstelling aan dergelijke in zeer kleine **stofdeeltjes** aanwezige antigenen treden na zo'n 4-6 uur reacties in de bronchioli en alveoli van de longen op.

Een effect is bijvoorbeeld het optreden van **extrinsieke allergische alveolitis** in de vorm van de zogenaamde "**boerenlong**" en "**duivemelkerslong**" en ook, als "nieuw" effect de "**luchtbevochtigerslong**" bij mensen die werkzaam zijn in slecht onderhouden airconditioned gebouwen met een bevochtigingsinstallatie.

Bij **contact allergie** tenslotte, is sprake van een vertraagde overgevoelighedsreactie. In tegenstelling tot andere vormen van allergie wordt contactallergie primair gemedieerd door T-cellen (**lymphocyten**). De reactie treedt 24 tot 48 uur na het contact met het allergeen op, is plaatselijk, meestal in de huid, en wordt gekenmerkt door **erytheem** (rode huiduitslag) en **zwellingen**.

Dermatitis is de meest voorkomende uitingsvorm, die behalve in de beroepssfeer (inclusief kantoren), ook bij het verrichten van "**doe-het-zelf**" of **hobby-activiteiten** in woningen kan optreden (Aldrich en Brooks, 1992). Tevens kunnen deze allergische huidreacties worden veroorzaakt door blootstelling aan **schoonmaakmiddelen**, (**kleding**)stoffen en **kosmetica** (Kästner, 1990; Greffe, 1990).

5. AAN WONINGEN GERELATEERDE GEZONDHEIDSKLACHTEN

5.1 Sick Building Syndrome (SBS) en Building Related Illnesses (BRI)

Over het algemeen wordt de binnenmilieuproblematiek vooral vanuit een "agens-georiënteerde" benadering beschreven. Deze benadering is ook toegepast in de eerder genoemde Notitie Binnenmilieu (VROM, 1986), het NMP (VROM, 1989), "Zorgen voor Morgen" (RIVM, 1988) en de Nationale Milieuverkenning 2 (RIVM, 1991).

Per agens worden dan, waar mogelijk, in globale termen gezondheidseffecten en hinder aangegeven en wordt de kans op (voortijdig) overlijden ingeschat.

Veel moeilijker is het echter om bij het optreden van een bepaald gezondheidseffect vast te stellen welke agens de oorzaak vormt van het probleem.

De typische gezondheidsklachten, die (vooral onderzocht in kantoorgebouwen met airconditioning) samen zouden kunnen hangen met de kwaliteit van het binnenmilieu, worden veelal aangeduid onder het verzamelbegrip **Sick Building Syndrome (SBS)**. Strikt genomen wordt het SBS gedefinieerd als een aantal specifieke gezondheidssymptomen, die als men een gebouw heeft verlaten, na enige tijd verdwijnen en waarvoor geen directe verklaring kan worden gevonden. Omdat, afgezien van het feit dat gebouwen op zich niet ziek kunnen zijn, het tweede deel van de definitie niet voldoet en in de praktijk veel verwarring schept (immers bij een groot deel van de klachten blijkt na analyse van de situatie een verklaring of oorzaak aanwijsbaar te zijn), is het beter in dit verband het begrip **Building Related Illnesses (BRI)** te hanteren, ofwel in het Nederlands en enigszins specifieker: aan een gebouw of bouwwerk en/of installatie (t.b.v. verwarming/ventilatie) gerelateerde gezondheidsklachten. Ofschoon het meeste onderzoek op het gebied van BRI in kantoorgebouwen plaatsvindt (in het kader van de ARBO-wet en omdat hier meer financiering voorhanden is), kan de problematiek vanzelfsprekend ook betrekking hebben op woningen.

De volgende indeling van BRI-symptomen is toegepast door Munir (Björkstén, 1992):

- **algemene symptomen**, variërend van hoofdpijn en abnormale vermoeidheid tot een gevoel van comfortaantasting, hinder en irritatie;
- **luchtwegsymptomen**, variërend van irritatie van slijmvliezen tot astma, bronchitis en allergische alveolitis;
- **maag- en darmsymptomen**;
- **huid- en zintuigsymptomen**, abnormale smaak, oogirritatie, gevoel van kou;
- **infecties aan bovenste luchtwegen** en bijvoorbeeld "Legionairs ziekte";
- **psychogene symptomen**, zoals hyperventilatie en massa-hysterie.

In tabel 5.1 is, enigszins specifiek, de rubricering van gezondheidsklachten aangegeven die door Mølhave is gemaakt (Mølhave, 1987).

Tabel 5.1 Symptomen van het Sick Building Syndrome

Bron: Mølhave, 1987

1. Zintuiglijke irritatie van oog, neus en keel:	droogheid brandend, schrijnend, irriterend gevoel heesheid, aantasting van stembanden
2. Huid irritatie:	rood worden van huid (erytheem) brandend, schrijnend, jeukend gevoel droge huid
3. Neurotoxische symptomen:	geestelijke vermoeidheid verminderd geheugen lethargie, duifheid verminderd concentratievermogen hoofdpijn duizeligheid, dronken gevoel misselijkheid vermoeidheid
4. Niet-specifieke overgevoelighedsreacties:	loop-neus, tranende ogen, niezen astma-achtige symptomen bij niet-astmatici (piepende) ademhalingsgeluiden
5. Klachten over geur en smaak:	veranderde gevoeligheid onplezierige geur of smaak

5.2 De omvang van op SBS of BRI lijkende gezondheidsklachten

5.2.1 Buitenland

Voor wat betreft **Denemarken** en **Zweden** bestaat er enig inzicht in de omvang van SBS-c.q. BRI-achtige symptomen onder de algemene bevolking, overigens zonder dat duidelijk is of deze woning-gerelateerd zijn.

Vermoeidheid treedt op bij 25-30% van de bevolking, **neus of keel-irritatie** bij 16-19%, **hoofdpijn** bij 10-19% en **oogirritatie** bij 11-16% van de bevolking (Lindvall, 1992). Met betrekking tot **allergische reacties** wordt ten aanzien van de Zweedse bevolking geschat dat 15% van de bevolking allergisch is. Echter, bij allergietests blijkt zelfs de helft van de bevolking positief te reageren op één of meer allergenen.

Onderzoek in **West-Duitsland**, in 1985-1986 verricht onder ruim 2700 personen ouder dan 25 jaar, geeft de volgende percentages van vaak of erg vaak optredende subjectieve gezondheidsklachten (symptomen) aan: **vermoeidheid** bij 45%, **hoofdpijn** bij 30%, **rhinitis** bij 20%, **huidallergie** 15%, (**slijm**) **hoesten** bij 12%, **oogirritatie** 11%, **bronchitis** 10% en **heesheid** 8% (Seifert, 1990a).

Van de respondenten ondervond 6,2% **gezondheidsklachten** of **irritatie**, die expliciet werd toegewezen aan het **binnenmilieu**. Hierbij werd **vocht** meestal als oorzaak aangegeven (door 27%). Als andere oorzaken van hinder werden **meubels** en de **vloerbedekking** genoemd, of er was sprake van **stank** (elk genoemd door circa 16%). Toegespitst op allergische reacties zou bij 21% van de Westduitse bevolking zeker sprake zijn van een allergische aanleg en zou dit bij nog eens 15% mogelijkwerwijs het geval zijn.

Bij een analyse op basis van meer dan 15.000 patiënten met allergie-klachten komt men tot de volgende opsomming van categorieën van allergenen die deze klachten veroorzaakten: schimmels (inclusief die in voeding) 30,8%, (kunstmatige) toegevoegde

stoffen 21,6%, voedingsmiddelen 14%, medicijnen 12%, pollen 11%, **huisstofmijt 8%** en **huidschilfers van dieren 2,6%** (DGW, 1988).

Hieruit kan worden afgeleid dat naar schatting 10 à 15% van de allergie-klachten primair veroorzaakt zou kunnen zijn door bronnen in het binnenmilieu.

In Canadees onderzoek, dat is gebaseerd op een vragenlijst-onderzoek bij leerkrachten op lagere scholen en dat betrekking heeft op bijna 4500 leerlingen, wordt geschat dat 10 tot 15% van alle kinderen tenminste één serieuze **allergie** heeft ontwikkeld. 6% van de kinderen bleek **astma** te hebben, 5,4% voedselallergie en bij 6,4% (ofwel circa de helft van de allergische kinderen) was sprake van wat "milieu-allergie" wordt genoemd (Landrus, 1990).

5.2.2 Nederland

In Nederland is in 61 **kantoorgebouwen** (die niet bekend staan als typische "sick buildings") onder meer dan 7000 personeelsleden onderzoek verricht naar de aard en omvang van SBS klachten, klachten die na het verlaten van het kantoor verdwenen (Preller, 1990). Tevens is gezocht naar de oorzaken van de klachten. Gemiddeld bleek zo'n 24% van het personeel te kampen te hebben met **neus- en keelklachten**, 20% had **oogklachten** en 20% neurologische klachten (voornamelijk **hoofdpijn**).

Referentiegegevens voor wat betreft SBS-achtige symptomen in woningen zijn echter niet duidelijk voorhanden.

Wanneer klachten waarmee mensen naar de huisarts gaan als indicatoren kunnen dienen, dan blijkt dat 4% van de (1377) doktersbezoeken betrekking hebben gehad op **astma** en/of (chronische) **bronchitis**, (6,5% bij 0-19 jarigen), 3% op **allergie-**, **eczeem-** of **huidklachten**, 2,5% op **oogklachten** en 2,3% op **hoofdpijnklachten** (CBS, 1983).

Met het oog op het (tekort aan) inzicht of SBS klachten worden veroorzaakt door factoren in het binnenmilieu van woningen, is een andere bevinding uit bovengenoemd

CBS-onderzoek opmerkelijk, dat bij astma en chronische bronchitisklachten slechts in minder dan 10% van de gevallen het contact met de huisarts **thuis** plaatsvindt. Van alle contacten, die de huisartsen met hun patiënten hebben, is dit slechts 13,3%. Ofschoon deze onderzoeksbevindingen wellicht enigszins verouderd zijn, doet deze percentages toch vermoeden dat de kennis (en belangstelling) van huisartsen over de binnenmilieuproblematiek en de woonsituatie van hun patiënten wel eens gering zou kunnen zijn.

Zoals eerder al is aangegeven, hangt het optreden van **CARA** verschijnselen ondermeer samen met het optreden van exogene, aan het wonen en aan het buitenmilieu gerelateerde allergenen en factoren.

CARA of voluit Chronische Aspecifieke Respiratoire Aandoeningen is het verzamelbegrip voor drie chronische aandoeningen van de luchtwegen: **astma, chronische bronchitis en emfyseem**. Op basis van de zogenaamde verkorte CARA-vragenlijst wordt iemand als CARA-patiënt beschouwd als men regelmatig minimaal één van de volgende klachten heeft: **hoesten, opgeven van slijm, kortademigheid, piepen op de borst en aanvallen van benauwdheid**.

Het percentage Nederlanders tot 65 jaar dat lijdt aan CARA wordt op grond van epidemiologisch onderzoek voor 1990 geschat op 8% (maar inclusief de minder ernstige gevallen 10 à 12%) (STG, 1990).

Gebaseerd op gegevens van consultatiebureau's blijkt dat bij 9% van de 0-2 jarige kinderen bij tenminste twee van de acht consultaties sprake was van **piepende ademhaling of benauwdheid** (Verkerk et al, 1992).

En uit onderzoek naar **luchtwegklachten**, dat in 1986 en 1987 is verricht ondermeer onder 6500 schoolkinderen in drie regio's, blijkt dat astma bij 5-10% van de 0-4 jarigen voorkomt, bij 5-6% van de 5-14 jarigen en bij 3-5% van de 15-20 jarigen. De meest gerapporteerde symptomen zijn "**wel eens piepen**" (10%), "**astma-aanvallen**" (5,7%) en "**kortademigheid**" (4,4%) (Rijcken, 1992).

5.2.3 Trend

Voor 2005 wordt op grond van demografische ontwikkeling een stijging van **CARA** onder de totale **Nederlandse** bevolking met 17% verwacht. Aangenomen wordt dat, behalve door het **ouder worden** van de bevolking, dit ook samenhangt met een verhoogde blootstelling aan **luchtverontreiniging** (verkeer/industrie), **huisstof** en een **verhoogde infectiekans** door virussen (STG, 1990).

Een lichte **stijging** van het aantal nieuwe gevallen wordt verwacht (tot maximaal 5%, vooral van **astma**), voornamelijk bij **kinderen**.

Opmerkelijk is, dat bij jonge kinderen (0-9 jarigen) de ziekenhuisopnamen wegens astma blijken toe te nemen. Ook is sprake van een stijging van het aantal **dienstplichtigen** dat wordt afgekeurd voor ziekten van de ademhalingsorganen (Rijcken, 1992). Deze bevinding sluit aan bij wat ook in **Zweden** uit militaire-dienstkeuringen is gebleken: tussen 1971 en 1981 is het percentage rekruten dat last heeft van **hooikoorts** gestegen van 4,4% naar 8,4% (Lindvall, 1992).

Algemeen bevolkingsonderzoek over de periode 1970-1981 in **Engeland en Wales** wijst op een bijna verdubbeling van **astma**-gevallen en een verviervoudiging van **hooikoorts** in 1981 t.o.v. 1955 (Fleming, 1987).

In **Zwitserland** (Zürich) werd in 1926 **pollenallergie** vastgesteld bij 1% van de bevolking; in 1958 was dit bij 5% het geval en in 1986 bij 10% (Grefe, 1990).

Aangenomen wordt dat een complex van milieufactoren een belangrijke oorzaak vormt van de toename van allergische klachten.

Er zijn aanwijzingen (Björkstén en Munir, 1992; Aldrich en Brooks, 1992) dat door de toenemende algemene luchtverontreiniging (zowel van binnen- als buitenbronnen) het immuunsysteem zo wordt belast, dat de schadelijke **IgE antistof-vorming** bij een toenemend aantal kinderen optreedt, terwijl deze "normaal" zou moeten overgaan op een **IgG reactie** (zie ook paragraaf 4.3.4). Met andere woorden: sprake lijkt te zijn van **sensibilisering**, een toenemende gevoeligheid voor (nieuwe) allergenen en allergische

ziektes. En als men eenmaal gevoelig is voor (lucht)allergenen, dan blijkt bijvoorbeeld het risico op allergie voor **haren** van huisdieren met een factor **drie** toe te nemen (Björkstén en Munir, 1992).

Uit dierproeven is gebleken dat de blootstelling aan ozon (O_3), SO_2 en NO_2 het serum IgE niveau kan verhogen (Björkstén en Munir, 1992).

Een verband is aangetoond tussen ozon-concentraties en **verminderde longfuncties**, niet alleen bij astma patiënten maar ook bij gezonde mensen die in de buitenlucht sporten.

Dit verband geldt ook bij blootstelling aan SO_2 en NO_2 .

Afgezien van NO_2 , dat ook afkomstig kan zijn van bronnen in de woning, vindt blootstelling aan de hogere concentraties van deze stoffen overwegend **buitenshuis** of **in auto's** plaats.

Daarnaast zijn er onderzoeksbevindingen die er op wijzen dat langdurige blootstelling aan een relatief lage concentratie van een stof als **formaldehyde** (wel een typische binnenlucht-stof) de **tolerantie** bij een acute blootstelling met hoge belasting vermindert (Ashford en Miller, 1991).

Er blijkt ook sprake te zijn, zij het wellicht minder van toepassing voor de Nederlandse situatie, van het **voorkomen** van de **huisstofmijt** en andere binnenlucht-allergenen in woningen in gebieden waar deze voorheen niet voorkwamen, zoals in Zweden en de hogere delen van de Alpen. Dit wordt toegeschreven aan de hogere **kierdichtheid** en **isolatie** van de woningen en veranderd (minder strikt huishoudelijk) **gedrag**, die leiden tot een hogere luchtvochtigheid in (delen van) deze woningen.

Als oorzaken van de toename van allergische klachten worden ook verontreinigende **stofdeeltjes** (door **zware metalen** en **PAK's**) genoemd, die zich hechten aan (**gras**)**pollen** (Behrendt et al, 1993).

Andere agentia die irriteren dan wel invloed hebben op de aantasting van het immuunsysteem en daarmee bijvoorbeeld de gevoeligheid voor **ademhalingsinfecties** en **astma** doen toenemen, zijn **verbrandingsprodukten** (PAK's) uit haarden, **VOC-emissies** uit bouw- en inrichtingsmaterialen en **pesticiden**. Echter, de sterkste binnenmilieufactoor die de **allergische gevoeligheid** en irritatie bevordert is **tabaksrook**.

5.2.4 Het aandeel van binnenmilieufactoren

In welke mate bovengenoemde gezondheidsproblemen min of meer specifiek veroorzaakt worden of samenhangen met typische binnenmilieufactoren in woningen, blijft evenwel moeilijk aan te geven.

Volgens een schatting, mede op basis van in paragraaf 1.5.1 genoemde bevindingen in onderzoek in Duitsland, zou in Nederland **10 à 15%** van de **allergie-klachten** primair veroorzaakt kunnen worden door bronnen in het **binnenmilieu**.

Op lokaal niveau, bijvoorbeeld bij bewoners van specifieke groepen woningen, kan het hiervoor genoemde percentage SBS-achtige symptomen uiteraard aanzienlijk hoger zijn dan de landelijke referentiegegevens.

5.2.5 Binnen-buiten relatie

Een complicerende factor is ook dat enkele in het binnenmilieu voorkomende agentia hun (oorspronkelijk) bron in het **buitenmilieu** hebben, zoals bij **(gras)pollen** en **schimmels**, CO en NO₂ vaak het geval is. Meer onderzoek naar deze **binnen-buiten relaties** is vereist.

Als voorbeelden van case studies waarin de **binnen-buiten relatie** een rol speelt en waarin specifiek is gekeken naar specifieke gezondheidseffecten, kunnen de volgende twee onderzoeken dienen: één in de regio **Haarlem** (gebaseerd op 1485 ingevulde vragenlijsten) en één in Berlijn (onder circa 800 respondenten).

In het onderzoek in Haarlem en omgeving was de vraag of het wonen langs een drukke verkeersweg (met een relatief hoog niveau van luchtverontreiniging: 116-150 µg/m³/uur NO₂, een maximale CO-concentratie van 8,2 mg/m³/8 uur en een geluidbelasting van 61-75 dB(A)) nadelige gevolgen heeft voor de gezondheid van volwassenen en van kinderen (Oosterlee en Drijver, 1993).

Gebleken is dat 33% van de **volwassenen** die langs drukke wegen woonden (van de 672 respondenten) regelmatig tot vaak geluidhinder daardoor ondervinden (4 keer zoveel als in de controlegroep); 16% ondervindt hinder van stof- en roetdeeltjes (versus 5%) en eveneens 16% van stank door het verkeer. Het symptoom **kortademigheid** werd 30% vaker gerapporteerd bij de volwassenen langs de drukke wegen, en bij **ouderen** (60-75 jaar) in die situatie bleken aandoeningen en klachten van algemene aard consistent meer voor te komen.

Bij **kinderen** bleken vooral de symptomen **piepende ademhaling** en aanvallen van **kortademigheid en piepen** significant vaker op te treden in (niet vochtiger zijnde) woningen langs drukke wegen (bij respectievelijk 17% en 10% versus 7% en 4%). Ook gebruiken daar meer kinderen medicijnen voor longen of luchtwegen: 27% versus 13%.

Uit het onderzoek in **Berlijn** bleek dat het aantal dagen dat kinderen last hebben van acute problemen met hun **ademhalingswegen**, samenhangt met de situering van hun (flat)woningen ten opzichte van drukke **verkeerswegen**, een sterkere blootstelling van de woning aan de **wind**, het **aantal ramen** in de kinderkamer (meer klachten bij meer dan 1 raam), slechte **regelbaarheid** van de radiatoren, **tocht**, het ontbreken van de mogelijkheden voor zogenaamde **dwarsventilatie** en het **stofzuigen** zonder daarvoor te **dweilen** (Fiedler, 1988).

In paragraaf 7.3.6 worden binnen-buitenrelaties nader aan de orde gesteld in verband met het ventileren van woningen en in de paragrafen 7.7 en 8.2.3 wordt aandacht besteed aan het huishoudelijk schoonmaakgedrag.

5.2.6 Klachtenanalyse

Door TNO is op basis van meldingen door individuele personen of groepen van "cases" van specifieke gezondheidsklachten, die gerelateerd werden aan woningen of gebouwen, een strategie ontwikkeld om de oorzaken van deze klachten te achterhalen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van checklisten, waarna, afhankelijk van de bevindingen hieruit,

vervolgens metingen worden verricht van componenten (agentia) die een rol zouden kunnen spelen (Van der Wal, 1988).

Het blijkt dat het meten van één bepaalde component in circa 30% van de metingen leidt tot een verklaring van de klacht. Maar wanneer meerdere componenten worden gemeten dan blijkt dat de metingen reeds in 65% van de gevallen de oorzaak of de waarschijnlijke oorzaak aanwijzen.

In de 20 cases die volgens de methode van checklist-onderzoek en vervolgens een gericht meting behandeld zijn, blijken de volgende componenten en bronnen of oorzaken ervan een (waarschijnlijke) verklaring te bieden voor de gerapporteerde klachten:

- 7 x formaldehyde uit spaanplaat ($5 \times 60\text{-}120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2 \times >120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (13 metingen);
- 4 x VOC (hogere aldehyden) uit vochtig mineraalwol uit spouwmuurisolatie (18 metingen);
- 1 x CO door een slechte afvoer van rookgas van de CV (2 metingen). Uit een niet bij deze 20 cases behorend onderzoek naar aanleiding van gezondheidsklachten bleek dat er sprake was van een chronische CO vergiftiging doordat rookgassen afkomstig uit buurwoningen werden aangezogen door een gebalanceerd (dat wil zeggen: evenveel lucht wordt aangezogen als afgevoerd) mechanisch ventilatiesysteem;
- 3x zichtbare schimmels door vocht (1 meting);
- 1x boterzuur door vochtige plafondtegels (1 meting);
- 3x CO₂ (>1200 ppm) door onvoldoende ventilatie (5 metingen);
- 1x kwik door een gebroken thermometer (1 meting);
- 1x lagere koolwaterstoffen door een gaslek (2 metingen).

Naar aanleiding van een toenemend aantal gezondheidsklachten die door bewoners in verband worden gebracht met de kwaliteit van het binnenmilieu, zijn door de GG en GD van Amsterdam en de Chemiewinkel van de Rijksuniversiteit Utrecht een leidraad en registratieformulieren (checklists) ontwikkeld voor het behandelen van deze klachten bij een inspectie aan huis (Verhoeff et al, 1990).

Primair gaat het hierbij om "afwijkende" situaties en gedrag op te sporen en om het na te gaan of de klachten gegrond zijn. Ofschoon dit vaak moeilijk in de praktijk is te

realiseren, wordt vervolgens (door blootstellingsmetingen) nagestreefd een oorzakelijk verband tussen (gezondheids)klachten en specifieke binnenmilieuaspecten aannemelijk te maken dan wel uit te sluiten.

De leidraad is toegespitst op ventilatie, verbrandingsgassen (CO, NO_x), een groot aantal VOC's, formaldehyde, asbest en minerale vezels, biologische organismen (mijten, schimmels, bacteriën) en vocht, alsmede op de daarbij van toepassing zijnde detectiemethoden. Ook wordt een aantal juridische aspecten in samenhang met binnenmilieuproblemen aangegeven.

Met een ander oogmerk, met name bedoeld als toetsingsinstrument voor (nieuwbouw-) woningontwerpen en dus vooral vanuit preventief oogpunt van belang, is door de Vrouwen Advies Commissies voor de Woningbouw (VAC) een toetslijst ontwikkeld waarin ook een groot aantal aspecten is opgenomen die betrekking hebben op het binnenmilieu (Akkersdijk en van Dam, 1988; Engelen et al, 1991).

En in het Handboek Milieuzorg, dat is uitgebracht door de Nationale Woningraad, wordt ook enige aandacht besteed aan gezondheidsrisico's die samenhangen met het gebruik van al of niet milieuvriendelijke (duurzame) bouwproducten (NWR, 1991).

5.2.7 Speciale case study

Een voorbeeld van een onderzoek dat door TNO is verricht is een onderzoek in 65 zo goed als identieke, circa 20 jaar oude, woningen (gelegen in een niet door buitenbronnen belaste woonwijk), die in verband met een slechte thermische isolatie en vochtproblemen zijn gerenoveerd (Van Dongen en van der Wal, 1990; Van der Wal et al, 1989). Ondermeer is naast isolatie van gevel en dak, ter oplossing van de vochtproblemen, een "gebalanceerd" mechanisch ventilatiesysteem aangebracht, dat er voor zorgt dat er evenveel lucht wordt afgezogen als aangevoerd. Om dit systeem niet te verstoren, is de bewoners geadviseerd hun ramen zoveel mogelijk dicht te houden.

In tabel 5.2 zijn de percentages gezondheidsklachten aangegeven, die betrekking hebben op de situaties vóór en na de renovatie. De mogelijke oorzaken van de toename van deze klachten kunnen zijn de gebleken, te hoge, CO₂ concentraties (als parameter voor de algemene binnenluchtkwaliteit), te hoge concentraties van fijn stof (door tabaksrook) en te hoge formaldehydeconcentraties (zie verder de paragrafen 7.3.5 en 10.2.1).

Tabel 5.2 Prevalenties van SBS-achtige symptomen bij bewoners van 57 identieke woningen voor en na de renovatie.
Bron: Van Dongen en van der Wal, 1990

Symptomen	Prevalenties (in %) vóór de renovatie	Prevalenties (in %) na de renovatie
Meer dan normale vermoeidheid	5	21
Prikkelend gevoel in de neus	2	16
Pijnlijke keel	4	19
Niezen	5	21
Vieze of zoete smaak in de mond	0	11
Hoofdpijn (als wordt gerookt; n=32)	16	41
Droge huid (als wordt gerookt; n=32)	9	28

Geen verschillen zijn gevonden in de prevalentie van kortademigheid (bij 8%), chronische bronchitis (11%), ophoesten van slijm (6%), neus-, voorhoofds- en kaakholteontsteking (8%), eczeem (14%), allergie (11%), duizelingen (5%) en misselijkheid (3%).

6. HET BOUWBESLUIT

6.1 Algemeen

Met betrekking tot het creëren en het handhaven van de kwaliteit van het binnenmilieu is het Bouwbesluit als nieuw wettelijk instrument van essentieel belang (Staatsblad, 1991). Het is als Algemene Maatregel van Bestuur op grond van de Woningwet per 1 oktober 1992 van kracht geworden.

Voor ondermeer nieuw te bouwen en voor bestaande woningen of woongebouwen zijn minimale voorschriften c.q. prestatie-eisen geformuleerd rond de uitgangspunten:

- **veiligheid**, met de aspecten constructieve veiligheid, gebruiksveiligheid, brandveiligheid en sociale veiligheid;
- **gezondheid** (zie paragraaf 6.2.);
- **bruikbaarheid**, met betrekking tot de toegankelijkheid, ruimten, opstelplaatsen en voorzieningen;
- **energiezuinigheid** (zie paragraaf 6.3).

Voorts zal (de vaststelling van veel onderdelen is nog niet afgerond) in de zogenaamde **NEN-normen** de motivering van de voorschriften worden opgenomen en zijn de methoden vastgelegd die gehanteerd moeten worden om de (technische, eenduidig meetbare of bepaalbare) "**prestaties**" van bouwwerken (bijvoorbeeld de geluidsisolatie) en bouwmaterialen (met name de emissies van gevaarlijke stoffen) te bepalen. Door middel van een **kwaliteitsverklaring** wordt vastgelegd dat er is voldaan aan een voorschrift in het Bouwbesluit.

Op zich bevat het Bouwbesluit geen voorschriften omtrent de toepassing van schadelijke materialen, maar wel biedt het de mogelijkheid om deze voorschriften bij ministeriële regeling te geven (de regeling Bouwbesluit schadelijke materialen).

Voor **formaldehyde** afkomstig uit bouwmaterialen (niet uit andere binnenmilieubronnen, zoals meubelen) is zo'n regeling getroffen. Op termijn worden in deze regeling ook

andere onderwerpen ondergebracht: **radon, houtverduurzamingsmiddelen, aardstraling, asbest, brandvertragende middelen** en alle te nemen maatregelen van het Bouwstoffenbesluit, zodra daarvoor objectieve bepalingsmethoden bestaan.

Voor het **thermisch comfort** in woningen zijn er overigens **geen** normen gesteld.

Een essentieel uitgangspunt in het Bouwbesluit is het principe van gelijkwaardigheid: een afwijking van de gestelde prestatie-eis is toegestaan als de oplossing waarvoor gekozen wordt aantoonbaar gelijkwaardig is aan het niveau van de desbetreffende prestatie-eis. Daarnaast geldt dat de overwegingen m.b.t. veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid en energiezuinigheid gelijkwaardig zijn.

Relevant is ook het principe van de **vrije indeelbaarheid**, waardoor geen sprake meer is van een woonkamer, keuken en slaapkamer, maar van een "verblijfsgebied" waarbinnen de verschillende woonactiviteiten kunnen plaatsvinden.

Een **verblijfsgebied** is gedefinieerd als een besloten ruimte, bestaande uit één of meer met elkaar in verbinding staande, op dezelfde bouwlaag gelegen "verblijfsruimten" en andere afzonderlijke ruimten (waartoe ook daarop aangesloten trappen, gangen en bergruimten kunnen behoren), anders dan een toilet-of badruimte, technische ruimte of gemeenschappelijke verkeers-ruimte.

Een **verblijfsruimte** is een in het gebouw gelegen ruimte, bestemd voor het verblijven van mensen.

6.2 Voorschriften uit het oogpunt van gezondheid

In het kader van de kwaliteit van het binnenmilieu zijn de hieronder te beschrijven voorschriften uit het oogpunt van gezondheid het meest relevant. Het betreft de voorschriften die bescherming moeten bieden tegen **schadelijke of hinderlijke invloeden, stoffen en gedierte** (ratten en muizen) en die voldoende **daglichttoetreding en uitzicht** garanderen.

6.2.1 Tegen schadelijke of hinderlijke invloeden

*** geluid van buiten:**

Dit voorschrift geldt alleen voor nieuwe woningen; de Wet geluidhinder geeft voor bestaande woningen wel saneringsvoorschriften. Een geluidniveau (aangegeven met L_{eqm} ofwel "L etmaalwaarde") van 35 dB(A) geldt als maximaal toelaatbaar geluidniveau. Voor wegverkeersgeluiden is het L_{eqm} de hoogste van de waarde van het "gemiddelde" A-gewogen (dat wil zeggen: aan het menselijk gehoor aangepast) geluidniveau voor de dag en de waarde van de nacht (23-7 uur) verhoogd met 10 dB(A). Daarbij moet tevens voldaan zijn aan het minimaal vereiste ventilatievolume van "verse" buitenlucht (zie paragraaf 7.3.3).

Voor railverkeersgeluiden speelt de waarde voor de avond (19-23 uur), verhoogd met 5 dB(A) ook een rol; voor luchtvaartgeluiden is dit, op iets andere wijze berekend, ook het geval. Overigens sluit dit niveau, zoals in paragraaf 8.1.4 zal blijken, geenszins het voorkomen van hinder uit.

*** geluid van installaties die niet tot de woning behoren:**

Dit geldt eveneens alleen voor nieuwe woningen en heeft voornamelijk betrekking op installaties uit buurwoningen en (wat opmerkelijk is) niet op installaties (zoals een ventilator of CV ketel) in de eigen woning.

*** geluidwering tussen ruimten:**

Ook dit is alleen van toepassing op nieuwe woningen, en heeft betrekking op de geluidwering tussen woningen en tussen in één woning gelegen verblijfsruimten.

*** wering van vocht van buiten:**

Voor nieuwe woningen geldt ondermeer dat ze moeten voldoen aan een maximaal toegestane luchtvolumestroom vanuit de kruipruimte. Een reductie van een gemiddelde vochtbelasting vanuit de kruipruimte van de huidige woningen van circa 200 gram/uur naar zo'n 50 gram/uur beperkt naar verwachting het vochtgehalte in woningen aanzienlijk (een vermindering die overeenkomt met de vochtproductie bij het ademen door 2 à 3 personen!). Een gunstige nevenwerking van dit voorschrift is

dat het ook leidt tot een lagere immissie van **radon** in de woning vanuit de bodem en een verhoging van de **energiezuinigheid** (zie ook paragraaf 6.3).

*** wering van vocht van binnen:**

Voor bestaande woningen hebben de voorschriften alleen betrekking op badruimten. Voor nieuwe woningen zijn er ter beperking van allergenen (schimmels bijvoorbeeld) ook regels gesteld m.b.t. de temperatuur van het binnenoppervlakte van muren en begane-grond vloer.

6.2.2 Tegen schadelijke en hinderlijke stoffen

*** luchtverversing:**

Dit betreft de luchtverversing van een verblijfsgebied, verblijfsruimte, toiletruimte en badruimte, alsmede van overige ruimten.

Voor nieuwe woningen zijn de voorschriften specifiekere dan voor bestaande woningen, ondermeer met betrekking tot de situering van de voorziening voor de toevoer van verse lucht en de afvoer van binnenlucht uit buurwoningen.

*** verbrandingslucht en rook:**

Dit is eveneens voor nieuwe woningen specifiekere geregeld, ondermeer m.b.t. kooktoestellen en warmwatertoestellen en de situering en vorm van de voorziening van toevoer van buitenlucht en afvoer van verbrandingslucht.

*** beperking van de toepassing van schadelijke materialen:**

Dit is alleen voor nieuwe woningen van toepassing en slechts in algemene termen geformuleerd, namelijk dat bij ministeriële regeling voorschriften kunnen worden gegeven ter beperking van de aanwezigheid in of bij een woning of woongebouw van een voor de gezondheid onaanvaardbare mate van giftige of hinderlijke stoffen of van ioniserende stralen. Bovenstaande geldt ook voor:

*** de beperking van schadelijke stoffen of straling:**

Dit is van toepassing ter voorkoming van het kunnen binnendringen vanuit de bodem of grond.

6.3 Energiezuinigheid

Relevant voor de kwaliteit van het binnenmilieu zijn ook de voorschriften die in het Bouwbesluit (overigens alleen met betrekking tot nieuw te bouwen woningen) zijn geformuleerd uit het oogpunt van energiezuinigheid. Deze betreffen:

*** thermische isolatie:**

Dit betreft de warmteweerstand van uitwendige scheidingsconstructies (gevels) en vloeren boven de kruipruimte. Naast een energiebesparende werking, verbeteren deze maatregelen in principe ook het thermisch comfort omdat de "koude straling" van wanden en vloeren vermindert.

*** beperking van luchtdoorlatendheid:**

Een maximale waarde ($0,2 \text{ m}^3/\text{s}$) is voorgeschreven voor de volumestroom door "kieren" in buitenmuren en vloeren boven de kruipruimte. Dit komt in de praktijk overeen met gaten of kieren van maximaal $0,2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ of 10 cm^2 per het gemiddelde vloeroppervlak in een woning van 50 m^2 . Ter illustratie: als men een leiding door de vloer maakt met een diameter van 10 cm en men boort een gat van 11 cm, zit men al ongeveer 6 cm^2 boven de norm!

Afgezien van verminderde tocht, wordt door deze maatregel ook de vocht en radonimmissie in de woning vanuit de kruipruimte beperkt.

6.4 De uitvoering van het Bouwbesluit

Eerder is al aangegeven dat het Bouwbesluit de "prestaties" van bouwwerken en bouwmaterialen aangeeft die minimaal zijn vereist. Daarnaast heeft het uitsluitend betrekking op woningaspecten die het meest essentieel worden geacht.

Wat de consequenties van het principe van de vrije indeelbaarheid zijn voor wat betreft de factoren die de kwaliteit van het binnenmilieu en het gedrag van de bewoners bepalen, zal de praktijk nog moeten uitwijzen.

Daarbij komt dat veel bepalingsmethoden, die in de NEN-normen moeten worden geformuleerd, nog niet zijn voltooid en veel regelgeving met betrekking tot bijvoorbeeld het voorkómen van schadelijke en hinderlijke emissies uit bouwmaterialen nog in het stadium van ontwikkeling is.

Veel wordt overgelaten aan de "vrije" keuzes en eigen verantwoordelijkheid van de architecten, bouwers en fabrikanten van bouwprodukten enerzijds en de bewoners c.q. (institutionele) eigenaren anderzijds. Op het niveau van deze "bouwmarkt" kunnen deze partijen in principe kiezen voor of onderhandelen over een boven-minimale kwaliteit (waar uiteraard een prijskaartje aan zit), maar in de praktijk zal veelal sprake zijn van voldongen feiten, praktische mogelijkheden, tradities of zal het afhangen van de mate van kennis van zaken.

Hoe de in het Nieuw Burgerlijk Wetboek bijgestelde aansprakelijkheidswetgeving in geval van klachten over produkten in de praktijk zal uitwerken is nog onduidelijk.

7. HET FEITELIJKE BEWONERSGEDRAG

7.1 Algemeen

Ondanks de regelgeving (die de basisvoorwaarden schept) en gegeven de additionele mogelijkheden en omstandigheden (zoals de toestand van het buitenmilieu), blijft het feitelijke bewonersgedrag, de wijze waarop mensen hun woning en de voorzieningen daarin gebruiken en onderhouden, de belangrijkste factor die bepalend is voor de (handhaving van de) kwaliteit van het binnenmilieu.

Op het gebied van de ventilatie en verwarming van woningen is inmiddels veel inzicht verkregen in hoe en waarom de bewoners dit in hun dagelijkse routine doen. Daarbij zijn ook verschillende typen verwarmingssystemen en ventilatievoorzieningen, soms in combinatie met elkaar, in ogenschouw genomen.

Ook is er vrij veel bekend over de vochtproductie in woningen. Het inzicht in het geluid-producerend gedrag, het vocht-producerend gedrag, het schoonmaakgedrag, het houden van huisdieren, het houden van planten en "doe het zelf"-activiteiten is vrij beperkt.

Hoe mensen het gebruik van de vertrekken (ofwel verblijfsgebieden en -ruimten) in woningen invullen, kan naast de woninggebonden aspecten ook een factor zijn die de gezondheid en het welbevinden beïnvloedt. Afgezien van de bezettingsgraad van vertrekken zijn er andere relevante aspecten die hier genoemd kunnen worden: de aanwezige bouw- en inrichtingsmaterialen; geluid (zowel van buitenbronnen als van binnenbronnen); mogelijkheden om te verwarmen, te luchten en te ventileren; bezonning; vrijwaring van (keuken/toilet)geuren of tabaksrook en emissies uit consumentenprodukten (parfums, schoonmaakmiddelen, insectenbestrijdingsmiddelen, etc.) en produkten die men voor thuis-werk nodig heeft (bijvoorbeeld PC's en (laser)printers).

De aanwezigheid van mensen in woningen en de bezettingsgraad bepalen uiteraard het binnenmilieu, alleen al vanwege de CO₂-emissie, vocht- en geurproductie. In woningen waar niemand aanwezig is wordt bijvoorbeeld minder gestookt en op andere wijze (minder door ramen, meer door ventilatieroosters) geventileerd dan wanneer er iemand min of meer continu aanwezig is.

Voor wat de gezondheidseffecten betreft: een positief verband is gevonden tussen het optreden van **CARA-klachten** (longfuncties) bij kinderen en de woningbezetting (Van der Maas, 1979).

In de Nationale Milieuverkenningen 2 is op basis van het zogenaamde "Vlaardingen-Vlagtweede" onderzoek (Noy, 1987) een overzicht opgenomen van de verblijfstijden over een etmaal in de verschillende vertrekken van de woning: 37% van de tijd werd doorgebracht in de slaapkamer, 25-35% in de woonkamer en 11-23% in de keuken. (Overigens: in circa 40% van de Nederlandse woningen is er sprake van een keuken die in open verbinding staat met de woonkamer).

Slechts 7-9% van de tijd was men buitenshuis (waarvan circa 2% op het werk). Mede omdat het hier vermelde onderzoek door zijn aard met zich meebracht dat de respondenten (te weten volwassen vrouwen) veel thuis zijn, zal dit een onderschatting zijn voor de Nederlandse situatie. Immers de tendens bestaat dat steeds vaker niemand in woningen aanwezig is vanwege werkzaamheden buiten de deur en vanwege de kleinere omvang van de huishoudens.

In feite is nog onvoldoende onderzocht wat de spreiding in de aanwezigheid in en de bezettingsgraad van woningen is en welke factoren in de toekomst hierbij mogelijk een rol gaan spelen (bijvoorbeeld thuis-werken).

7.3 Het ventileren

Het ventileren van woningen is bij uitstek het middel om de blootstelling aan en concentratie van verontreinigende stoffen en gassen in het binnenmilieu te verminderen. Hoe in Nederland woningen, die niet speciaal worden belast door verkeerslawaaï en stank van buiten, worden geventileerd en welke factoren hierbij een rol spelen is uitvoerig onderzocht en samengevat (Van Beek et al, 1981; Van Dongen en Phaff, 1989, 1990; De Gids, 1990).

Een overzicht van onderzoeken op Europees niveau is uitgebracht door het International Energy Agency (Dubrul, 1988).

Onder **ventilatie** wordt verstaan: het gedurende een bepaalde tijd creëren van een min of meer continue (verse) luchtstroom door middel van ventilatieroosters, klepraampjes en/of draai- en kantelramen op een kierstand, en ook door het gebruiken van een mechanische ventilatievoorziening. Als ramen en/of deuren verder dan zo'n 8 cm open staan kan men spreken van **luchten**.

Gemiddeld wordt er per etmaal in een woonkamer en/of keuken in woningen, die niet of in geringe mate zijn belast door geluid- of geurbronnen van buiten, per aangegeven ventilatietype bij milde wintercondities en weinig wind, als volgt geventileerd via geopende ventilatieroosters, klepraampjes of ramen in kierstand:

- in een woonkamer zonder mechanische ventilatievoorziening: circa 4 uur;
- in een keuken zonder woninggebonden mechanische ventilatievoorziening: circa 6 uur;
- in een woonkamer met open keuken en continu werkende mechanische ventilatie (waar een woning-gebonden mechanische ventilatievoorziening aanwezig is zijn vaak ook ventilatieroosters geïnstalleerd): circa 11 uur;
- in een woonkamer met open keuken en gebalanceerde (evenveel instroom als uitstroom), continu werkende, mechanische ventilatie: circa 2 uur (ventilatie door de bewoners verstoort de werking van het gebalanceerde systeem en wordt dus afgeraden).

7.3.1 Minimaal noodzakelijke ventilatie

De ventilatie in een vertrek wordt als minimaal beschouwd, wanneer de (beperkte) natuurlijke en door de bewoners teweeg gebrachte luchtstromen tezamen genomen niet hoger zijn dan gemiddeld over een etmaal 22-35 m³/uur (6-10 liter per seconde).

Een ventilatievolume van 35 m³/uur (10 l/s) is noodzakelijk om de door de bewoners geproduceerde CO₂, geurstoffen en vocht voldoende af te voeren.

En om geurhinder bij niet rokers te voorkomen is voor de afvoer van **tabaksrook** van één sigaret 120 m³/uur noodzakelijk. (Bij 70 m³/uur treedt nog bij 20% van de binnenkomers in een ruimte onvrede op).

Om een indruk te geven hoe bewoners in woningen zonder mechanische ventilatievoorzieningen moeten ventileren om bovengenoemde ventilatie-stroom te realiseren, dient onderstaande overzicht ter illustratie.

Bij een temperatuurverschil binnen-buiten van 10-15°C (in het stookseizoen) en een lage windsnelheid (<5 m/s) is sprake van ongeveer de volgende lucht-volumestromen:

door een ventilatioerooster (met een openingsoppervlak van circa 50 cm ²):	10 m ³ /uur (3 l/s);
door een klepraam (bovenlicht) (met een openingsoppervlak van 0,1 m ²):	40 m ³ /uur (11 l/s);
door draairaam (met een openingsoppervlak van 0,5 m ²):	200 m ³ /uur (55 l/s);
door kieren in de buitenmuur van een woonkamer	20 m ³ /uur (6 l/s).

In de **zomerperiode** zijn door de geringere temperatuurverschillen tussen binnen en buiten bovenstaande volumestromen een factor twee lager. Anderzijds worden buiten het stookseizoen meer ramen verder en langduriger geopend (zie paragraaf 7.3.4).

Daarnaast realiseert een aan de woning gebonden **mechanisch ventilatiesysteem** een afgezogen luchtvolume van 60 m³/uur (17 l/s) wanneer deze in de lage stand staat en van 100 m³/uur (28 l/s) als deze in de hoge stand staat.

Een **open deur** tussen bijvoorbeeld de woonkamer en de gang kan, afhankelijk van het temperatuurverschil, zorgen voor een luchtuitwisseling van 150-300 m³/uur (42-83 l/s).

7.3.2 Ventilatieadvies

Bovenstaande leidt voor een niet al te kiedichte woning zonder mechanische afzuiging van lucht tot het volgende ventilatieadvies met betrekking tot het **stookseizoen**:

In de woonkamer:	
bij 2 aanwezige personen:	een klepraam half open.
bij 4 aanwezige personen:	een klepraam geheel open.
In plaats van het gebruik van een klepraam kan ook een kamerdeur worden opengezet, als elders in de woning (klep)ramen open staan.	
Na het roken:	's nachts een klepraam continu open of een draairaam tenminste een kwartier open.
In de slaapkamer:	
overdag:	een klepraam continu 1 cm open, of een draairaam 20 minuten open.
's nachts:	een klepraam continu half open.
In de keuken:	
bij het koken:	een draairaam of klepraam open.
na het koken:	een klepraam een aantal uren open, of een draairaam 5 minuten open.

Daarbij geldt dat, waar in plaats van een klepraam één ventilatierooster aanwezig is, de openingstijdsduur met een factor vier moet worden verlengd. In de **zomerperiode**, wanneer door de geringere temperatuurverschillen de volumestromen lager zijn en het vochtgehalte in de woningen doorgaans hoger is, dient langer en meer geventileerd te worden, wat meestal in de praktijk ook het geval is.

Opgemerkt kan worden, dat 's winters een volumestroom koude lucht van buiten van 1 l/s ongeveer 12 m³ aardgas per jaar aan stookenergie kost (met een aanname van 60-70% efficiëncy van de verwarmingsinstallatie). Grofweg betekent dit dat het min of meer onvermijdelijk is dat ter verzekering van een voldoende binnenluchtkwaliteit is ongeveer 100 m³ aardgas per bewoner per jaar vereist is (Wouters et al, 1987). Dit betekent dat het streven naar een zo groot mogelijke besparing van stook-energie in woningen op een grens stuit, namelijk daar waar energiebesparingsdoelstellingen in conflict komen met gezondheidkundige criteria.

7.3.3 Regelgeving

In het **Bouwbesluit** staan, zowel voor bestaande als voor nieuw te bouwen woningen, voorschriften waaraan de luchtverversing van verblijfsgebieden, verblijfsruimten, toiletruimten en badruimten minimaal moet voldoen.

De voorziening (bijvoorbeeld een raam) voor de toevoer van verse lucht en de afvoer van binnenlucht moet een capaciteit en een rechtstreekse afvoer naar buiten hebben van 0,9 l/s (ca 3 m³/uur) per m² vloeroppervlak (met een minimum van 7 l/s). Dat is tenminste 7 l/s (25 m³/uur) voor een **toiletruimte**, 14 l/s voor een **badkamer** (ten behoeve van de afvoer van vocht) en 21 l/s (75 m³/uur) bij een opstelplaats voor een kooktoestel, derhalve in een (open) **keuken**.

Tevens moet in een verblijfsruimte de mogelijkheid aanwezig zijn voor het creëren van een volumestroom van lucht (die voor 100% wordt aangevoerd van buiten; dus zonder recirculatie) van 3 l/s per m² vloeroppervlakte van die ruimte (met een minimum van 7 l/s). Ofwel, in een **woonkamer** (zonder keuken) van 25 m² moet de mogelijkheid

aanwezig zijn om minimaal 75 l/s of zo'n 260 m³/uur sterk verontreinigde binnenlucht te verwijderen en "verse" lucht van buiten aan te voeren. Nog anders gezegd: er moet een raam ver open kunnen worden gezet om goed te kunnen luchten.

De minimale capaciteitsvoorschriften in het Bouwbesluit lijken vanuit het oogpunt van gezondheid voldoende te zijn.

Wel dient nog te worden opgemerkt dat, in geval van toepassing van een mechanisch afzuigstelsel, een te geforceerde en onregelmatige afzuiging ook kan leiden tot een extra aanzuiging van **vocht en radon** uit de kruipruimte onder de woning als deze niet goed is afgesloten (Kokotti, 1987). Maar ook hierin voorziet het Bouwbesluit, althans voor nieuw te bouwen woningen, gezien de beperking die geldt voor de luchtdoorlatendheid van de begane-grond vloer (zie ook paragraaf 6.3).

De ventilatiestroom wordt ook wel uitgedrukt in ACH: Air Change rate per Hour. Dit is het quotiënt van de lucht-volumestroom en de inhoud van het vertrek of de woning. In **Duitsland** wordt voor de meest vochtgevoelige periode van het jaar, aan het einde van het zomer-seizoen, voor een hele woning bij een gemiddeld gebruik en gedrag, een minimum ventilatievoud van 0,5-0,8 ACH geadviseerd. Voor slaap- en woonkamers afzonderlijk is dit gemiddeld over een etmaal 0,8 ACH. Voor een kamer van 60 m³ komt dit dus overeen met een volumestroom van 48 m³/uur of zo'n 14 l/s (Erhorn en Gertis, 1986).

Gebleken is dat een reductie van het ventilatievoud van 1 naar 0,3 ACH door minder te ventileren de **formaldehyde**concentratie snel doet oplopen boven de grenswaarde van 120 µg/m³. Overigens geldt dit bijvoorbeeld ook voor de **radon**concentratie in woningen. Vandaar dat, ter bescherming van de **extra gevoeligen**, door de Gezondheidsraad wordt geadviseerd om bij het testen van materialen in laboratoria het lage ventilatievoud van 0,3 ACH (of 1,4 l/s of 5 m³/uur per persoon) te hanteren, in plaats van de (ook bij testen van pesticiden) gebruikelijke 0,5 - 1 ACH (Gezondheidsraad, 1984). Overigens wordt in het kader van een CEN (Comité Européen de Normalisation) normontwikkeling vooralsnog 1 ACH aangehouden.

Dat het laatstgenoemde standpunt vanuit een gezondheidskundig perspectief gezien risico's voor een vrij grote populatie kan inhouden, blijkt uit de berekening die is gemaakt van het aantal woningen waarin in feite te weinig wordt geventileerd en/of gelucht. Op basis hiervan kan worden geschat dat in het stookseizoen in 10 à 15% van de woningen een ACH optreedt die kleiner is dan 0,3 (zie ook paragraaf 7.3.4).

De vraag komt dan ook aan de orde waar, ter preventie van binnenmilieuproblemen door te weinig ventilatie, primair de verantwoordelijkheden liggen: bij de bewoners die te weinig ventileren, bij de producenten van verontreinigende materialen of produkten, bij degenen die ze in een woning verwerken of ook (al of niet door regelgeving en handhaving) bij de overheid.

Uit een onderzoek in Den Haag en Rotterdam is gebleken dat de feitelijke luchtdoorlaat van in woningen aangebrachte **ventilatie-roosters** vaak niet voldoet aan de door de diverse fabrikanten opgegeven eisen. Dit is vooral het geval wanneer de gaasopening kleiner is dan 4 mm. Ook is gebleken dat de meerderheid van de ventilatie-roosters, in strijd met de voorschriften, moeilijk zijn schoon te maken (Mandala, 1990).

7.3.4 Gemeten gedrag en volumestromen

In een reeks van onderzoeken is met behulp van enquêtes en fysische metingen het ventilatie-gedrag van bewoners vastgesteld. Daarbij is ondermeer gebruik gemaakt van een door TNO ontwikkelde, gemakkelijk hanteerbare en op de markt verkrijgbare "Flow Finder" (TNO/ACIN, 1991).

Uit deze onderzoeksgegevens is berekend, dat de volumestroom door het openzetten van ramen en roosters in het **stookseizoen** gemiddeld over een etmaal in de orde van 5-8 m³/uur (1,4-2,2 l/s) blijkt te zijn.

Op zich zou dit uit hygiënisch en gezondheidskundig oogpunt te weinig zijn, maar in de praktijk zal door het open staan van binnendeuren, ventilatievoorzieningen elders in huis en kieren in de gevels de ventilatiestroom doorgaans tenminste het drievoudige zijn.

Dit blijkt uit een onderzoek in een **nazomerperiode** (bij maximum buitentemperaturen aflopend van 24°C tot 17°C), dat heeft uitgewezen dat ondanks het lage temperatuurverschil tussen binnen en buiten, door het langer en verder openstaan de luchtvolume-stroom gemiddeld over een etmaal bijna een drievoud hoger was (Van Dongen en Phaff, 1990a).

Toch blijkt op grond van het verrichte onderzoek dat de bewoners in naar schatting zo'n 20% van de woningen (waar geen sprake is van een mechanische ventilatievoorziening en van lawaai en/of stank van buiten) gedurende het stookseizoen **te weinig** ventileren in woonkamer en/of keuken, namelijk niet meer dan 3 l/s of 10 m³/uur gemiddeld over een etmaal. Waar wèl een mechanische ventilatievoorziening aanwezig is, blijkt dit in circa 7% van de woningen het geval te zijn. Gelet op de hiervoor (in paragraaf 7.3.3) genoemde constatering dat veel ventilatieroosters blijken te zijn dichtgeslibd met vuil, kan dit percentage zelfs nog enigszins hoger zijn.

In de flatwoningen, waarover hieronder wordt gerapporteerd, bleek in ruim een derde van de woningen het ventilatievoud in het stookseizoen minder te zijn dan 0,5 ACH en in circa 15% van de woningen minder dan 0,3 ACH (De Gids, 1990).

In figuur 7.1 wordt de uitkomst gegeven van een zeer uitgebreid onderzoek, dat gedurende 1,5 jaar door TNO is verricht in 80 woningen van een flatgebouw. Daarin wordt aangegeven hoe ramen en balkondeuren in de woonkamer, de hoofdslaapkamer en de keuken worden gebruikt om te ventileren of te luchten.

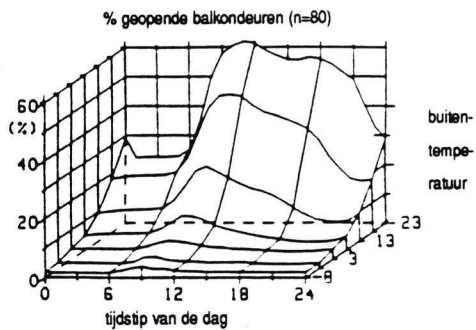
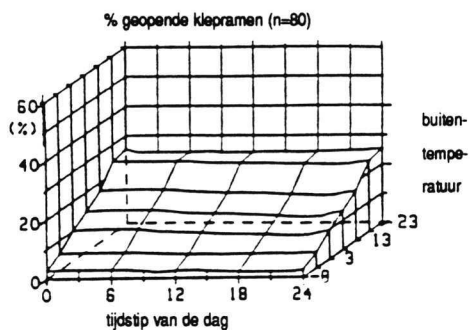
De X-as geeft de tijdstippen van de dag aan, de Y-as het percentage openstaande ramen (c.q. balkondeuren) in de flat en de Z-as geeft de verschillende buitentemperaturen aan, variërend van -8°C tot 23°C.

Figuur 7.1

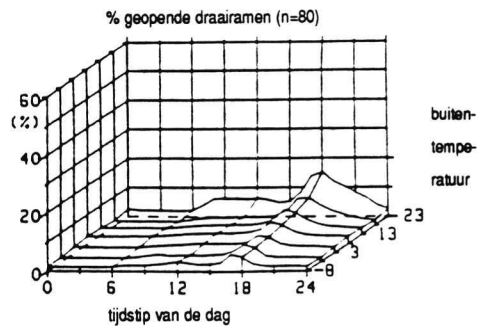
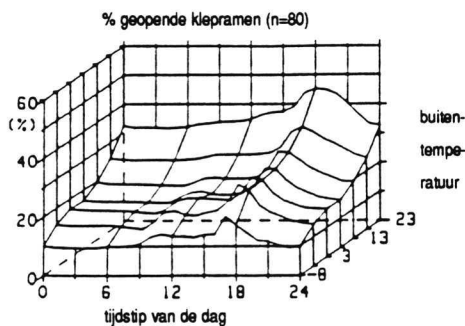
Weergave van een automatische registratie van het openen van ramen en deuren

Bron: Van Dongen, 1989a

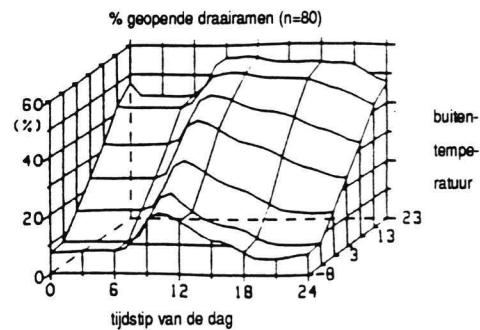
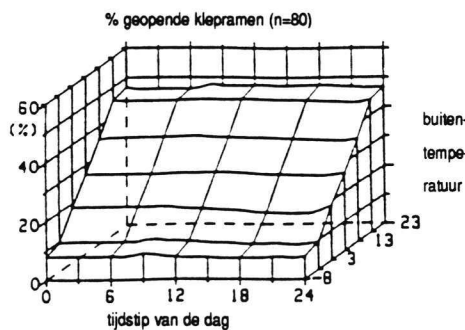
WOONKAMER



KEUKEN



HOOFDslaapkamer



7.3.5 Beïnvloedende factoren

Het gebruik van de ramen en andere ventilatievoorzieningen zoals roosters wordt bepaald door een groot aantal factoren en kan aanzienlijk variëren in de verschillende huishoudens. Wel blijkt per individueel huishouden het gebruik in de meeste gevallen volgens een zeer stabiel patroon (als een dagelijkse routine) te verlopen.

Factoren die het gebruik bepalen zijn:

- het dagelijkse **activiteitenpatroon**, waaronder het huishoudelijk gedrag en de aanwezigheid van mensen en huisdieren;
- de **temperatuur**, vooral die van buiten, maar bij een slechte controle over warmtebronnen ook die van binnen;
- de bestemming en het **gebruik** van de vertrekken. In het stookseizoen zijn ramen gemiddeld in globaal de volgende verhouding in tijdsduur geopend: woonkamer=1 : keuken=1,5 : badkamer=0,5 : kinderslaapkamer=2 : hoofdslaapkamer=3,5;
- de **vochtproductie** in woningen (met als indicator condensatie op de ramen);
- de **oriëntatie** van de ramen en roosters met het oog op bezonning, windrichting (ook de wijze waarop ramen scharnieren is van invloed);
- de **bruikbaarheid** van de voorzieningen in de zin van gebruiksvriendelijkheid, regelbaarheid, staat van onderhoud en "tochtgevoeligheid". Ook de **inbraakveiligheid** van de ventilatievoorzieningen speelt hier een rol.

Vastgesteld is ook dat er **minder** wordt geventileerd wanneer:

- de bewoners meer **energiebewust** zijn;
- in de woning **niet** wordt **gerookt** (Er wordt een factor twee minder geventileerd. Overigens ventileert men in vertrekken waar wordt gerookt in feite nog te weinig);
- er bij bewoners **geen** luchtwegproblemen (**CARA**) optreden;
- **geen** sprake is van zichtbare **schimmelgroei**;
- de **vochtproductie lager** is (een goede indicator van vocht is condensatie op ramen, vooral die welke voorzien zijn van enkel glas);
- de **vertrekken kleiner** zijn;
- de woning **minder kierdicht** is;

- **mechanische ventilatie** aanwezig is, die teveel **geluid** maakt waardoor men hem afzet. (In 7% van de huishoudens waar een mechanische ventilatiesysteem aanwezig is schakelt men dit uit vanwege de **geluidhinder** die dit veroorzaakt)
- als sprake is van **lawaaï** en **stank** van **buitenbronnen**.

In woningen, die om redenen van energiebesparing zeer kierdicht zijn gemaakt, wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van een zogenaamde **gebalanceerd** mechanisch **ventilatiesysteem**, dat evenveel lucht aanvoert als afvoert. In principe zou in woningen met zo'n systeem, vaak gecombineerd met luchtverwarming en recirculatie van lucht, het gebruik van ramen om te ventileren niet nodig hoeven te zijn, omdat de inregeling van de luchtvolumestromen kan voldoen aan de minimale ventilatievoorschriften. Het functioneren van het systeem vereist in feite dat ramen gesloten blijven.

In de praktijk blijkt echter dat er vaak, zij het minder dan in "gewone" woningen, ingaande tegen de gebruiksinstructies aan de bewoners, toch gebruik wordt gemaakt van ramen om te ventileren en te luchten. De hierbij gehanteerde motivering is ondermeer dat de ingeblazen lucht niet "vers" of "fris" genoeg is (Van Dongen en Phaff, 1989; De Gids, 1990). En in de praktijk is dit ook vastgesteld (Van der Wal et al, 1989) (zie ook de paragrafen 5.2.7 en 10.2.1).

7.3.6 Binnen-buiten relatie

Vooraf in de perioden buiten het stookseizoen, wanneer de ramen langer en verder open staan, is de kwaliteit van het binnenmilieu uiteraard meer direct gerelateerd aan de situatie in het **buitenmilieu**. Met name **CO**, **NO_x**, **benzeen**, **lood**, **PAK's**, **stofdeeltjes** (zoals **roet**) en (**gras**)**pollen** infiltreren dan gemakkelijker in de woning. Vooraf in het stookseizoen (wanneer de ramen overwegend gesloten zijn) wordt **SO₂** grotendeels geabsorbeerd in de woningschil (in baksteen en mortels). Ozon (**O₃**) van buiten wordt snel geabsorbeerd in bouw- en inrichtingsmaterialen, stofdeeltjes en door de bewoners zelf.

Uit onderzoek naar **stankhinder** door wegverkeer is gebleken, dat 20% van de respondenten, woonachtig in Amsterdam en Purmerend **binnenshuis** erge tot zeer erge hinder ondervindt van stank van **uitlaatgassen** (Elling et al, 1990).

In het eerder genoemde onderzoek van Heijs is gevonden dat (eveneens) 21% van de respondenten problemen heeft met stank van buiten. Overigens, eenzelfde percentage bewoners heeft problemen met stank vanuit de woning zelf (Heijs, 1992).

In woningen waar mechanisch "verse" lucht van buiten wordt aangezogen (zoals in woningen met het ondermeer in paragraaf 8.1.1 aan de orde komende gebalanceerde ventilatiesysteem), of in woningen met een onderdruk, veroorzaakt door een sterke mechanische afzuiging, blijkt dat het risico van **hinder** door stankbronnen van buiten zoals door mest, het verkeer, open haarden en etensluchten van burens aanzienlijk groter kan zijn.

In woningen, gelegen in dezelfde woonwijk, blijkt dat men in 36% van de woonkamers in woningen met mechanisch aangezogen buitenlucht vaak of soms stankproblemen ervaart, tegenover 2% van de woonkamers waar deze voorziening niet aanwezig was (Van Dongen, 1985).

Tenslotte zij opgemerkt dat uit onderzoek blijkt dat, waar sprake is van sterke **geurconcentraties** in de buitenlucht (er zijn aanwijzingen dat dit voor zo'n 20% van de woningen in Nederland regelmatig het geval is), in de helft van de belaste woningen de ramen worden gesloten (Miedema, 1988). Een onderzoek in vier gebieden in de Rijnmond wijst uit dat bij blootstelling aan **stank** van buiten (door 70% van de respondenten wordt dit soms, geregeld of vaak ervaren) 69% de ramen dicht houdt. Om deze reden slaapt 48% met gesloten ramen (Janse, 1987).

Voorts is uit een landelijke inventarisatie van geluidhinder gebleken, dat in 29% van de huishoudens in Nederland de ramen, vanwege **geluidoverlast** van bronnen van buiten, worden gesloten dan wel dicht worden gehouden (De Jong, 1988).

7.3.7 De relatie tussen ventilatievoud en gezondheid

Het ligt voor de hand een dosis-respons relatie te verwachten tussen een gemeten of berekend ventilatievoud in woningen en het optreden van SBS-achtige gezondheidsklachten. Waar dit in de praktijk is onderzocht is deze relatie echter **niet** rechtstreeks of eenduidig aangetroffen (zie bijvoorbeeld Van der Wal et al, 1989).

Dit hangt samen met het feit dat bewoners nu eenmaal interactief reageren op hun omgeving, waarbij bovendien continu afwegingen plaatsvinden tussen verschillende "kwaden" zoals slechte binnenluchtkwaliteit, tocht, lawaai van buiten, hoog energieverbruik en veiligheids- en gezondheidsrisico's.

Zowel ter preventie van bijvoorbeeld **CARA-klachten**, als bij een bepaalde blootstelling aan een **geur** of een indicatie zoals **condens** op ramen, gaat men tot (al of niet correcte) actie over en wacht men doorgaans niet een verergering van de situatie af.

Daarbij komt dat het ondervinden van problemen met binnenmilieuaspecten ook samenhangt met de mogelijkheden om de problemen op te lossen door de omgeving aan te passen aan de behoeften en doeleinden (**externe coping**) of door zichzelf aan te passen aan de beperkingen die de omgeving oplegt (**interne coping**) (zie ook paragraaf 3.2).

7.3.8 Kwaliteitscriteria voor ventilatievoorzieningen

Gelet op het voorafgaande moeten ventilatievoorzieningen, zoals ramen en roosters, om van nut te zijn, voldoen aan een aantal kwaliteitscriteria.

- Er moet sprake zijn van een luchtvolume-doorstromingscapaciteit die aansluit bij de "gemiddelde" behoefte en "normale" omstandigheden en leefgewoontes van (categorieën) bewoners.
- Er moeten mogelijkheden zijn de ventilatievoorzieningen (liefst "traploos") op een gebruiksvriendelijke wijze te regelen: dus geen ventilatieroosters aanbrengen waar

men voor de regeling niet bij kan, of ramen toepassen die niet op een kierstand geopend kunnen worden.

- Ventilatievoorzieningen moeten goed onderhouden en gereinigd kunnen worden. In het bijzonder geldt dit waar filters en roosters zijn aangebracht, bijvoorbeeld in geluidabsorberende "suskasten" en in luchtverwarmingsinstallaties.
- Neveneffecten van voorzieningen zoals geluidemissies, vervuiling en tocht moeten worden voorkómen.
- Er moet voldaan worden aan architectonische en esthetische vereisten.
- De voorzieningen moeten inbraak-bestendig zijn.

7.4 Het verwarmen

Met betrekking tot het verwarmen van woningen, die zijn voorzien van een centraal water-verwarmingssysteem met thermostaat-sturing, is uit onderzoek gebleken dat in het stookseizoen in woningen in Nederland met een gemiddeld energieverbruik overdag de thermostaat gemiddeld wordt gezet op 19°C (met standaard deviatie 2°C), 's avonds op 20°C (st.dev. 1,5 °C) en 's nachts op 14,5°C (st.dev. 1,5°C) (van der Laan, 1988).

Feitelijk zal, na opwarming, de binnentemperatuur door de interne warmtelast (ondermeer veroorzaakt door de bewoners zelf of door toestellen zoals een TV of lampen) veelal hoger zijn. Een en ander leidt in eengezinswoningen in **woonkamers** voorzien van dubbel glas tot een gemiddelde etmaaltemperatuur van circa 18°C. In woonkamers met enkel glas is dit 1 à 2°C lager.

Gebleken is dat de radiatoren op **slaapkamers** zelfs bij koud winterweer in 50% van de gevallen nooit worden gebruikt en in 30% van de gevallen in wisselende mate, bijvoorbeeld alleen bij het studeren of vlak voor het slapen gaan.

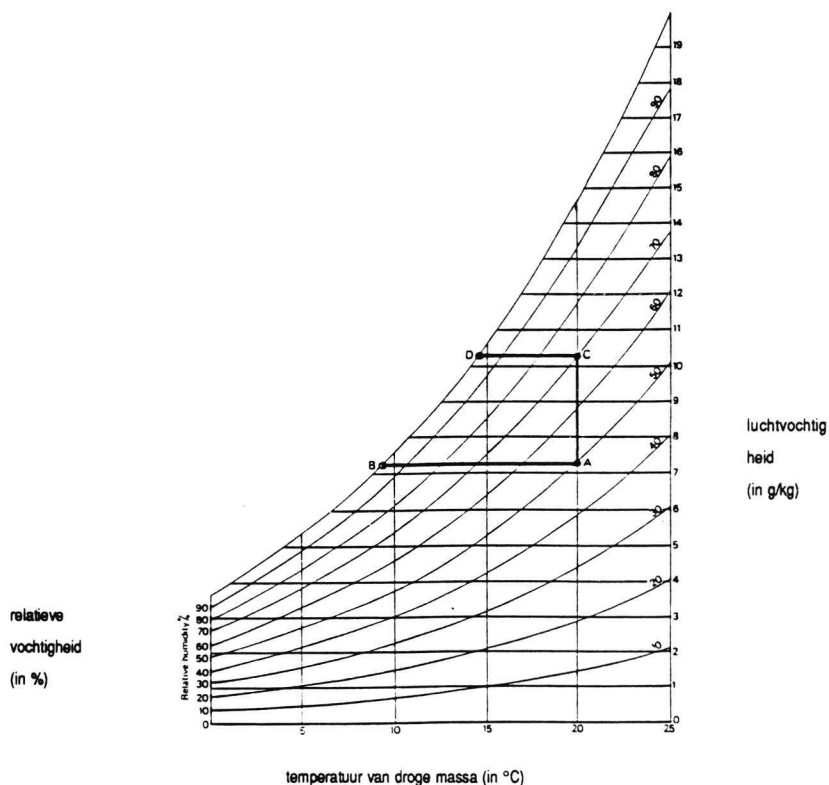
In het stookseizoen blijkt in woningen met een gemiddeld energieverbruik de etmaaltemperatuur in de slaapkamers gemiddeld zo'n 15,5°C te zijn, 2,5°C lager dan in de woonkamer. In woningen met een laag energieverbruik (en een gemiddelde mate van

isolatie) is dit in de orde van 4 à 5°C. Dit sluit aan bij de vaak uitgesproken voorkeur van de bewoners te willen slapen in een frisse, koude kamer.

Ofschoon gunstig vanuit het oogpunt van energiebesparing, kan de consequentie van dit gedrag zijn, dat de **relatieve luchtvochtigheid (RV)** stijgt. Zeker bij onvoldoende ventilatie (zie paragraaf 7.2) verhoogt dit de kans op **vocht- en condensproblemen** op koude vlakken op muren en vloeren (met als gevolg daarvan weer andere problemen zoals **schimmelgroei**). Bijvoorbeeld: bij afkoeling van 20°C (en een relatieve luchtvochtigheid van 70%) naar 15°C wordt bij een constant vochtgehalte van 10 g/kg het dauwpunt (100% RV) bereikt bij 14°C. In figuur 7.1, ontleend aan IEA, annex IX (1987), kan een en ander worden afgelezen.

Figuur 7.1 Psychometrische kaart

Bron: IEA, 1987



7.5 De vochtproduktie

Door een gezin van vier personen wordt naar schatting gemiddeld tenminste zo'n 10 liter water per etmaal in een woning geproduceerd (Nederlandse Gasunie, 1985). De volgende activiteiten dragen hiertoe bij:

- het ademen (afhankelijk van activiteit):	40-250 g/uur per persoon
- het koken (mede afhankelijk van afzuigkap):	1000-3000 g/uur
- het afwassen:	500-1000 g/uur
- het gebruik van de badkamer:	300 g/uur bij het douchen 1000 g/uur bij het baden 120 g/uur door de geiser
- wassen en drogen van wasgoed:	80-275 g/uur
- het branden van een kaars:	25 g/uur
- door planten:	5-20 g/uur
- het houden van een aquarium:	4-15 g/uur

Over de feitelijke spreiding in de vochtproduktie in de Nederlandse woningen bij de onderscheiden specifieke activiteiten is echter weinig bekend.

Gegeven de gebruikelijke vochtproduktie binnen een woning van 7 tot 14 liter per etmaal, blijkt om een redelijke verhoging van de absolute vochtigheid van 2-4 g/m³ te verwerken, een doorstroming van lucht (ventilatiestroom) van 20-40 liter per seconde noodzakelijk te zijn om te voorkómen dat er vochtproblemen ontstaan.

Hoe dit door technische voorzieningen of bewonersgedrag gerealiseerd kan worden en wat hierbij verder een rol speelt, is in paragraaf 7.2 reeds behandeld.

7.6 Het roken

Volgens het Voorlichtingsbureau Sigaretten en Shag werd in 1991 door 41% van de Nederlanders tussen 15 en 65 jaar gerookt. En volgens een NIPO onderzoek dat in opdracht van de Stichting Volksgezondheid en Roken is uitgevoerd, werd in 1992 door 34% van alle Nederlanders van boven de 15 jaar gerookt.

Gegevens uit verschillende (epidemiologische) onderzoeken, die zijn verricht in de jaren tachtig wijzen uit dat het aantal woningen waarin wordt gerookt varieert tussen de 60 en 70% (Lebret, 1987).

In een recent onderzoek naar het rookgedrag bij 516 ouders/verzorgers van zuigelingen in de regio Oostelijk Westfriesland is gebleken dat bij 52% van de respondenten één of meer personen in huis roken. Van de vaders rookt 31%, van de moeders 27% en tevens rookt 21% andere individuen (Gena et al, 1992). Terwijl in de slaapkamer van het kind niet wordt gerookt, geeft 42% van de respondenten aan dat in de woonkamer in aanwezigheid van de zuigelingen wordt gerookt; 40% doet dit zelfs tijdens het voeden. Van de kinderen uit het onderzoek staat 23% in de woonkamer bloot aan 1-5 sigaretten per dag, 11% aan 6-10 sigaretten en 8% aan meer dan 10 sigaretten.

In 18% van de woningen waarin wordt gerookt, blijkt de woonkamer niet geventileerd te worden tijdens het roken. Het roken en het aantal gerookte sigaretten blijkt niet samen te hangen met de leeftijd van het kind.

7.7 Het schoonmaakgedrag

Weinig is bekend over het wenselijk geachte en feitelijke gedrag met betrekking tot het schoonmaken en schoon houden van woningen.

Een onderzoek uit 1992 van de SWOKA (Instituut voor consumentenonderzoek) geeft een waarschijnlijk onderschatte aanwijzing van het bezit en verbruik van een aantal in Nederland veel gekochte reinigingsmiddelen: allesreinigers,

chloorbleekmiddelen, machinevaatwas- en naspoelmiddelen, toiletreinigers en sanitairreinigers (Siderius, 1993). In de onderzochte 1220 huishoudens (afkomstig uit het "doe-mee-panel" van de Consumentenbond) blijkt gemiddeld 8,5 uur per week te worden schoongemaakt. Voor **Duitsland** wordt geschat dat per inwoner gemiddeld 6 kg schoonmaakmiddelen per jaar wordt gebruikt (Grefe, 1990).

Middelen die gebruikt worden bij het schoonmaken bevatten chemische agentia als **ammoniak**, **zoutzuur** (in toiletreinigers; aanwezig in 65% van de hiervoor genoemde huishoudens van het SWOKA-onderzoek en met een verbruik van 60 ml per keer, gemiddeld 8 keer per maand) en **chloor** (in 83% van deze huishoudens worden chloorbleekmiddelen gebruikt: gemiddeld 6 keer per maand met een gemiddelde dosering per keer van 90 ml). Naast chloorgas en ammoniak treden emissies op uit oplosmiddelen, kleur- en geurstoffen en conserveermiddelen. Sterk **allergeen** zijn **kaliumdichromaat** (in bijvoorbeeld schoensmeer) en **lanoline** dat in leer-coatings zit, maar ook in was-, lak- en verfstoffen en cosmetica. En een stof als **formaldehyde** wordt uitgebreid toegepast in kleding (om het kreukelvrij te maken), haarshampoos, nagellak en nagelharder.

Ontvleckingsmiddelen, tapijtreinigers en boenwas bevatten talloze **VOV's** (vluchtige organische verbindingen) en toiletblokjes en motteballen vaak **paradichloorbenzeen** (zie ook paragraaf 10.8).

Eerder (in paragraaf 5.2.5) is ter preventie van **ademhalingsproblemen** reeds gewezen op het belang van gecombineerd **dweilen** en **stofzuigen**. In de paragrafen 8.2.1 en 8.2.3 zal nader worden ingegaan op huishoudelijk activiteiten zoals het stofzuigen.

Een indicatie van wanneer **huisstof** als "te veel" wordt ervaren, kan wellicht worden afgeleid uit de beantwoording van een vraag die in het kader van een onderzoek naar de beleving bij omwonenden van zwevend en gedeponiseerd stof, afkomstig van een met kolen gestookte elektriciteitscentrale, is gesteld (Van Dongen, 1986).

Op de vraag hoe vaak men "stof afnemen" acceptabel acht, geven de (slechts 68) respondenten het volgende aan: 10% vindt het acceptabel dit elke dag te doen, 41% vindt het acceptabel dit om de twee dagen te doen, 28% vindt het acceptabel dit om de vier dagen te doen, 18% vindt eenmaal per week acceptabel, 3% vindt eenmaal per twee weken of nog minder frequent acceptabel.

Overigens, feitelijk stoft men, vanwege de hoge stofconcentratie buiten, gemiddeld vaker af: 28% van de respondenten doet dit iedere dag.

Of men stof ziet liggen, hinderlijk vindt dan wel tolereert, hangt afgezien van een individuele beoordeling ook samen met de diameter van de stofdeeltjes, de kleur, de ondergrond, de lichtval en de depositiesnelheid.

Met het blote oog **waarneembaar** zijn deeltjes met een diameter van boven de 15 à 25 μm . Kleinere (meestal zwevende) partikels zijn zichtbaar als de concentratie ervan hoog is, zoals bij rook. Rookdeeltjes kunnen aanzienlijk kleiner zijn dan 1 μm : tot 0,01 μm bij zijstroom-tabaksrook (Rolloos en Lanting, 1989).

De waarnemingsdrempel (die geldt voor de helft van de leden van een panel) van zwart gedeponiseerd stof op een witte ondergrond blijkt 0,37% EAC (Effective Area Coverage = oppervlaktebedekking) te zijn. Bij een rode ondergrond is dit 0,85% (Naber en van der Biessen, 1990). Een depositie van 0,02 gram stof per m^2 per dag leidt grofweg tot een dagelijkse stofbedekking van 0,17% EAC. Maar bij welke stofdepositie, bij welke omstandigheden en om welke redenen mensen beginnen met stofverwijdering is onvoldoende bekend.

Nader onderzoek is ook gewenst op het gebied van het huishoudelijk (reinigings)-gedrag in algemene zin en het feitelijk gebruik van schoonmaakmiddelen daarbij.

7.8 Doe-het-zelf activiteiten

"Doe-het-zelf" en hobby-activiteiten kunnen ook in aanzienlijke mate de kwaliteit van het binnenmilieu bepalen. Ook op dit gebied is weinig onderzoek verricht.

Wel bestaat er inzicht in de consumptieve bestedingen aan "doe-het-zelf" produkten (Pleijster et al, 1989). Zo werd in 1988 voor 300 miljoen gulden besteed aan behang en wandbekleding (dit is 90-95% van de hele consumentenmarkt, met een meer dan gemiddeld groeiende vraag naar vinylbehang), voor 600 miljoen aan verfwaren (25-30% van de consumentenmarkt, met een meer dan gemiddelde groei van hoogwaardige verf-soorten), 900 miljoen aan bouwmaterialen (10-15% van de markt, met een sterkere groei in lijmen en kitten) en 950 miljoen aan houtprodukten (eveneens 10-15% van de markt).

7.9 Huisdieren en plaagdieren

Volgens de DIBEVO werden in januari 1990 in 52% van de Nederlandse huishoudens één of meer **huisdieren** gehouden. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de aantallen dieren en huishoudens en de trend (DIBEVO, 1991). Geen gegevens zijn voorhanden over de hoeveelheid **plaagdieren** die in en om woningen voorkomen. De belangrijkste zijn insecten zoals mieren, boktorren, spinnen, zilvervisjes, pissebedden, kakkerlakken en zoogdieren als muizen en ratten (VROM, brochure).

Tabel 7.1 Huisdieren in Nederland per 1-1-1990

Bron: DIBEVO, 1991

Diersoort	Aantal	Aantal dieren	Percentage huishoudens *	Trend **
honden	1.350.000	1.126.890	19	-
katten	2.000.000	1.245.510	21	++
vogels	6.400.000	1.067.580	18	-
vissen	5.600.000	593.100	10	+
konijnen	750.000	355.860	4	0
knaagdieren	300.000	237.240	6	+
reptielen/amfibieën	200.000	59.310	1	0
Totaal	16.600.000	3.084.120	52	

* Een huishouden kan meerdere soorten huisdieren bezitten. Het aantal huishoudens dat in deze tabel onder 'totaal' staat, is het aantal huishoudens met meerdere soorten dieren.

** - = sterk dalend, - = licht dalend, 0 = stabiel, + = licht stijgend, ++ = sterk stijgend

7.10 Geluidproducerende toestellen en gedragingen

Ofschoon inzicht bestaat in het waarnemen van en de hinder door een groot aantal geluidbronnen in woningen, is zeer weinig bekend over de feitelijke woongedrag dat ten grondslag ligt aan de geluidproductie binnen een woning. Met andere woorden: terwijl met betrekking tot het ventileren en het verwarmen inzicht is verkregen in de spreiding van het gedrag en op grond daarvan een "redelijk bewonersgedrag" vastgesteld kan worden, is dit voor het geluidproducerend gedrag nog niet mogelijk.

Op basis van onderzoek bij 4072 Nederlandse huishoudens is in 1987 een uitgebreid inzicht gekregen in de bronnen en soorten geluiden die hinder veroorzaken in woningen (De Jong, 1988). De belangrijkste geluiden, de penetratiegraad van geluidproducerende toestellen en apparaten in Nederlandse huishoudens en de plaats in de (eigen) woning zijn in tabel 7.2 aangegeven. De volgorde is bepaald aan de hand van de mate van **geluidhinder**, die de eigenaren/bewoners zelf ondervinden door deze toestellen en door het eigen gedrag, indien ze worden **gehoord** (zie ook paragraaf 9.1.3.1).

Tabel 7.2 Bronnen en soorten geluiden die hinder veroorzaken in woningen

Bron: de Jong, 1988

	Penetratiegraad (in % woningen)	Plaats in woning				Percentage gehinderden (erg gehinderden)
		keuken	badkamer	schuur	zolder	
Elektrische boor e.d.	74	-	-	66%	16%	58 (17)
Slaande deuren	-	-	-	-	-	56 (11)
Afzuigkap	61	100%	-	-	-	43 (7)
Afwasmachine	10	91%	-	4%	-	40 (6)
Huisdieren	66	-	-	-	-	38 (10)
Elektronische muziekinstrumenten	23	g.i.	g.i.	g.i.	g.i.	36 (9)
Loopgeluiden	-	-	-	-	-	36 (7)
Stofzuiger	99,7	-	-	-	-	35 (6)
Audio-visuele apparatuur	92	g.i.	g.i.	g.i.	g.i.	30 (7)
Ventilator	20	g.i.	g.i.	-	g.i.	30 (3)
Waterleiding/afvoer	-	g.i.	g.i.	g.i.	g.i.	29 (5)
CV-installatie	49	g.i.	g.i.	g.i.	g.i.	28 (4)
Wasmachine	94	30%	40%	19%	6%	28 (3)
Muziekinstrument	31	g.i.	g.i.	g.i.	g.i.	26 (5)
Keukenmixer	55	100%	-	-	-	23 (3)
Droogtrommel	20	21%	17%	34%	14%	22 (2)
Spelende kinderen	64	-	-	-	-	20 (4)
Koelkast	99	94%	-	3%	-	20 (2)

7.10.1 Preventieve gedragsmaatregelen

Met betrekking tot het tegengaan van ongewenste geluiden uit de omgeving van de woning, van buiten of van de burens is er eerder (in paragraaf 7.3) reeds op gewezen, dat in 29% van alle door De Jong (1988) onderzochte woningen wel eens de **ramen dicht** worden gedaan of gesloten worden gehouden vanwege deze geluiden, met alle consequenties voor de ventilatie van de woningen en de binnenluchtkwaliteit vandie. Daarnaast zei 23% van de respondenten wel eens te **praten** met de lawaaimaker. Opmerkelijk is verder dat 3% met **oordopjes slaapt**, 5% het huis tijdelijk **ontvlucht**, 7% het **ventilatiesysteem uitschakelt** en dat 7% van de respondenten het huis beter heeft **geïsoleerd** en 11% een **klacht** heeft ingediend.

In paragraaf 9.1 en volgende wordt nader ingegaan op de ondervonden geluidhinder.

7.11 Open haarden, "allesbranders" en barbecues

Een wellicht onderschatte bron van luchtverontreiniging in woningen en daarbuiten wordt gevormd door **open haarden** en "**allesbranders**". Geschat wordt dat anno 1990 in 20% van de huishoudens tenminste één van deze voorzieningen aanwezig is (Groot en Van der Made, 1991).

Er zijn aanwijzingen dat, door ondermeer slecht stookgedrag, gevoegd bij dikwijls ongunstige weersomstandigheden (inversie, mist) en een zekere aanwezige onderdruk, in met name de goed geïsoleerde woningen grenswaarden worden overschreden. Met name geldt dat in de nabijheid van een allesbrander de grenswaarden voor **benzo(a)pyreen** (één van de in potentie carcinogene polyaromatische koolwaterstofverbindingen (**PAK's**)) ruimschoots (10 maal) en voor **benzeen** wellicht soms eveneens worden overschreden.

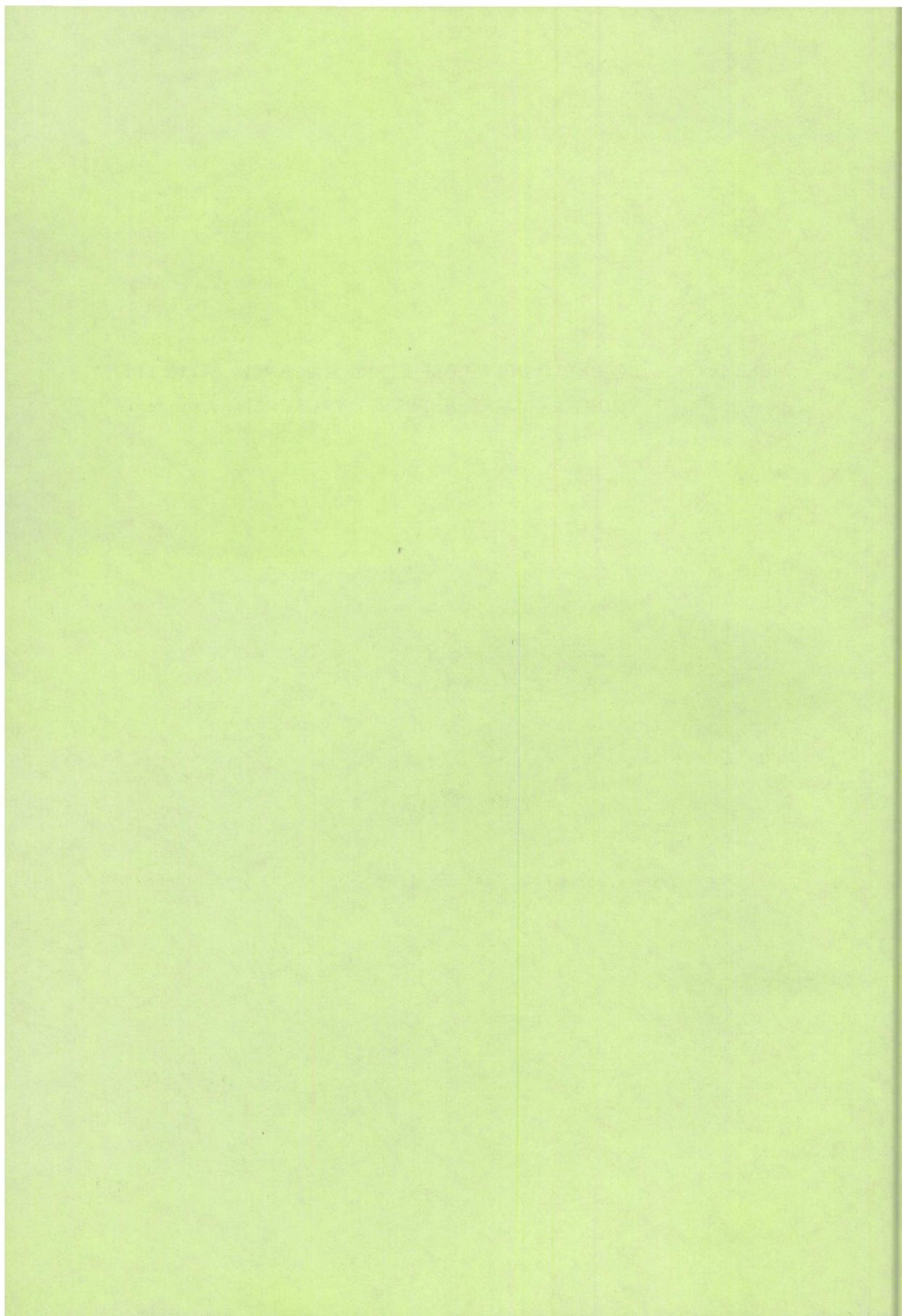
Dit geldt niet alleen voor woningen waarin deze voorzieningen aanwezig zijn, maar ook als de bron zich in buurwoningen bevindt.

De emissies van CO, VOV's, (rook)deeltjes en PAK's uit open haarden en "allesbranders" blijken in aanzienlijke mate bij te dragen aan de totale luchtverontreiniging in Nederland. Overigens geldt dit ook voor zware metalen, dioxinen en PCB's. Daarnaast verhogen de op kolen gestookte barbecues de SO₂-concentratie.

Gevoelig voor de emissies uit allesbranders en open haarden zijn vooral CARA-patiënten. Epidemiologisch onderzoek onder lagere-schoolkinderen in de VS wijst op een significant grotere kans op het optreden van ademhalingsklachten in deze leeftijdsgroep als thuis houtkachels worden gebruikt (Dockery et al, 1987).

In hoofdstuk 10 wordt nader ingegaan op bovengenoemde chemische componenten.

**DEEL II. BESCHRIJVING VAN SPECIFIEKE AGENTIA, STIMULI EN
VOORWAARDENSCHEPPENDE FACTOREN**



8. VOORWAARDENSCHEPPENDE FACTOREN

8.1 Vocht

Aan de vochtproblematiek in woningen is de laatste jaren veel aandacht besteed (SBR, 1983; Nederlandse gasunie, 1985, 1987; Lammertink en de Groot, 1985; Ministerie VROM, 1987; Hulsebosch, 1988; Verhoeff et al, 1990; TNO, 1990).

Naar schatting is er in bijna 20% van de 5,5 miljoen woningen in Nederland sprake van vochtproblemen.

Als verschijningsvormen en/of signaleringen van vocht kunnen worden onderscheiden:

- de relatieve luchtvochtigheid;
- (blijvend) natte oppervlakken, veel condensatie op ramen;
- oppervlaktecondensatie en inwendige condensatie van waterdamp;
- de aanwezigheid van schimmels, zilversjes en (geleedpotige) plaagdieren;
- houtrot;
- muffe stank.

Overigens blijkt de "subjectieve" beoordeling door de bewoners over de mate van droogheid c.q. vochtigheid van een woning (op basis van een vraagstelling als "vindt U uw woning al met al droog of vochtig") soms een betere indicator te zijn van algemene vochtproblemen in woningen dan bovengenoemde meer "technische" indicatoren (Van Wageningen et al, 1987; Verhoeff et al, 1993).

Bepalend voor de mate van vochtigheid (het vochtgehalte, uit te drukken in g/m^3) in woningen zijn:

- **De bewoners en hun gedrag.**

In paragraaf 7.5 is dit al aan de orde gekomen. Opmerkelijk is, dat uit een onderzoek van de Nederlandse Woning Raad in woningen met vochtproblemen is gebleken dat

deze maar in zeer geringe mate (in 4% van de onderzochte vochtige woningen) werden veroorzaakt door verkeerd bewonersgedrag (Lammertink en de Groot, 1985).

- **De waterdamp van buiten.**

Vooral in het voorjaar en najaar is sprake van een hoge relatieve luchtvochtigheid. In de woningen wordt dan vaak nog niet gestookt en de temperatuurverschillen tussen binnen en buiten zijn (daarom) laag zodat (mede daardoor) de afvoer van vocht van binnen naar buiten gering kan zijn.

Bij een buitentemperatuur van 0°C stroomt er gemiddeld 25 liter water in dampvorm per etmaal naar binnen, bij 20°C is dit in de orde van 75 liter;

- **De oriëntatie van woningen en vertrekken.**

Onafhankelijk van de mate van ventilatie treden in vertrekken die overwegend aan de leizijde zijn gesitueerd hogere vocht- (en verontreinigings)concentraties op. Dit is in versterkte mate het geval als aan de leizijde bezonning ontbreekt door oriëntering op het noord-westen tot noord-oosten of door afscherming door bomen of andere belemmeringen (Robertson, 1991).

- **De emissie uit installaties en apparaten.**

Naast de bronsterkte is dit afhankelijk van de aanwezigheid van een afvoerkanaal.

- **De verdamping van vocht uit de constructie.**

Hieronder worden bouwvocht, optrekkend en doorslaand vocht en lekkage gerekend. Met name nieuw gebouwde woningen bevatten zeer veel bouwvocht: voor een gemiddelde steenachtige rijtjeswoning is 5000-10.000 liter (schoon leiding-)water nodig, dat in de eerste jaren zal moeten verdampen (Van Bree, 1990).

- **Vocht uit de kruipruimte.**

In een zeer groot deel van de woningen met vochtproblemen ligt de oorzaak in een vochtige kruipruimte, van waaruit via kieren door de vloer waterdamp naar binnen stroomt. Van de vochtige woningen zijn er zo'n 600.000 waar in feite sprake is van een natte kruipruimte en/of een te hoge grondwaterstand. Overigens vermindert een hoge grondwaterstand de emissie van **radongas** uit de bodem (Loos, 1992).

Als de luchtdoorlatendheid van de vloer voldoet aan de in het Bouwbesluit gestelde minimale eis (zie paragraaf 6.3), is de vochtbelasting in het stookseizoen toch nog zo'n

54 g/uur. Volgens praktijkgegevens van het huidige woningbestand is dit feitelijk het drie- à viervoudige.

- **De aanwezigheid van "koude-bruggen".**

Dit zijn plaatsen waar een lagere oppervlaktetemperatuur voorkomt dan de omgevings-temperatuur, zodat daar condensatie van waterdamp optreedt. Zo wordt bij een buitentemperatuur van 7°C, een binnen-oppervlaktetemperatuur (van een muur aan de gevel) van 14°C en een kamertemperatuur van 16°C het dauwpunt op het oppervlak van de binnenzijde van de muur reeds bereikt.

Relatief koude wanden waarlangs weinig (relatief warme) luchtstroming plaatsvindt, zoals achter kasten, banken e.d. zijn extra gevoelig voor condensatie en effecten daarvan zoals **schimmels** en **mijten** in (geaccumuleerd) huisstof en vochtminnende insecten zoals **zilvervisjes** (zie verder hoofdstuk 11).

8.1.1 Preventieve maatregelen

Voor wat betreft (**bouw**)**technische** maatregelen ter voorkóming van vochtproblemen (zoals het vermijden van "koude bruggen" en optrekkend vocht vanuit de bodem en een goede luchtdichtheid van de vloer boven de kruipruimte) zij ondermeer verwezen naar de publikatie "Aanpak van vochtproblemen in woningen" (Ministerie VROM, 1987). Ofschoon in de praktijk niet realiseerbaar vanwege de hoge kosten, beveiligingsproblemen en een hoog energieverbruik, zou voor nieuwe woningen de beste preventieve maatregel zijn het met geopende ramen "droogstoken" en wel gedurende meerdere maanden en in onbewoonde staat.

Gegeven de gebruikelijke vochtproductie binnen een woning van 7 tot 14 liter per etmaal, is om een redelijke verhoging van de absolute vochtigheid van 2-4 g/m³ te verwerken, een **ventilatievolume** in de woning van 20-40 l/sec vereist om te voorkómen dat er vochtproblemen ontstaan. In paragraaf 7.3 is reeds aangegeven welk ventilatiegedrag hiervoor noodzakelijk is.

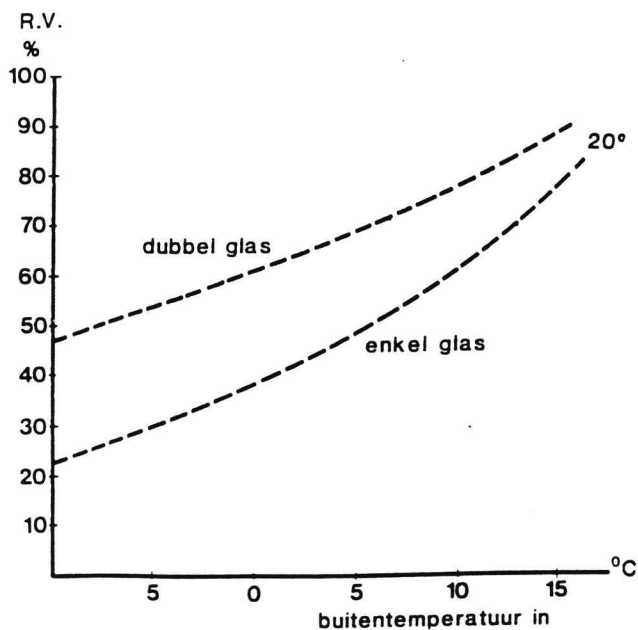
Voor de bewoners is een goede indicator voor een te hoog vochtgehalte in woningen de **condensatie op vensters** die doorgaans de koudste oppervlakken vormen.

Vanuit een gezondheidkundig oogpunt wordt 40-70% relatieve luchtvochtigheid als richtlijn aanbevolen.

In figuur 8.1 is aangegeven bij welke relatieve luchtvochtigheid (RV) binnenshuis (Y-as) en buitentemperatuur (X-as) bij een gegeven binnentemperatuur van 20°C op enkel cq. dubbel glas condensatie optreedt.

Van de grafiek kan worden afgelezen dat bij een woonkamertemperatuur van 20°C een overschrijding van de 70% relatieve vochtigheid op enkel glas reeds zichtbaar is bij een buitentemperatuur van 13°C. Bij dubbel glas is dit pas het geval bij een buitentemperatuur van 7°C (bij een lagere binnentemperatuur schuiven de curves naar beneden).

Figuur 8.1 Optreden van condensatie op enkel en dubbel glas bij 20°C en verschillende relatieve vochtigheid (RV)



Voor een tijdige en eenvoudige attendering op een te hoog vochtgehalte in woningen (met het gevaar van condensatie op "koude bruggen") is het dus aanbevelenswaardig in woningen met overwegend dubbele beglazing raamdelen (bijvoorbeeld een klepraampje) te voorzien van enkel glas.

Als een bouw- en installatietechnische oplossing ter bestrijding van vochtproblemen, wordt in toenemende mate het mechanisch gebalanceerd **luchtverwarmingssysteem** toegepast, waarbij een deel van de binnenlucht recirculeert en evenveel "verse" lucht van buiten wordt aangezogen als afgevoerd.

Vaak blijkt evenwel, dat bij toepassing van zo'n systeem in de praktijk aan nogal wat randvoorwaarden moet worden voldaan (zoals een hoge luchtdichtheid van de woning en een goede inregeling, het dicht houden van ramen en het goed schoonhouden van het systeem) om klachten, zoals klachten over **koude luchtstroming**, **trage opwarmsnelheid**, **"te droge lucht"** of **niet "verse" of "frisse" lucht**, te vermijden.

In verband met een ingeschatte verhoogde blootstelling aan allergenen (zoals schimmelsporen) door de continue circulatie van de lucht, raden allergologen het wonen in woningen met recirculerende (warne) luchtsystemen voor **CARA** patiënten af (zie ook paragraaf 8.2.1).

Een alternatief voor luchtverwarming ter bestrijding van vochtproblemen kan **vloerverwarming** zijn. Uit onderzoek blijkt dat de **allergeenproductie** in deze woningen lager is dan in met radiatoren verwarmde woningen. Ook kan de **stofconcentratie** lager zijn, omdat stofverwijdering makkelijker kan plaatsvinden en er minder sprake is van lucht-turbulenties (Schata et al, 1990).

Ofschoon in Nederland weinig onderzoek is verricht in woningen met vloerverwarming, zijn er aanwijzingen dat de bewoners het thermisch comfort dat daarmee samenhangt tamelijk hoog waarderen (Van Dongen, 1985).

In Groot Brittannië wordt soms gebruik gemaakt van elektrische **ontvochtigers**. Deze gebruiken echter wel veel energie en de eigenlijke oorzaak wordt niet bestreden.

8.1.2 Gezondheidseffecten

Onderzoek dat in **Nederland** verricht is, wijst erop dat er een positieve relatie bestaat tussen (subjectief ervaren) vochtige woningen en het optreden van zogenaamde **CARA-verschijnselen**.

Door Van Wageningen et al (1987) is gevonden dat in vochtige woningen bij **kinderen** ruim tweemaal meer CARA-klachten (met als symptoom vooral **hoesten**) optreden en bij **volwassen vrouwen** ruim zesmaal meer klachten (vooral **hoesten** en **piepende ademhaling**) dan in niet-vochtige woningen. Ook Brunekreef vindt bij kinderen een verband tussen hoesten en een vochtige woning (Brunekreef et al, 1990).

Overigens, een verband is ook gevonden tussen een toegenomen kans op **astmatische klachten** en de **geboorte in de nazomer en herfst**, als de relatieve luchtvochtigheid het hoogst is en daardoor ook de blootstelling aan huisstofmijten en andere vochtminnende binnenlucht-allergenen (Burr, 1987).

Bij kinderen is **geen** of slechts een zwakke **rechtstreekse** relatie gevonden tussen het wonen in vochtige woningen en een aantasting van **longfuncties** en het optreden van **astma** en **allergie**.

Gelijksoortige bevindingen blijken uit onderzoek in Schotland. Hier is er vooral een verband gevonden tussen vochtige woningen en **hoesten**, **piepende ademhaling**, **kou op de borst** en **slijmvorming uit de neus** (Strachan en Sanders, 1989).

Geen verband is gevonden met de kwaliteit van de **ademhalingsfunctie** en **bovenste luchtwegen**. **Negatief** is het verband met het last hebben van **hooikoorts**, wat niet verrassend is omdat pollen en schimmelsporen zich juist in een droge omgeving in de lucht verspreiden.

8.2 (Huis)stofdeeltjes

Zwevend en gedeponeed (huis)stof is een belangrijke "drager" (en/of voedingsbron) van allerlei voorkomende combinaties van (micro)biologische en chemische agentia.

Componenten in huisstof kunnen worden onderscheiden in:

- **biologische organismen:** huidschilfers, haren, mijten, bacteriën, virussen, schimmel sporen, pollen, etcetera;
- **organische verbindingen:** veelal afkomstig uit tabaksrook of uit de rook van open haarden;
- **anorganische stoffen:** metaaloxiden (ijzer, lood), asbest-, glas- en steenwolvezels, as, kalk, zoutkristallen, roet, etcetera.

Waar niet wordt gerookt is ongeveer de helft van het huisstof afkomstig van (bodem)-componenten, inclusief anorganische deeltjes en **zware metalen** van buiten; in woningen waar wordt gerookt is dit voor een kwart of nog minder het geval (Fishbein en O'Neill, 1987).

Zoals hierboven al is aangegeven maken ook (vezel)deeltjes, afkomstig van bouw- en verbouwingsactiviteiten en door slijtage van bouw- en inrichtingsmaterialen, deel uit van zwevend en gedeponeed huisstof. Voorbeelden hiervan zijn **asbest**, **gips** (calciumsulfaat) en **Man Made Mineral Fibres (MMMF)**: met name steen- slakken- en glaswol en (overigens zelden in woningen toegepaste) keramische vezels. Uiteraard zijn de concentraties van deze vezels dan wel aanzienlijk minder hoog en minder langdurig aanwezig dan op sommige werkplekken het geval is.

In paragraaf 10.11 wordt op bovengenoemde vezeldeeltjes nader ingegaan.

Tabel 8.1, ontleend aan Van Bronswijk (1987), geeft de aantallen **biologische organismen** en hun biomassa's aan die gemiddeld in 1 gram met een stofzuiger verzameld huisstof worden aangetroffen.

Tabel 8.1 Een berekening van gemiddelde biomassa en gemiddeld aantal van enige organismen in 1 gram huisstof.
Bron: Van Bronswijk, 1987

Groep van organismen	Aantal	Biomassa in µg
algae	8.400	3
schimmels	5.100.000	255
mijten	132	378
bacteriën	730.000.000	570
insekten	1	5296

In hoofdstuk 11 worden biologische organismen behandeld.

Hier zij reeds vermeld, dat agentia in (zwevend) organisch stof, ook bij relatief lage concentraties (gemeten in flatwoningen in Zweden waar SBS-achtige klachten waren geuit), gezondheidseffecten lijken te kunnen veroorzaken. Dit betreft met name biologisch actieve celwandcomponenten als **glucanen** uit **schimmels** en **endotoxinen** uit dode **bacteriën**.

Eventuele schadelijke effecten van (huis)stof worden niet alleen bepaald door de componenten erin, maar ook door de grootte van de deeltjes.

Inadembaar stof (deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 100 µm) kan op grond van de depositie in het ademhalingsstelsel (en eventueel daaraan verbonden gezondheidseffecten) worden verdeeld in:

- een **extrathoracale fractie**: de deeltjesgrootte-fractie die het ademhalingsstelsel binnenkomen, maar het strottehoofd niet passeert;
- een **thoracale fractie**: de deeltjesgrootte-fractie die het strottehoofd passeert. Dit zijn over het algemeen deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 20 µm.

Deze thoracale fractie is verder verdeeld in:

- een **tracheobronchiale fractie**, deeltjes met een mediane aerodynamische diameter van 7 μm , die in de longen maar niet in de longblaasjes doordringen;
- een **alveolaire fractie**, deeltjes met een mediane aerodynamische diameter van 3,5 μm of minder, die wel in de longblaasjes doordringen (ISO, 1983).

Gesproken wordt van **fijn stof** als een luchtverontreinigend agens, wanneer de afmeting van de deeltjes kleiner is dan 10 μm . **PM10** wordt daarbij als aanduiding van fijn stof gehanteerd.

Omdat de chemische samenstelling van de (buiten)lucht vanwege de sterke groei van het verkeer, de sterke afname van het gebruik van kolen en de introductie van andere brandstoffen en verbrandingstechnologieën de laatste decennia sterk gewijzigd is, is door het RIVM een (nieuw) criteriumdocument voor fijn stof ontwikkeld (Heijna-Merkus et al, 1988). Daarin wordt aan de overheid geadviseerd fijn stof als criterium voor (toekomstige) regelgeving te hanteren vanwege de gevonden correlaties tussen PM10-niveaus en (a-specifieke) ademhalingsaandoeningen en/of mortaliteit.

Zoals in paragraaf 7.7 reeds is aangegeven zijn pas deeltjes met een diameter van boven de 15 à 25 μm met het blote oog **waarneembaar**. Kleinere partikels zijn nog zichtbaar in geval van hoge concentraties, zoals bij (sigaretten)rook. De meeste rookdeeltjes kunnen kleiner zijn dan 1 μm .

Ook virussen en witte asbestdeeltjes (chrysotiel) kunnen kleiner zijn dan 1 μm .

Deeltjes met een diameter van 1-10 μm kunnen afkomstig zijn van steen-, slakken- en glaswol, bacteriën- en schimmelsporen, inhalatie-allergenen van huisstofmijten en katten en van stof uit vogelkooien (Rolloos en Lanting, 1989).

Voor thoracaal (respirabel) zwevend stof (**PM10**) wordt in "Zorgen voor Morgen" een grenswaarde van 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ over 24 uur gemiddeld aangehouden (RIVM, 1988).

Andere grenswaarden die worden aanbevolen zijn 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3/24$ uur en een jaargemiddelde concentratie van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Van Der Meulen, 1987).

8.2.1 Stofbronnen door bewonersgedrag

In paragraaf 7.7 is het **"stof afnemen"** reeds aan de orde gesteld. Dit betreft vooral het (huis)stof dat zo grof is dat het als extrathoracaal kan worden beschouwd, dus met een mediane aerodynamische diameter die over het algemeen groter is dan 10 μm .

Hoezeer het huishoudelijk schoonmaakgedrag van invloed is op de stofconcentratie in de binnenlucht in woningen is in beperkte mate onderzocht. Terwijl op "lange" termijn door regelmatige stofverwijdering de concentratie in principe laag gehouden kan worden, blijkt echter tijdens het verrichten van deze huishoudelijke activiteit vaak sprake van zeer hoge piekconcentraties. Zo is bij en vlak na het **stofzuigen** de concentratie van fijnere deeltjes inadembaar stof sterk verhoogd, omdat juist deze deeltjes door de uitblaasopening van de stofzuiger worden verspreid.

Daarnaast is een **"druk" activiteitenpatroon** van de bewoners, waardoor gedeponeerd stof veelvuldig opwarrelt, van invloed en het gebruik van een **open haard** of **"allesbrander"**.

Uit een onderzoek verricht door TNO (Kornaat, 1989) blijkt dat bij een **luchtverwarmingssysteem** met (gedeeltelijk) gerecirculeerde lucht het aantal zwevende zeer kleine **stofdeeltjes** (van 2-5 μm) en **allergenen** niet hoger hoeft te zijn dan in woningen met radiatoren, indien aan allerlei technische voorwaarden is voldaan, bijvoorbeeld een juiste situering en uitblaaskarakteristiek (richting, lichtsnelheid) van de roosters. Anderzijds is wel geconstateerd dat dicht bij de roosters, onder invloed van stof opwervende activiteiten (lopen, spelen) van de bewoners, de grootste stofconcentraties dicht bij de vloer (tot circa 70 cm hoogte) worden aangetroffen, bij uitstek dus in de ademhalingszone van **kleine kinderen** en in fauteuils **zittende personen**. Mede hierdoor wordt door allergologen het wonen in met lucht verwarmde woningen door mensen met **CARA**-klachten afgeraden.

Geschat wordt dat de grenswaarde voor thoracaal zwevend stof ($< 10 \mu\text{m}$) van $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt overschreden in 62% van de Nederlandse woningen. Dit wordt vooral veroorzaakt

door **tabaksrook** (RIVM, 1988). In paragraaf 10.8 komen gezondheidseffecten van het roken aan de orde.

In woningen waar wordt gerookt is de concentratie thoracaal stof (PM10), mede door de luchtbeweging door het bewonersgedrag en lagere relatieve luchtvochtigheid, binnen even hoog of hoger dan **buiten**. In woningen waar niet wordt gerookt is deze concentratie binnenshuis doorgaans bijna de helft lager dan buiten (Quackenboss et al, 1987).

8.2.2 Gezondheidseffecten

Bij een dosis-respons onderzoek in de IJmond is gebleken dat een concentratie van totaal zwevend stof in de **buitenlucht**, variërend tussen de 40 en 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, leidt tot gemiddeld 25% in meer of mindere mate **gehinderden**. Ditzelfde gemiddelde percentage gehinderden correspondeert met een bedekkingssnelheidspercentage van 10 tot 30% per dag (Hofschreuder en Vrins, 1991).

Een uitgebreid onderzoek binnenshuis in 2744 woningen in **Duitsland** geeft, gerelateerd aan urbanisatie- en woningkenmerken, aanwezigheid van industrie, het type vloerbedekking en het aantal bewoners en hun aanwezigheid, een goed beeld van de stofdeposities in woningen en de samenstelling ervan.

Er is in dit onderzoek **geen** verband gevonden tussen stofdeposities en **gezondheidseffecten** (Krause et al, 1987). Dit kan samenhangen met de complexiteit en synergie van de factoren die een rol spelen.

Aangetoond is dat de aanwezigheid van met name fijn zwevend stof het risico verhoogt van **longkanker** door **radon** uit bouwmaterialen en (via bijvoorbeeld de kruipruimte) uit de bodem onder de woning, doordat de radondochters, die bij het radio-actieve verval ontstaan, zich aan de stofdeeltjes hechten.

Ook blijkt dat er een verhoogd risico (toegevoegd aan het risico van het roken zelf) van longkanker bestaat door radon wanneer er in de woning wordt gerookt.

Op basis van in de binnenlucht gemeten concentraties van teer uit tabaksrook van 0,1-1 mg/m³, wordt zelfs een vijfvoudige toename van de blootstelling aan radon, wanneer tegelijkertijd sprake is van passief roken, als een redelijke schatting gezien (Moghissi et al, 1987).

Epidemiologisch onderzoek in België wijst op een verhoogd risico (odds ratio = 3,3) van longkanker bij rokende mannen, wanneer sprake is van een radonconcentratie in de binnenlucht van meer dan 100 Bq/m³ (Poffijn, 1990).

Tenslotte kan gewezen worden op het verschijnsel dat het aantal zwevende deeltjes in de lucht het aantal **negatieve ionen** in de binnenlucht sterk reduceert.

In de volgende paragraaf en in paragraaf 9.6 wordt hier nader op ingegaan.

8.2.3 Preventieve maatregelen

In zachte (textiele) **vloerbedekking** vindt eerder een ophoping van (microbiologische) verontreinigingen en stofdeeltjes plaats dan bij harde vloerbedekking, vooral op plaatsen waar veel in- en uitgelopen wordt (zie ook paragraaf 11.2.1).

Het reinigen van zachte vloerbedekking is moeilijker en moet zorgvuldig gebeuren, waarbij het stomen als de beste manier geldt. Chemische componenten in **reinigingsmiddelen** veroorzaken echter regelmatig gezondheidsklachten, omdat de dosering te sterk is geweest of omdat er niet volgens de voorschriften mee is gewerkt. Anderzijds kan, als er in ruimten betrekkelijk weinig activiteiten plaatsvinden, textiele vloerbedekking het voordeel hebben dat stofdeeltjes minder gemakkelijk weer als zwevende deeltjes in de lucht komen (resuspenderen), doordat ze beter "afgevangen" worden, mede omdat het **vochtgehalte** van een textiele vloerbedekking vaak hoger is dan van een harde vloerbedekking.

Met betrekking tot het verwijderen van stof met behulp van een **stofzuiger** wordt geadviseerd bij het stofzuigen goed te **ventileren**.

Luchtverwarmings- en ventilatiesystemen met recirculatie vereisen regelmatig onderhoud en reiniging van filters en luchtkanalen.

Van belang is ook het type filter dat is toegepast. In eenvoudige raamventilatie, ventilatie- en verwarmingsinstallaties worden zogenaamde voor-filters gebruikt met een stofvangstrendement van 75-84%. Deze bieden een redelijke bescherming tegen pollen, maar houden rook en smettende stoffen niet tegen. Veel fijnere filters (fijne- en micro en hepa-filters), die wel in staat zijn bacteriën en smettende stoffen af te vangen worden toegepast in operatiezalen, laboratoria, kerncentrales en dergelijke (Rolloos en Lanting, 1989).

In paragraaf 7.3.6 is reeds gewezen op de bevinding dat de kwaliteit van de **buitenlucht** (met als indicator **geur**) in woningen met mechanisch aangezogen lucht een kritischer rol speelt.

In woningen waar mensen allergische klachten hebben wordt aanbevolen waar mogelijk voorafgaand aan het stofzuigen te **dweilen**. Ook kan men eventueel de verspreiding van stof door de stofzuiger tegengaan door een slang aan het "uitblaasdeel" aan te sluiten en deze uit het raam te hangen. In een beperkt aantal experimentele woningen (bijvoorbeeld in het "duurzaam bouwen" project "Ecolonia" in Alphen aan de Rijn) en in een aantal kantoren wordt tegenwoordig ook gebruik gemaakt van vaste vacuüm-leidingen.

Gewaarschuwd moet worden voor het gebruik van "**ozon-generators**" die op de markt worden gebracht om de als aangenaam ervaren ozon-**geur** (voor een onweersbui) te verspreiden en om de **ionenbalans** te verbeteren door meer negatieve ionen te imiteren in vertrekken (zie verder paragraaf 9.6). Door een **verlaging** van de **luchttemperatuur**, waardoor het vochtgehalte van de aerosolen hoger wordt, kan de ionenbalans ook worden hersteld (Sammaljärvi, 1987).

Inzake het **verwijderen** van **asbest** zij verwezen naar paragraaf 10.11.3

9. FYSISCHE AGENTIA

9.1 Geluid

Een belangrijk fysisch agens of stimulus is (**hoorbaar**) **geluid**.

Aan de onderzijde van de toonhoogte, in het bereik van 0,1-70 Hz, is respectievelijk sprake van **infrageluid** en mechanische **trillingen** (uitgedrukt in m/s^2); aan de bovenzijde ($> 15.000 \text{ Hz}$) spreekt men ook wel over het voor mensen niet hoorbare **ultrageluid**.

In het binnenmilieu van woningen kunnen de volgende hoorbare geluiden worden onderscheiden:

- geluiden van bronnen van buiten de woning;
- woongeluiden vanuit buurwoningen;
- geluiden vanuit de eigen woning.

Daarnaast kan er in woningen sprake zijn van (laag frequente) trillingen.

9.1.1 Effecten

Een normale blootstelling aan hoorbaar geluid (met een toonhoogte van 50-15.000 Hz) is noodzakelijk voor de ontwikkeling en het handhaven van het gehoorvermogen en voor de intermenselijke communicatie. Te hoge geluidsniveaus (volume uitgedrukt in decibels aangepast aan het menselijk gehoorvermogen: dB(A)), kunnen schadelijke effecten hebben van fysiologische en psychologische aard. Voor wat betreft **arbeidsomstandigheden** wordt aangenomen dat bij een acht-urige werkdag met een geluidsniveau van 80 dB(A) geen irreversibele gehoorbeschadiging optreedt (Schuffel, 1989). In een ruimte met een geluidsniveau van 58 dB(A) is communicatie met een normaal stemvolume tussen mensen die 1 meter van elkaar verwijderd goed mogelijk. Anderzijds is het geheel ontbreken van geluid uit de omgeving ook schadelijk.

Hoe geluid als **stressor** op de mens kan inwerken is ondermeer beschreven door Van Kamp (1990). De aard van het geluid, zoals de toonhoogten, de continuïteit, de context waarin het optreedt en de betekenis die het heeft voor de blootgestelde, spelen bij het optreden van effecten een belangrijke rol.

De "beleving" van geluiden (en trillingen) kan worden uitgedrukt in termen van niet-specifieke en specifieke hinder (of een index-maat daarvan). Onder **niet-specifieke hinder** wordt verstaan: een algemeen gevoel van onbehagen waarbij de gehinderde persoon impliciet ervaren (functie)verstoringen bij zichzelf afweegt.

Specifieke hinder treedt op door verstoringen bij het verrichten van activiteiten zoals het slapen, het spreken, het luisteren of het concentreren. Specifieke hinder kan ook samenhangen met het optreden van **angstgevoelens** of **schrik**.

In veel dosis-respons onderzoek naar geluid dat in Nederland is verricht ten behoeve van de regelgeving (zoals de Wet geluidhinder) zijn deze begrippen als parameter gehanteerd.

Het effect van blootstelling aan geluiden in en om woningen hoeft niet uitsluitend hinder en verstoring te zijn, ofschoon dit, gelet op de omvang van de problematiek, vaak voldoende is om maatregelen ter reductie van de overlast te legitimeren.

Er zijn onderzoeken verricht waaruit blijkt dat ongewenste en overmatige geluiden niet-auditieve **somatische effecten** teweeg kunnen brengen, zoals effecten op hart- en bloedvaten, de stofwisseling, en het **immuunsysteem** en herstel- en genezingsprocessen kunnen vertragen. Al vanaf een betrekkelijk laag geluidniveau (circa 30 dB(A)) kunnen de eerste **vegetatieve reacties** optreden.

Geconcludeerd moet evenwel worden dat de invloed van geluid op het menselijk organisme zo complex is, dat het niet mogelijk is met zekerheid een minimum geluidniveau te noemen, waarbij een ongewenst geluid (zoals een druppelende kraan of een ritselende muis) niet een ziekmakende werking zal hebben, en evenmin een maximum geluidniveau (van bijvoorbeeld een laag overvliegend vliegtuig) waarboven geluid met zekerheid wél ziek zal maken (De Jong, 1992).

9.1.2 Algemene geluidhinder

De omvang en de mate van ernst van geluidhinder die in Nederland wordt ondervonden is uitgebreid onderzocht (Van Dongen, 1983b; De Jong, 1988).

In het eerder (in paragraaf 2.3.1) aangehaalde onderzoek van Heijs bleek sprake te zijn van problemen door lawaai van buiten bij 29% van de (500) respondenten; problemen door lawaai van binnen de woning werd in 11% van de huishoudens ondervonden (Heijs, 1992).

In tabel 9.1 zijn de resultaten van het onderzoek van De Jong, dat specifiek van opzet was en betrekking had op 4072 respondenten, samengevat.

Eerder is in paragraaf 7.10 een overzicht gegeven van de omvang van de hinder die wordt veroorzaakt door het gedrag van de bewoners en door apparaten en toestellen.

Tabel 9.1 Waarneming van en hinder van diverse geluidbronnen

Bron: de Jong, 1988

Percentage ondervraagden dat...			
	geregeld deze groep van geluidbronnen hoort in of om de woning *	hinder van deze groep van geluidbronnen ondervindt (van licht tot zwaar) ** 1987 (1977)	erge hinder van deze groep van geluidbronnen ondervindt ** 1987 (1977)
1. woongeluiden	99	83	40
woongeluiden uit eigen woning	98	74	26
woongeluiden van de bureu	80	66	26
2. wegverkeer	92	60	20
minus militaire voertuigen		60 (49) +	19 (20)
3. directe woonomgeving	90	48	12
4. luchtvaart	53	40	15
minus ULV's en modelvliegtuigen		40 (29) +	15 (11) +
5. railverkeer	22	7	2
minus overwegen en rangeerterreinen		6 (4) +	2 (1)
6. industriële bedrijvigheid (ruim) ***	21	17	4
minus militaire terreinen		15 (9) +	3 (3)
7. bouwmachines ****	20	31	12
8. recreatieve activiteiten	20	16	5
minus achtergrondmuziek		14 (6) +	4 (2)
9. scheepvaart	5	1 (0,7)	0,1 (0,1)

* Geregeld: minimaal enige keren per maand

** Waar mogelijk is er een vergelijking gemaakt met 1977.

De uitkomsten van 1977 zijn tussen haakjes vermeld. Significante toename van hinder is met + aangegeven.

*** Hieronder vallen activiteiten van fabrieken en bedrijven, maar ook van terreinen of plaatsen van laden en lossen, en (wegen)-bouw- en slootterreinen.

**** Bij de bouwmachines worden meer mensen gehinderd dan er mensen zijn die deze machines geregeld horen: ook wanneer deze machines in het jaar voorafgaand aan de enquête slechts sporadisch gehoord zijn, geven zij hinder.

9.1.3 Hinder door woongeluiden

Woongeluiden blijken, nog meer dan verkeersgeluiden, in aanzienlijke mate tot ernstige hinder te leiden.

Een kwart van de 4072 ondervraagde personen (van 16 jaar en ouder) zegt geregeld ernstige hinder te ondervinden van geluiden uit de **eigen woning** en 80% hoort geluiden vanuit de **buurwoningen**, waarbij 26% zegt daardoor geregeld ernstig te worden gehinderd. (Ter vergelijking: 20% van degenen die geregeld wegverkeer horen ondervindt daar ernstige hinder van).

9.1.3.1 *Geluidhinder in de eigen woning*

Met betrekking tot de woninggebonden **vaste installaties** is de geluidbeoordeling als volgt:

- een **mechanische ventilator**: waar deze aanwezig is (in 20% van de woningen van de respondenten is dit het geval) ondervindt 30% van de bewoners in meer of mindere mate hinder door het geluid dat deze voorziening met zich meebrengt; daarvan vindt 3% dit erg hinderlijk en naar schatting zo'n 10% van de respondenten zet de ventilator af of gebruikt hem niet (meer) om deze reden. Eerder is in paragraaf 7.3 al aangegeven dat dit zeker in kierdichte woningen tot problemen met de kwaliteit van de binnenlucht kan leiden.
- de **cv-installatie**: deze wordt door 28% van degenen die er over beschikken als hinderlijk ervaren (4% daarvan vindt dit erg hinderlijk).
- **leidingen** voor aan- en afvoer van water: deze leiden bij 25% van de respondenten tot hinder (5% daarvan ondervindt hier erge hinder van).
- de **deurbel**: 16% van de respondenten vindt het geluid ervan hinderlijk, 3% zelfs in erge mate.
- de **boiler** of **geiser**: deze veroorzaakt bij 13% van de respondenten in enigerlei mate geluidhinder, bij 1% daarvan in erge mate.

De omvang van de hinder (in meer of mindere mate) bij aanwezigheid van grote keukentoestellen is als volgt:

- afzuigkap: 36% (waarvan 6% in erge mate)
- afwasmachine: 44% (waarvan 6% in erge mate)
- wasmachine/centrifuge: 25% (waarvan 3% in erge mate)
- koelkast: 15% (waarvan 2% in erge mate)

In het Bouwbesluit is de isolatie-eisen tussen ruimten binnen een woning, die overigens al laag was, nog verder afgezwakt tot een lucht- en contactgeluid-isolatiewaarde van -20 dB (tussen woningen was dit 0 dB).

Reeds is vermeld dat in het Bouwbesluit geen voorschriften zijn geformuleerd t.a.v. het geluid van installaties in de eigen woning, zoals een ventilator en de verwarmingsinstallatie (Hartman et al, 1991).

Uit onderzoek blijkt dat bij een geluidniveau van 30 dB(A) in de woonkamer, afkomstig van een ventilator (bijvoorbeeld in de open keuken), reeds in 25% van de woningen hiervan hinder wordt ondervonden. Een gemiddelde geluidimmissie in een slaapkamer van 30 dB(A), afkomstig van een CV-ketel (inclusief de pieken bij het "aanslaan") wordt in de helft van de woningen als hinderlijk ervaren (Van Dongen, 1984).

9.1.3.2. *Geluidhinder van burelen*

Toegesplitst op geluiden uit buurwoningen zijn de percentages min of meer gehinderden per bron c.q. activiteit als volgt:

- slaande deuren: 29% (waarvan 5% erg gehinderd)
- loopgeluiden: 26% (waarvan 5% erg gehinderd)
- radio/stereo/TV: 27% (waarvan 6% erg gehinderd)
- waterleiding/-afvoer: 19% (waarvan 3% erg gehinderd)
- wasmachine/centrifuge: 6% (waarvan 1% erg gehinderd)
- stofzuiger: 6% (waarvan 1% erg gehinderd)

Bouwkundige factoren die bij het ondervinden van hinder van woongeluiden van buren een rol spelen zijn: type woning, bouwjaar, type vloer, woningplattegrond, woonlaag, type (kwaliteit van) vaste installaties en sanitaire voorzieningen.

Daarnaast spelen "demografische factoren" een rol (leeftijd, opleidingsniveau, woonduur, bezettingsgraad van woning) en zijn sociale en persoonsfactoren van invloed zoals de verstandhouding met de buren. Van de 3482 respondenten die directe buren hebben noemt 3% de verstandhouding met de buren slecht tot zeer slecht en circa 10% matig. Een opmerkelijke bevinding is, dat het geluidniveau in de omgeving van de woningen, bijvoorbeeld afkomstig van het wegverkeer, geen (maskerende) invloed blijkt te hebben op het ondervinden van geluidhinder van de buren (Groeneveld et al, 1991).

In nog een ander onderzoek naar burenlawaai is gevonden, dat van degenen die vaak last hebben van burenlawaai driemaal zoveel mensen geneigd zijn tot verhuizen dan de mensen die zelden of nooit last hebben van burenlawaai (36% tegenover 11%). Het aantal assistentieverleningen door de politie vanwege burenlawaai varieert van 2,5% van alle assistentieverleningen in de kleinste gemeenten tot zo'n 4% in de grootste gemeenten (Van Rossum et al, 1988).

De regelgeving in het Bouwbesluit met betrekking tot de isolatie van **luchtgeluiden** tussen woningen (zoals het huilen van kinderen, blaffen van een hond, radio, TV, etcetera) is ten opzichte van de oude normvoorschriften uit NEN 1070-1976 verscherpt met 2 à 3 decibel. Toch geldt ook hier de verwachting dat **luchtgeluiden** van buren in circa 70% van de woningen die aan de norm voldoen, toch nog zullen worden gehoord en in zo'n 20% zal leiden tot hinder (Hartman et al, 1991).

De isolatie-eis, die aan woningen wordt gesteld ter wering van **contactgeluiden** van buren (bijvoorbeeld (trap)lopen en slaande deuren), zal naar verwachting blijven variëren tussen zo'n 10% gehinderden als sprake is van zachte vloerbedekking bij de buren en 40% gehinderden als sprake is van een harde vloerbedekking (Van Dongen, 1983b). (In naar schatting 30% van de huidige huureengezinswoningen en in 50% van de koopeengezinswoningen is sprake van een onbeklede houten trap en/of harde vloerbedekking.)

9.1.4 Geluiden van buiten

Voor nieuw te bouwen woningen is in het Bouwbesluit de eis gesteld dat in verblijfsgebieden de geluidbelasting als gevolg van geluidbronnen buiten niet hoger mag zijn dan de etmaalwaarde (L_{etm}) van 35 dB(A) (zie ook paragraaf 6.2.1).

Daarbij moet tevens voldaan zijn aan het minimaal vereiste ventilatievolume (zie paragraaf 7.3.3).

Feitelijk is, zoals eerder is aangegeven, in de bestaande woningvoorraad sprake van een grootschalige overschrijding van deze norm. Ook ingevolge de Wet Geluidhinder zijn waarden boven de 35 dB(A) L_{etm} soms toegestaan.

Dit leidt behalve tot een aanzienlijke mate van **niet-specifieke hinder** ook tot **functionele verstoringen** (specifieke hinder), zoals bij het slapen, het voeren van een gesprek of het luisteren naar de radio.

Overigens wil de gestelde grenswaarde van 35 dB(A) L_{etm} niet zeggen dat bij dit niveau geen hinder of verstoring meer optreedt: bij 35 dB(A) L_{etm} afkomstig van snelweg-verkeersgeluiden rapporteert nog circa 30% van de bewoners vaak of soms slaapverstoring (Van Dongen, 1983a).

Bij Schiphol is nog steeds sprake van slaapverstoring bij 20% van de respondenten door geluiden van overvliegende (burger)vliegtuigen ondanks (de relatief lage) piekniveaus in de slaapkamer van 48 dB(A), gerealiseerd dankzij een zeer zware isolatie (te weten 42 dB(A)) van de gevel (Bitter en Willigers, 1979).

Eerder is in paragraaf 7.3.6 al aangegeven dat geluid van bronnen buiten de woning ook het gebruik van ramen om te **ventileren** in aanzienlijke mate beïnvloedt.

9.1.5 Trillingen

Met betrekking tot het optreden van **trillingen** in woningen zijn weinig gegevens beschikbaar. Aangenomen wordt dat er, afhankelijk van de ernst van de trillingen en de

aard van de trillingsbron (met als extreem voorbeeld een aardbeving), indirect fysieke gezondheidseffecten kunnen optreden, veroorzaakt door **angst**, **stress** of **ergernis**.

Op basis van beschikbaar onderzoek naar geluidhinder, waarbij ook gevraagd is naar het ervaren van trillingen, afkomstig van de verkeersbronnen, wordt geschat dat ruim 25% van de Nederlandse bevolking wel eens iets merkt van trillingen door het verkeer. Van deze ervaren trillingen wordt 8% door treinen of trams, 7% door burgervliegtuigen en 9% door de militaire luchtvaart (De Jong, 1993).

Bij naar schatting zo'n 15% van de bevolking blijkt het ervaren van trillingen door het wegverkeer wel eens tot een meer of mindere mate van hinder te leiden en een ongeveer even hoog percentage geldt voor trillingen door het rail- en het vliegverkeer. In totaal zou dit dus zo'n 600.000 Nederlanders betreffen.

Militaire schietterreinen en het scheepvaartverkeer vormen ook bronnen van trillingen en in zeer hoge gebouwen zijn ook trillingen mogelijk als gevolg van blootstelling aan de wind (soms leidend tot **zeeziekte**).

9.2 Binnenklimaat

De belangrijkste klimatologische variabelen zijn vochtigheid en de thermische factoren luchttemperatuur, stralingstemperatuur en (relatieve) luchtsnelheid.

De uiteindelijke bron van warmte van het menselijk lichaam is ons voedsel. Daarnaast is het lichaam in staat door thermoregulatie een constante lichaamstemperatuur te handhaven. De warmteproductie en warmteafgifte aan de omgeving wordt in balans gehouden door centra in de hypothalamus.

Naast metabole (stofwisselings)processen vindt de warmteproductie plaats via warmteopname door **convectie** (de stroming van (verwarmde) lucht langs ons lichaam) of door **warmtestraling**, waarbij de temperatuur en afstand van de bron die warmte uitstraalt bepalend zijn. De gemiddelde stralingstemperatuur en de luchttemperatuur zijn samen maatgevend voor de warmte-afgifte van het lichaam door convectie en straling.

Naast convectie en stralingsuitwisseling (met een koudere omgeving) wordt warmteafgifte bereikt door **verdamping**, waarbij luchtvochtigheid een belangrijke rol speelt.

Ook het **activiteitsniveau** (het gedrag) speelt uiteraard een duidelijk aanvullende rol bij de warmteregulering: door ruimteverwarming, kleding en mate van lichamelijke activiteit kan de productie en afgifte van warmte worden aangepast aan de heersende klimaatomstandigheden.

9.2.1 Beïnvloedende factoren

Het ervaren van een thermisch behaaglijk binnenmilieu in woningen hangt af van factoren als:

- **De luchttemperatuur:**

De gewenste luchttemperatuur in de woonkamer varieert (vooral afhankelijk van het activiteitenpatroon en het kledinggedrag) over het algemeen tussen de 18 en 23°C.

- **De stralingstemperatuur:**

Ter vermijding van koude straling dient de temperatuur van wanden of ramen niet meer dan 2 à 3°C lager te zijn dan de luchttemperatuur. Als vuistregel wordt wel gehanteerd dat de gemiddelde wandoppervlaktetemperatuur en de gemiddelde luchttemperatuur bij elkaar opgeteld niet minder mogen zijn dan 40°C.

- **De (relatieve) luchtsnelheid (in cm/sec):**

Bij een kamertemperatuur van circa 22°C geeft een luchtsnelheid van 10 cm/sec bij ongeveer 20% van de mensen (rustig zittend in gangbare kledij) al aanleiding tot tochtklachten. Hoe lager de luchttemperatuur, des te meer wordt de luchtstroom (of luchtbeweging) als onaangename tocht ervaren. Naast luchtstromen langs de grond kan in het stookseizoen ook een sterke "koudeval" optreden vanuit ventilatieroosters of klepraampjes, vooral als zich daaronder geen warmtebron (bijvoorbeeld een radiator) bevindt en nog sterker wanneer sprake is van een zekere onderdruk door mechanische afzuiging van de lucht.

- **De (relatieve) luchtvochtigheid:**

Als eenheid wordt de relatieve luchtvochtigheid (RV) gehanteerd: het percentage vocht dat lucht maximaal kan bevatten bij een gegeven temperatuur.

De RV wordt als minder behaaglijk ervaren naarmate de binnentemperatuur hoger is. Bij een RV van boven de 80% wordt de lucht als drukkend ervaren. Weinig problemen zijn te verwachten als de RV zich bevindt tussen de 40 en 70%.

Bij temperaturen boven de 23°C kunnen relatief kleine verschillen in luchtvochtigheid grote individuele verschillen in fysiologische respons (transpireren) teweeg brengen. Ook neemt bij een temperatuurstijging van 21 naar 24°C bij eenzelfde vochtgehalte het percentage mensen dat de lucht als **te droog** ervaart sterk toe.

Klachten over **te droge lucht** correleren niet altijd met een lage RV, zoals wanneer deze in de orde van 35% is of lager.

Er zijn aanwijzingen dat VOV's en zwevende **stofdeeltjes** in de lucht deze doen ervaren als te droog (Berglund, 1992). Wellicht speelt de ionenbalans hier ook een rol (zie paragraaf 9.6). Klachten over droge lucht kunnen zo een indicator zijn voor luchtverontreiniging (Bakke en Levy, 1990).

Uit sommige onderzoeken blijkt dat er verschillen in klachten zijn gevonden tussen mannen en vrouwen en tussen leeftijdsgroepen. **Vrouwen en oudere mensen** hebben eerder klachten bij lage RV-waarden (Andersson et al, 1976). Draggers van **contactlenzen** blijken vooral bij een RV van minder dan 40% problemen te ondervinden (Breunis en de Groot, 1987).

Bij een lage RV (lager dan zo'n 35%) en een relatief lage (huis)stofbelasting wordt ook hinder ondervonden van **elektrostatische** verschijnselen. Biologische effecten bij blootstelling aan elektrostatische velden zijn overigens niet bekend (Gaeffe, 1987). Als grenswaarde wordt een lading van 1000 V bij 22°C en een RV van 25% aanbevolen (Baglioni, 1992).

- **Het metabolisme:**

Dit is de lichamelijke inwendige warmteproductie (uitgedrukt in Watt per m²). Het basis-metabolisme varieert van 100 W/m² bij een éénjarig kind tot 30 W/m² bij mensen van 60 jaar of ouder. Het totale metabolisme wordt daarnaast bepaald door het

activiteitsniveau en wordt aangegeven met de eenheid "met". Gemiddeld varieert dit van 0,8 met (bij het stil liggen; warmteproductie 46 W/m²), 1 met (bij het ontspannen zitten; 58 W/m²), 2 met (huishoudelijke arbeid zoals stofzuigen; 116 W/m²), 3 met (wandelen met een snelheid van 5 km/u; 200 W/m²) tot 4 met (zware lichamelijke arbeid).

- **Het kleedgedrag:**

Ook dit bepaalt uiteraard in sterke mate de warmte-uitwisseling met de omgeving. Het kleedgedrag wordt wel uitgedrukt in "clo's", variërend van 0,1 (alleen zwembroek), 0,5 clo (onderhemd + overhemd met korte mouwen), 1 clo (onderhemd, overhemd met lange mouwen, lichte trui of colbert-jasje) tot 3 clo (dikke winterjas).

Bovenstaande variabelen zijn door Fanger in een formule die de **behaaglijkheid** aangeeft geïntegreerd om (zij het vooral toegespitst op kantoor situaties) voorspellingen te kunnen doen over het aantal ontevreden over het thermische comfort (Fanger, 1972; McIntyre, 1980). Het in het stookseizoen binnenshuis dragen van warmere kleren (1 clo in plaats van 0,5 clo) komt ongeveer overeen met 2°C minder stoken (ofwel een energiebesparing in de orde van zo'n 10%). Fanger houdt echter geen rekening met variaties in thermoregulatiesysteem van mensen gedurende de dag. Zo geven mensen 's middags meer warmte af, hetgeen ertoe leidt dat de behaaglijkheidstemperatuur dan ongeveer 1°C lager is dan 's morgens (Von Nemecek, 1976).

De acceptatie van **luchtstroming** (tocht en koudeval) is afhankelijk van de luchttemperatuur, activiteitsniveau en kledingstoestand. Hoe lager de luchttemperatuur, hoe sneller dit wordt ervaren als een onaangename **tocht**.

Bij een luchttemperatuur van 22°C bij zittend werk (1,2 met) en normaal kleedgedrag in de winter (1 clo) wordt een luchtsnelheid van circa 7 cm/s door 10% van de (volwassen en gezonde) respondenten als onaangenaam in de hals en bij de enkels ervaren. Tevens leidt een te groot **temperatuursverschil** tussen vloer en plafond (temperatuurgradiënt van meer dan 1°C per meter) tot overlast.

Van belang is ook het warmte-accumulerend vermogen van de wanden van woningen. Hoe lichter deze zijn, des te geringer is dit vermogen, met als gevolg snellere opwarming maar ook snellere afkoeling; hoe zwaarder de wanden zijn, des te trager is de **opwarm- en afkoelsnelheid**.

Tenslotte kunnen kenmerken in de woonruimte zoals het meubilair, de kleur, het licht en de omvang van de ruimte, al dan niet suggestief, de beleving van de temperatuur en het gevoel van behaaglijkheid beïnvloeden. Zo bleek bij laboratoriumexperimenten een **"warme" aankleding** van een ruimte bij de beleving overeenkomen met een temperatuurverhoging van 1 à 1,5 °C (Rohles et al, 1987).

Toepassing van kunstlicht met een **"rode" kleurfrequentie** blijkt echter niet of nauwelijks meer een "warm gevoel" op te wekken dan normaal kunstlicht. "Blauw" licht suggereerde daarentegen wel een temperatuurverlaging van 0,4 °C (Fanger et al, 1977). Op de rol van het licht wordt in paragraaf 9.3 nader ingegaan.

9.2.2 Comfort- en gezondheidseffecten

Behalve energiebesparing, zullen goed toegepaste thermische isolatie-maatregelen in algemene zin het thermisch comfort en de gezondheid in positieve zin verbeteren. Zo constateerde Iversen in een Deens onderzoek een **afname** van **reumatische klachten** in de winter, vooral bij **oudere** (vanaf 60 jaar) mensen (Iversen et al, 1987).

Over het algemeen wordt ervan uitgegaan dat in principe in Nederland de gewenste en als meest comfortabel beschouwde luchttemperaturen in de verschillende vertrekken in woningen met de huidige verwarmingstechnieken kunnen worden gerealiseerd.

Hoewel uitgebreide gegevens hierover ontbreken, lijkt daar waar wel onderzoek is verricht de problematiek toch groter te zijn dan men zou kunnen verwachten. In het Bouwbesluit worden met betrekking tot het thermisch comfort echter geen normen gesteld.

Uit het eerder (in paragraaf 2.3.1) aan de orde gestelde onderzoek van Heijs, dat gebaseerd is op een redelijke representatie van het Nederlandse woningbestand, blijkt dat 12% van de (500) respondenten ontevreden is over het thermisch comfort in de woning en 27% is noch tevreden, noch ontevreden. Problemen met **temperatuur(handhaving)** ondervindt 21%, met **koude(straling)** 44%, met **tocht** 42% en met **vocht(plekken)** 35%.

Uit een door TNO verricht bewonersonderzoek in verschillende complexen met (relatief) goed geïsoleerde nieuwe eengezinswoningen (zowel premie-koopwoningen, als uit de sociale huursector), dan wel in pas gerenoveerde woningen voorzien van moderne energiebesparende verwarmingsinstallaties, blijkt dat (eveneens) in 45% van de (129) met radiatoren verwarmde woonkamers toch nog vaak of soms sprake is van problemen met tocht of koude luchtstroming. In 25% van de woningen vindt men het er vaak of soms te koud, in 6% te droog.

In woonkamers waar sprake is van **luchtverwarming** en gebalanceerde mechanische ventilatie en met recirculatie van een deel van de binnenlucht (n=145) zijn deze percentages respectievelijk 54% (tocht), 17% (te koud) en 14% (te droog) (Van Dongen, 1989b).

Klachten over een "**te droge lucht**" lijken dus in deze woningen meer voor te komen, ofschoon de relatieve vochtigheidsgegevens hiertoe geen aanleiding vormen. Ook wordt de ingeblazen lucht niet "vers" of "fris" genoeg gevonden (Van Dongen en Phaff, 1989; Van der Wal et al, 1989). Dit kan samenhangen met een slechte inregeling van de luchtvolumestromen of het niet voldoen aan de minimale ventilatievoorschriften. Een **te uniforme binnentemperatuur** van relatief hoog niveau kan hier wellicht van invloed zijn (de temperatuurverschillen tussen de verschillende vertrekken is doorgaans gering), maar er zijn ook aanwijzingen dat dit, zoals eerder in paragraaf 8.2.1 is vermeld, samenhangt met te hoge **VOV-** en/of **stofconcentraties**. Ook wordt een relatie gelegd tussen mechanisch ingeblazen warme luchtstromen en een daardoor veroorzaakte te lage concentratie **negatieve ionen** (zie ook paragraaf 9.6). Door een verlaging van de luchttemperatuur, waardoor tevens het vochtgehalte van de aerosolen wordt verhoogd, kan de ionenbalans echter weer worden hersteld (Sammaljärvi, 1987).

Onder bepaalde omstandigheden hebben vooral **pasgeborenen en oudere mensen** met een activiteitsniveau met een lage metabolische waarde behoefte aan **stralingswarmte (infra-rood straling)**. Deze warmte bevordert vaatverwijding en daarmee de doorbloeding van de huid. Een behaaglijk ervaren toestand hangt samen met een minimale doorbloeding van de huid van circa $6,3 \text{ dm}^3/\text{m}^2/\text{h}$ (Hardy, 1962).

Bij **luchtverwarming** treedt geen stralingswarmte op.

Bejaarden en mensen met bepaalde ziektebeelden zoals een slechte **schildklierfunctie** en **artrose** vormen de grootste risicogroep voor het optreden van verschijnselen van **hypothermie** (onderkoeling). Van de populatie die ouder is dan 65 jaar zou circa 10% een verhoogd risico voor hypothermie hebben (Zwanenburg, 1985). **Wiegedood** bij pasgeborenen is ook in verband gebracht met een sterk gedaalde gemiddelde omgevings-temperatuur, mede als gevolg van onvoldoende stoken (Murphy en Campbell, 1987). Eerder is al aangegeven dat in slaapkamers de gemiddelde etmaaltemperatuur zo'n $2,5^\circ\text{C}$ lager kan zijn dan in de woonkamer.

9.3 Licht

Licht wordt beschouwd als onderdeel van het spectrum van niet-ioniserende elektromagnetische straling. De golflengte (of kleurfrequentie) van **zichtbaar licht** is 380 (violet spectrumdeel) tot 780 (rood spectrumdeel) nanometer.

Aan de "rode" kant van het spectrum van het zichtbare licht (met grotere golflengten) is sprake van niet-zichtbaar "licht" (**infra-rood** en **microgolven**). Aan de "violette" kant van het zichtbare lichtspectrum (met steeds kleiner wordende golflengten) is sprake van achtereenvolgens de niet zichtbare **ultra-violette (UV-)**straling en de ioniserende **röntgen- (X)** en **gammastraling**.

De niet-ioniserende electro-magnetische straling en de (radioactieve) ioniserende röntgen- en gammastraling veroorzaken ook **electro-magnetische velden** (zie verder paragraaf 9.5).

9.3.1 Zichtbaar licht

Zichtbaar licht kan, afhankelijk van de lichtbron, worden onderscheiden in **daglicht** en **kunstlicht**.

Door middel van pupilreflexen kan het oog de hoeveelheid binnenvallend licht reguleren. **Verouderingsprocessen** van ogen, samenhangend met de leeftijd van mensen, worden gekenmerkt door de afname in de lichtinval door de pupil, de toename in de lichtverstrooiing en absorptie in de oogmedia, de vermindering in het accommodatievermogen van de lens en de biochemische en anatomische aftakeling van het netvlies en van de zenuwverbindingen (Verriest en Vos, 1989).

In het verleden is vanuit medisch oogpunt de noodzaak van **daglichttoetreding** gerelateerd aan het voorkomen van **rachitis**, **tuberculose** en verminderde weerstand tegen **infectieziekten**. Blootstelling aan "standaard daglicht" wordt als een doorgaans voldoende effectieve methode toegepast om het **bilirubine** gehalte van (pas geboren) baby's te verlagen (Tan et al, 1992).

Ofschoon de fysiologische basis daarvan nog niet geheel duidelijk is, zou het ontbreken van voldoende zon- en daglicht ook kunnen leiden tot **hormonale storingen** (te hoge produktie van melanine in de pijnappelklier), (en daardoor) depressieve gevoelens en verstoring van lichaamscycli en het immuunsysteem (DGW, 1989; Stone, 1992). Bij een (verlichtings)sterkte van zo'n 1500 lux of hoger wordt deze produktie afgeremd. Ter referentie: buiten is bij een heldere hemel en een zonhoogte van 30% in het horizontale vlak al gauw sprake van 45.000 lux, bij een bedekte hemel is dit zo'n 9000 lux.

9.3.1.1 *Daglicht*

Daglicht bevat naast een grote helderheid kwaliteiten waar kunstlicht niet aan kan voldoen, zoals de toevoeging van dynamiek aan de ruimte door intensiteitsverschillen, ritme en kleurpatronen, alsmede de bevinding dat door de horizontale component van lichtinval objecten beter driedimensioneel kunnen worden waargenomen.

Een belangrijk aspect van daglicht is ook zonlicht (de **bezonning**), met de daarbij optredende warmtewerking.

Daglicht vormt via **ramen** bij uitstek de natuurlijke contact tussen het binnen- en buitengebeuren: het **uitzicht**. Voor de beleving van het daglicht spelen dus ook de bezonning en (indirect) het uitzicht een rol.

Aspecten die ook met de daglichttoetreding verbonden zijn belemmeringen en binnen- en binnenpandige reflecties. Als het contrast in helderheid tussen raam en aangrenzende muurvlakken te groot wordt kan hinder door **verblinding** optreden. De toenemende toepassing van (getint) glas in gevels van met name kantoorgebouwen blijkt in de belendende woningen overlast van verblinding te geven door de spiegeling van de zon in het glas. Met betrekking tot de beleving van daglicht en uitzicht is onderzoek verricht in kantoren (Meerdink et al, 1988).

De beoordeling door bewoners van de mate van daglichttoetreding in verschillende vertrekken van woningen in relatie tot de verhouding tussen glas- en vloeroppervlak is ook onderzocht door het Bouwcentrum (Rodrigo, 1982). Zonder dat de bezonning, uitzicht, privacy, oriëntatie en weertype van invloed waren, blijkt 25% van de respondenten de dagverlichting te weinig te vinden bij een verhouding glas-/vloeroppervlak van circa 25% in de woonkamer en keuken en van 10% in de overige kamers.

Een gebruikte parameter voor de daglichttoetreding is de z.g. **hemelfactor**. Dit is de de verlichtingssterkte op een horizontaal vlak in dat punt ten gevolge van het directe hemellicht in (procentuele) verhouding tot de verlichtingssterkte in een punt onder een onbelemmerde hemel met overal dezelfde luminantie als het zichtbare deel van de hemel. Bij een hemelfactor < 4% in woonkamers met aan één zijde ramen, berekend voor een punt op 2 meter afstand van de gevel met het raam (c.q. ramen), blijkt circa 25% van de respondenten de daglichttoetreding als onvoldoende te beschouwen (Van Beek et al, 1981). Berekend is dat de hemelfactor voor woonkamers met licht van één raamzijde gemiddeld 5,3% is en 5,7% als het licht van twee zijden komt.

Uit het onderzoek, verricht in een zeer groot aantal Nederlandse woningen blijkt dat men in 10 à 15% van de woningen vindt dat er een tekort is aan daglicht in de woonkamer

(vooral in woningen van vóór 1940 en van na 1975). De onvrede over het daglicht in keukens is hoger; in 26% van de keukens is er te weinig daglicht volgens de bewoners. Bij een "somber" bewolkt weertype brandt overdag in 20% van de woningen soms of vaak een lamp.

Uit het eerder aangehaalde onderzoek van Heijs blijkt dat 5% van de respondenten ontevreden is over de hoeveelheid daglicht in de woning en 14% was tevreden noch ontevreden (1992).

Tevredenheid met de daglichttoetreding blijkt in vrij sterke mate te correleren met de tevredenheid met de woning als geheel. In huishoudens waarin de hoofdkostwinner een laag (lager onderwijs) of juist een hoog opleidingsniveau (universitair) heeft, blijkt de behoefte aan voldoende daglicht minder dan gemiddeld te worden vervuld. Positiever oordeelde men naarmate men langer in de woning woonde en naarmate men een "meer positieve levensinstelling" had.

9.3.1.2 *Uitzicht en bezonning*

Ter onderbouwing van de bepalingen in het Bouwbesluit is onderzoek verricht naar de minimum **raamafmetingen** in woningen (Van Bergem-Jansen, 1986).

Naast daglichttoetreding, mede gebaseerd op het subjectieve oordeel van de bewoners, heeft dit tot de aanbeveling geleid geen kleiner glasoppervlak dan 12% van het vloeroppervlak te hanteren voor een verblijfsruimte en ingeval van belemmeringen buiten de woning voor het raam, een aangepast hoger percentage.

Bij de beoordeling van (de grootte en vorm van) ramen spelen naast de wijze van scharniering en het bedieningsgemak en ook tal van andere praktische zaken een rol, zoals de mogelijkheid ze schoon te kunnen houden, de aanwezigheid van vensterbanken en ophangmogelijkheden van gordijnen of zonweringsvoorzieningen.

Naast de lichttoetreding is ook het **uitzicht** door een raam van belang: het kunnen zien van lucht, horizon en bodem (mede bepaald door de hoogte van de borstwering).

Grote ramen worden meer geprefereerd bij een uitzicht op korte afstand, kleine ramen bij een uitzicht op grote afstand. De behoefte aan uitzicht blijkt voor de bewoners belangrijker te zijn dan mogelijke verstoring van **privacy** door inkijk. Dit laatste hangt samen met het feit dat de bewoners zelf nog maatregelen kunnen nemen (vitrages, lamellen, planten) om inkijk te belemmeren (Hill, 1969).

Bewonersonderzoek, dat in de zestiger jaren is verricht, geeft een aanwijzing dat de **bezonning** in de woonkamer niet tot klachten leidt als er vanaf half februari tot half oktober minstens 2 uur zontoetreding per 8 à 16 uur zonnetijd per etmaal mogelijk is (Bitter, 1962). Voor de woonkamer heeft men hierbij enige voorkeur voor zon in de middag, voor de keuken en slaapkamers prefereert men duidelijk de ochtendzon.

Bij afweging vindt men hierbij de bezonning van de woonkamer belangrijker dan die van de slaapkamers en belangrijker dan een **mooi uitzicht**.

Uit een meer recent onderzoek met betrekking tot de oriëntering van woningen in relatie tot energiebesparing blijkt dat zowel 's zomers als 's winters de waardering van de **zonnewarmte** duidelijk groter is in de op het zuiden georiënteerde woningen dan in de oost- en westwoningen (Korbee, 1988, 1989).

9.3.1.3 *Kunstlicht*

Met betrekking tot kunstlicht en de beleving en gezondheidskundige effecten ervan (**oogklachten, hoofdpijn**) is vrij veel onderzoek verricht, zij het overwegend beperkt tot omstandigheden in werkplaatsen en kantoren (Van Bergem-Jansen, 1989).

Ofschoon dit slechts in beperkte mate relevant is voor de situatie in woningen, is ook onderzoek verricht naar mogelijke effecten als gevolg van de a-symmetrisch licht-frequentiespectra in en UV-straling van **fluorescentielampen**. Waarschijnlijk blijven de effecten beperkt tot **hinder- en concentratieverstoring** door flikkeringen en schitteringen, en **hoofdpijnklachten**. In Brits onderzoek wordt een schatting gemaakt dat minder dan 10% van het totale risico op **huidkanker** veroorzaakt zou kunnen worden door (langdurige en sterke) blootstelling aan fluorescentielampen (Stone, 1992).

De aandacht voor effecten van kunstverlichting in woningen is in hoofdzaak beperkt tot subjectieve "sfeer-beleving". De "warmwitte" (geel-roodachtige) "kleurtemperatuur" (<3300 K) van gloeilampen met een relatief laag verlichtingsniveau roept gezelligheid, rust en ontspanning op. Anderzijds wordt aangenomen wordt dat een meer "koelwitte" (blauw-wit achtige) lichtkleur (>5000 K) meer activerend werkt (NSVV, 1989) en een lagere ervaren temperatuur van 0,4°C met zich meebrengt (Fanger, 1977).

Naast de **verlichtingssterkte** (die bij **oudere mensen** soms tot een factor drie hoger moet zijn dan bij twintig-jarigen: 300 lux tegenover 100 lux voor bijvoorbeeld leestaken) zijn voor de beleving van licht de luminantieverhoudingen en de kleurfrequentie van het licht van invloed.

De **kleurfrequentie** heeft invloed op het **accomodeervermogen** van het oog. Bij het kijken op afstand (vanaf meer dan twee meter) verbetert licht in de roedere frequenties de zichtsterkte. Blauw licht daarentegen, vraagt minder accommodatie ten behoeve van het dichtbij zien, zodat deze kleur gunstiger is voor **oudere mensen** bij het verrichten van lees- en schrijftaken.

Vanuit het oogpunt van **veiligheid**, vooral voor **ouderen**, is het van belang dat de verlichtingsniveaus tussen de vertrekken in de woningen niet te sterk verschillen. Ogen wennen veel sneller aan het donker wanneer het licht van de ruimte van waaruit men komt in het rode frequentiegebied ligt. Ook kan het aanbrengen van contrastrijke heldere kleuren op wanden en deuren problemen vermijden (Page, 1989).

Ook een juiste **luminantieverhouding** (lichtsterkteverhouding) is nodig om verblindings- of accommodatieproblemen te voorkómen. Aanbevolen wordt de luminantieverhouding tussen de directe oogtaak (bijvoorbeeld bij het lezen van een boek) en het gezichtsveld (wat men tegelijkertijd waameemt wanneer men in een gegeven richting kijkt) niet groter te laten zijn dan een factor 10. Tussen de directe oogtaak en de directe omgeving daarvan (de tafel waarop het boek ligt) wordt een factor 3 als toelaatbare luminantieverhouding aangehouden (NSVV, 1981).

Van een andere orde, namelijk op het gebied van de **binnen-buiten relatie**, is het kunstlicht dat 's avonds en 's nachts in de kastuinbouw en bij sportvelden wordt toe-

gepast en in woningen binnendringt. Er worden in toenemende mate klachten geuit van **hinder** door de lichtgloed boven de kassen, die er toe leidt dat de natuurlijke nachtelijke duisternis niet meer aanwezig is, door het oplichten van (slaap)kamers door het kunstlicht van buiten (trouwens ook van de buitenverlichting bij buurwoningen) en door verblinding.

Uit een door TNO verricht onderzoek naar de hinder van assimilatieverlichting (toegepast in de kasbouw) blijkt dat, afhankelijk van het beschouwde aspect van het kaslicht, 5 tot 15% van de (391 geënquêteerde) omwonenden (tot 1500 meter van de kas) "erge" of "heel erge" hinder daarvan ondervindt, zij het vooral bij het verblijf (c.q. wandelen) buiten de woning. Meer dan de helft van de respondenten ervaart de verlichting niet als veilig (Van Bergem-Jansen, 1991).

9.3.2 Infra-rood en ultra violet licht

Hiervoor is in paragraaf 9.2.2 reeds gewezen op de vaatverwijderende **stralingswarmte** die het niet-zichtbare **infra-rood** licht met zich meebrengt. Bij grote intensiteit kan dit schadelijk zijn door thermische effecten (**verbranding**).

Voor de niet zichtbare **ultra-violette (UV-)** straling en de ioniserende **röntgen- (X-)** en **gammastraling** geldt dat naarmate de golflengten kleiner worden het doordringingsvermogen groter is (zie verder paragraaf 9.4).

UV-straling is een systeemgebonden, in de wisselwerking tussen de mens en zijn milieu noodzakelijke factor, die vereist is voor de **vitamine-D** synthese. UV-straling heeft ook een kiemdodende werking op bacteriën. Ook zou UV-straling bevorderend werken voor de kalkhuishouding, wat vooral van belang is voor **ouderen**. Op korte termijn kan een teveel leiden tot zonnebrand (**erytheem**) en bij absorptie in ogen, tot een **ontsteking** aan het hoomvlies en het bindvlies. Op de lange termijn leidt UV-straling tot huidveroudering en een verhoogd risico op ooglenstroebeling (**cataract**) en huidkanker (**melanoom**).

De UV-straling wordt wel onderverdeeld in UV-A (380-315 nanometer; **verouderd** de huid), UV-B (315-280 nm; tast ondermeer het **immuunsysteem** aan) en UV-C (280-200

nm; komt op zeeniveau niet voor). Niet duidelijk is welk spectrumdeel van UV-straling **huidkanker** kan veroorzaken (Stone, 1992).

In feite biedt het binnenmilieu in woningen een bescherming tegen UV-straling door de zon. Wel is het zo, dat consumentenartikelen (zoals **zonnebanken** en **hoogtezonnen**) een UV bron vormen. In paragraaf 9.3.1.3 is reeds gewezen op mogelijke UV-straling uit **fluorescentielampen**.

Geschat wordt dat 3 à 5% van de UV-geïnduceerde huidkankerincidentie te wijten is aan het gebruik van kunstmatige UV-toestellen (Sleper en van der Leun, 1985). Commerciële en technische ontwikkelingen zijn gaande op het gebied van (kunststof)vensterglas dat UV-straling van buiten doorlaat.

9.4 Ioniserende straling

Hiervoor (in paragraaf 8.3) zijn **röntgen-** en **gammastraling** reeds genoemd als vormen van ioniserende (radioactieve) straling. Röntgen- en gammastraling kunnen reeds bij lage doses **mutaties** van genetische en somatische aard veroorzaken.

Een andere vorm van ioniserende straling is **deeltjes-straling** (α -, β -straling), maar deze is voornamelijk van kosmische oorsprong en door afbraak in de atmosfeer (ondermeer door ozon) op zeeniveau beperkt. Vanuit de aarde en uit bouwmaterialen komen van nature gammastralen vrij. Samen maken ze een belangrijk deel uit van het ioniserend stralingsveld in en om woningen. Gammastraling en kosmische straling geven een externe lichaamsbestraling.

Tevens komen radioactief **radongas** en de niet-gasvormige radondochters (de radionucleïden) daarvan (**polonium** en **lood**) terecht in het binnenmilieu van woningen. Radon veroorzaakt een inwendige bestraling. Omdat de vervalprodukten daarvan (de "dochteren") zich makkelijk hechten aan aerosolen, kunnen ze worden ingeademd en neerslaan in longen en luchtwegen. Enkele van de radondochters vervallen door het uitstoten van alfa-deeltjes (zie verder paragraaf 9.4.1).

Het risico dat de mens loopt als gevolg van bovenstaande vormen van straling wordt uitgedrukt in het "effectieve dosisequivalent", aangegeven met de eenheid Sievert (Sv) over een tijdsperiode. Het is de in het menselijk lichaam geabsorbeerde stralingsdosis, gewogen over de verschillende organen en weefsels en rekening houdend met de soort straling. Op basis van de nieuwste onderzoeksgegevens komt de Gezondheidsraad tot de schatting dat een stralingsdosis van 1 Sv overeenkomt met een geschat risico op **overlijden aan kanker van 4 à 7 op 100** (Gezondheidsraad, 1991). Met andere woorden: als alle personen uit een groep van 100 mensen over een zekere tijd een totale gecumuleerde stralingsdosis van 1 Sv hebben ontvangen, lopen 4 à 7 personen kans om daardoor aan kanker te overlijden.

Op basis hiervan en vanuit de risicobenadering die door de overheid in de beleidsnota "Omgaan met risico's" is geformuleerd (zie paragraaf 2.2.1), is in Nederland de dosislimiet voor individuele personen (in het bijzonder vrouwen) gesteld op 0,4 milliSievert (mSv) **per jaar**.

In feite is in Nederland het dosisequivalent gemiddeld zo'n 2,4 mSv per persoon per jaar (exclusief doses van radiotherapeutisch behandelde mensen). Circa 17% van deze stralingsdosis (0,4 mSv) wordt naar schatting veroorzaakt door medische handelingen (Blaauboer en Vaas, 1988).

De blootstelling binnenshuis varieert in Nederland tussen naar schatting 2,1 mSv per jaar voor een kind en 1,7 mSv per jaar voor een volwassene. Hiervan is 1,1 mSv onvermijdelijk afkomstig van straling uit de kosmos, uit de aarde en uit eigen lichaamsactiviteiten. De straling van het gasvormige **radon** en haar "dochters" uit de aarde draagt per jaar voor **volwassenen** gemiddeld 0,5 mSv bij en de straling van radon(dochters) uit bouwmaterialen is verantwoordelijk voor gemiddeld bijna 0,4 mSv (bij **kinderen** zijn deze waarden 0,1 à 0,2 mSv hoger). De **gammastraling** uit de aarde levert zo'n 0,1 mSv per jaar en uit bouwmaterialen 0,17 mSv.

De omvang, mate en de wijze waarop dit in Nederland het geval is, is recentelijk samengevat in het eindrapport van het RENA-onderzoeksprogramma "Reguleerbare vormen van natuurlijke achtergrondstraling" (NOVEM, 1992).

9.4.1 Radon

Uit het voorafgaande kan worden afgeleid, dat **radongas** en de niet-gasvormige radonochters (zoals **polonium** en **lood**) daarvan, in Nederland verantwoordelijk zijn voor gemiddeld ongeveer de helft van de totale dosis die men gemiddeld aan ioniserende straling (inclusief niet-natuurlijke straling) ontvangt. Circa 90% van deze radondosis loopt men binnenshuis op, waarvan naar schatting zo'n 30% door exhalatie uit **bouwmaterialen** (bijvoorbeeld **beton**, **chemie- en fosforgipsen**, **baksteen**) en de rest uit de **bodem** onder de woning (het sterkst uit zware kleigrond).

De gemiddelde radonconcentratie (^{222}Rn) in de Nederlandse woningen bedraagt 29 Bq/m^3 , de mediaanwaarde ligt bij 24 Bq/m^3 en de spreiding bedraagt 8 tot 140 Bq/m^3 (SAWORA, 1986). De eenheid becquerel (Bq) geeft voor een bepaalde radioactieve stof het aantal atoomkernen aan dat per seconde vervalst. Er is in naar schatting 7,9%, 1,3% en 0,7% van de woonkamers sprake van een concentratie van respectievelijk 50, 75 en 100 Bq/m^3 . In 3,5% van de woningen (vooral de nieuwere kieldichte woningen) wordt de Zweedse norm van 70 Bq/m^3 voor nieuwe woningen overschreden.

Op basis van deze concentraties en met een aanname dat iemand voor 80% van de tijd binnenshuis verkeert, wordt geschat dat er jaarlijks rond 400 extra sterfgevallen (d.w.z. bij niet-rokers) plaatsvinden ten gevolge van **longkanker** door deze blootstelling aan radon en de vervalproducten daarvan. De kans op **overlijden** per jaar hierdoor wordt geschat op 1:33.000. Ter vergelijking: bij fietsers en voetgangers is dit respectievelijk 1:26.000 en 1:54.000; voor rokers geldt 1:200. Bij een radonconcentratie van 50 Bq/m^3 is het risico op vroegtijdig overlijden iets hoger dan dat ten gevolge van ongelukken in woningen, bij 140 Bq/m^3 is dit globaal gelijk aan de kans op overlijden in het verkeer. Factoren die, bij gegeven bouwmaterialen en bodemsoort, in sterke mate de variatie in de radonconcentratie in woningen bepalen zijn het **ventilatievoud** (in zwaar geïsoleerde woningen is de radonconcentratie hoger), de toegepaste verf of andere afdek-lagen, de **luchtdoorlaatbaarheid** van de vloer boven de kruipruimte en het **grondwaterniveau** (hoe hoger het grondwater, des te minder straling omdat radongas in water oplost).

Eerder is al aangegeven dat een hoge concentratie van fijn inadembaar **stof** in de woningen (vooral dus waar gerookt wordt) het risico op longkanker sterk vergroot, doordat de radionucleïden die uit radon ontstaan (de radondochters) zich daaraan hechten.

9.5 Elektromagnetische velden

Bronnen van niet zintuiglijk waarneembare niet-ioniserende straling in de woning zijn elektrische- en magnetische velden afkomstig van leidingen, toestellen als beeldschermen, magnetronovens, (draagbare) telefoons en andere elektrische apparaten.

In theorie kunnen tot diep in het lichaam hoogfrequente **elektrische velden** (van 10^6 tot zo'n 10^9 Hz) "wrijvingswarmte" veroorzaken in de cellen en daarmee de **warmteregulatie** in het lichaam verstoren. Hierdoor kan een reeks van gezondheidsklachten optreden, maar door de beperkingen die worden gesteld aan de veldsterkte komen deze effecten in de praktijk niet voor (Hauf, 1988).

De elektrische velden door bronnen **buiten** de woning (hoogspanningsleidingen, radar-installaties, radio/TV zenders) worden door de schil van de woning zo sterk afgezwakt dat van blootstelling binnenshuis weinig of geen sprake meer is. Dit geldt evenwel niet voor de daarbij behorende **magnetische velden**, maar de sterkte van deze velden is doorgaans zwakker dan die welke ontstaan door bronnen binnenshuis (Rollier, 1988; Hauf, 1988). Magnetische velden induceren in het hele lichaam (moeilijk waarneembare) wisselstromen.

Vanwege de complexiteit van de materie en methodologische onvolkomenheden, zijn tot voor kort de hypothesen en indicaties dat zwakke magnetische velden tot een verhoogd risico op **kanker, leukemie, genetische mutaties** en **miskramen** zouden leiden, nog onvoldoende bevestigd. Er bestaan echter aanwijzingen dat er een licht verband zou kunnen bestaan tussen het wonen in de nabijheid van hoogspanningsleidingen en de kans van het ontstaan van sommige vormen van kanker, in het bijzonder leukemie. Een

veronderstelling is dat het magnetische veld een stimulus zou kunnen zijn voor de ontwikkeling van latente tumorcellen (Schreiber et al, 1990).

Bij de Gezondheidsraad leidden de beperkte onderzoeksbevindingen in 1992 tot de conclusie, dat op basis van het beschikbare onderzoek nadelige effecten op de gezondheid niet te verwachten zijn. Een argument dat hierbij mede werd gehanteerd was dat, zonder dat aangetoond is of dit schadelijk is, onder een **elektrische deken** het magneetveld kan oplopen tot 2,5 micotesla, wat gelijk is aan het elektromagnetische veld op 30 meter afstand van een 150 kV-hoogspanningskabel (Gezondheidsraad, 1992a).

In een recent gepubliceerd epidemiologisch onderzoek in Zweden onder 500.000 mensen, die in de periode van 1960 tot 1985 binnen een afstand van 325 meter van hoogspanningskabels hebben gewoond, wordt evenwel een andersoortig conclusie getrokken. Geconcludeerd wordt dat de kans op **leukemie** bij **kinderen**, vergeleken met gegevens over alle kinderen in Zweden, 2,5 keer zo groot is voor kinderen wonend in een omgeving met een (berekend) stralingsveld van 0,2 microtesla en 3,5 keer zo groot in een veld van 0,3 microtesla. In totaal was er sprake van 39 gevallen van leukemie en 142 van kanker bij kinderen in de "325 meter groep" (Saris, 1992; Feychting en Ahlbom, 1992). Daarnaast zijn er uit laboratoriumonderzoek (meest bij dieren) aanwijzingen dat blootstelling aan elektrische velden met een zeer lage frequentie (tot 60 Hz) (niet-blijvende) veranderingen in lichaamscellen en in het fysiologisch gedrag te weeg kunnen brengen. In een ander Zweeds onderzoek bij mensen die op het werk met beeldschermen werken en mensen die gebruik maken van een elektrische deken, is een relatie gevonden tussen de blootstelling aan het daarbij optredende **elektrisch veld** (van circa 50 Hz) en het optreden van huidsymptomen (**erytheem**) (Stenberg, 1992).

Tenslotte kan worden vermeld dat sommige **pace-makers** ook gevoelig zijn voor elektromagnetische velden.

Als fysisch aspect kan ook worden genoemd de verhouding tussen **positieve** en **negatieve ionen** van 1½:1, met een "normaal" aantal van 150–450 ionen per cm³ bij goede weersomstandigheden. Deze verhouding hangt samen met de concentratie en aard van zwevende (**stof**)**deeltjes** in het binnenmilieu. Bij een grote hoeveelheid stofdeeltjes kan het aantal negatieve ionen terugvallen naar 0 per cm³ en blijven alleen positieve ionen over.

In een Fins onderzoek wordt, op basis van de kinetisch-gas theorie, mechanisch geïnduceerde ventilatiestromen (samengaand met laag frequent **infra-geluid**) en elektrische verwarming in verband gebracht met een daardoor veroorzaakte te lage **ozon**concentratie en een veranderd spectrum van ionen door een te laag vochtgehalte van de aerosolen (Sammaljärvi, 1987). De ionenbalans herstelt zich weer, door de luchttemperatuur te verlagen, zodat het vochtgehalte van de aerosolen hoger wordt.

Uit de literatuur blijkt weinig te wijzen op gezondheidsklachten bij blootstelling aan een gering aantal positieve en negatieve ionen (Reiter, 1986; Graeffe, 1984). Volgens een leverancier van negatieve ionen (in het bijzonder **ozon**) producerende apparaten die als luchtreinigers op de markt worden gebracht, zouden negatieve ionen echter de **serotonine-spiegel** in het bloed verlagen en daarmee het **stress** bevorderende **adrenalinegehalte**. Ook zou de plaatsing van "ionisers" in een schoollokaal de **prestaties** van leerlingen verbeterd hebben en zou in een dierenwinkel het aantal **schimmelsporen** drastisch zijn verminderd. Nog afgezien van de vraag of deze apparaten bovengenoemde effecten hebben, kunnen ze ook een verontreinigende werking hebben wanneer de koolstoffilters die erin zitten niet tijdig worden vervangen, en kan de concentratie van geproduceerd ozon gemakkelijk de gezondheidskundige grens-waarden overschrijden (Shaughnessy en Oatman, 1991).

De U.S. Food and Drug Administration geeft voor toepassing van medische voorzieningen in het binnenmilieu 100 µg/m³ over 8 uur gemiddeld als grenswaarde aan voor de toegestane ozonconcentratie. De in Nederland vastgestelde maximaal aanvaardbare ozon-concentratie (MAC-waarde) voor de arbeidssituatie is 200 µg/m³ gedurende 8 uur.

10. CHEMISCHE AGENTIA

10.1 Algemeen

Chemische stoffen, indien niet systeemgebonden, dat wil zeggen direct noodzakelijk voor het lichamelijk functioneren, zijn potentieel schadelijk. De toxiciteit is de potentie om schade aan het organisme te berokkenen. De kans dat er werkelijk schade optreedt wordt mede bepaald door de dosis die men binnenkrijgt. Een stof kan op verschillende manieren schadelijk zijn:

- door de normale voortgang van het stofwisselingsproces acuut of na stapeling te belemmeren (**toxiciteit**);
- door de DNA-configuratie in de celkern te veranderen (**mutageniteit**);
- door kwaadaardige tumoren te doen ontstaan (**carcinogeniteit**);
- door lokale weefselbeschadigingen te veroorzaken (**traumatogeniteit**);
- door de aanleg van weefsels en organen in het embryo te beïnvloeden (**teratogeniteit**).

De stoffen kunnen op een aantal verschillende manieren in het lichaam worden opgenomen. De belangrijkste in dit verband zijn:

- **Respiratoir**, via de ademhalingswegen. Verontreinigingen van de lucht kunnen via het slijmvlies van de ademhalingswegen worden opgenomen, vooral wanneer ze in water oplosbaar zijn, zoals zwaveldioxide. Gassen zoals koolmonoxyde diffunderen in het bloed via de alveoli. Vaste deeltjes worden via het slijm van het epitheel van de luchtwegen teruggevoerd. Echter zeer kleine deeltjes ($\pm 1 \mu\text{m}$) bereiken de alveoli en worden daar in het lichaam gebracht of blijven in het longweefsel achter. Frequente en langdurige blootstellingen kunnen leiden tot specifieke longziekten.
- **Percutaan**, via de huid en de slijmvliesen. Sommige luchtverontreinigende stoffen kunnen via de huid en de slijmvliesen irritatie veroorzaken.
- **Alimentair**, via het spijsverteringskanaal. Stoffen die in het bloed circuleren worden door de nieren uitgescheiden of door de lever onschadelijk gemaakt. In sommige

gevallen worden stoffen in het lichaam opgeslagen, zoals gechloreerde koolwaterstoffen in vetweefsels.

10.1.1 Een indicatieve "top-50" lijst van chemische agentia

Het aantal chemische agentia in het binnenmilieu is zeer groot en de samenstelling ervan is zeer complex van aard. Eerder is in paragraaf 2.4 en 2.4.1 reeds gewezen op een selectiemethode die vanuit de noodzaak van prioriteitsstelling is ontwikkeld en door Lanting voor wat betreft de chemische agentia is toegepast. Een en ander heeft geleid tot een indicatieve "top-50" lijst. Deze is gebaseerd op een selectie op basis van de MAC-waarden, die worden gehanteerd met betrekking tot arbeidsomstandigheden (Lanting en de Mik, 1991).

Daarbij is tevens een nadere clustering toegepast op basis van (carcinogene) effecten en naar categorieën van bronnen en activiteiten, een selectie op basis van de advieswaarden van het RIVM en de WHO, en een selectie op basis van geurdrempels. Tenslotte is aangegeven voor welke stoffen nader onderzoek noodzakelijk wordt geacht.

De diverse rangschikkingen van deze chemische agentia zijn tot stand gekomen met behulp van een scoringsmethode die gebaseerd is op vier parameters:

- het vóórkomen in het binnenmilieu van bronnen (als indicator voor de omvang van de potentieel blootgestelde populatie);
- emissieprofielen (blootstellingsduur en frequentie) over een bepaalde tijdsperiode;
- concentraties (niveau van blootstelling);
- een effect-criterium (potentiële effect op de mens, variërend van hinder tot overlijden).

In tabel 10.1 wordt per aangegeven clusteringsrubriek (kolommen) de rangschikking gegeven voor de eerste tien agentia. Hierbij zij opgemerkt, zoals eerder in paragraaf 2.4.1 ook reeds is gedaan, dat de methode van selectie in feite niet discriminerend genoeg is om een definitieve "harde" waarde toe te kennen aan de resulterende rangordening.

Tabel 10.1

Belangrijke agentia in het binnenmilieu en veroorzaakte gezondheidseffecten

Agentia	Carcinogeen of waarschijnlijk carcinogeen voor de mens	irriterend (ogen, ademhaling, huid)	neurotoxisch (hoofdpijn, duizeligheid, sufheid)	geurdrempel overschrijding
1. kooldioxide (CO ₂) (verbrandingstoestellen, mens)	(3) <u>formaldehyde</u>	(3) <u>formaldehyde</u>	(2) <u>koolmonoxyde</u>	(36) <u>aceetaldehyde</u> (bouwmat, cons. artikelen)
2. <u>koolmonoxyde</u> (CO) (1 uur) (verbrandingstoestellen)	(5) <u>benzeen</u>	(4) <u>stikstofdioxide</u> (1 uur)	(5) <u>benzeen</u>	(-) <u>benzaldehyd</u> (bouwmat, vloerbedekking)
3. <u>formaldehyde</u> (HCHO) (bouwmaterialen, meubels)	(14) Di-(2-ethylhexyl)ftalaat (plastics, verven)	(5) <u>stikstofdioxide</u> (24 uur)	(6) nicotine	(-) boterzuur (vloerbedekking, mens)
4. <u>stikstofdioxide</u> (NO ₂) (1 uur) (verbrandingstoestellen)	(16) <u>Lood</u> (verb.) (tabaksrook)	(8) <u>stof</u> (respirabel)	(10) endosulfan	(-) butanol (bouwmaterialen)
5. <u>benzeen</u> (tabaksrook, bouwmaterialen, inpandige garage)	(20) Toluendiisocyan (bouwmaterialen)	(9) <u>zwaveldioxide</u>	(12) diazinon (insecticide)	(-) limoneen (bouwmat., reinigings-, onderhoudsmiddelen)
6. nicotine (tabaksrook)	(21) Trichloormethaan (consumentenartik. reinigingsmiddel)	(15) azijnzuur (bouwmaterialen)	(13) kwik (thermometerbreuk)	(-) butylacrylaat (verven, lijmen)
7. <u>stikstofdioxide</u> (NO ₂) (24 uur) (verbrandingstoestellen)	(22) Pentachloorfenol (houtverduurzamingsmiddel)	(17) acroleine (tabaksrook)	(16) <u>lood</u> (tabaksrook)	(-) careen, 3- (reinigings-, onderhoudsmid., bouwmaterialen)
8. <u>stof (respirabel)</u> (tabaksrook)	(33) Lindaan (insecticide)	(19) Difenylnmethaan 4,4'-diisocynaat (bouwmaterialen)	(18) toluen (bouwmaterialen, cons. artikelen)	(-) cresol (tabaksrook)
9. <u>zwaveldioxide</u> (SO ₂) (petroleumverbrandingstoestel)	(36) <u>Aceetaldehyde</u> (bouwmaterialen, consumentenartikelen)	(20) Toluendiisocynaat (bouwmaterialen)	(21) Trichloormethaan (cons. artikelen, reinigingsmiddel)	(-) methylamine (vloerbedekking)
10. endosulfan (insecticide)	(39) PAK's (verbrandingstoestellen)	(23) Ammoniak (reinigingsmiddelen)	(22) Pentachloorfenol (houtverduurzamingsmiddel)	(-) zwavelwaterstof (mens)

De nummers tussen haakjes in de kolommen 2 t/m 4 geven (gebaseerd op "zachte" gegevens) globaal de rangorde aan van de selectie op basis van de MAC-waarden (Nationale MAC-lijst, 1989). Onderstreept zijn de agentia waarvan de kans op overschijding van de RIVM- dan wel WHO-advieswaarden groot is.

De karakterisering van de **geuren** van stoffen waarvan de kans dat de geurdrempel wordt overschreden het hoogst is, is als volgt:

- acetaldehyde ruikt "fruitig-zoet"
- benzaldehyd ruikt "aangenaam bitter"
- boterzuur ruikt naar zweet(voeten), rotte kaas
- N-butanol ruikt gematigd alcoholachtig
- limonene ruikt citroenzuurachtig
- butylacrylaat ruikt "zoet-schimmelig-muffig"
- cresol ruikt "zoet-teerachtig"
- methylamine ruikt naar rotte vis

De chemische agentia en bronnen daarvan die op basis van de hierboven genoemde selectieprocedure prioritair aandacht vragen zijn door Lanting en de Mik (1991) ook in zogenaamde **stofgroepen** aangegeven, te weten:

- **verbrandingsgassen** uit verbrandingstoestellen;
- carcinogene en irriterende stoffen in **tabaksrook**;
- **insecticiden, fungiciden, bactericiden en desinfectantia** uit bestrijdingsmiddelen (houtverduurzaming, plaagbestrijding, conservering);
- **aldehyden en carbonzuren** uit bindmiddelen in houtprodukten, vloerbedekking en textiel;
- **aromaten en alifaten** uit organische oplosmiddelen (bouwmaterialen, verven en brandstoffen);
- **ftalaatesters** uit weekmakers (plastics, verven, lijmen, vloerbedekking);
- **isocyanaten** uit verven, isolatiefoams en lijmen;

- **glycolethers en -esters, alcoholen, conserveermiddelen** uit watergedragen verf-systemen en reinigings- en onderhoudsmiddelen;
- **kwik** uit kwikthermometers;
- **chloorkoolwaterstoffen** uit bouwmaterialen, vloerbedekking, reinigingsmiddelen, leidingwater.

Tevens zijn de chemische agentia met het oog op hun gezondheidkundige effecten ook geclusterd naar bronnen en activiteiten. De belangrijkste clusters zijn:

- **Afvoerloze verbrandingstoestellen** (geisers, kooktoestellen, petroleumkachels): verantwoordelijk voor 6 agentia, waarvan er 4 tot de "top-10" behoren.
- **Tabaksrook**: 8 agentia, waarvan 3 uit de "top-10".
- **UF-harsen** (houtverlijming, vloerbedekking, textiel, isolatiemateriaal): 4 agentia. Hoewel de emissie van **formaldehyde** uit **spaanplaat** door het Spaanplaatbesluit sterk is teruggedrongen, zijn er nog veel andere toepassingen van, waaronder als **conserveermiddel**.
- **Bestrijdingsmiddelen en desinfectantia** (t.b.v. plaagbestrijding en houtconservering): 9 agentia. Ofschoon **pentachloorfenol** en **lindaan** thans verboden zijn, kunnen deze stoffen nog jarenlang belastend zijn. Weinig is bekend over de inhalatoire blootstellingsniveaus in Nederlandse woningen.
- **Aromatische koolwaterstoffen in bouwmaterialen, verven, lijmen en benzine**: 4 agentia, met als kritisch agens **benzeen**.
- **Weekmakers** in plastics, lijmen, verven en kunststofvloerbedekking: 4 agentia, waarvan de **ftalaatesters** mogelijk **carcinogeen** zijn. Door het grote oppervlak van de materialen, kan de blootstelling relatief hoog en langdurig zijn, maar feitelijke blootstellingsgegevens ontbreken.

In de onderstaande paragrafen wordt nader ingegaan op de meest relevant geachte geselecteerde chemische agentia, te weten **CO₂**, **CO**, **formaldehyde**, **NO₂**, **benzeen**, **VOV's**, **SO₂**, (huis)stofdeeltjes, **tabaksrook** en **lood**.

10.2 Kooldioxide (CO₂)

CO₂ wordt op zich in directe zin niet beschouwd als een luchtverontreinigende stof, maar geldt wel als een goede indicator voor de algemeen ervaren luchtkwaliteit en de kwaliteit van de ventilatie in woningen. In woningen is de concentratie zelden hoger dan 3000 ppm en pas het 10-voudige daarvan geldt (zij het onder militaire omstandigheden zoals in onderzeeboten) als kritisch.

Met als belangrijke bron **de mens zelf** (emissie circa 20 liter per uur voor een zittend persoon) maar ook verbrandingstoestellen zoals **geisers, gas-kooktoestellen en CV-ketels**, wordt in Nederland 1200 ppm als hygiënische grenswaarde voor de binnenlucht gehanteerd (Bouwman, 1986).

In de Scandinavische landen wordt 800 ppm als grenswaarde aangehouden. Daarbij wordt een verdere daling van de grenswaarde tot 700 ppm nagestreefd, maar dit streven verkeert wel enigszins op gespannen voet met energiebesparingseisen (Norell, 1991).

Buitenshuis zijn momenteel de concentraties CO₂ in de orde van 350 à 400 ppm met een toename per jaar van 0,5-1% (en ondermeer daarmee samenhangend de zorgen over het mondiale "broeikaseffect").

Gebleken is dat met name in goed geïsoleerde energie-besparende woningen (bijvoorbeeld tegen de ochtend in slaapkamers waar geen raam is geopend) deze concentratie aanzienlijk hoger kan zijn (Van der Wal, 1988).

10.2.1 Gezondheidseffecten

Uit laboratoriumonderzoek blijkt dat bij een concentratie van 1000 ppm reeds sprake kan zijn van 20% ontevredenheid bij het beoordelen van de lucht (geur van bioeffluents) (Iwashita, 1990).

Naast **geurhinder** vormen **oogirritaties, hoofdpijn** en meer dan normale **vermoeidheid** de typische klachten die veelal gerelateerd worden aan CO₂-concentraties, ofschoon (wellicht m.u.v. oogirritaties) in feite CO₂ op zich niet het primaire agens is (Kjaergaard,

1992; Potting et al, 1987). Er zijn aanwijzingen dat al direct boven de grenswaarde van 1200 ppm a-specifieke gezondheidsklachten significant toenemen (Van Dongen en van der Wal, 1990) (zie ook paragraaf 5.2.7).

10.2.2 Preventieve maatregelen

Door voldoende te ventileren kan de CO₂ concentratie laag worden gehouden (zie verder paragraaf 7.3).

10.3 Koolmonoxyde (CO)

Koolmonoxyde ontstaat vooral door (onvolledige) verbranding.

Omdat de kolenkachels zo goed als verdwenen zijn, zijn de voornaamste woninggebonden bronnen van CO gasgeisers en gasverwarmingsinstallaties, met name wanneer goede zuurstoftoevoer ontbreekt en deze niet zijn aangesloten op een lucht-afvoerkanaal, wanneer ze voorzien zijn van een zogenaamde bunzenbrander (in plaats van een diffusiebrander) en wanneer het onderhoud onvoldoende is. Daarnaast kunnen **open haarden** en zogenaamde **allesbranders** een bron van CO zijn.

In 1982 werd in een onderzoek van de LUW vastgesteld dat in 17% van de onderzochte keukens op ademhoogte sprake was van een CO-concentratie hoger dan 50 ppm (57 mg/m³) als de geiser een kwartier brandde (Brunekreef et al, 1982).

Ook CO-emissiebronnen in de **omgeving** van de woning zijn relevant zoals vooral het **verkeer**, maar ook **open haarden** en "**allesbranders**" van de burens. Geschat wordt, dat de bijdrage die deze voorzieningen aan de totale CO-luchtverontreiniging in Nederland leveren, in de orde ligt van respectievelijk 4 en 10% (Groot en van der Made, 1991).

In tegenstelling tot bijvoorbeeld SO₂ en in mindere mate NO₂ en O₃, wordt CO **niet** of zeer slecht geabsorbeerd door de materialen in de woningschil en het interieur en kan de CO concentratie zodoende gestaag oplopen (Harrison et al, 1988; Rolloos en Lanting, 1989). In 1988 is geschat dat over 220 km trottoirlengte aan de gevels van woningen in binnensteden (ofwel bij 45.000 woningen) de grenswaarde voor buiten van 6 mg/m³ (98 percentiel, 8-uurgemiddelde) wordt overschreden (RIVM, 1988). Voor het binnenmilieu geldt 10 mg/m³/8 uur als grenswaarde. De CO-emissie uit auto's (ook met katalysator) blijkt het hoogst te zijn bij het langzaam rijden, op woonerven bijvoorbeeld (veelal met koude motor) (Biegstraten et al, 1984). Dit geldt overigens ook voor benzeen, toluen en looddeeltjes (Den Tonkelaar en van der Tuin, 1982).

In kieldichte "goed" geïsoleerde woningen met mechanische ventilatie kunnen zich, als de aanvoermogelijkheid van verse lucht onvoldoende is, situaties met een zekere onderdruk voordoen, hetgeen kan leiden tot "terugslag" van CO en andere verbrandingsgassen in de eigen woning of immissie vanuit buurwoningen.

De blootstelling binnenshuis aan relatief lage CO-(achtergrond)concentraties blijft dus aanwezig, zeker als er in de woningen wordt **gerookt**, wat bij normale omstandigheden al gauw leidt tot een (extra) CO-concentratie van 1 à 2 ppm (1,1 à 2,3 mg/m³). Bij deze concentratie blijken niet-rokers een factor vier meer last te ondervinden dan rokers.

10.3.1 Gezondheidseffecten

Koolmonoxyde is een **geurloos** gas en kan het zuurstoftransporterend vermogen van het bloed verminderen, wat mogelijk effecten heeft op het hart- en vaatstelsel en het centrale zenuwstelsel.

De symptomen van chronische CO-vergiftiging kunnen variëren van **hoofdpijn, vergeetachtigheid, concentratieverlies, duizeligheid, misselijkheid, diarree, pijn op de borst, vermoeidheid, prikkelbaarheid tot flauwvallen**. Kenmerkend is dat bij huisgenoten ook gelijksoortige klachten optreden en dat ook bij huisdieren ongewoon gedrag of ziektes optreden (Hegger et al, 1991).

Met betrekking tot CO is door de WHO (1987) en de Gezondheidsraad de grenswaarde gesteld op 10 mg/m^3 (=9 ppm) als een over 8 uur gemiddelde blootstelling.

Een uurgemiddelde concentratie mag de 40 mg/m^3 (=35 ppm) niet overschrijden, omdat hierdoor het **carboxyhemoglobine-niveau (COHb)** in het bloed boven de 3,3% komt, een waarde waarbij het transport van zuurstof naar de weefsels begint af te nemen en bij gezonde mensen de eerste lichte effecten optreden, zoals een verminderd uithoudingsvermogen bij lichamelijke oefeningen. Bij **angina pectoris** patiënten kan dit niveau al ernstige problemen geven.

Bij de niet-rokende bevolking is dit COHb niveau gemiddeld zo'n 1,2-1,5%, bij rokers gemiddeld 3-4%, met pieken tot 10%.

Bij 5% COHb beginnen **neurotoxische** effecten op te treden.

Per jaar **overlijden** nog een tiental personen aan koolmonoxydevergiftiging, vooral door niet goed functionerende, slecht onderhouden of afvoerloze geisers.

10.3.2 Preventieve maatregelen

Afgezien van de belasting door bronnen in het buitenmilieu, kan de CO-concentratie in woningen laag worden gehouden door met name zorg te besteden aan de afvoer van verbrandingsinstallaties, gebruik te maken van zogenaamde diffusiebranders in plaats van bunzenbranders, door goed onderhoud en door niet te roken.

10.4 Formaldehyde (HCHO)

Formaldehyde is een vluchtige organische verbinding (VOV) ofwel volatile organic compound (VOC), die vaak, als veronderstelde veroorzaker van klachten bij de bewoners, als een van de belangrijkste indicatoren van de kwaliteit van het binnenmilieu wordt gehanteerd (zie verder ook paragraaf 10.8).

In Nederland wordt, conform een advies van de Gezondheidsraad, een concentratie van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm) gemiddeld over 30 minuten als grenswaarde gehanteerd.

Wat de feitelijke concentratie in de Nederlandse woningen is, is evenwel niet bekend. Aangenomen wordt dat in woningen waar niet wordt gerookt van een overschrijding van deze grenswaarde sprake zal zijn in aanzienlijk minder dan 20% van de woningen, waar, om wat voor redenen dan ook, ooit onderzoek is verricht (RIVM, 1988).

In West Duitsland komt men bij een a-selecte steekproef van woningen op slechts 2%, met een mediane concentratie die lager is dan $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (COST, 1990). In 8% van de woningen waar mensen klachten uitte, was sprake van een overschrijding van de gestelde grenswaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3/30 \text{ min}$.

Mede afhankelijk van de ouderdom van de "gewone" woningen wordt geschat dat de concentraties in de verschillende Europese landen gemiddeld variëren tussen 0,05 en $0,15 \text{ mg}/\text{m}^3$. De hoogste concentraties die in Nederlandse woningen zijn gemeten liggen tussen de 0,75 en $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ (COST, 1990). In geprefabriceerde woningen, caravans e.d. zijn de concentraties meestal een factor 2 à 5 hoger.

De gehanteerde grenswaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is overigens ook de HCHO-concentratie die binnen 15 minuten wordt veroorzaakt door de **tabaksrook** van 6 sigaretten bij een luchtverversingsvolume van $50 \text{ m}^3/\text{uur}$.

Bouw- en inrichtingsmaterialen, inclusief **ureumformaldehydeschuim** (UF-schuim) en **vochtig glas- of steenwol** in spouwmuren (in het bijzonder het bindmiddel daarin) leveren in belangrijke mate een bijdrage aan de totale HCHO concentratie in de binnenlucht (Van der Wal, 1992).

Spaanplaat is zo'n produkt en het blijkt dat de minst formaldehyde-bevattende kwaliteit (met een gehalte van maximaal $10 \text{ mg HCHO}/100 \text{ g}$) een concentratie boven de 0,1 ppm (ofwel $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, overeenkomend met de Nederlandse en Duitse maximale grenswaarde en KOMO-keur) niet uitsluit (Marutzky, 1987). Meer dan 20 jaar oud spaanplaat, met een oorspronkelijk HCHO-gehalte van waarschijnlijk meer dan $50 \text{ mg}/100 \text{ g}$ blijkt nog steeds te leiden tot een overschrijding van deze grenswaarde.

Goedkope spaanplaten, die in bouwpakketten door bouwmarkten als "**doe-het-zelf kasten**" worden geleverd, blijken gedurende de eerste week na het uitpakken formaldehydeconcentraties van circa $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op te leveren, een concentratie die zich na twee weken stabiliseert op een niveau van nog zo'n $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Van der Wal, 1992). Bronnen van formaldehyde kunnen ook nieuw aangeschafte vloerbedekking, (be)kleding- en gordijnstoffen zijn.

Ook in het **buitenmilieu** kan als gevolg van het verkeer overschrijding van de grenswaarde worden vastgesteld. Dit is naar schatting bij 15.000 woningen in Nederland het geval (RIVM, 1988).

10.4.1 Gezondheidseffecten

De mediane **geurdrempel** van formaldehyde (een scherpe hooi-achtige geur) blijkt te liggen bij $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ met een spreiding afhankelijk van het individuele geurvermogen tussen $0,06$ - $1,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ (WHO, 1987).

Er zijn aanwijzingen dat allergische personen gevoeliger zijn voor **oogirritaties** (Liu, 1987). Bij zeer gevoelige mensen kan **oogirritatie** en een "**warm**" gevoel op de gezichtshuid al optreden vanaf $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maar de mediaanwaarde waarbij dit gebeurt is $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Irritatie van de **bovenste luchtwegen (keel)** kan gaan optreden vanaf $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de grenswaarde van de Gezondheidsraad (WHO, 1987). **Geen** of een zeer zwak direct verband is gevonden tussen formaldehyde en **allergische (of astmatische)** reacties op de **lagere ademhalingswegen** (Reed en Frigas, 1985). Rechtstreeks lijken deze effecten pas op te treden bij de zeer hoge concentratie vanaf $6 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Day, 1990).

Klachten over een **te droge huid** en **eczeem** hangen ook samen met blootstelling aan formaldehyde. Huidabsorptie en daardoor **huidirritatie** kan plaatsvinden door formaldehyde uit cosmetica, desinfectantia, huishoudelijk produkten en textiel (zie ook paragraaf 7.7).

Hoofdpijnklachten gaan optreden bij concentraties boven de $3 \text{ mg}/\text{m}^3$.

In Deens onderzoek zijn bij concentraties vanaf 400 µg/m³ effecten gemeten bij **geheugen- en concentratietesten** (Bach et al, 1987).

Er zijn verder aanwijzingen dat klachten over "**te droge lucht**" (terwijl dit niet blijkt uit luchtvochtigheidsmetingen) ondermeer samenhangen met hoge formaldehyde-emissies uit (nieuwe) materialen (Berglund, 1992; Sundell et al, 1991). Bij hoge temperaturen en luchtvochtigheid (overwegend in de zomer dus), is de formaldehyde-emissie het hoogst. Blootstelling aan formaldehyde kan ook leiden tot een verhoogde **mierezuur**-concentratie in de urine (Einbrodt et al, 1976).

Daarnaast zijn er onderzoeksbevindingen die er op wijzen dat langdurige blootstelling aan een relatief lage concentratie formaldehyde het **immuunsysteem** kan aantasten (Ashford en Miller, 1991). In een Canadees onderzoek is gevonden dat bij blootstelling aan UF-schuim sprake is van meer **medicijngebruik** (Broder, 1984).

Sommige onderzoeken (met dierproeven) wijzen ook op **carcinogene** effecten en effecten op **zwangerschap, menstruatie en geboortegewicht**, maar duidelijke conclusies hierover kunnen nog niet worden getrokken.

10.4.2 Preventieve maatregelen

Zoals eerder in paragraaf 7.3.1 reeds is aangegeven bepaalt de mate van **ventilatie** van woningen in hoge mate de formaldehydeconcentratie.

Zo kan een reductie van het ventilatievoud van 1 naar 0,3 ACH (Air Change rate per Hour) de formaldehydeconcentratie snel boven de grenswaarde doen oplopen.

Een behandeling van formaldehydhoudend spaanplaat met ammonia wordt ook wel toegepast. Uiteraard is bestrijding aan de bron de beste manier om formaldehydeconcentraties te reduceren.

10.5 Stikstofdioxide (NO₂)

De grenswaarde bij blootstelling gedurende één uur is vastgesteld op 300 µg/m³ ofwel 0,210 ppm.

Uit onderzoek is gebleken dat bijna uitsluitend waar een afvoerkanaal voor gasgeisers ontbreekt (en eventueel in combinatie met slecht onderhoud), een overschrijding kan optreden van deze waarde (Voor 1985 is geschat dat in 23% van de Nederlandse woningen afvoerloze geisers aanwezig zijn, maar dit percentage zal sindsdien afgenomen zijn).

Over 24 uur gemiddeld is de grenswaarde gesteld op 150 µg/m³ (0,08 ppm). In de V.S. wordt door de EPA 0,05 ppm (= 94 µg/m³) als jaargemiddelde geadviseerd.

Gemiddeld varieert de 24-uurs NO₂ concentratie in de diverse vertrekken binnenshuis tussen 10 en 80 µg/m³. Behalve geisers zijn gasfornuizen, gashaarden, kerosinekachels en tabaksrook bronnen van NO₂.

Voor 's zomers bij geopende ramen kan ook NO₂ afkomstig van buitenbronnen (vooral het verkeer) in de woning terecht komen. Zonder NO₂-bronnen binnenshuis is de binnen/buitenratio, afhankelijk van het absorptievermogen van de bouw- en inrichtingsmaterialen 0,6 tot 0,3.

Buitenshuis is in stedelijke gebieden sprake van jaargemiddelde achtergrondniveaus van 20-90 µg/m³, maar langs drukke verkeerswegen kunnen, mede afhankelijk van de weersomstandigheden, uurgemiddelden optreden die een factor 10 hoger zijn. Geschat wordt dat in Nederland over 650 km trottoirlengte aan de gevels van woningen in binnensteden (ofwel bij 120.000 woningen) de grenswaarde voor de buitenlucht van 135 µg/m³ (98 percentiel 8-uurgemiddelde) wordt overschreden (RIVM, 1988).

10.5.1 Gezondheidseffecten

De geurdrempel van NO₂ ligt ongeveer bij 400 µg/m³, in feite niet ver boven de vastgestelde uurgemiddelde grenswaarde van 300 µg/m³. Het betreft dan een "bitter-zoete" geur.

In woningen met zo'n situatie werd bij 6 tot 10 jaar oude **kinderen** (met een iets hogere gevoeligheid bij **meisjes**) een beperkt effect op een aantal ademhalingsfuncties en **CARA**-achtige symptomen vastgesteld (Dijkstra et al, 1988).

Bij **astmatici** beginnen **luchtwegklachten** op te treden bij circa $940 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,5 ppm), bij gezonde mensen is dit het geval bij een tweemaal zo sterke concentratie.

Er zijn onderzoeksbevindingen waaruit een verband blijkt tussen het koken op gas en het vóórkomen van **ademhalingsklachten** bij **kinderen tot 2 jaar**, maar deze relatie is niet gevonden bij oudere kinderen en bij volwassenen (WHO, 1987).

Bij **proefdieren** kan een half jaar durende continue concentratie van $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm) tot **irreversibele longeffecten** leiden. Er zijn ook aanwijzingen dat niveaus van deze orde het **immuunsysteem** kunnen aantasten en de gevoeligheid voor bacteriële- en virale infecties in de longen vergroten.

10.5.2 Preventieve maatregelen

Afgezien van de belasting door bronnen in het buitenmilieu, kan (zoals het geval was bij het reduceren van de CO-concentratie) met name door zorg te besteden aan de afvoer van verbrandingsinstallaties, het gebruiken van bunzenbranders, goed onderhoud en door niet te roken de concentratie NO_2 in woningen laag worden gehouden. Daarnaast kan koken op elektrische in plaats van gasfornuizen de concentratie nog verder reduceren.

10.6 Benzeen

Benzeen is, evenals formaldehyde, één van de ongeveer 300 vluchtige organische verbindingen (VOV's) in de binnenlucht (zie verder paragraaf 10.8).

De gemiddelde concentratie van benzeen in woningen in Nederland wordt geschat op zo'n $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Piekwaarden zijn gemeten van $148 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Lebret, 1985).

In aselect gekozen woningen in **West-Duitsland** is in 1985 en 1986 gemiddeld zo'n 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemeten en in 10% van de woningen is deze concentratie meer dan 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Krause et al, 1987). In een WHO rapport wordt geschat dat in 10% van de woningen in Europa de concentratie hoger is dan 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 1989).

In **Zorgen voor Morgen** wordt voor Nederland geschat dat in maximaal 4,5% van de Nederlandse woningen de concentratie van 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt overschreden (RIVM, 1988). In 1993 is in het **Besluit luchtkwaliteit** benzeen de jaargemiddelde grenswaarde voor benzeen vastgesteld op 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze grenswaarde wordt in drukke verkeerssituaties (langs circa 470 km weg in de bebouwde kom), bij circa 500 benzinstations en rondom 7 industriële bronnen overschreden (Blom, 1993).

In de **binnenlucht** in woningen, gesitueerd nabij een rustige verkeerssituatie, wordt de concentratie geschat op 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nabij een drukke verkeerssituatie op circa 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en nabij een drukke verkeerssituatie en een benzinstation op zo'n 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Overigens, in **auto's** is tijdens het autorijden de concentratie benzeen in de orde van 40 tot 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bouius, 1990).

Grofweg kan worden geschat dat in woningen waar sprake is van een overschrijding van de grenswaarde (voor het buitenmilieu is deze per 1993 wettelijk vastgelegd op een jaargemiddelde concentratie van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), **buitenbronnen** voor ongeveer de helft hiervoor verantwoordelijk zijn.

De voornaamste buitenbron wordt gevormd door het rijdende **verkeer**, vooral door onvolledige verbranding bij het rijden met een koude motor. In een drukke straat variëren de jaargemiddelde concentraties tussen de 5 en 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Een en ander is goed voor een overschrijding over naar schatting 450 km trottoirlengte in Nederland, ofwel bij 85.000 woningen. Ook door **geparkeerde** voertuigen wordt benzeen geproduceerd, doordat een nog warme motor benzine doet verdampen (RIVM, 1988; Den Tonkelaar, 1982).

Relevant, maar in aantallen woningen beperkt, is ook de kwaliteit van de **bodem** en de lucht in **kruipruimten** onder woningen. Bij bodemverontreiniging is **benzeen** vaak de determinante stof.

Ongunstige weersomstandigheden (inversie, mist) en een zekere aanwezige onderdruk in met name de goed geïsoleerde woningen met mechanische afzuiging kunnen de immissie van benzeen in woningen extra versterken.

Voor wat betreft de **binnenbronnen** geldt, wanneer **voedsel en drinkwater** vanwege de orale blootstellingsroute buiten beschouwing worden gelaten (overigens wellicht verantwoordelijk voor een blootstellingsconcentratie van zo'n 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), dat een belangrijke bron het **roken** is: geschat wordt dat één sigaret een concentratie geeft van 4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bouius et al, 1990). In het eerder genoemde Duitse onderzoek vindt men dat de benzeenconcentratie in de woningen waar wordt gerookt gemiddeld 9,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is, tegenover 6,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in de overige woningen.

Daarnaast zijn bronnen van benzeen in woningen **consumentenprodukten, bouwmaterialen** en geparkeerde **motorvoertuigen** in drive-in woningen.

Met betrekking tot **open haarden** en "**allesbranders**" zijn er aanwijzingen, dat de grenswaarde voor wat betreft benzeen wellicht soms wordt overschreden (Groot en van der Made, 1991) (zie ook paragraaf 10.11).

10.6.1 Gezondheidseffecten

Ofschoon in principe geen veilige grenswaarde kan worden vastgesteld, omdat blootstelling aan benzeen tot **carcinogene** effecten (vooral **leukemie**) kan leiden (zoals in 10.6 is vermeld), is in het Besluit luchtkwaliteit benzeen na afweging van belangen de jaar-gemiddelde grenswaarde voor benzeen gesteld op 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bij 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bevindt zich de **geurdrempel** van benzeen.

Blootstelling aan hoge (voor het binnenmilieu in woningen niet relevante) concentraties benzeen kan ook tot **neurotoxische** effecten zoals **hoofdpijn, duizeligheid en sufheid** leiden. De kans op voortijdig **overlijden** wordt bij een continue blootstelling aan 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ benzeen geschat op 4 : 1.000.000 (WHO, 1987) en bij 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op 34 : 1.000.000 (Stolwijk, 1987).

10.6.2 Preventieve maatregelen

Ter preventie van te hoge benzeenconcentraties in woningen moeten ook hier maatregelen aan de bron worden genomen: de juiste bouw- en inrichtingsmaterialen gebruiken, koolstoffilters aanbrengen in de carburateurs van auto's, zorgen voor goede afvoer van verbrandingsgassen uit open haarden en allesbranders, niet roken, zorgen voor een kierdichte afscheiding in drive-in woningen tussen de garage en de woning zelf en voor een goede ventilatie in zo'n garage, en het vermijden van onderdruk in de woning, zoals ook geldt ter preventie van blootstelling aan te hoge concentraties door andere agentia uit de buitenlucht zoals CO.

10.7 Vluchtige organische verbindingen (VOV of VOC)

In het binnenmilieu van woningen bevinden zich, naast het hiervoor behandelde **formaldehyde** (paragraaf 10.4) en **benzeen** (paragraaf 10.6) nog honderden andere volatile organic compounds (**VOC's**) ofwel vluchtige organische verbindingen (**VOV's**). De concentraties hiervan zijn binnenshuis doorgaans een factor tien of meer hoger dan buiten.

Een uitgebreid overzicht van de bronnen en sterkte van VOV-emissies, vooral afkomstig van bouw- en inrichtingsmaterialen en consumentenprodukten is opgesteld door Levin (1992). Bronnen van VOV's zijn ondermeer **oplosmiddelen**, **kosmetica** (haarlak, haarspray, nagellak, shampoo), **verpakkingsmateriaal**, **brandwerende coatings** (in TV en PC) en **schoonmaakmiddelen**. In ontvlekkingsmiddelen en tapijtreinigers zitten bijvoorbeeld alifatische en aromatische koolwaterstoffen, aceton, esters, gechloreerde koolwaterstoffen en waterstoffluoriden; boenwas bevat eveneens alifatische en aromatische koolwaterstoffen en in toiletblokjes zit vaak paradichloorbenzeen.

Een overzicht van materialen en produkten waaruit VOV's emitteren is ook gepubliceerd door Tichenor (1987) en Van der Wal (1991, 1992).

Binnen de **bouwmaterialen** worden de volgende groepen onderscheiden:

- **minerale vezels** (in feite het bindmiddel in glas- en steenwol dat veelal als isolatiemateriaal wordt toegepast in spouwmuren). Gebleken is dat als dit vochtig is geworden en de temperatuur stijgt, dit kan leiden tot **stankoverlast** (omschreven als plasticachtig, zuur, weëig, rotte vis of als ondefinieerbaar).
- **isolatieschuimen**, zoals polystyreenschuim (PS-schuim), polyurethaanschuim (PUR-schuim) en het nog maar zelden toegepaste ureumformaldehydeschuim (UF-schuim).
- **hout en houtvezelplaten**, waaruit onder invloed van temperatuur en vocht ondermeer formaldehyde vrij komt uit de hars en terpenen en azijnzuur uit het hout zelf.
- **anorganische bouwmaterialen** (gips, cement, baksteen).
- gladde (polyvinylchloride (PVC) en linoleum) en textiele **vloerbedekking** (meestal nylon), waarvan de onderlaag vaak bestaat uit PVC of polypropreen of uit styreen-butadieenrubber (SBR), dat de de "**nieuwe-tapijtgeur**" veroorzaakt.
- **verven en lakken**, met oplosmiddelen als terpentijn (met alkanen zoals toluen en xyleen), maar ook op waterbasis (bevat evenzeer (huid-)irriterende stoffen).
- **bouwlijmen, voeg- en afdichtkitten en cementmortel**

VOV's bevinden zich niet alleen in de lucht, maar kunnen zich bij een relatief lage concentratie in de lucht ook ophopen in materialen, **textiele stoffen** en (**huis**)**stof** en vandaar uit weer emitteren (Gebefuegi en Korte, 1988; Gustafsson, 1991).

In paragraaf 10.7.3 wordt aangegeven welk onderzoek naar VOV-emissies is en wordt verricht en wat als wenselijk wordt beschouwd. Van zeer veel afzonderlijke VOV-verbindingen ontbreekt nog inzicht in (mogelijke) gezondheidseffecten en/of is de gezondheidkundige grenswaarde nog niet vastgesteld, laat staan dat gekeken is naar de effecten van combinatie(s) van deze stoffen (**synergie**).

Bij onderzoek in woningen waar sprake is van a-specifieke gezondheidsklachten beperkt men zich bij de analyse noodgedwongen tot het vergelijken van de meetresultaten met een uit ander onderzoek opgebouwd referentiebestand (van der Wal, 1988).

Tabel 10.2 geeft een lijst met VOV's waarvan wel het een en ander is vastgesteld (Lanting en de Mik, 1991).

Tabel 10.2 Frequentiepercentielen van distributie van VOV-concentraties in de lucht van woningen

Bron: WHO, 1989

Vluchtige Organische Verbindingen	Concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Mediaan	90-Perctiel
Dichloormethaan	<10	<10
Chloroform	3	15
Formaldehyde	25	60
Hexanal	1	5
Decaan	10	50
Undecaan	5	25
Benzeen	10	20
Tolueen	65	150
Styreen	1	5
Naphtaleen	2	5
1,1,1-Trichloorethaan	5	20
Trichloorethaan	5	20
Tertrachloorethaan	5	20
p-Dichloorbenzeen	5	20
Butanol	<1	3
α -Pineen	10	20
Limoneen	15	70
Ethylacetaat *	5-10	10-50
n-Butylacethaat *	2-5	5-50

* schatting door Seifert

Een zevental klassen VOV's wordt onderscheiden en daaraan worden door Seifert (1990) de in tabel 10.3 weergegeven maximale grenswaarden voorgesteld.

Tabel 10.3 Richtwaarden voor concentratie in de binnenlucht van groepen van VOV en Totaal VOV
Bron: Van der Wal, 1992

Groep verbindingen	Concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alkanen	100
Aromatische koolwaterstoffen	50
Terpenen	30
Gehalogeneerde koolwaterstoffen	30
Esters	20
Aldehyden en ketonen (excl. formaldehyde)	20
Andere	50
Totaal VOV (TVOV)	300

Als het aandeel van een bepaalde afzonderlijke VOV-verbinding voor niet meer dan de helft een VOV uit dezelfde VOV-klasse vertegenwoordigt of niet meer dan 10% van de totale VOV-concentratie bevat, dan wordt voor het **totaal** van de aanwezige VOV's (TVOV), exclusief formaldehyde, ook wel $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als grenswaarde geadviseerd (Seifert, 1990b).

Overigens is deze waarde niet gebaseerd is op **toxicologische effecten**, maar gekozen ter voorkoming van mogelijke nog onbekende een individueel VOV-specifiek effect of VOV-synergetische effecten.

Bij onderzoek in West-Duitsland wordt gemiddeld een TVOV concentratie van $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een mediane waarde van $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aangetroffen, waarbij met uitzondering van **tolueen** (gemiddeld $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bij dit niveau niet schadelijk) de afzonderlijke VOV-verbindingen de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niet te boven gaan (Krause et al, 1987).

In circa 10% van de woningen is de TVOV-concentratie meer dan $0,7 \text{ mg}/\text{m}^3$.

In verschillende woningen in Nederland zijn, met een gemiddelde TVOV-concentratie van $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$, globaal dezelfde uitkomsten gemeten en is grosso modo sprake van eenzelfde concentratieverdeling over de afzonderlijke VOV's. De stoffen die de hoogste bijdrage aan het TVOV blijken te leveren zijn (Lebret, 1985; Van der Wal, 1992):

- **tolueen**: afkomstig uit **bouwmaterialen, consumentenartikelen en tabaksrook**;
- **limonene**: uit **bouwmaterialen en reinigings- en onderhoudsmiddelen**;
- **n-decanen**: uit de **PVC-rug van vloerbedekking/tapijttegels**;
- **xylenen**: uit **bouwmaterialen, lijmen** (o.m. onder vloerbedekking), **verven en lakken**.

10.7.1 Gezondheidseffecten

In de Verenigde Staten wordt geschat dat de sterfte aan kanker door VOV's ongeveer half zo groot is als sterfte aan kanker door passief roken (Wallace, 1987). In Nederland wordt van de VOV's vooralsnog alleen **benzeen** als kankerverwekkend beschouwd (zie ook paragraaf 10.6). Aangenomen wordt dat bij een VOV-groepconcentratie van minder dan $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geen nadelige effecten optreden.

Veel VOV's emitteren, reeds bij lage concentraties en mede afhankelijk van temperatuur en (lucht)vochtigheid, geuren die **stankhinder** veroorzaken (zie ook paragraaf 10.1.1). Boven de 2 à 3 mg/m³ kunnen de eerste **irritaties aan ogen en slijmvliezen en hoofdpijnlachten** gaan optreden. Bij concentraties van 25 mg/m³ of meer zijn **neurotoxische** effecten mogelijk (Mølhav, 1990).

Gewag wordt ook gemaakt van **haaruitval** en **huiduitslag** door contact met resten van de bestrijdingsmiddelen **lindaan** en **pentachloorfenol** in textiele stoffen (vooral katoen en wol) en hout (Gebefuegi en Korte, 1988).

In **mottenballen** en **toiletblokjes** wordt **para(1,4-)dichloorbenzeen** toegepast. Deze stof kan bij hoge concentraties (bijna uitsluitend optredend bij arbeidsomstandigheden, maar soms ook in een klerenkast) ondermeer leiden tot een **irritatie van ogen** en **ademhalingswegen** en bij zeer hoge blootstelling tot **leverbeschadiging**. Voor een 24-uurs blootstelling in woningen is een inhalatoire blootstellingsgrenswaarde berekend van 93 µg/m³. Geschat wordt dat in 2 à 3% van de Nederlandse woningen (met name in slaap- en badkamers) dit criterium wordt overschreden (Van Dongen et al, 1989). Eerder is in paragraaf 7.7 reeds ingegaan op **allergische reacties** door emissies uit huishoudchemicaliën in bijvoorbeeld schoonmaakmiddelen en textiele stoffen.

10.7.2 Preventieve maatregelen

In de eerste plaats is uiteraard bestrijding aan de bron gewenst.

In nieuwe situaties, zoals vlak na het leggen van een vloerbedekking, moet gedurende de eerste veertien dagen in ruime mate worden geventileerd en gelucht. Als methode om het proces van VOV-emissies te versnellen, wordt ook wel het "uitbakken" toegepast, waarbij de binnentemperatuur wordt opgevoerd tot zo'n 40°C (Girman et al, 1987).

Wanneer echter een evenwichtssituatie (tussen emissie en absorptie) op materialen is bereikt is het ventileren minder effectief en kan het verwarmen juist weer emissiebevorderend werken zoals bij formaldehydehoudende materialen het geval kan zijn (zie

paragraaf 10.4). Per afzonderlijke VOV en mede afhankelijk van het vochtgehalte kan deze evenwichtssituatie en het afbraakverloop verschillen (Tichenor, 1987; Van der Wal, 1991).

Ter preventie van gezondheidsklachten worden door Tucker (1990) per type produkt de maximale "low-emitting" VOV-emissies van 0,6 mg/uur/m² aanbevolen voor vloerbedekking en vloercoatings en van 0,4 mg/uur/m² voor wandmaterialen en wandcoatings.

10.7.3 Actueel onderzoek

Vanwege de potentieel schadelijke gezondheidseffecten wordt ondermeer door Lanting verder onderzoek naar aard en omvang van de blootstelling aanbevolen met betrekking tot vooral de volgende bronnen en/of stofgroepen (Lanting en de Mik, 1991):

- **Bestrijdingsmiddelen** (houtverduurzaming, plaagbestrijding, additieven in textiel);
- **Aldehyden en carbonzuren** (houtprodukten, vloerbedekking, textiel; ook het **geurhinder**-aspect ervan);
- **ftalaatesters** (weekmakers in plastics, verven en lijmen; zijn verdacht **carcinogeen**)
- **Isocyanaten** (verven, isolatieschuim, lijmen);
- **Glycolethers en -esters, alcoholen, conserveermiddelen en fungiciden** (in watergedragen verfsystemen en reinigings/onderhoudsmiddelen);
- **Vloerbedekking** (vinyl, linoleum, textiel; sprake is van verdacht **carcinogene** stoffen en weekmakers; ook **geurhinder**-aspect);
- **Epoxiden** (verdacht **carcinogene** stoffen in reinigings- en onderhoudsmiddelen; ook **geurhinder**-aspect);
- **Terpenen** (in vloer- en meubelwas, cosmetica, houtprodukten en verven).

Onderzoek is uitgevoerd naar emissies van **formaldehyde** en **VOV's** uit wandpanelen van **spaanplaat** die worden toegepast in de woningbouw en woninginrichting (Van der Wal, 1992). Het betreft spaanplaat met verschillende coatings (vinyl, textiel, fineer, melanine). De panelen met fineercoating geven de hoogste emissie, mede veroorzaakt

door de coating. VOV wordt alleen bij de panelen met vinylcoating geconstateerd (afkomstig van de lijm, waarmee de folie op de plaat is geplakt). De formaldehyde-emissie is minimaal bij de zeer goed afsluitende melaninecoating.

Ook zijn emissies van VOV's gemeten uit **multiplexplaten** en **polystyreen hardschuim** (tempex) en **tapijttegels**, die in bouwmarkten en woninginrichtingszaken verkrijgbaar zijn (Van der Wal, 1992).

Overigens blijkt dat bij het keuren van produkten zoals spaanplaat in verschillende onderzoeksinstituten door allerlei oorzaken (adsorptie aan de wanden, plaatselijke luchtsnelheden, inhomogeniteit en vochtgehalte van de materialen) de spreiding in resultaten nog in de orde van 20% ligt.

Methoden zijn ook ontwikkeld om, met behulp van daartoe geschoolde "geurpanels", de binnenluchtkwaliteit te kwantificeren aan de hand van de ervaren geurkwaliteit en van de bronsterkte van **geuren** uit materialen en ventilatievoorzieningen (Bluyssen en Fanger, 1991; Bluyssen en Walpot, 1992).

10.8 Tabaksrook (Environmental Tobacco Smoke ETS)

Een voor de binnenluchtkwaliteit zeer determinerende factor is de aanwezigheid van tabaksrook. Vooral de "sidestream" van tabaksrook is relevant. Deze nevenstroom-rook, die vrijkomt bij de smeulende verbranding tussen de "trekjes" door bevat zelfs een hogere concentratie aan **carcinogene** stoffen en andere verbindingen dan de hoofdstroomrook die de roker zelf inhaleert.

De vijf qua concentratie belangrijkste stoffen in de nevenstroomrook zijn **CO** (toxisch), **nicotine** (toxisch), **formaldehyde** (waarschijnlijk carcinogeen), **benzeen** en **nitrosaminen** (de laatste twee zijn zeker carcinogeen) (Aviado, 1988; Adlkofer et al, 1989).

Onder de enkele duizenden chemische substanties die zijn geïdentificeerd bevat tabaksrook tenminste 43 **carcinogene** stoffen waaronder **teer**, **arseen**, **polonium 210**, **nikkel** en **cadmium**verbindingen, **benzo(a)pyreen**, **fenolen** en **hydrazine**. Tabaksrook bevat ook het neurotoxische **lood**.

In paragraaf 8.2.1 over **(huis)stofdeeltjes** is reeds aangegeven dat in woningen waar wordt gerookt de concentratie **thoracaal stof** (PM 10) doorgaans een factor twee of meer hoger is dan in woningen waar niet wordt gerookt.

Tabaksrook veroorzaakt vooral ook **fijn stof** (PM 2,5) dat diep in de longen (alveoli en capillaire weefsels) kan doordringen. Het **cadmiumgehalte** in huisstof worden beschouwd als een goede tracer voor tabaksrook (Lebret, 1987).

De mate waarin mensen zijn blootgesteld aan tabaksrook kan ook worden vastgesteld aan de hand van **nicotine** en **cotinine**-bepalingen in urine, speeksel en plasma.

Eerder is ook reeds gewezen op de versterkende **synergetische** werking van tabaksrook, **radon** en **asbestvezels**.

10.8.1 Gezondheidseffecten

De belangrijkste ziekten die samenhangen met het actief roken zijn **longkanker** en **hart- en vaatziekten**. Volgens een WHO rapport zou het **overlijden** door **longkanker** voor 90% worden veroorzaakt door roken, de sterfte door **chronische bronchitis** en **CARA** voor 75% en de sterfte door **ischaemische hartziekten** voor 25% (WHO, 1985). Daarnaast treden ook **neurotoxische** effecten op.

In Nederland overlijden naar schatting 18.000 mensen per jaar voortijdig door het roken (Wever, 1987). In termen van risico's uitgedrukt: de risicokans te sterven ten gevolge van het **actief roken** wordt geschat op 1:200 per jaar.

De aanwijzingen nemen toe dat ook door alleen **passief te roken** de kans op **longkanker** toeneemt. Percentages worden genoemd van 35% en 50% verhoogd risico bij niet-rokers die blootstaan aan de tabaksrook van huisgenoten in vergelijking met niet-rokers zonder rokende huisgenoten (Thompson, 1987).

De verhouding in opname in de longen van de stoffen in tabaksrook tussen actieve rokers (20 sigaretten per dag) en passieve rokers (bij 8 uur blootstelling per dag) varieert van circa 3:1 voor wat betreft **CO**, **formaldehyde** en **vluchtige nitrosaminen**, in de orde

van 125:1 voor wat betreft nicotine en benzo(a)pyreen, tot 3000:1 voor wat betreft **respirabele (stof)deeltjes** (Adlkofer et al, 1989).

In elk geval ondervinden niet-rokers veel **irritaties** door tabaksrook. In tabel 10.4 zijn de voornaamste irriterende stoffen aangegeven, de concentraties van deze stoffen in de rokerige lucht, veroorzaakt door één sigaret in een vertrek onder normale omstandigheden, en de delen van het lichaam waar de irritatie wordt ondervonden (Fisher, 1988).

Tabel 10.4 Belangrijkste iriterende stoffen naar concentratie in rokerige lucht en "places of impact". Bron: Fisher, 1988

Irriterende stoffen	Concentratie in rokerige lucht (range)	"Places of impact"
Acroleïne	6-120 ppb	ogen, larynx, trachea
Formaldehyde	30-60 ppb	ogen, larynx, trachea
Ammonia	1000-5438 ppb	ogen, larynx, trachea
Stikstofdioxide	0-50 ppb	bronchioli, alveoli, capillairen
Zwavedioxide	1-69 ppb	bronchiën, bronchioli
Fenol	7,4-115 µg/m³	-
Tolueen	0,04-1,04 mg/m³	-
Respirabele deeltjes	55-962 mg/m³	ogen, larynx, trachea, alveoli, capillairen, bronchiën, bronchioli

Naar schatting zo'n driekwart van de (Nederlandse) niet-rokers van 15 jaar of ouder ondervindt **hinder** door de rook van anderen (Kramers, 1987).

Klachten zijn vooral **stank, slijmvliesprikkeling, misselijkheid, neurotoxische effecten (hoofdpijn, sufheid)**, effecten op de luchtwegen (**longfuncties, luchtwegsymptomen** zoals **hoesten, piepen op de borst, het opgeven van slijm en kortademigheid**) en **allergische effecten**.

Ofschoon mensen met **CARA**-klachten extra gevoelig zijn voor tabaksrook, is echter nog **niet** duidelijk of de ontwikkeling van **astma** een gevolg is van passief roken.

Een andere kwetsbare groep is de categorie van **kleine kinderen**. Verschillende studies tonen aan, dat de incidentie van **bronchitis** en **infecties** zoals **middenoor- en longontsteking** toenemen gedurende het eerste levensjaar bij kinderen met rokende ouders. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat actief roken tijdens de zwangerschap door de moeder (het aantal zwangere vrouwen dat rookt is rond 27%, tegenover 37% van alle vrouwen

tussen 20 en 50 jaar) het risico verhoogt op een **lager geboortegewicht**, **achtergebleven ontwikkeling van de luchtwegen**, **hogere perinatale sterfte** en **vroeg neurologische achterstand** (Gena, 1992).

Bij een onderzoek onder circa 800 **oudere schoolgaande kinderen** is een kleine maar duidelijk meetbare vermindering van de **longfuncties** gevonden. Waar thuis niet wordt gerookt, zijn de prevalenties voor "**hoest**", "**kortademigheid**" en "**één of meer CARA-symptomen**" respectievelijk 18%, 22% en 29%. Waar sprake is van meer dan 20 "**roker-tjes**" (sigaretten, sigaar, pijp) zijn de percentages 21%, 25% en 36% (Boleij, 1987).

10.8.2 Preventieve maatregelen

Uiteraard is het niet-roken de beste preventieve maatregel: voor de roker zelf (die als hij/zij blijft roken niet veel argumenten óver heeft om zich zorgen te maken over de kwaliteit van de binnenlucht), maar ook voor de niet-rokers die gedwongen zijn passief mee te roken.

Onderzoek wijst uit dat, om acute **irritaties** bij niet-rokers te voorkómen, per sigaret een **ventilatiestroom** van 14 l/s (=50 m³/h) verse lucht vereist is. Om **geurhinder** bij niet-rokers te vermijden is zelfs 33 l/s (=120 m³/h) noodzakelijk (Schlatter en Wanner, 1987). Ter indicatie van de omvang van deze minimaal vereiste ventilatie: in het Bouwbesluit wordt voor een verblijfsgebied in nieuw te bouwen woningen een toevoercapaciteit van verse lucht van tenminste 0,9 l/s per m² vloeroppervlak vereist. Met andere woorden: in een woonkamer van 4 x 5 meter is dit 18 l/s (64 m³/h), ofwel bij een hoogte van 2,4 meter een ACH van 1,3. Voor een verblijfsgebied met een opstelplaats voor een kooktoestel (een woonkamer met open keuken) geeft het Bouwbesluit de eis van tenminste 21 l/s (Ministerie VROM, 1991).

10.9 Lood

Terwijl in het **buitenmilieu** bronnen van lood vooral worden gevormd door het **verkeer** en bepaalde **industrieën**, zijn bronnen in het **binnenmilieu** vooral **tabaksrook**, **verf** en **lood** in (vooral zacht, zurig, kalkarm) **drinkwater** vanuit de leidingen.

Stofdeeltjes en **pollen** zijn belangrijke media waaraan looddeeltjes zich kunnen hechten en ophopen.

In de lucht van de meeste Europese steden worden jaargemiddelde loodconcentraties aangetroffen van tussen de 0,5 tot 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De landelijke achtergrondconcentratie was rond 1986 in Nederland in de orde van 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Naar verwachting zal ondermeer door de introductie van loodarme brandstoffen de concentratie in de lucht sterk afnemen. Zo was in 1985 bij de buitengevel van 320.000 woningen sprake van een overschrijding, in 1987 was dit nog het geval bij 70.000 woningen.

De **binnen-buiten** luchtconcentratie ratio van lood is in de orde van 0,6 tot 0,8 (WHO, 1987). In de winter, wanneer de ramen minder geopend zijn, is deze ratio kleiner. Daarnaast kan ook via de bodem door "inlopen" in aanzienlijke mate verspreiding van looddeeltjes plaatsvinden.

Door de Gezondheidsraad is een jaargemiddelde concentratie in de lucht van 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vastgesteld als grenswaarde (grofweg resulterend in een mediaan loodgehalte in het bloed van 0,05 $\mu\text{g}/\text{ml}$). Op grond hiervan en van een (conservatieve) aanname van een binnen/buiten ratio van 0,4, werd in Zorgen voor Morgen voor 1985 geschat dat sprake was van een overschrijding van deze grenswaarden in de binnenlucht van 2,2% van de woningen (RIVM, 1988).

Ongeveer 2-3% van de Nederlandse bevolking consumeert drinkwater met een loodgehalte dat hoger is dan de grenswaarde van 50 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Krasowski en Doelman, 1990).

10.9.1 Gezondheidseffecten

Effecten die veroorzaakt worden door de blootstelling aan lood zijn **groeistoornissen**, storingen bij de **mentale ontwikkeling**, **haematologische**, **neurologische** en **sensibiliserende effecten**.

Uit een EEG-rapport blijkt dat de variantie in intellectueel functioneren, zoals dit wordt gemeten in intelligentietesten, voor ongeveer 1 à 2% zuiver verklaard kan worden door blootstelling aan lood (Smith et al, 1989).

Ook **gehoorbeschadiging** wordt genoemd als effect: een toename van lood in het bloed van 0,06 µg/l tot 0,18 µg/l zou samenhangen met een gehoorverlies van 2 dB en een verlies in nog versterkte mate vooral rond de frequentie van 2000 Hz bij kinderen (WHO, 1987; Schwartz, 1987).

Onderzoek wijst ook uit dat de gehanteerde grenswaarden te zeer op volwassenen zijn gericht en te hoog zijn voor **kinderen** en foetussen, omdat deze gevoeliger zijn. Doordat lood ongehinderd de placenta passeert, heeft de foetus vrijwel hetzelfde loodgehalte in het bloed als de moeder. Bovendien zijn voor jonge kinderen de in stof of op de bodem gedeponeerde looddeeltjes meer van belang dan de loodconcentratie in de lucht, omdat bij hen de blootstellingsroute relatief meer oraal verloopt dan inhalatoir in vergelijking tot oudere kinderen en volwassenen. Vandaar dat een maximale looddepositie-maat relevant is. In **Duitsland** wordt hiervoor een dagelijkse fall-out van 250 µg per m² vloeroppervlak gehanteerd.

Uit een uitgebreid onderzoek in meer dan 2700 woningen in West-Duitsland blijkt de mediane depositie van lood 441 µg/m² per dag te zijn en in minder dan 10% van de woningen is dit meer dan 1127 µg/m² (met een piek van 15.120 µg/m²).

Significant hoger dan gemiddeld is dit in woningen in **stedelijke gebieden**, en/of met **industrieën** binnen een straal van 1 km, in woningen **zonder groenvoorzieningen** er omheen, in **oudere woningen** (voor 1965 gebouwd) en in woningen waarin wordt **gerookt**: bij één roker per huishouden is de bijdrage aan de looddepositie tenminste 20% (Krause et al, 1987).

Een Amerikaans onderzoek in oudere woningen met loodhoudende (afbladderende) verf vindt de volgende loodconcentraties: in woningen waar men na binnenkomst de schoenen uittrekt bedraagt het gemiddeld geaccumuleerd loodgehalte in het vloerkleed $240 \mu\text{g}/\text{m}^2$, en in woningen waar men dit niet doet $2900 \mu\text{g}/\text{m}^2$

Zeer hoge loodconcentraties kunnen optreden waar verbouwingswerkzaamheden worden verricht (zandstralen, verf verwijderen).

10.9.2 Preventieve maatregelen

Er is reeds aangegeven dat door de introductie van loodarme brandstoffen de loodconcentratie in de bodem en het (huis)stof zal afnemen en dat groenvoorzieningen looddeeltjes in de lucht kunnen "afvangen". Vooral in woningen met kleine kinderen is het noodzakelijk regelmatig stof- en "inloopvuil" te verwijderen. Het niet-roken draagt ook bij tot het verminderen van de loodbelasting. Ofschoon de toepassing van lood in drinkwaterleidingen verboden is, kan in de oudere woningen waar loden leidingen nog wel aanwezig zijn, een inwendige tinlaag in de leidingen voorkómen dat het drinkwater niet direct met lood in aanraking komt.

10.10 Zwaveldioxide (SO_2)

Over het algemeen is de SO_2 -concentratie in de buitenlucht tenminste een factor twee hoger dan binnenshuis, omdat SO_2 geabsorbeerd wordt in muren, meubilair, bekleding en ventilatievoorzieningen.

De bronnen van SO_2 en zwavel(zuur)verbindingen en (zwarte rook)deeltjes zijn sinds het verdwijnen van de kolenkachels in Nederland vooral **industrieën** (elektriciteitscentrales, petrochemie) en het **verkeer** (zwavelhoudende dieselolie). Terwijl in 1965 in een stad als Rotterdam de jaar-gemiddelde concentraties nog zo'n $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ was, is deze concentratie in 1989 gedaald tot circa $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RIVM, 1991).

In de zomermaanden vormt de **barbecue** een bron van SO_2 en andere verontreinigende stoffen in de directe omgeving van de woning (zie ook paragraaf 7.11).

In woningen waar **niet** wordt **gerookt** en waar geen olie-, kolen-, hout- en kerosine-kachels, "**allesbranders**" en **open haarden** worden gebruikt, is de SO_2 concentratie niet of nauwelijks nog meetbaar. Ter indicatie voor waar nog wel sprake is van een emissie-bron in huis: in een Amerikaans onderzoek worden in 20% van onderzochte woningen waar gebruik wordt gemaakt van een kerosinekachel zonder afvoer, gemiddeld over 24 uur concentraties gemeten van zo'n $375 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Leaderer et al, 1984).

10.10.1 Gezondheidseffecten

De eerste gezondheidseffecten van SO_2 en of rook treden op bij een lange-termijn blootstelling (gemiddeld over een jaar) bij een concentratie van $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 1987).

In Nederland is de referentiewaarde gesteld op $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{uur}$.

Voor al **astmatici** en mensen met een **chronische bronchitis** zijn gevoelig voor blootstelling aan SO_2 . Bij blootstelling aan **koude droge lucht** beginnen bij deze risicogroep problemen te rijzen bij een concentratie van zo'n $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Boushey, 1988).

10.10.2 Preventieve maatregelen

Bij het terugdringen van SO_2 geldt, zoals ook het geval is bij bijvoorbeeld CO, met name de aanpak aan de bron. Preventieve maatregelen zijn het gebruik maken van zwavelvrije brandstoffen, en als dit niet mogelijk is het zorgdragen voor een goede afvoer van verbrandingsgassen en het voorkómen van onderdruk in woningen.

10.11 Vezeldeeltjes

10.11.1 Asbest

Bronnen van **asbestvezels** bevinden zich zowel binnen als buiten woningen.

In naar schatting 92 à 98% van de toepassingen in en rond woningen zou sprake zijn van de minst schadelijke "**witte**" asbestvezels (chrysotiel). In een aantal woningen en vooral in kantoren is in het verleden echter ook het schadelijker "**bruine**" asbest (amosiet) toegepast in wand- en plafondplaten en "spuitasbest" is toegepast op staalconstructies in kantoren en bedrijfshallen. Het meest schadelijk is "**blauw**" asbest (crocidoliet), dat in het verleden wel is toegepast in drinkwaterleidingen, maar verder niet in woningen voorkomt.

Ofschoon men er tot voor kort vanuit ging dat de risico's van blootstelling aan wit asbest(cement) minder groot zijn dan bij bruin en blauw asbest, omdat de aard en omvang (lengte/dikte-verhouding) van de vezels anders is, wordt tegenwoordig mede om pragmatische redenen wit asbest toch in gelijke mate als schadelijk beschouwd als de overige asbest soorten (WHO, 1987).

In het nieuwe Nederlandse Asbestbesluit is de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC-waarde) van asbest voor **arbeidsomstandigheden** gesteld op 300 vezels chrysotiel of amosiet per dm³ lucht en 100 vezels crocidoliet per dm³ lucht. Tevens bestaat een etiketteringsplicht en wordt vanaf juli 1993 het gebruik van asbesthoudend materiaal, behoudens enkele uitzonderingen, verboden.

Asbestbronnen **binnen** woningen zijn vooral de soorten vinylzeil met een waterbestendige lichtgrijze tot lichtbeige, soms lichtgroene "kartonachtige" onderlaag, die niet voorzien zijn van 1 mm grote stippen. Bovengenoemde vinylzeilen bevatten wit asbest en zijn tussen 1968 en 1980 op de markt gebracht, ondermeer onder de merknaam Novilon. Sinds september 1983 is op grond van de het Asbestbesluit (Warenwet) de verkoop ervan verboden). Andere asbestbronnen in de woning zijn afbrokkelende (brandwerende) asbest-

houdende muur- en dakplaten, isolatiemateriaal en consumentenartikelen als kookplaatjes, broodroosters en haardrogers.

Of emissies optreden hangt vooral samen met de hechtgebondenheid van de vezels in de produkten, de mate van vochtigheid ervan en het omgaan (slopen, demonteren, bewerken of spelen) met asbest-bevattende produkten. Slijtage door grote veranderingen in temperatuur, luchtvochtigheid en zuurgehalte van de lucht kunnen ook van invloed zijn. Goed gehecht of gebonden, in "rustende" vorm, en goed geveerd of afgedekt, vormen asbesthoudende produkten geen risico.

Hoe de verdeling van asbestconcentraties in de Nederlandse woningen is, is niet bekend. Waar in Nederland metingen naar asbestconcentraties in woningen zijn verricht (bijvoorbeeld in het kader van een volgens de arbeidsomstandigheden-voorschriften uitgevoerde professionele verwijdering van oud asbesthoudend materiaal), blijkt dat dit niet of nauwelijks te meten is.

Buitenbronnen van asbest zijn vooral remvoeringen van auto's en sloopactiviteiten. Globaal is in steden sprake van een concentratie van gemiddeld zo'n 10.000 vezels per m³, op het platteland 1000 vezels per m³. Dit zijn echter veelal korte (< 5 µm), zeer dunne (< 0,1 µm) chrysotielvezels (= "witte" asbest) die vanwege hun geringe carcinogene potentie als het minst schadelijk worden beschouwd.

Geschat wordt dat er momenteel zo'n 600 mensen per jaar sterven aan de gevolgen van asbest in hun lichaam, een aantal dat de komende jaren nog kan stijgen tot een 1200 per jaar, maar dan is het omslagpunt bereikt vanwege de maatregelen die zijn of nog worden genomen (Volkskrant, 1993). Blootstelling aan hoge concentraties asbest(vezel)deeltjes (normaal uitsluitend van toepassing bij **beroepsmatige expositie en niet in woningen**) kan leiden tot **asbestose**, een diffuse bindweefseltoename in de longen. Met betrekking tot asbestose is het latente interval, dat wil zeggen de periode tussen de eerste blootstelling en de eerste klachten, langer dan 10 jaar en in Nederland wordt de sterfte geschat op enkele tientallen per jaar. Veel asbestose patiënten overlijden echter niet aan de asbestose zelf, maar aan **longkanker** of **mesothelioom** (buik- of longvlieskanker).

Mesotheliom kan zich reeds na een korte blootstelling van enkele maanden ontwikkelen en wordt vrijwel uitsluitend veroorzaakt door **blauw** of **bruin** asbest. Het latente interval is 10-68 jaar en de sterfte in Nederland is circa 200 gevallen per jaar (Planteydt, 1991). Op grond van epidemiologisch onderzoek is door de WHO geschat dat het maximale risico op vroegtijdig overlijden aan **longkanker** bij 1:100.000 mensen correspondeert met een grenswaarde van 200 vezels/m³ bij vezels met een diameter < 3 µm en langer dan 5 µm (hoe langer, des te schadelijker).

Roken verhoogt de kans op **longkanker** door asbestvezels: het verhoogde risico komt naar schatting overeen met een fictieve extra blootstelling van 100 vezels/m³.

10.11.2 Minerale kunstvezels (Man Made Mineral Fibres MMMF)

Een ander bron van vezels in woningen is isolatiemateriaal dat om thermische of akoestische redenen is aangebracht. Het betreft vooral **glas- en steenwol**, waarbij de bron het sterkst is als daarbij sprake is van een bindmiddel op waterbasis.

De concentratie van deze minerale kunstvezels (ook wel "man made mineral fibers", MMMF, genoemd) overstijgt zelden 100 vezels/m³ (Hoskins en Brown, 1990). Zo is uit Deens veldonderzoek in vertrekken waar verschillende typen geluiddempende plafonds zijn aangebracht gebleken dat bij een "rustig" gebruik van de vertrekken de mediane vezelconcentraties van steenwol ruimschoots onder de 100 vezels/m³ blijven. Alleen in een crèche waar kinderen zeer intensief spelen (en bovendien met een plafondtype dat niet meer wordt geproduceerd) worden meer dan 1.000 vezels/m³ aangetroffen (Nielsen, 1987). In Nederland zijn in een achttal onderzochte woningen tijdens de na-isolatie met glas- en steenwol concentraties van tussen de 50 en 400 vezels/dm³ gemeten (met een elektronenmicroscop). De dag na deze werkzaamheden was deze concentratie echter reeds gezakt naar 1 tot 10 vezels/dm³ (Van der Wal, 1987).

Uit onderzoeken blijkt dat bij concentraties van glas- of steenwolvezels van meer dan 10 vezels/dm³ en afhankelijk van de vezeldiameter (hoe dikker hoe meer) **slijmvliesirritatie** begint op te treden: klachten aan ogen, neus, keel en een **jeukende huid**. Vooral

door glaswolvezels, die scherper zijn dan steenwolvezels, kunnen kleine **rode bultjes** ontstaan die na een kortdurende blootstelling meestal snel verdwijnen. Eerder is al aangegeven dat "in rust" over het algemeen concentraties van meer dan 100 vezels/m³ maar zelden optreden.

In de **arbeidssituatie** wordt een concentratie van 5.000 glaswolvezels per liter als acceptabele grenswaarde aangenomen.

In vergelijking met asbest wordt het **longkankerrisico** door minerale kunstvezels minder groot, maar toch niet geheel uitgesloten geacht. Het sterkst geldt dit voor **keramische vezels** en **slakkenwolvezels**, maar zoals eerder reeds is aangegeven is de toepassing van deze vezelsoorten in Nederland zeer beperkt.

Vezels van **steenwol**, **glaswol** en **gips** worden **niet** als **carcinogeen** beschouwd. Glaswolvezels splitsen zich (i.t.t. asbest) niet op in dunnere vezels, maar breken doormidden en lossen sneller op in de longen, waardoor ze minder risico inhouden dan de andere vezels. Anderzijds worden door een veranderd productieproces de vezels, zoals die van glaswol, wel steeds kleiner en daardoor meer respirabel (Hoskins en Brown, 1990).

10.11.3 (Preventieve) maatregelen

Inzake het **verwijderen** van **asbest** (en wellicht bepaalde minerale vezels) uit woningen geldt dat dit soms meer risico's voor de gezondheid oplevert dan het **laten zitten**, zeker als de asbestbevattende produkten goed zijn afgedekt of geverfd. Mocht men toch asbesthoudende produkten willen verwijderen, dan dient dit zeer omzichtig (met bevochtiging, speciale beschermende en goed afwasbare kledij) en in principe (zeker als het bruin en blauw asbest betreft) door **specialisten** te gebeuren.

Een en ander is vastgelegd in het Asbestverwijderingsbesluit dat medio 1993 in het Staatsblad wordt gepubliceerd. Met betrekking tot het verwijderen van de eerder genoemde wit-asbest houdende **vinylzeil** zij verwezen naar een informatieblad van de Keuringsdienst van Waren, bestemd voor particuliere huishoudens (Klein Haneveld, 1992).

Geadviseerd wordt ondermeer dat wanneer een asbestbevattende vinyl vloerbedekking aan vervanging toe is, er het best nieuwe vloerbedekking ongelijmd overheen kan worden gelegd. Aangeraden wordt het verwijderen van aan de (beton/cement)vloer verlijmd asbesthoudend vinyl over te laten aan deskundigen, losliggend asbesthoudend vinyl kan men voorzichtig zelf weghalen (licht bevochtigen, **niet** scheuren, wegsnijden met stanleymes kan wel, het dragen van een papieren ademfilter helpt niet, achteraf **niet stofzuigen**, maar vloer goed met water en dweil afnemen).

Uiteraard moet het hier besproken vinyl bij de verdere verwijdering als chemisch afval worden behandeld.

In algemene zin kan tenslotte worden opgemerkt dat het extra ventileren doorgaans **niet** voldoende helpt ter verlaging van de hoeveelheden MMMF en asbestvezels.

11. BIOLOGISCHE AGENTIA

11.1 Algemeen

Micro-organismen zijn van belang als determinanten van gezondheid, naast de systeem-gebonden voedselplanten en -dieren, maar vooral ook als determinanten van ziekte. Ze hebben met hogere organismen drie soorten relaties:

- **symbiose**, waarbij zowel gastheer als gast voordeel hebben;
- **commensalisme**, waarbij alleen de gast voordeel heeft, maar de gastheer ook geen schade ondervindt;
- **parasitisme**, waarbij de gastheer wordt geëxploiteerd en schade ondervindt.

Besmetting door (pathogene) organismen kan worden onderscheiden in **contaminatie**, de aanwezigheid van het agens op of in het lichaam, en **infectie**, wanneer deze contaminatie leidt tot verstoring van het evenwicht en mogelijk tot manifeste ziekteverschijnselen. In dit verband zijn drie categorieën **pathogene organismen** te onderscheiden:

- **obligaat pathogenen**, die zich niet of nauwelijks buiten het lichaam kunnen handhaven;
- **incidenteel pathogenen**, die zich buiten het lichaam kunnen handhaven, en bij contaminatie niet altijd infectie veroorzaken (bv. tetanus);
- **conditioneel pathogenen**, die bij het merendeel van de besmette individuen geen duidelijke ziekteverschijnselen veroorzaken, maar bij een kleine minderheid wel onder invloed van endogene gastheerfactoren of bijkomende omgevingsfactoren.

De pathogeniteit van een micro-organisme berust op de vermogens om allereerst een gastheer binnen te dringen, zich er te handhaven of te vermeerderen, giftige stoffen te produceren of op andere wijze schade toe te brengen en uiteindelijk de gastheer weer te verlaten en zich elders te verspreiden.

Wanneer eenmaal **contaminatie** heeft plaatsgevonden, langs dezelfde wegen als bij chemische factoren, hangt het al of niet optreden van ziekte af van de wisselwerking

tussen de afweer van de gastheer enerzijds en de kwantiteit van de contaminatie en de **virulentie** (het pathogene effect) van het pathogeen anderzijds. Verschillen in virulentie binnen een soort pathogeen zijn te verklaren door variabiliteit in vermeerderingssnelheid, toxineproductie en vermogens tot neutralisering van of resistentie tegen de afweerstoffen van de gastheer.

Verschillen in reacties tussen gastheren op pathogenen binnen dezelfde stam kunnen worden toegeschreven aan verschillen in afweervermogen.

11.1.1 Soorten organismen

De biologische organismen en/of agentia in het binnenmilieu kunnen worden ingedeeld in mijten, schimmels, huidschilfers en afvalstoffen van zoogdieren (incl. plaagdieren) en vogels, insecten, bacteriën en protozoën, pollen en organisch stof.

Zoals ook het geval is bij veel chemische agentia, zoals VOV's en bijvoorbeeld formaldehyde, zijn **vocht** en **temperatuur** belangrijke woninggebonden beïnvloedende factoren voor het optreden van deze biologische organismen en agentia. Dit geldt ook voor toegepaste bouw-, isolatie-, installatie- en inrichtingsmaterialen (als habitat en voedingsbron) en **voorzieningen** (zoals roosters voor ventilatieopeningen in de kruipruimte) ter wering van plaagdieren.

Uiteraard zijn ook factoren in de omgeving van de woningen van belang, omdat het **buitenmilieu** de natuurlijke primaire biotoop is van veel agentia zoals schimmels, pollen en insecten, en omdat ook bronnen in de gebouwde omgeving een rol kunnen spelen.

Met het oog op de omvang, aard en de ernst van de mogelijke gezondheidseffecten vormen de **(huisstof)mijten** en **huisdieren** veruit de belangrijkste biologische agentia in het binnenmilieu, op grote afstand gevolgd door **schimmels**.

Ook **(gras)pollen** kunnen een rol spelen, maar deze zijn bijna uitsluitend afkomstig van **buitenbronnen**.

Een probleem is, meer nog dan bij de meeste fysische en chemische agentia, dat het bij biologische agentia vaak niet mogelijk is uit te gaan van dosis-effect relaties.

De Commissie allergie van de Gezondheidsraad komt tot een voorzichtige schatting dat ongeveer de helft van de CARA-verschijnselen worden veroorzaakt door biologische agentia (Gezondheidsraad, 1992).

Ondanks de complexiteit van de materie wordt voor patiënten met **allergische astma** het terugdringen van de allergeenbelasting desalniettemin toch zinvol geacht. Dat kan, ondermeer door het verwijderen van textiel-vloerbedekking, vervanging van beddegoed, gebruik van matrashoezen (beddegoed en matrassen zijn de favoriete verblijfplaatsen van huisstofmijten), vochtbestrijding en het vermijden van contacten met huisdieren.

11.2 Mijten

Mijten, vooral huisstofmijten, en hun faeces, fragmenten en het antigeen hiervan komen in Nederland overal voor, zij het in de zomer meer dan in de winter en in vochtige woningen veel meer dan in droge woningen. Voor een sterke ontwikkeling van de huisstofmijt is een habitat met een relatieve luchtvochtigheid (RV) van 70-85% het meest gunstig.

Als indicatorstof voor het vóórkomen van huisstofmijten wordt de stof **guanine** gehanteerd, die door mijten (maar ook bijvoorbeeld door insecten zoals kakkerlakken) wordt afgescheiden. In Nederland is de guanine-concentratie in met een stofzuiger verzameld huisstof meestal in de orde van 0,6-20 mg/g. De WHO (en vooralsnog in navolging hiervan ook de Gezondheidsraad in Nederland) legt de maximaal toelaatbare waarde nog bij 2 mg mijtenguanine per gram stof.

In **Duitsland** wordt als maximaal toelaatbare grenswaarde 0,6 mg guanine per gram opgezuigd huisstof geadviseerd (Van Bronswijk, 1987, 1989; Korsgaard, 1988). Dit komt ongeveer overeen met minder dan 100 mijten per gram verzameld stof of met 2 µg van het allergeen dP1 per gram stof. Bij 70% van monsters van stof van beddenmatrassen blijkt deze concentratie te worden overschreden.

11.2.1 Gezondheidseffecten

Huismijten kunnen bij herhaalde blootstelling bij mensen met een atopische aanleg een **sensibilisatie** veroorzaken, niet alleen voor de allergenen van de huisstofmijt, maar ook van andere agentia (Voorhorst, 1969). In paragraaf 4.3.3 is reeds aangegeven dat 10 à 20% van de Nederlanders al heftig kan reageren op een zeer geringe dosis allergeen. Is men eenmaal gesensibiliseerd dan kunnen ook zeer kleine hoeveelheden allergenen van huismijten en andere biologische organismen sterke allergische reacties geven (zie ook paragraaf 11.6).

Naar schatting 5-10% van de Europese bevolking heeft een actieve **huismijt-allergie**, die wordt veroorzaakt door een stof (antigeen) in de uitwerpselen van de huisstofmijt en die tot uitdrukking komt in **atopische** vormen van **astma**, **rhinitis** (loopneus), **conjunctivitis** (ontsteking aan het oogbindvlies) en **dermatitis** (huiduitslag).

In een onderzoek bij 98 kinderen die voor **astma** onder behandeling zijn bij een specialist en bij 230 schoolkinderen met astmatische klachten bleek de concentratie van het huisstofmijtallergeen, die in het stof van de slaapkamervloerbedekking werd aangetroffen, samen te hangen met de variabiliteit van de **ademhalingspiekstroom** en het **rapporteren van kortademigheid** (Zock et al, 1993). Waar sprake was van een textiele vloerbedekking werd daarbij gemiddeld een concentratie gemeten van 2077 ng huisstofallergeen (Der P1) per gram stof. Waar sprake was van een gladde vloerbedekking was deze concentratie gemiddeld 649 ng/g stof. Bij vastgestelde concentraties van huisstofmijtallergenen op de vloeren van schoollokalen (21 ng/g stof bij gladde vloerbedekking en 48 ng/g stof bij textiel) werden deze gezondheidseffecten niet aangetroffen.

In paragraaf 5.2.3 is reeds aangegeven, dat er aanwijzingen zijn dat de huismijt zich uitbreidt naar gebieden waar hij voorheen niet of nauwelijks voorkwam. Verondersteld wordt dat de hogere kierdichtheid en isolatie van de woningen daar debet aan is. Overigens, in het vochtige Nederland heeft de huismijt altijd goed kunnen gedijen.

11.2.2 Preventieve maatregelen

Mijten kunnen slechts in beperkte mate worden verwijderd door stofzuigen. Door de relatieve luchtvochtigheid te verlagen (door te ventileren en te verwarmen) en door dekens (en voorzover mogelijk) matrassen te wassen, te luchten en (heet) te drogen kan men de biotoop voor de mijten minder aantrekkelijk maken. Het vervangen van textiele vloerbedekking door een gladde (vooral in slaapkamers) is een van de methoden om de blootstelling aan huisstofmijtallergenen terug te dringen.

In Nederland en Duitsland wordt wel een guanine-detectie test (werkt als een soort lakmoesproef) ter vaststelling van de allergeen-dosisbelasting toegepast en is een verdelingsmiddel (acaracidepoeder of -schuim, dat de stof benzylobenzoaat bevat en dat een aantal malen per jaar moet worden toegepast) op de markt gebracht (Bischoff et al, 1989; Van Bronswijk et al, 1989).

Eerder is in paragraaf 5.1.1 in het kader van de bestrijding van vocht in woningen reeds gewezen op een aantal maatregelen die ook gunstig zouden kunnen zijn bij het terugdringen van vochtminnende allergenen zoals huisstofmijten.

11.3 Schimmels

De ontkieming, groei en sporenvorming van schimmels zijn afhankelijk van de aanwezigheid van organische koolstof- en stikstofhoudende voedingsstoffen op en in de ondergrond en van gunstige omgevingscondities. Daarbij is de beschikbaarheid van voldoende en bereikbaar **water** essentieel, maar aanvoer van (een zeer geringe hoeveelheid) zuurstof, een comfortabele temperatuur en zuurgraad zijn ook noodzakelijk (Adan en Castenmiller, 1992). Schimmels komen vooral voor bij een relatieve vochtigheid (RV) van 70-95% en een temperatuur van 0-35°C. Thermofiele schimmels in **luchtbevochtigingsinstallaties** hebben een voorkeur voor een RV van 80-100% bij 20-60°C. Als ondergrens van de vereiste RV wordt 60-65% aangehouden en voor de groei van mycelium 0-5°C. Boven 60-63°C gaan de schimmelsporen dood.

Voedingsbodems voor schimmels zijn, bij voldoende aanwezigheid van **vocht: hout, (behang)papier, verf, potaarde** van planten en **huisstof**, maar ook **waterreservoirs** en **vervuilde filters** in airconditioning- en ventilatiesystemen.

Overigens is uit een onderzoek naar mogelijke relaties tussen gezondheidsklachten door schimmels en vochtige woningen gebleken, dat noch de "subjectieve" beoordeling van de bewoners over de mate van vochtigheid van de woning, noch "technische" parameters, vastgesteld met checklists, goed correleren met het aantal schimmels(poren) in huisstof. Alleen het type vloerbedekking blijkt van duidelijke invloed te zijn: meer schimmel-produkten komen in de vloerstoffering voor als sprake is van zachte (hoogpolige) vloerbedekking (Verhoeff et al, 1993).

Een zeer aantrekkelijke voedingsbodem voor schimmels is ook **leer**: de achterkant van een bank, schoenen in de kast. Hier kan schimmelgroei zich reeds ontwikkelen bij de (relatief lage) RV van z'n 70% en dit vormt een eerste indicatie dat een woning te vochtig is.

Een Zweedse studie geeft een rangorde van **bouwmaterialen** aan die bij toegenomen vochtigheid als voedingsbodem voor schimmels (en bacteriën) dienen: **spaanplaat** en **minerale wolvezels** zijn de uitschieters, maar ze gedijen ook op **plastic vloer- en wandbekleding** (Ström, 1990).

In Nederland is in naar schatting zo'n 20% van de woningen sprake van zichtbare schimmelgroei. Onderzoek naar schimmels in woningen is ondermeer gerapporteerd door Adan (1988) Adan en Castenmiller (1992), Verhoeff et al (1988), Kort et al (1989) en Brunekreef et al (1990). Uit de literatuur kan worden afgeleid dat de relatief meest voorkomende soorten **Aspergillus** (**Eurotium**), **Cladosporium**, **Mucor**, **Penicillium**, **Phoma** en **Wallemia** zijn. Daarnaast is ook nog sprake van de droge houtrotschimmel **Serpula lacrymans**. Voor een deel van de schimmels, zoals **Cladosporium**, geldt dat hun oorsprong vooral **buiten** de woning is. Anderen zoals **Penicillium** en **Aspergillus** komen **binnenshuis** in hogere concentraties voor. In "Schimmels in woningen: voorkomen en bestrijden" (Adan en Castenmiller, 1992) is een lijst opgenomen van veel voorkomende schimmels. De mate van vóórkomen per schimmelsoort is evenwel niet aangegeven.

De schimmelproblematiek is in Nederland waarschijnlijk minder van omvang dan in Groot-Brittannië waar vrij veel onderzoek naar schimmel(sporen) is verricht (Hunter et al, 1988). De meest in woningen (zowel in Schotland als in de omgeving van Londen) voorkomende schimmels zijn:

- *Penicillium* soorten zijn in 96% van de woningen gevonden;
- *Gisten* zijn in 94% van de woningen gevonden;
- *Cladosporium* soorten (vooral van buiten afkomstig) groeien veelal op vochtige muren, zoals in badkamers (in 89% van de woningen);
- *Aspergillus* soorten komen in 75% van de woningen voor, bijvoorbeeld bij planten in de buurt van radiatoren; een voedingsbodem kan ook **duivenpoep** zijn. Sommigen, zoals de potentieel **toxische** *A.versicolor* (groen, geel, zwart vlekken) geven **geur** af.
- *Ulocladium* soorten zijn aangetroffen in 62% van de woningen;
- *Geomyces pannorum* is in 57% van de woningen aangetroffen;
- *Sistotrema brinkmannii* (vooral op rotte kozijnen) in 51% van de woningen;
- *Strachybotrys atra*, een zwarte schimmel die toxisch is en vooral papier en spaanplaat consumeert, is in 10% van de woningenesignaleerd.

Uit dit Britse onderzoek bleek ook dat waar in de gehele woning **geen** sprake was van **zichtbare schimmels**, het aantal sporendeeltjes per m³ lucht minder was dan 200. Waar ergens in een woning sprake is van zichtbare schimmels is al gauw sprake van meer dan 5000 deeltjes per m³ lucht.

Anderzijds hoeft de hoeveelheid zichtbare schimmel nog niets te zeggen over de hoeveelheid antigeen-dragende sporen in de lucht, noch over de gezondheidsrisico's (Flannigan, 1992).

Ofschoon met het blote oog niets waarneembaar is, blijkt voor wat betreft *Penicillium chrysogenum* ontkieming mogelijk te zijn binnen 24 uur, en snelle groei en sporulatie binnen een tijdsbestek van 72 uur.

Een zeer compact overzicht van typen schimmels, mate van voorkomen en daaraan gerelateerde gezondheidseffecten is gemaakt door Cooper (1990). Een overzicht is ook gemaakt door Burge (1990).

Overigens zij hier vermeld dat het identificeren van schimmels overgelaten moet worden aan specialisten. Het Centraal Bureau voor Schimmelcultures is in Nederland een centrum van expertise.

Een probleem is dat het bij biologische agentia zoals schimmels vaak niet mogelijk is uit te gaan van dosis-effect relaties. Ook hoeft er geen sprake te zijn van een verband tussen de mate van **vochtigheid** van een woning en het vóórkomen van schimmelsporen (Fischer, 1988).

De "maat" CFU (Colony Forming Units) die veelal als dosisparameter voor schimmels wordt gehanteerd staat ter discussie, ondermeer omdat de concentraties van moment tot moment, ook door activiteiten van de bewoners, sterk kunnen verschillen. Zo kan tot zo'n anderhalf uur na het **stofzuigen** sprake zijn van een sterke verhoging van schimmelsporen in de lucht, vooral van Cladosporium en Penicillium spp. (zie ook de paragrafen 8.2.1 en 8.2.3).

11.3.1 Gezondheidskundige effecten

In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat er aanwijzingen zijn dat in Europa schimmel- en bacterie-allergenen minder belangrijk zijn dan pollen, huisstofmijten en afvalprodukten van dieren. Als men allergisch reageert op schimmels, doet men dit bij het overgrote deel van de gevallen ook reeds op laatstgenoemde allergenen (Brunekreef et al, 1993).

Door blootstelling aan schimmels en daaraan verbonden vluchtige metabolieten in de binnenlucht en in gedeponeerde huisstofdeeltjes, kunnen **hinder- en geurklachten** en effecten als een **verstopte neus, droge keel, huidreacties, allergene reacties (rhinitis en astma)** en, overigens zeer zelden voorkomend, **pathogene (toxische) reacties** optreden.

Het optreden van **astma** en/of **piepende ademhaling** (wheezing) bij kinderen blijkt in de winter (al of niet in causaal verband) samen te hangen met **Aspergillus** concentraties

in de binnenlucht en **rhinitis**-achtige klachten bij kinderen in de winter lijken samen te hangen met concentraties **Cladosporium**, **Epicoccum** en **gisten** (Su et al, 1990).

In een onderzoek bij flatbewoners in Zweden, waar sprake was van subjectieve gezondheidsklachten, zijn dosis-respons relaties gevonden tussen de concentratie **glucan** in de binnenlucht (een stof in de celwand van schimmels) en **irritaties van neus en keel (heesheid)**, **bovenmatige vermoeidheid** en, bij hoge belastingsniveaus, **huidproblemen en jeukende hoofdhuid** (Rylander et al, 1989).

Aspergillus soorten (met name *Aspergillus versicolor*; groen, geel, zwarte vlekken en een geur afgevend) en de zeldzame *Stachybotrys atra* (zwart) houden hierbij de meeste gezondheidsrisico's in omdat ze **toxisch** zijn.

Nader onderzoek wordt wenselijk geacht naar de toxische effecten van de mycotoxines uit schimmels op de **ademhalingswegen** en naar de effecten (waaronder **geuremissies**) van vluchtige organische verbindingen (**VOV's**) van microbiologische oorsprong (Flannigan, 1992).

Juist in de winter, wanneer woningen door het stoken doorgaans droger zijn, kan een verhoogde kans op luchtwegklachten optreden door **schimmelsporen** (en wellicht ook door **endotoxinen**; zie paragraaf 11.4.1). Bij een relatieve luchtvochtigheid van minder dan 40% treedt een sterke toename op van *Aspergillus*-sporen, en bij een RV van meer dan 50% van *Penicillium*-sporen (Jantunen et al, 1987).

11.3.2 Preventieve maatregelen

Sprake is van de paradox dat, terwijl schimmels en mijten gedijen in een vochtige omgeving, juist een droge omgeving, waarin (na bijvoorbeeld huishoudelijke activiteiten) organisch stofdeeltjes met schimmelsporen en andere allergene componenten langdurig in de binnenlucht kunnen blijven zweven, meer gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Als de biotoop van schimmels (behalve de aard van het oppervlaktemateriaal, vooral dus bronnen van vocht) echter niet aangepakt kan worden, is het voorkómen van schimmelgroei vaak moeilijk.

Voor het tegengaan of vertragen van schimmelvorming zijn tenminste de volgende voorwaarden vereist:

- een langdurige verlaging van de relatieve vochtigheid aan het oppervlak (tenminste 1 maand niet hoger dan 80%; een RV van 90% of hoger mag niet langer dan één week voorkomen);
- voldoende ventilatie;
- het luchtdicht maken van de beganegrondvloer;
- het vermijden van "koude-bruggen" en optrekkend vocht in muren;
- het voorkómen van te grote fluctuaties in de binnentemperatuur;
- het voorkómen van vervuiling en huisstofophoping;
- het voorkómen van continue luchtcirculatie, zoals bijvoorbeeld door luchtverwarmingssystemen met recirculatie (zie ook paragraaf 8.2.1).

In feite moeten schimmels zodra ze zichtbaar zijn geworden **nat afgeborsteld** worden. Een spray van Natriumboraat of **bleekmiddelen** worden ook wel gehanteerd om schimmelgroei af te remmen. Een pragmatische oplossing tegen schimmelvorming is het geheel **betegelen** van de wanden van bijvoorbeeld een badkamer of keuken.

Er zijn **verfsoorten** met schimmeldodende middelen, maar er bestaat nog geen middel dat voor alle schimmels tegelijk effectief is. Onderzoek is gaande naar de invloed op schimmelgevoeligheid van verschillende verfcoatings (waaronder watergedragen verf), gipspleister en behangsoorten (Adan en Castenmiller, 1992).

Om schimmelgroei en aantasting van hout door andere organismen tegen te gaan worden zeer giftige en milieuonvriendelijke houtverduurzamingsmiddelen toegepast. In de "top-50" lijst van gezondheidsschadelijke chemische agentia in het binnenmilieu (zie ook paragraaf 10.11) worden, in volgorde van belangrijkheid **pentachloorfenol** (mogelijk **carcinogeen**, **neurotoxisch** en **sensibiliserend** en inmiddels verboden) en **fluorwaterstof** (kan **irriterende effecten** hebben) genoemd (Lanting en de Mik, 1991).

In Adan is een lijst van in Nederland toegelaten fungiciden opgenomen (Adan en Castenmiller, 1992).

11.4 Bacteriën en protozoën

Van bacteriën zijn slechts in beperkte mate kwantitatieve gegevens over het voorkomen in woningen bekend. Wel is er enige kwalitatieve informatie voorhanden en is bekend dat het aantal bacteriën over het algemeen aanzienlijk groter is dan het aantal schimmelsporen: 730 miljoen bacteriën per gram huisstof versus ruim 5 miljoen schimmelsporen (Van Bronswijk, 1987).

Biologische organismen, insecten, zoogdieren, vogels en voedsel zijn in feite de belangrijkste bronnen (vectoren) van bacteriën.

Bacteriën die in bouwmaterialen voorkomen zijn de *Bacillus* sp, *Micococcus* sp, *Pseudomonas* soorten en *Streptomyces* sp. (Ström et al, 1990).

Van de in de binnenlucht zwevende bacteriën kunnen *Actinomyceten* worden genoemd. In inhaalbare waterdruppeltjes (aerosolen) vanuit luchtbevochtigingsinstallaties of onvolgende warm douchewater kunnen *Legionella* bacteriën gedijen. Bij water van 35-42°C vermeerderen de bacteriën zich; bij temperaturen boven de 50°C gaan ze binnen enkele uren dood en boven de 60°C binnen enkele minuten (Rolloos en Lanting, 1989). Risicoklassificaties zijn vooral **ziekenhuizen** en **hotels**, maar ook woningen waar **zonnectoren** het water verwarmen, zoals steeds meer (en niet alleen in de warme vakantiegebieden) het geval is.

In Duitsland bleek bij steekproeven in douchewater in 20% van de gevallen sprake te zijn van *Legionella pneumophila* bacteriën (Seidel et al, 1987)

Voedingsbodems voor bacteriën zijn vaak dezelfde als die voor schimmels gelden. **Spaanplaat** is zo'n voedingsbodem. Ook airconditioning- of ventilatiesystemen (inclusief geluidwerende "suskasten" die zijn aangebracht in woningen langs drukke verkeerswegen e.d.) kunnen een bron van bacteriën vormen, ondermeer door verontreinigingen erin (**vervuilde filters, dode vogels, muizen en ratten**).

Ofschoon minder voor de hand liggend, wordt het niet uitgesloten dat naast bacteriën in sommige gevallen ook **virussen** zich kunnen verspreiden via een (collectief) airconditioningsysteem.

11.4.1 Gezondheidkundige effecten

In Zweeds veldonderzoek zijn vanaf de relatief lage concentratie van $0,1 \text{ ng/m}^3$ dosis-respons relaties gevonden tussen concentraties (zwevende) **endotoxinen** (afkomstig uit dode bacteriën) en **hoesten, ademhalingsproblemen, oogirritaties** zoals jeukende ogen, en **bovenmatige vermoeidheid** (Rylander et al, 1989).

In een recent verricht promotie-onderzoek in air-conditioned kantoren is (gecorrigeerd op factoren als geslacht, leeftijd en werkbeleving) een significant verband gevonden tussen de concentratie endotoxine (als parameter voor de totale belasting met **Gram-negatieve bacteriën** of **organisch stof** in de binnenlucht) en een toename in het percentage klachten van **irritatie van de ogen, neus en bovenste luchtwegen** (Teeuw, 1993). De hoogste concentratie endotoxine werd aangetoond in vertrekken in mechanisch geventileerde kantoorgebouwen met een bevochtigingssysteem (bevochtigings- of condenswater vormen bij uitstek de voedingsbron van de Gram-negatieve bacteriën) en in kantoorgebouwen waar de ramen niet open kunnen. In deze relatief droge vertrekken sterven de vocht-minnende bacteriën af waardoor endotoxinen vrijkomen.

Sommige bacteriën zoals, **Streptomyces** (in Zweden voorkomend in 25% van de monsters in vochtige woningen) en **Chaetomium**, produceren **geosmine** (de vluchtige metabooliet van schimmels, in feite een VOV), dat een naar vochtige aarde en schimmels ruikende **geur** verspreid. Geosmine is, vanwege zijn lage moleculaire gewicht, waarschijnlijk geen allergeen, maar kan wel **irriterend** werken op de slijmvliezen.

De **Staphylococcus epidermidis**, met als goede voedingsbron slecht onderhouden luchtbevochtigings- en ventilatie-installaties, kan **huiduitslag** veroorzaken.

De **Legionella (pneumophila)** bacterie, die in onvoldoende verwarmd douchewater en in luchtbevochtigingsinstallaties kan voorkomen, is de veroorzaker van de soms **dodelijk** gebleken "**Legionairs-ziekte**", een ernstige vorm van **longontsteking** die zonder adequate behandeling met antibiotica in ongeveer 20% van de gevallen dodelijk is. Ook kan de bacterie de mildere (op **griep** lijkende) z.g. "**Pontiac Fever**" teweegbrengen. De bacterie wordt overgebracht via inhaleerbare waterdruppeltjes (aerosolen) en nestelt zich in het longweefsel.

Opmerkelijk is een bevinding in **Groot Brittannië**, waar via de waterdruppeltjes afkomstig van koeltorens op kantoorgebouwen tot op een afstand van zo'n 750 meter omwonenden en passanten hebben besmet (Pickering, 1992).

Volgens de Geneeskundige Hoofdinspectie deden zich in **Nederland** 32 gevallen voor van **legionellose**, waarvan er vier patiënten overleden. Mensen met een zwaar **ontregeld immuunsysteem** vormen de grootste risicogroep.

11.4.2 Preventieve maatregelen

Door het (douche)water regelmatig te **verhitten** tot boven de 60°C is de besmetting door de Legionella bacterie uitgesloten. Dit advies is in november 1992 gegeven door de GG&GD in Amsterdam naar aanleiding van een ziekenhuisopname van iemand afkomstig uit een flat, waarin sprake was van een centrale warmwatervoorziening met een te lage temperatuur waarin de bacterie is aangetroffen. Waar er bij bedrijven en kantoren sprake is van koelinstallaties c.q. koeltorens van waaruit zich kleine waterdeeltjes kunnen verspreiden dient de bron te worden aangepakt of zonering plaats te vinden.

Andere bacteriële besmettingen moeten door hygiënische maatregelen en onderhouds- en schoonmaakactiviteiten worden voorkómen.

11.5 Insekten

Weinig gegevens zijn beschikbaar over de aard en omvang van het vóórkomen van insecten, hun faeces, fragmenten en het antigeen of pathogeen ervan in Nederlandse woningen.

Er zijn aanwijzingen dat **kakkerlakken** gelijksoortige gezondheidseffecten te weeg brengen als de huisstofmijt (Burge, 1990). De problemen met kakkerlakken lijken in Nederland toe te nemen. Zo is in 1991 in Den Haag in meer dan 2300 woningen kakkerlakbestrijding toegepast (Van Seeters, 1992).

Gebleken is dat ze steeds resistenter zijn geworden tegen chemische bestrijdingsmiddelen. Tegelijkertijd zijn de omstandigheden om te gedijen steeds gunstiger geworden: hogere binnentemperaturen gecombineerd met vocht. Vaak nestelen ze zich in **badkamers**, onder **aanrechten** en speciaal achter koelkasten waar het altijd warm is en voldoende vocht aanwezig is door condens- of dooiwater. Geadviseerd wordt mede om deze reden (maar ook ter reductie van schadelijke voedselbacteriën) om keukens niet te situeren op het zuiden.

Pissebedden en **zilvervisjes** zijn niet alleen indicatoren van een vochtige omgeving, maar zijn eveneens **allergeen**. Ook **pharaomieren** hebben een voorkeur voor een warme omgeving. Het zijn vleeseters en kunnen (bijvoorbeeld in ziekenhuizen) gevaarlijk zijn als overbrenger (vector) van ziekten (**pathogenen**).

Muggen nestelen zich graag achter extra aangebrachte plafond- en muurplaten (zoals schrootjeswanden). Huisdieren zijn uiteraard bronnen van **vlooiën**.

11.5.1 Preventieve maatregelen

Insekten die problemen veroorzaken zijn vaak vocht- en warmteminnend. Het creëren van een droog en koel binnenklimaat en goede mogelijkheden om biotopen van insecten schoon te maken, alsmede het schoonmaken zelf, kan de overlast beperken.

Insektenbestrijdingsmiddelen worden niet alleen direct gebruikt tegen insecten, maar bevinden zich ook in bouwmaterialen en (kleding)textiel (vooral wol en katoen) en huisstof. Ze kunnen, nog afgezien van het onoordeelkundig ermee omgaan, ernstige (neurotoxische) gezondheidseffecten bij mensen veroorzaken. Geconstateerde symptomen zijn **hoofdpijn**, **huiduitslag**, **haaruitval** en **concentratiestoornissen** (Gebefuegi en Korte, 1988).

In de "top-50" lijst van chemische agentia in het binnenmilieu (Lanting en de Mik, 1991) worden in volgorde van belangrijkheid de volgende insecticiden genoemd: **endosulfan**, **diazinon**, **propoxur**, **chloorpyrifos**, **dichloorvos** en **lindaan** (zie ook paragraaf 10.1.1).

11.6 Zoogdieren

Het aantal huisdieren, dat er naar schatting in Nederland is, is reeds eerder (in paragraaf 7.9) vermeld. Hoeveel ratten en muizen in woningen voorkomen is niet bekend.

Zoogdieren met hun huidschilfers, traanvocht, faeces, urine, speeksel en hun antigenen en pathogenen kunnen, gelet op het eerder genoemde percentage van 10 à 20% Nederlanders dat reeds heftig op een zeer geringe dosis allergeen kan reageren, in relatief aanzienlijke mate gezondheidseffecten veroorzaken.

De blootstelling aan allergenen van dieren kan bij personen met een allergische constitutie leiden tot **sensibilisatie**. Is men eenmaal gesensibiliseerd dan kunnen, zoals eerder (in paragraaf 4.3.3) reeds is aangegeven, ook zeer kleine hoeveelheden van het dierenallergeen sterke allergische reacties geven. De klachten uiten zich in **astma**, **rhinitis** (loopneus), **conjunctivitis** (ontsteking aan het oogbindvlies) en in sommige gevallen ook in **eczeem**.

In "Gezondheidskundige aspecten en kwaliteit van het binnenmilieu" (Van Dongen et al, 1989) is bij wijze van voorbeeld voor het opstellen van een mini-criterium document met betrekking tot agentia in het binnenmilieu een informatieset (mini-criterium document) opgenomen over dierlijke **huidschilfers(allergenen)**.

Onder de aanname dat de klinische subpopulaties (astma en/of rhinitis) ongeveer 5% van de totale bevolking omvatten, is in deze informatieset een schatting gemaakt dat in Nederland **dierenallergie** met klinische symptomen (astma en/of rhinitis) in ongeveer 1,5% van de totale bevolking voorkomt, en dat het aantal mensen met **huidreacties** een factor vijf hoger is.

Katten, waarvan er in Nederland circa 2 miljoen rondlopen, zijn de meest risicovormende bronnen van huidschilfers (bijna 30% van de mensen met klinische rhinitis reageert hierop en zo'n 1,5% van de totale bevolking), gevolgd door **knaagdieren** (respectievelijk 7 en 0,3%), **paarden** (2 en 0,1%) en **honden** (1 en 0,04%). Dierlijke huidschilfers zijn bovendien een belangrijke voedingsbron (vector) voor **huisstofmijten**.

Recent is een onderzoek gepubliceerd naar de aard en omvang van de in Nederland voorkomende **zoönosen**, gedefinieerd als **infectieziekten** waarvan de verwekkers onder natuurlijke omstandigheden van gewervelde dieren (eventueel via insecten) op de mens kunnen worden overgebracht (Treurniet en Schaapveld, 1992). Hierin wordt een conservatieve schatting gemaakt dat bij enkele tientallen mensen per jaar sprake is van een bacteriële **leptospirose** besmetting. Deze wordt veroorzaakt door indirecte bacteriële besmetting via wondjes of slijmvliezen door honden, runderen, katten of ratten. Bij honderden gevallen per jaar is sprake van de zogenaamde **kattekrabziekte** (door een directe beet of krab van een kat), **papegaaieziekte** (ornithose/psittacose) en parasitaire infecties door **larveneitjes** (uit aarde, zandbakken en gras, afkomstig van uitwerpselen van honden en katten. Deze aantallen vallen overigens in het niet in vergelijking met de naar schatting meer dan 400.000 gevallen per jaar van voedselinfecties veroorzaakt door de *Salmonella* en *Campylobacter* bacteriën (Treurniet en Schaapveld, 1992).

11.7 Vogels

Door 18% van de huishoudens in Nederland worden één of meer vogels gehouden en bij naar schatting zo'n 3% worden vogels gekweekt.

In een onderzoek naar de relatie tussen gezondheidsrisico's (allergie, astma, infecties, chronische longziekten en longkanker) en het houden van huisvogels, wordt melding gemaakt van een verhoogde kans op **longkanker**, **neuspoliepen** en wellicht spontane **miskramen** (Holst, 1987). Uitwerpselen van vogels vormen ook de voedingsbodem voor diverse soorten (en sporen van) *Aspergillus* **schimmels** en de *Cryptococcus neoformans* schimmel, met gevaar voor schade aan **lever** en **nieren** en **hersenvliesontsteking**, speciaal bij mensen met een ontregeld immuunsysteem (Staib et al, 1987).

De **duivenmelkerslong**, een vorm van **extrinsieke allergische alveolitis** die gerekend wordt tot het **allergie-type III**, wordt veroorzaakt door **bacteriën** (serumalbuminen) en sporen van schimmels in de uitwerpselen en partikels, zoals huidschilfers van parkieten, kanaries en duiven (zie ook paragraaf 4.3.4).

11.8 Planten, pollen en organische produkten

In z'n algemeenheid geldt dat groene (**kamer**)planten bij (dag)licht kooldioxide (CO_2) omzetten in zuurstof (O_2). Sommige planten, zoals de Agave, blijken dit ook 's nachts te doen en zouden dus 's nachts in slaapkamers de CO_2 -concentratie, afkomstig van de bewoners, kunnen beperken (Raza et al, 1991). Kamerplanten vormen ook een bron van **vocht** in het binnenmilieu: 5-20 g/uur (zie paragraaf 7.5 voor de vergelijking met andere bronnen van vocht). Planten kunnen worden gebruikt als monitoren van de (binnen)luchtkwaliteit (Heck, 1991; Posthumus, 1976). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat sommige kamerplanten **formaldehyde** en **benzeen** versneld afbreken: zo zou een amaryllis **formaldehyde** verwijderen en een gerbera **benzol**. **Pollen** en pollenantigenen zijn een belangrijke oorzaak van **allergische reacties**.

Verreweg de meeste pollen zijn afkomstig van **grassen** en in mindere mate van bomen en planten in het **buitenmilieu**. Eerder (in paragraaf 5.2.3) is reeds aangegeven dat verontreinigde stofdeeltjes die zich hechten aan de pollen wellicht mede debet zijn aan de gesignaleerde toename van allergische klachten zoals **hooikoorts**. Ook de produkten van sommige **kamerplanten** en boeketten (**droog**)bloemen kunnen **allergische reacties** veroorzaken. Zoals in paragraaf 11.3 reeds is aangegeven, kan de **potaarde** een voedingsbodem en bron van verspreiding zijn van met name *Aspergillus* schimmelsoorten, vooral vanwege de luchtcirculatie, in de buurt van warme radiatoren (Staib et al, 1987). Daarnaast kunnen ook **kapok** en **katoen** als vulling in matrassen bij daarvoor gevoelige mensen allergische reacties veroorzaken. Dit kan ook samen hangen met de daarin toegepaste insecticiden zoals **lindaan** (Gebefuegi en Korte, 1988).

Bij **arbeidsomstandigheden** in agrarische bedrijven of bij bijvoorbeeld overslag activiteiten in havens kunnen hoge concentraties **organisch stof**, **granen**, **stro**, **champignons**, **veevoeders**, **compost** en produkten van **groenten** tot ernstige allergische reacties leiden (zie ook paragraaf 4.3.4) (Rylander, 1986). Dergelijke allergenen kunnen echter ook, weliswaar in veel lagere concentraties, in omliggende woningen terecht komen (bijvoorbeeld via de wind of de kleding) en leiden tot gezondheidsklachten. Zo is een relatie

gevonden tussen het laden en lossen van **sojabonen** en **castorbonen** en het optreden van **astma-epidemieën** bij omwonenden van deze bedrijfsactiviteiten (Brunekreef, 1993).

11.9 Samenvattend overzicht inzake biologische agentia

In figuur 11.1 zijn bij wijze van samenvatting de clusters van organismen en bronnen c.q. vectoren en hun relatie met gezondheidseffecten aangegeven.

Figuur 11.1 Clustering van bron-organismen en biologische agentia naar effecten en werkingsmechanismen (in een later stadium kan door weging m.b.v. scores een rangordening worden bepaald)

CLUSTERS						
Effecten	allergie astma rhinitis	extrinsic allergische alveolitis	infectie ziekten	intoxicatie	aspecifieke klachten	laesie
Target- organ	luchtwegen	longen	luchtwegen huid, organen	organen	-	huid
Werkings- mechanisme	allergie type I	allergie type III	infectie	toxisch	sensitief	traumatisch
Agens- cluster	allergenen I	allergenen III	pathogenen	toxine	vluchtige stoffen	beten/steken

BRON/ORGANISMEN	
> virussen	X
> protozoën	X
> bacteriën	X X X X
> schimmels	X X X X X
> mijten	X X
> insecten	X X
> dieren	X X X
> mensen	X X
> vogels	X X
> planten	X X X
> org.prod.	X

12. SAMENVATTENDE MATRIX

Op basis van het voorafgaande kunnen in tabel 12.1 de volgende gezondheidseffecten worden gerelateerd aan chemische, biologische en fysische agentia in het binnenmilieu.

Tabel 12.1 Gezondheidseffecten, gerelateerd aan binnenmilieu-agentia en paragraafverwijzing

GEZONDHEIDSEFFECT / SYMPTOOM-COMPLEX	MOGELIJKE CONTAMINANTEN / BRONNEN	PARAGRAAF
ademhalingsklachten (luchtwegklachten, longfunctie-achteruitgang, kortademigheid, benauwdheid)	algemeen woningbezetting dwarsventilatie CO SO ₂ NO ₂ tabaksrook paradichloorbenzeen (motteballen) PAK's (huisstof)mijten schimmels (glucan) bacteriën (endotoxinen) buitenmilieu	5.2.2; 5.2.3 7.2 5.2.5 10.3.1 7.11 10.5.1 10.8.1 10.7.1 7.11 11.2.1 11.3.1 11.4.1 5.2.5
allergie type I	allergenen (algemeen) dierlijke afvalprodukten, huidschilfers pollen (huisstof)mijten schimmels (glucan) insekten tabaksrook vocht stofdeeltjes	4.3.4; 5.2.3; 5.2.4; 10.7.1 5.2.3; 11.6 10.9; 11.8 11.2.1 11.3.1 11.5 5.2.3; 10.8.1 8.1.2 8.2
allergie type III (extrinsieke allergische alveolitis)	allergenen (algemeen) schimmel(sporen) (produkten van) zoogdieren (produkten van) vogels organische produkten	4.3.4; 5.1 11.3.1 11.6 11.7 11.8
allergie: contactallergie (dermatitis, eczeem, zwellingen)	allergenen (algemeen) formaldehyde VOV's (produkten van) zoogdieren kosmetica, schoonmaakmiddelen bestrijdingsmiddelen, insecticiden	4.3.4; 5.1; 5.2 10.4.1 10.7.1 11.6 7.7 10.4; 10.7
angst	-	zie: stress

astma	algemeen (allergenen) (parfum)geuren tabaksrook (huisstof)mijten schimmel(sporen) (produkten van) zoogdieren (produkten van) vogels organische produkten, pollen NO ₂ SO ₂ koude (droge) lucht PAK's vocht	4.3.4; 5.1; 5.2.1; 5.2.2; 11.1.1 3.2 10.8.1 11.2.1 11.3.1 11.6 11.7 11.8 10.5.1 10.10.1 4.3.2.; 10.10.1 5.2.3 5.1.2
benauwdheid	-	zie: ademhalingsklachten
bilirubine-gehalte (in bloed)	(dag)licht(sterkte)	9.3.1
Building Related Illnesses (BRI)	vele agentia/oorzaken	3.3; 3.4; 5.1; 5.2
CARA-klachten	algemeen woningbezetting ventilatiegedrag open haarden, barbecues buitenmilieu (SO ₂ , PAK's) NO ₂ tabaksrook biologische agentia lucht(re)circulatie vocht	5.2.2; 5.2.3 7.2 7.3.5 7.11 5.2.5 10.5.1 10.8.1 11.1.1 8.1.1; 8.2.1 8.1.2
chronische bronchitis (emfyseem)	algemeen (allergenen) tabaksrook SO ₂ en koude (droge) lucht open haarden, barbecues	5.1; 5.2.1; 5.2.2 10.8.1 4.3.2; 10.10.1 7.11; 10.10
droge keel, droge huid	-	zie: keel-, of huidirritatie
droge lucht (klachten over)	algemeen contactenzen negatieve ionen, stofdeeltjes (uniforme) temperatuur VOV's elektrische verwarming infra-geluid luchtverwarming met gebalanceerde ven- tilatie SO ₂ formaldehyde VOV's	4.3.2; 9.2.1; 9.2.2 9.2.1 9.2.2; 9.6 9.2.2 9.2.1; 9.2.2 9.6 9.6 8.1.1; 9.2.2 4.3.2; 10.10.1 10.4.1 9.2.1; 9.2.2
duizeligheid (flauwvallen)	benzeen CO	10.6.1 10.3.1
eczeem, dermatitis, zwellingen	-	zie: allergie: contactallergie
emfyseem	-	zie: chronische bronchitis

erytheem	algemeen infra-rood en UV-straling elektromagnetische velden	4.3.4 9.3.2 9.5
extrinsieke allergische alveolitis	-	zie: allergie type III
flauwvallen	-	zie: duizeligheid
geboortegewicht (laag)	formaldehyde tabaksrook	10.4.1 10.8.1
gehoorbeschadiging	geluid lood	
geluidperceptie (geluidhinder, lawaai)	algemeen woongeluiden (inclusief van bureu) geluiden van buiten	2.2.1; 2.3; 2.3.1; 3.1; 3.2; 3.5; 7.3.7; 7.10.1; 9.1.1; 9.1.2 7.10; 7.10.1; 9.1.3; 9.1.3.1; 9.1.3.2 2.3.1; 5.2.5; 6.2.1; 9.1.2; 9.1.4
geurperceptie (geurhinder, stank, vieze lucht)	algemeen SBS/BRI ventilatie buitenmilieu vocht ozon (reeks van) chemische agentia CO ₂ formaldehyde NO ₂ benzeen VOV's tabaksrook schimmels bacteriën	2.3.1; 2.4.1; 3.1; 3.2; 3.5; 5.2.1; 5.2.5 5.1 7.3.1; 7.3.7; 10.8.2 2.3.1; 7.3.5; 7.3.6; 8.2.3 8.1 8.2.3 10.1.1 10.2.1 10.4.1 10.5.1 10.6.1 10.7; 10.7.1; 10.7.3 10.8.1 11.3; 11.3.1 11.4.1
griep (gevoel van)	-	zie: warmteregulatie-stoornissen
groeistoornissen	tabaksrook lood	10.8.1 10.9.1
hersenvliesontsteking	(produkten van) vogels	11.7
hoesten	algemeen tabaksrook bacteriën (endotoxinen) vocht	5.2.1; 5.2.2 10.8.1 11.4.1 8.1.2
hoofdpijn	algemeen SBS/BRI kunstlicht CO ₂ CO formaldehyde benzeen VOV's tabaksrook insekticiden	5.2.1; 5.2.2; 5.2.7 5.1 9.3.1.3 10.2.1 10.3.1 10.4.1 10.6.1 10.7.1 10.8.1 11.5.1

hooikoorts	algemeen droge omgeving pollen	5.2.3 8.1.2 11.8
hormonale storingen	licht(sterkte) luchtionisatie	9.3.1 9.6
huidirritatie (droge huid)	algemeen SBS/BRI formaldehyde lindaan/pentachloorfenol minerale kunstvezels schimmels (glucan) bacteriën (Staphylococcus epidermis) insecticiden	5.2.1; 5.2.2; 5.2.3; 5.2.7 5.1 10.4.1 10.7.1 10.11.2 11.3.1 11.4.1 11.5.1
hypothermie	-	zie: warmteregulatie-stoornissen
immuunsysteem (aantasting van)	vele agentia	3.3; 3.4; 5.1; 5.2
infecties	algemeen SBS/BRI tabaksrook (produkten van) zoogdieren (produkten van) vogels schimmels bacteriën NO ₂ daglicht	4.3.2; 5.2.3; 11.1 5.1 5.2.3; 10.8.1 11.6 11.7 11.3.1 11.4.1 10.5.1 9.3.1
irritatie (van slijmvliezen, ogen, keel, huid)	-	zie: zintuiglijke klachten, oog-, keel-, huidirritatie
kanker (diverse soorten)	algemeen (reeks van) chemische agentia fysicaaltesters (weekmakers) formaldehyde VOV's epoxiden tabaksrook asbest keramische- en slakkenwolvezels pentachloorfenol benzo(a)pyreen benzeen PAK's fijn stof radon UV-straling, licht ioniserende straling electro-magnetische velden (produkten van) vogels	2.2.1; 10.1 2.4.1; 10.1.1 10.1.1; 10.7.3 10.4.1 10.7.1 10.7.3 10.8; 10.8.1 10.11.1 10.11.2 11.3.2 7.11 7.11; 10.6.1 7.11 8.2 8.2.2; 9.4.1 9.2.3; 9.3.1.3 9.4 9.5 11.7
keelirritatie (droge keel, heesheid)	algemeen SBS/BRI formaldehyde tabaksrook schimmels	5.2.1; 5.2.2; 5.2.3; 5.2.7 5.1 10.4.1 10.8.1 11.3.1

koude straling (klachten over)	algemeen luchtverwarming	9.2.1; 9.2.2 9.2.2
kou (gevoel van), kou op de borst	-	zie: warmteregulatie-stoornissen
koude lucht (klachten over)	algemeen SO ₂	4.3.2 10.10.1
lawaaï	-	zie: geluidperceptie
leukemie	elektro-magnetische velden benzeen	9.5 10.6.1
lever-/nierbeschadiging	paradichloorbenzeen (motteballen, toilet- blokjes) (produkten van) vogels	10.7.1 11.7
lichtperceptie (verblinding, accommodatie)	algemeen daglicht kunstlicht	3.2; 3.5; 6.2; 9.2.1 9.3.1.1 9.3.1.3
longfunctie-achteruitgang	-	zie: ademhalingsklachten
longontsteking	tabaksrook legionella (pneumophila) bacterie	10.8.1 11.4.1
maag-/darfstoornissen (diarree)	SBS/BRI CO	5.1 10.3.1
medicijngebruik (verhoogd)	algemeen buitenmilieu formaldehyde	3.3; 5.2.1 5.2.5 10.4.1
melanoom (huidkanker)	fluorescentielampen UV-straling	9.3.1.3 9.3.2
menstruatiestoornissen	formaldehyde	10.4.1
middenoorontsteking	tabaksrook	10.8.1
miskraam	-	zie: overlijden
misselijkheid	tabaksrook CO	10.8.1 10.3.1
(neuro)toxische effecten	algemeen (reeks van) chemische agentia SBS/BRI CO formaldehyde benzeen VOV's tabaksrook lood pentachloorfenol insecticiden	2.4.1; 5.2.2; 10.1 10.1.1 5.1 10.3.1 10.4.1 10.6.1 10.7.1 10.8; 10.8.1 10.9.1 11.3.2 11.5.1

neuskachten (verstopte neus, rhinitis, prikkelende neus, niezen)	algemeen SBS/BRI vocht (produkten van) vogels schimmels en gisten (huisstof)mijten (produkten van) zoogdieren	4.3.4; 5.1; 5.2.1; 5.2.2; 5.2.3; 5.2.7 5.1 8.1.2 11.7 11.3.1 11.2.1 11.6
neuspoliep	(produkten van) vogels	11.7
niezen	-	zie: neuskachten
oogirritatie	algemeen SBS/BRI CO ₂ formaldehyde VOV's motteballen, toiletblokjes tabaksrook bacteriën (endotoxinen) contactlenzen	5.2.1; 5.2.2; 5.2.3 5.1 10.2.1 10.4.1 10.7.1 10.7.1 10.8.1 11.4.1 9.2.1
ooginfectie, oogbeschadiging (conjunctivitis, cataract)	UV-straling (huisstof)mijten (produkten van) zoogdieren	9.3.2 11.2.1 11.6
overlijden (miskraam, perinatale sterfte)	algemeen ioniserende straling radon CO benzeen tabaksrook asbest bacteriën (legionella pneumophila) (produkten van) vogels elektro-magnetische velden binnenklimaat (kou)	2.2.1; 4.1; 10.1 9.4 10.3.1 10.4.1 10.6.1 10.8.1 10.11.1 11.4.1 11.7 9.5 9.2.2
pathogene effecten (somatische effecten)	algemeen schimmels insekten bacteriën geluid	4.2; 4.3.2; 11.1; 11.9 11.3; 11.3.1 11.5 8.2; 11.4.1 9.1.1
perceptie	symptomen	3.3; 3.4; 5.1
piepende ademhaling, piepen op de borst ("wheezing")	algemeen schimmels (aspergillus) tabaksrook buitenmilieu vocht	5.2.2 11.3.1 10.8.1 5.2.5 8.1.2
prestatieverlies	-	zie: vermoeidheid
prikkelbaarheid (overgevoeligheid, hyperventilatie)	psycho-sociale factoren SBS/BRI CO	3.4 5.1 10.3.1
pijn op de borst	CO	10.3.1

reumatische klachten (afname)	thermisch comfort	9.2.2
rinitis	-	zie: neusklachten
sensibilisering	allergenen (algemeen) formaldehyde haren (huisstof)mijten lood, zware metalen kakkerlakken koude droge lucht stikstofdioxide (NO ₂) ozon (O ₃) poly-aromatische koolwaterstoffen (PAK's) pollen pentachloorfenol zwaveldioxide (SO ₂) tabaksrook geluid ultra-violette straling (UV-B)	4.3.2; 4.3.3; 4.3.4; 5.2.3 2.4.1; 10.4.1 5.2.3 11.2.1 10.9.1 11.2; 11.5 4.3.2 5.2.3; 10.5.1 5.2.3 5.2.3 10.9; 11.8 11.3.2 5.2.3 5.2.3; 10.8.1 9.1.1 9.3.2
Sick Building Syndrome (SBS)	diverse (onbekende) agentia/oorzaken	3.3; 3.4; 5.1; 5.2; 7.3.7; 8.2
Slijm (opgeven van slijm)	algemeen tabaksrook vocht	5.2.1; 5.2.2 10.8.1 11.4.1 8.1.2
smaakperceptie	algemeen, SBS/BRI	5.1; 5.2.7
stank	-	zie: geurperceptie
stofperceptie	algemeen	3.2; 7.7
stress (angst)	algemeen geluid trillingen luchtionisatie	3.2; 4.1 9.1.1 9.1.5 9.6
tocht, koude luchtstroming (klachten over)	algemeen luchtverwarming	9.2.1 8.1.1
toxische effecten	-	zie: neurotoxische effecten
vermoeidheid (sufheid, concentratietoornissen, vergeetachtigheid, prestatieverlies)	algemeen SBS/BRI geluid luchtionisatie fluorescentielampen CO ₂ CO benzeen tabaksrook schimmels bacteriën insecticiden	5.2.1; 5.2.7 5.1 9.1.1 9.6 9.3.1.3 10.2.1 10.3.1 10.6.1 10.8.1 11.3.1 11.4.1 11.5.1
vitamine (gebrek)	algemeen UV-licht	4.2 9.3.2

warmteperceptie (warmtestraling)	algemeen	9.2; 9.2.2; 9.3.2
warmteregulatie-stoornissen (gevoel van kou, gevoel van griep, kou op de borst, hypothermie)	algemeen SBS/BRI vocht (legionella) bacteriën binnenklimaat (kou)	2.3; 9.2; 9.2.1; 9.2.2 5.1 8.1.2 11.4.1 9.2.2
"zeeziekte"	trillingen	9.1.5
zintuiglijke klachten (irritatie, slijmvliesirritatie)	algemeen SBS/BRI (reeks van) chemische agentia VOV's tabaksrook ventilatie minerale kunstvezels schimmels sociaal-psychologische factoren	4.1; 4.3.2; 5.2.3; 10.1; 5.1 10.1.1 10.7.1 10.8.1 10.8.2 10.11.2 11.3.1 3.4

LITERATUUR

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). Threshold limit values and biological exposure indices for 1987-1990. Cincinnati: ACGIH, 1987.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). Guide to assessing bioaerosols in the indoor environment. Arlington, MA (USA): Cutter Information Corp, 1991.

ACKERMANS E, DANZ MJ, LANGE J de. Wonen en welbevinden: een evaluatie van sociaal-medische onderzoekspublikaties over het verband tussen beide. Leiden: NIPG-TNO, 1974.

ACKERMANS E, DANZ MJ, LANGE J de. Wonen - sociale aspecten - welbevinden: een literatuurstudie. Leiden: NIPG-TNO, 1975.

ADAN O, CASTENMILLER C. Schimmels in woningen: voorkomen en bestrijden. Rotterdam: Stichting Bouw Research, 1992.

ADAN O, SCHOBBER G, KNIEST F, et al. Modification des conditions d'humidité à l'intérieur de l'habitat: une methode d'assainissement de l'environnement allergénique. In: Rev Franc Allergol 1988;28:147-51.

ADAN O, HORST I van der, SAMSON R. LTSEM-study of fungal growth on gypsum-based finishes under steady-state air humidities. In: Samson R, Verhoeff A, eds. Health implications of fungi in indoor environments. Proceedings of the International Workshop, Baarn: 9-13 November 1992. Amsterdam: Elsevier, 1993.

ADLKOEFER F, SCHERER G, MEYERINCK L von, et al. Exposure to ETS and its biological effects: a review. In: Bieva C, Courtois Y, Govaerts M, eds. Present and future of indoor air quality. Proceeding of the Brussel conference; 1989 February 14-16; Brussels. Amsterdam: Excerpta Medica, 1989:183-96.

AKKERSDIJK THH, DAM A van. Bouwstenen (delen 1,2 en 3), een kwaliteitstoets van de VAC. Utrecht: Landelijk Contact van de VAC's, 1988.

ALDRICH FD, BROOKS BO. Indoor air pollution: immunological interactions. In: H. Knöppel, P. Wolkoff eds. Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:155-80.

ANDERSSON L, et al. Response to dry, humidified and intermittently humidified air in large office buildings. Stockholm: Swedisch Building Research Council, 1976.

ARBEIDSINSPECTIE. Nationale MAC-lijst 1989. Voorburg: DGA, 1989. Rapport nr. 145.

ASHFORD N, MILLER C. Chemical exposures, low levels and high stakes. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

AVIADO DM. Suspected pulmonary carcinogens in environmental tobacco smoke. In: Perry R, Kirk PW eds. Indoor and ambient air quality. London: Selper, 1988:141-8.

BACH B, MØLHAVE L, PEDERSEN OF. Human reactions during controlled exposures to low concentrations of formaldehyde: performance tests. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:620-4.

BAGLIONI A. Construction and health: criteria, standards and techniques against indoor pollution. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds. Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:343-60.

BAKKE J, LEVY F. Indoor air quality and climate in kindergartens: relation to health effects. In: Day J, Molina C, eds. Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29-August 3; Toronto. Vol 1. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:3-8.

BEEK F van, HURKMANS P, SMIT J. Beleving en gebruik van ramen in woningen. Almere: Nationale Woning Raad, 1981.

BEHRENDT H, BECKER WM, DARROW U, FRIEDRICHS KH. Aeroallergen alterations induced by airborne pollutants. Paper presented on the Fourth European Meeting of Environmental Hygiene, Wageningen, 1993.

BERGEM-JANSEN P van. Verkennende literatuurstudie naar de minimum raamafmetingen in woningen. Soesterberg: IZF-TNO, 1986.

BERGEM-JANSEN P van. Binnenverlichting. In: Schuffel H. Richtlijnen voor de ergonomie van werkplekken. Voorburg: Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1989. S 59.

BERGEM-JANSEN P van, VOS J. Hinder van assimilatiebelichting. Soesterberg: IZF, 1991. TNO-rapport IZF 1991 C-23.

BERGLUND B. Sensory effects for indoor air quality control. In: H. Knöppel, P. Wolkoff eds. Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:141-54.

BIEGSTRATEN FJW et al. Onderzoek naar milieuvriendelijk rijgedrag in stedelijk verkeer. Delft: TNO-TPD, 1984. Rapportnr. 307863.

BIGNON J, DUFOUR G, BILLON-GALAND M, et al. Indoor pollution by mineral fibres. In: Bieva C, Courtois Y, Govaerts M, eds. Present and future of indoor air quality. Proceedings of the Brussels conference; 1989 February 14-16; Brussels. Amsterdam: Excerpta Medica, 1989:347-54.

BISCHOFF E, FISCHER A, LIEBENBERG B. Elimination of house dust mite excreta, the carriers of allergens in the indoor air. In: Bieva C, Courtois Y, Govaerts M, eds. Present and future of indoor air quality. Proceedings of the Brussels conference; 1989 February 14-16; Brussels. Amsterdam: Excerpta Medica, 1989:363-70.

BITTER C. Waardering van zonlicht in huis. *Bouw* 1962;41: 1467-69.

BITTER C, WILLIGERS LHJ. Beleving van geluidwerende voorzieningen tegen vliegtuiglawaai in de woonsituatie. Delft: IMG-TNO, 1979. Rapport D42.

BJÖRKSTEN B, MUNIR A. Indoor pollution and allergic sensitization. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds. Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:181-200.

BLAAUBOER RO, VAAS LH. De geschatte stralingsbelasting in Nederland in 1986. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, 1988.

BLOM APM. Nieuwe wettelijke luchtkwaliteitsnorm voor benzeen. *Lucht* 1993;10(1):5-7.

BLUYSSSEN PM, WALPOT J. Geurdrempelmethode en decipolmethode, twee sensorische methoden ter bepaling van de waargenomen luchtkwaliteit: een vergelijkingsonderzoek. Delft: TNO-Bouw, 1992. TNO-rapport B-92-0408.

BLUYSSSEN PM, FANGER PO. Addition of oils from different pollution sources, determined by a trained panel. *Indoor Air* 1991;4:414-21.

BOLEIJ J. Recent epidemiologisch onderzoek in Nederland. In: Brasser L, Ham J van red. *Passief roken: ongezond?* Proceeding van het symposium 12 mei 1987 te Bunnik. Delft: Vereniging LUCHT, 1987.

BOUIUS H, SMIT P, KOPPEN CSA van, et al. Integrale blootstelling aan benzeen: een poging tot kwantificering voor specifieke bevolkingsgroepen. *Lucht*;1990;7(3):78-81.

BOUSHEY HA. Determinants of airway responses to sulfur dioxide. In: Berglund B, Lindvall T, eds. *Healthy Buildings '88. Volume 3: Sensory and hyperreactivity reactions to sick buildings*. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1988:203-9.

BOUWMAN H. Ventilatie in schoolgebouwen: eisen. Delft: Nederlands Normalisatie-Instituut, 1986. NEN 1089.

BREE J van. De bouwbedrijven en het duurzaam bouwen. In: Spaans M, Priemus H, Groetelaars P red. *Woon en Milieu, deel 2: inleidingen NIROV studiedagen 1990*. Delft: OTB, 1990:86-9.

BREUNISK, GROOT J de. Relative humidity of the air and ocular discomfort in a group of susceptible office workers. In: Seifert B, Esdom H, Fisher M, et al, eds. *Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:625-9.*

BRODER I, et al. Health status of residents in homes insulated with urea formaldehyde foam compared with controls. In: Berglund B, Lindvall T, Sundell J, eds. *Indoor Air: Vol 3. Stockholm: Swedisch Council for Building Research, 1984:23-27.*

BRONSWIJK J van. Towards hygienic standards for the allergenicity of the indoor environment. In: Seifert B, Esdom H, Fisher M, et al, eds. *Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:747-52.*

BRONSWIJK J van, SCHOBBER G, KNIEST F. The Acarex/Acarosan concept, its possibilities in allergology and dermatology. In: Bieva C, Courtois Y, Govaerts M, eds. *Present and future of indoor air quality. Proceeding of the Brussels conference; 1989 February 14-16; Brussels. Amsterdam: Excerpta Medica, 1989:355-62.*

BRUNEKREEF B. 'More die of heartbreak', en andere misverstanden over milieu en gezondheid. Inaugurale rede, Wageningen, 1993.

BRUNEKREEF B, BOLEIJ J. De keerzijde van de nationale kierenjacht. *Intermediair* 1/2, 1981.

BRUNEKREEF B, et al. Indoor carbon monoxide pollution in the Netherlands. *Environment International* 1982;8:193-6.

BRUNEKREEF B, DIJKSTRA L, HOUTHUYS D, et al. Health effects of indoor exposure to NO₂, environmental tobacco smoke and home dampness. In: Day J, Molina C, eds. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 1. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:363-8.*

BRUNEKREEF B, VERHOEFF AP, STRIEN RT van en WIJNEN JH van. Health effects of allergens and moulds in the indoor environment. Paper presented on the Fourth European Meeting of Environmental Hygiene, Wageningen, 1993.

BURGE H. Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. *J Allergy Clin Immunol* 1990;(nov):687-701.

BURR M. Is asthma increasing? - review article. *J Epidemiol Community Health* 1987;41:185-9.

CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK (CBS). Maandbericht Gezondheidsstatistiek. 1983:5-23.

COOPER C. Growth and distribution of micro-organisms in indoor environments. In: Flannigan B, Jantunen M, eds. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 2. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:3-8.*

COST PROJECT 613. European concerted action. Indoor air quality and its impact on man. Luxembourg: Office for official publications of the European Communities. Series: environment and quality of life: nr 1 (1988)-13 (1993).

DANZ MJ. Buren: een onderzoek naar de invloed van overeenkomsten en verschillen tussen burens op het welbevinden. Meppel: Krips Repro, 1981. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.

DAY JH. Investigation and management of indoor air quality problems. In: Walkinshaw D, ed. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29-August 3; Toronto. Vol 5. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:309-26.*

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR WOHNMEDIZIN UND BAUHYGIENE (DGW). Allergien: Auswertung von 15450 Krankendaten. In: *Wohnmedizin* 1988;1:4.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR WOHNMEDIZIN UND BAUHYGIENE (DGW). Lichthygiene: der Einfluss des Lichtes auf das Immunsystem. In: *Wohnmedizin* 1989;1:3-4.

DIBEVO (Vereniging landelijke organisatie dierenbenodigdheden). Marktverkenning. Amersfoort: 1991.

DIJKSTRA L, HOUTHUIJS D, AKKERMAN I, et al. De ontwikkeling van de luchtwegen van kinderen: de gevolgen van blootstelling aan stikstofdioxide en tabaksrook binnenshuis. Breda: Papieren Tijger, 1988.

DIJKUM PH van, ACKERS JG, BOSNJAKOVIC B. Research and policy developments in the Netherlands concerning indoor exposure to radiation. In: Berglund B, Lindvall T, Sundell J, eds. *Indoor Air: Vol.1. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1984: 189-95.*

DIJKUM PH van, ACKERS JG, BOSNJAKOVIC B et al. Straling in het leefmilieu: resultaten van het onderzoeksprogramma Stralingsaspecten van woonhygiëne en verwante radio-ecologische problemen (SAWORA). Utrecht: Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek (PEO), 1986.

DOCKERY DW, SPENGLER JD, SPEIZER FE et al. Associations of health status with indicators of indoor air pollution from an epidemiologic study in six U.S. cities. In: Seifert B, Esdom H, Fisher M, et al, eds. *Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21 Berlin. Vol 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:203-7.*

DONGEN JEF van. Beleving van geluidwerende voorzieningen tegen snelverkeerslawaaï in de woonsituatie: een vergelijkende studie. Leidschendam: Ministerie V&M, 1983a. ICG rapport V1-HR-14-03.

DONGEN JEF van. De wet van behoud van ellende en de geluidshinder. *Bouw* 1983b;38(13):51-4.

DONGEN JEF van. Horen en hinder van sanitaire geluiden en installatiegeluiden binnen en tussen nieuwgebouwde eengezinswoningen en gestapelde woningen. Delft: IMG-TNO, 1984. Rapport nr.D76.

DONGEN JEF van. *Ervaringen en gedrag van bewoners in woningen met verschillende verwarmingssystemen: onderzoek in het demonstratieproject Westenhofte te Zwolle*. Leiden: NIPG-TNO, 1985.

DONGEN JEF van. *Onderzoek naar stofhinder in de woonomgeving van de PGEM-centrale te Nijmegen*. Leiden: NIPG-TNO, 1986.

DONGEN JEF van, PHAFF JC. Ventilation behaviour and indoor air problems in different types of newly built dwellings. *Environment Int* 1989;15:95-106.

DONGEN JEF van, PHAFF JC. Ventilation behaviour in Dutch apartment dwellings during summer. In: Lunau F, Reynolds G, eds. *Indoor air quality and ventilation*. London: Selper, 1990:105-16.

DONGEN JEF van, WAL JF van der. Perceived indoor air quality, comfort and health in renovated dwellings with a balanced mechanical ventilation system. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 4*. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:329-334.

DONGEN JEF van, GERBRANDY J, JONG RG de, et al. Gezondheidskundige aspecten en kwaliteit van het binnenmilieu - vooronderzoek. Leiden: NIPG-TNO, 1989.

DUBRUL C. Inhabitants behaviour with respect to ventilation: a summary report of IEA Annex VIII. Berkshire: Air Filtration and Ventilation Centre, 1988.

DUIJN N van, HAAN J de, KANIS H. Een onderzoek naar het bestaan van een spaanplaatsyndroom. *Huisarts & Wetenschap* 1985;28:260-3.

EINBRODT H, PRAJSNAR D, ERPENBECK J. Der Formaldehyd- und Ameisensäurespiegel im Blut und Urine beim Menschen nach Formaldehyd exposition. *Zentrbl Arbeitsmed Arbeitsschutz Prophylaxe* 1976;(26)154.

ELIAS N. *Wat is sociologie*. Utrecht/Antwerpen: Spectrum, 1971. Aula 462.

ELLING E, GROEN H, HERWIG M, et al. Stankhinder door verkeer: een verkennend onderzoek naar de beleving van verkeersstank in verstedelijkt gebied. Wageningen: LUW, Vakgroep Luchthygiëne en -verontreiniging, 1990. Verslag V-274.

ENGELN MTJ, DONZE FJ, THIJSEN HLE. Binnenmilieu. Utrecht: Stichting Landelijke Contact van de Vrouwen Advies Commissies voor de woningbouw, 1991. *Bouwstenen: Een kwaliteitstoets van de VAC, deel 4*.

ERHORN H, GERTIS K. Mindestwärmeschutz oder/und Mindestluftwechsel. *Gesundheits-Ingenieur* 1986;103(3)12-4,71-6.

ESTER P. *Consumer behaviour and energy conservation*. Proefschrift Erasmusuniversiteit Rotterdam, 1984.

EVANS G. *Environmental stress*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

FANGER PO. *Thermal comfort*. New York: McGraw-Hill, 1972.

FANGER PO, BREUM NO, JERKING E. Can colour and noise influence man's thermal comfort? *Ergonomics* 1977;20:11-18.

FANGER PO. The philosophy behind a comfort standard. In: Berglund B, Lindvall T, Sundell J, eds. *Indoor Air: Vol. 1: Recent advances in the health sciences and technology*. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1984:91-98.

FESTINGER L. *A theory of cognitive dissonance*. Stanford: Stanford University Press, 1962.

FEYCHTING A, AHLBOM A. Magnetic fields and cancer in people residing near Swedish high voltage power lines. Stockholm: Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, 1992. Rapportnr 6/92.

FIEDLER K. The effect of flats and people's behaviour on the latter's health: method of investigation and first results. In: Berglund B, Lindvall T, eds. *Healthy Buildings '88*. Volume 3: Sensory and hyperreactivity reactions to sick buildings. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1988:147-54.

FISCHER P, VERHOEFF A, BRUNEKREEF B et al. Relationships between home dampness, airborne mould propagules and guanine levels in house dust. In: Perry R, Kirk PW eds. *Indoor and ambient air quality*. London: Selper, 1988:439-46.

FISHBEIN L, O'NEILL I. Metals in indoor environments: sources and aspects of bioavailability and interactions. In: Seifert B, Esdom H, Fisher M, et al, eds. *Indoor air '87*. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate August 17-21 1987; Berlin. Vol. 1. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:501-8.

FISHBEIN M, AJZEN I. Beliefs, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research. Reading (MA): Addison-Wesley, 1975.

FISHER MJ. An international survey of the health effects of involuntary tobacco smoke exposure. In: Perry R, Kirk PW, eds. *Indoor and ambient air quality*. London: Selper, 1988:215-23.

FLANNIGAN B. Indoor microbiological pollutants - sources, species, characterisation and evaluation. Knöppel H, Wolkoff P, eds. *Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS*, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:73-98.

FLEMING D, CROMBIE D. Prevalence of asthma and hay fever in England and Wales. *Br Med J* 1987;294:279-83.

GAEFFE G. Air ions and electrical fields. In: Berglund B, Lindvall T, Sundell J, eds. *Indoor air: Vol. 6: Evaluations and conclusions for health sciences and technology*. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1984:23-6.

GEBEFUEGI I, KORTE F. Pathways and behaviour of semi-volatile chemicals in enclosed spaces. In: Perry R, Kirk PW eds. *Indoor and ambient air quality*. London: Selper, 1988:393-8.

GENA S, HIRASING R, MEULMEESTER J. Roken in aanwezigheid van zuigelingen: een voorstudie naar het rookgedrag van ouders/verzorgers van zuigelingen. Leiden: NIPG-TNO, 1992.

GEZONDHEIDSRaad. Advies inzake het binnenhuisklimaat in het bijzonder een ventilatiminimum in Nederlandse woningen. Den Haag: Gezondheidsraad, 1984.

GEZONDHEIDSRaad. Advies inzake uitgangspunten voor normstelling. Den Haag: Gezondheidsraad. 1985.

GEZONDHEIDSRaad. Stralingsrisico's: evaluatie van wetenschappelijke gegevens over de gezondheidsrisico's van blootstelling aan ioniserende straling ten behoeve van normstelling. Den Haag: Gezondheidsraad, 1991. Publ.nr. 1991/22.

GEZONDHEIDSRaad. Extreem laag frequente elektromagnetische velden en gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 1992. Publ.nr. 1992/7.

GEZONDHEIDSRaad. Allergie, CARA en allergenen in woningen. Den Haag: Gezondheidsraad, 1992. Publ. nr. 1992/01.

GIDS WF de. Adequaat ventilatie gedrag: een studie naar het ventilatiegedrag met betrekking tot minimale ventilatie. Delft: MT-TNO, 1990. Rapport nr. R90/443.

GIRMAN J, ALEVANTIS L, KULASINGAM G, et al. Bake-out of an office building. Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; Vol. 1: Volatile organic compounds, combustion gasses, particles and fibres, microbiological agents; 1987 August 17-21; Berlin. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:2-26.

GREFE C. Allergien durch Haushaltschemikalien? Verbraucher Rundschau;1990;10:1-22.

GROENEVELD Y, DONGEN JEF van, JONG RG de. Hinder van buurgeluiden. Leiden: NIPG-TNO, 1991.

GROOT B, MADE M van der. Allesbranders: een bron van ellende. Breda: VDB, 1991.

GUSTAFSSON H. Building materials identified as major emission sources. In: Geshwiler M, ed. Healthy Buildings. Indoor Air Quality '91; 1991 September 4-8, Washington DC, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 1991:259-317.

HARDY JD. Physiological effect of high intensity infra red heating. ASHRAE Journal 1962; 4(11):36-42.

HARRISON RM, COLBECK I, SIMMONS A. Comparative evaluation of indoor and outdoor air quality - chemical considerations. In: Perry R, Kirk PW, eds. Indoor and ambient air quality. London: Selper, 1988:3-12.

HARTMAN R, VERCAMMEN M, HERINGA P. Het Bouwbesluit en de geluidwering van woningen. Rotterdam: Stichting Bouwresearch, 1991.

HAUF R. Die Wirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen aus medizinischer Sicht. Bulletin ASE/UCS 1988;79(22):1382-9.

HECK WW. The use of plants to assess the quality of indoor air. In: Baird JC, Berglund B, Jackson WT, eds. Indoor air quality for people and plants. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1991:113-28.

HEGGER C, SAVELKOUL T, SANGSTER B. Intoxicatie met koolmonoxide. Ned Tijdschr Geneeskunde 1991;135(4):113-6.

HEIJNA-MERKUS E, KRAMERS PGN, MEULEN A van der, et al. Criteriadocument over fijn stof. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij/DOP, 1988. Publikatiereeks Lucht nr. 59.

HEITMANS W. De kakkerlak raken we niet meer kwijt. De Volkskrant 1992, december 12:19.

HEIJS WJM. Een exploratieve analyse van wooncomfort. Helmond: Wibro, 1992. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen.

HILL AR. Visibility and privacy. In: Canter DV, ed. Architectural psychology. Proceedings of the conference held at Dalandhui. Strathclyde: University of Strathclyde, 1969.

HOFSCHEUDEUR P, VRINS ELM. Een onderzoek naar de relatie tussen stofbelasting en stofhinder. Wageningen: Buro Blauw; Wageningen: Landbouwwuniversiteit, Vakgroep Luchthygiëne en -verontreiniging, 1991.

HOLST PAJ. Bioaerosol related health effects of indoor air: particularly health effects caused by the keeping of pet birds. In: Lunau F, Reynolds G, eds. Indoor air quality and ventilation. Conference proceedings, Lisbon: 1990 april 24-26. London: Selper, 1990:331-8.

HOLST PAJ. Gezondheidsrisico's van huisvogels: praktijksurvey en patiënt-controle onderzoek. Delft: Eburon, 1987. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht.

HOSKINS J, BROWN R. Mineral fibres in ambient air. In: Lunau F, Reynolds G, eds. Indoor air quality and ventilation. Conference proceedings, Lisbon: 1990 april 24-26. London, Selper, 1990:347-52.

HOUTHUIJS D, FISCHER P, BOLEIJ J. Luchtverontreiniging in Nederlandse woningen. Deel 1, 2 en 3, respectievelijk in: Lucht en Omgeving 4;2(1987):47-51; 4;3(1987):80-83; 5;1(1988):9-11.

HULSEBOSCH EH. Ontwikkeling van VDES, een expertsysteem voor vochtdiagnose. Rijswijk: IBBC-TNO, 1988.

HUNTER CA, GRANT C, FLANNIGAN B et al. Mould in buildings: the air spora of domestic dwellings. Int Biodeterioration 1988;24:81-101.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Annex IX, Minimum ventilation rates. Uhlidingen-Mühlhofen (BRD): Stephanus Druck GmbH, 1987.

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION (ISO). Air quality: particle size fraction definitions for health related sampling. Geneva: ISO, 1983. TR 7708.

IVERSEN M, BACH E, LUNDQVIST GR. A prospective study of the health and comfort changes among tenants after retrofitting of their flats. In: Berglund B, Lindvall T, Sundell J eds. Indoor Air Vol. 2: Radon, passive smoking, particulates and housing epidemiology. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1984:237-42.

IWASHITA G, KIMURA K, DOI S et al. Indoor air quality assessment based on human olfactory sensation. In: Day J, Molina C, eds. Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 1. Human health, comfort and performance. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:355-60.

JANSE M. Geurbeleving in de woonomgeving, ontwikkeling van een vragenlijst voor schriftelijke enquêtes naar stankhinder. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht, 1987.

JANTUNEN M, NEVALAINEN A, RYTKÖNEN A, et al. The effect of humidification on indoor air fungal spores counts in apartment buildings. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate, 1987 August 17-21; Berlin. Vol 1. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:643-47.

JONG RG de. Onderzoek naar geluidhinder: een theoretisch model. Intermediair 1978;4:47-53.

JONG RG de. Geluidhinder in Nederland: 10 jaar later. Leiden: NIPG-TNO, 1988.

JONG RG de. Psychomedische effecten van trillingen in de woning. Leiden: NIPG-TNO, 1993. Lezing tbv Stichting Bouwresearch.

JONG RG de, OLIEROOK PCG. Deelonderzoek B/C: Effecten. In: Milieu Effect Rapport IPNR deelrapport nr.10. Rotterdam: Projectbureau Noordrand Rotterdam, 1992.

KAMP, I van. Coping with noise and its health consequences. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 1990.

KÄSTNER W. Sicherheit von Tensiden in Konsumentenprodukten. In: Seifen - Öle - Fette - Wachse. 1990: 116(1): 3-8.

KJAERGAARD S. Assessment, methods and causes of eye irritation in humans in indoor environment. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds. Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:115-28.

KLEIN HANEVELD AJ. Asbest in vinyl vloerzeil en vinyltegels. 's-Gravenhage: Inspectie gezondheidsbescherming, Keuringsdienst van Waren, 1992.

KOKOTTI H, RAUNEMAA T. Indoor radon in three similar two-story houses with different ventilation systems. In: Seifert B, Esdom H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:409-13.

KOLK J van der. Minimum ventilation requirements and health criteria for products used indoors. In: Berglund B, Lindvall T, Sundell J, eds. Indoor air: Vol. 1: Recent advances in the health sciences and technology. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1984a:245-50.

KOLK J van der. Wood preservatives and indoor air, experiences in the Netherlands. In: Berglund B, Lindvall T, Sundell J eds. Indoor air. Vol. 1: Recent advances in the health sciences and technology. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1984b:251-6.

KORBEE H. Rekening houden met de Faktor Zon. Stedebouw en Volkshuisvesting 1988;69(11):430-4.

KORBEE H. De Factor Zon in de Haarlemmermeer. Stedebouw en Volkshuisvesting 1989;70(3):45-7.

KORNAAT W. Recirculatie in woningen: invloed van luchtverwarming op stofconcentraties in de binnenlucht. Delft: MT-TNO, 1989.

KORSGAARD J. Demands of the allergic and hypersensitive populations. In: Berglund B, Lindvall T, eds. Healthy Buildings '88. Volume 1: State of the art reviews. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1988:25-38.

KORT H, BRONSWIJK J van, SCHOBBER G. Moulds, mites and moisture: a preliminary report on six cases of fungal damage in dwellings. In: Bieva C, Courtois Y, Govaerts M, eds. Present and future of indoor air quality. Proceeding of the Brussels conference; 1989 February 14-16; Brussels. Amsterdam: Excerpta Medica, 1989:389-94.

KRAMERS CW. Hinder en overlast. In: Brasser L, Ham J van, red. Passief roken: ongezond? Proceeding van het symposium 12 mei 1987 te Bunnik. Delft: Vereniging Lucht, 1987.

KRASOWSKI M, DOELMAN P. Lood in milieu en voeding in Nederland. Leidschendam: Ministerie van VROM, 1990. CCRX rapport.

KRAUSE C, DUBE P, NEUMAYR V, et al. Metal concentrations in indoor dust samples from German homes. In: Seifert B, Esdom H, Fisher M, et al, eds. Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 1. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:509-14.

KRIJGSHELD KR. Richtlijnen voor de luchtkwaliteit: een bijzondere actie van de Wereldgezondheidsorganisatie. Lucht en Omgeving 1987;3:74-8.

LAAN MJ van der. Ontwerp van een standaard referentie gedrag voor energieverbruiksberekeningen. Delft: MT-TNO, 1988.

LAMMERTINK MA, GROOT E de. Analyse van 72 vochtonderzoeken: samenvatting. Leidschendam: Ministerie VROM/DGVH, 1985.

LANDRUS G, AXCEL T. Survey of asthma, allergy and environmental sensitivity in an urban Canadian school system. In: Day J, Molina C, eds. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate*; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 1. Human health, comfort and performance. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:49-52.

LANTING RW, MIK G de. Selectie van chemische agentia in het binnenmilieu tbv kwantitatieve risicoschatting. Gabimil: deelproject 1. Delft: TNO-Bouw, 1991.

LEADERER BP, ZAGRANISKI RT, BERWICK M et al. Residential exposures to NO₂, SO₂ and HCHO associated with unvented kerosene space heaters, gas appliances and sidestream tobacco smoke. In: Berglund B, Lindvall T, eds. *Indoor air quality. Volume 4: Chemical characterization and personal exposure*. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1984:151-6.

LEBRET E. Blootstelling aan tabaksrook. In: Brasser L, Ham J van, red. *Passief roken: ongezond? Proceeding van het symposium 12 mei 1987 te Bunnik*. Delft: Vereniging Lucht, 1987.

LEBRET E, MCCARTHY J, SPENGLER J, et al. Elemental composition of indoor fine particles. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. *Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate*; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 1. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:569-74.

LEBRET E. Air pollution in Dutch homes: an exploratory study in environmental epidemiology. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen, 1985.

LEVIN H. Controlling sources of indoor air pollution. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds. *Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS*, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:321-42.

LINDVALL T. The Sick Building Syndrome: overview and frontiers. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds. *Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS*, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:1-14.

LIU KS, HUANG FY, HAYWARD et al. Irritant effects of formaldehyde in mobile homes. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. *Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate*; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:610-14.

LOOS E, et al. The influence of ground-water level variations on radon concentrations in and above the soil. Den Haag: Ministerie VROM, 1992. Reeks Stralenbescherming 50 F.

MAAS VAN DER P. CARA bij kinderen in verband met luchtverontreiniging en andere factoren. Proefschrift Erasmusuniversiteit Rotterdam, 1979.

MANDALA R. Ventilatioeroosters voldoen vaak niet aan de eisen. *Corporatiemagazine* 1990;1(7):11-3.

MARFELS H, SPURNY K. Indoor measurements of mineral fibres. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. *Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate*; Vol. 1: Volatile organic compounds, combustion gasses, particles and fibres, microbiological agents; 1987 August 17-21; Berlin. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:520-3.

MARUTZKY R. Formaldehyde injuries in prefabricated houses: causes, prevention and reduction. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. *Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate*; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2: Environmental tobacco smoke, multicomponent studies, radon, sick buildings, odours and irritants, hyperreactivity and allergies. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:690-4.

McINTYRE DA. Indoor climate. Barking, Essex (UK): Applied Science Publishers, 1980.

MEERDINK G, ROZENDAAL EC, WITTEVEEN CJ. Daglicht en uitzicht in kantoorgebouwen. Voorburg: DGA, 1988. Rapport S 51.

MEULEN A van der. Results of a one year monitoring survey in the Netherlands. Japca 1987; 37:812-8.

MIEDEMA HME. Odour annoyance in residential areas. Atmospheric Environment 1988;22:2501-7.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Notitie Binnenmilieu. Den Haag: 1986.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Aanpak van vochtproblemen in woningen. Den Haag: 1987.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Nationaal Milieubeleidsplan - Kiezen of verliezen. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nrs. 1-2.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Omgaan met risico's: de risicobenadering in het milieubeleid. Aanhangsel bij NMP 1990-1994. Den Haag: 1989.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Nationaal Milieubeleidsplan Plus. Den Haag: 1990.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Duurzaam Bouwen. Den Haag: 1990.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Besluit houdende technische voorschriften omtrent het bouwen van bouwwerken en de staat van bestaande bouwwerken (Bouwbesluit). Staatsblad 1991:680.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Asbestbesluit Arbeidsomstandighedenwet. Den Haag: 1993.

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Houd plaagdieren buiten de deur! Wageningen: Hoofddirectie Milieuhygiëne, Brochure.

MOGHISSI A, SEILER F, DELLARCO M. Enhancement of exposure to radon progeny as a consequence of passive smoking. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:360-4.

MØLHAVE L. The sick buildings: a sub-population among the problem buildings? In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:469-74.

MØLHAVE L. Volatile organic compounds, indoor air quality and health. In: Walkinshaw D. ed. Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 5. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:15-33.

MURPHY M, CAMPBELL M. Sudden infant death syndrome and environmental temperature: analysis using vital statistics. J Epidemiol Community Health 1987;41:63-71.

NABER A, BIESSEN L van der. Panelonderzoek naar visuele waarnemingsdrempels van kolenstof. Wageningen: Buro Blauw, 1990.

NATIONALE MAC-LIJST. Arbeidsinspectie P145. Voorburg, DGA, 1989.

NATIONALE WONINGRAAD (NWR). Handboek Milieuzorg. Almere: 1991.

NEDERLANDSE GASUNIE. condensatie. In: Blauwdruk, januari 1985:8 ev.

NEDERLANDSE GASUNIE. Kruipruimten en vocht op herhaling. In: Blauwdruk, januari 1987. Themanummer.

NEDERLANDSE STICHTING VOOR VERLICHTINGSKUNDE (NSVV). Aanbevelingen voor binnenverlichting. Arnhem: 1981.

NEDERLANDSE STICHTING VOOR VERLICHTINGSKUNDE (NSVV). Verslag van een congresdag over Kleur en Verlichting. Arnhem: 1989.

NEMECEK J von. Behaglichkeitstemperatur in Abhängigkeit von Tageszeit und Geschlecht. Schweizerische Blätter für Heizung und Lüftung, 1976.

NIELSEN O. Man-made mineral fibres in the indoor climate caused by ceilings of man-made mineral wool. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21, Berlin. Vol. 1. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:580-3.

NORELL L. How to achieve a good indoor climate: workshop comments. In: Berglund B, Lindvall T, eds. Healthy Buildings '88, Volume 4: Conclusions and recommendations for healthier buildings. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1991:52-5.

NOVEM. Eindrapport van het onderzoeksprogramma "Reguleerbare vormen van natuurlijke achtergrondstraling" (RENA). Sittard: 1992.

NOY D. Persoonlijke blootstelling aan stikstofdioxide in Nederland. Leidschendam: Ministerie VROM, 1987. Rapportnummer Lucht 62.

ONTWERP-BESLUIT LUCHTKWALITEIT BENZEEN. Staatscourant 250. 1989: 22 december:10-14.

OOSTERLEE A, DRIJVER M. Het wonen aan een drukke verkeersweg en gezondheid: een vragenlijst onderzoek bij volwassenen en kinderen. Haarlem: GGD Zuid-Kennemerland, 1992.

PAGE M. Environmental aspects of designing for the elderly. In: Rogmans W, et al, eds. Proceedings of the conference on safety for the elderly people. Leuven: 1988 November 22-23. Amsterdam: European Consumer Safety Association, 1989.

PELT FL. Inleiding in de biologie en ecologie van de mens. Lochem: De Tijdstroom, 1979.

PENNEBAKER J. The psychology of physical symptoms. New York (etc): Springer, 1982.

PICKERING CAC. The effects of microbiological pollution in buildings: results of building investigations. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds. Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality - State of the art in SBS, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:275-86.

PLANTEYDT H. Asbest en kanker. T Kanker 1991;2:54-7.

PLEIJSTER F, KUPER G, SIMONS H. De doe-het-zelf-detailhandel. Zoetermeer: Economisch Instituut voor het Midden- en Kleinbedrijf, 1989.

POFFIJN A. The indoor radon problem in Belgium. In: Lunau F. Reynolds G. eds. Indoor air quality and ventilation. Conference proceedings. Lisbon: 1990 april 24-26. London: Selper, 1990:339-46.

POSTHUMUS AC. The use of higher plants as indicators for air pollution in the Netherlands. In: Karenlampi (ed). Proceedings Kuopio meeting on plant damages caused by air pollution. Wageningen: LUW: 1976:115-20.

POTTING J, SANDT P van de, HAAR ROMENY-WACHTER I ter, et al. Health complaints, CO₂ levels and indoor climate in dutch schools. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:582-6.

PRELLER L, ZWEERS T, BOLEY J, BRUNEKREEF B. Gezondheidsklachten en klachten over het binnenklimaat in kantoorgebouwen: een onderzoek naar de relatie tussen gezondheids- en klimaatklachten en gebouw-, werkplek-, werk- en persoonsgebonden kenmerken. Voorburg: DGA-Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1990.

QUACKENBOSS J, LEBOWITZ M, CRUTCHFIELD C, et al. Indoor-outdoor relationships for particulate matter and verification of exposure classifications. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:534-8.

RAZA SH, SHYLAJA G, MURTHY M et al. The contribution of plants for CO₂ removal from indoor air. Environmental Int 1991;17:343-7.

REED CE, FRIGAS E. Does formaldehyde cause allergic respiratory disease? In: Gammage R, Kaye S. Indoor air and human health. Proceedings of the seventh life sciences symposium, Tennessee, Oct. 29-31 1984. Michigan: Lewis Publishers, 1985:379-87.

REITER R. Elektrische und elektro-magnetische Felder im Freien und in Räumen. In: Beckert J, Mechel F, Lamprecht H, eds. Gesundes Wohnen: Wechselbeziehungen zwischen Mensch und gebauter Umwelt. Dusseldorf: Beton-Verlag, 1986:226-33.

RIJCKEN B, POSTMA D. Epidemiologische gegevens over astma tijdens de kinderleeftijd en vroege adolescentie in Nederland. In: Astma bij kinderen, Consensus-bijeenkomst dd 26 juni 1992 in Amsterdam. Utrecht: Centraal Begeleidingsorgaan voor de Intercollegiale Toetsing (CBIT), 1992.

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE (RIVM). Zorgen voor Morgen: Nationale Milieuverkenning 1985-2010. Alphen aan den Rijn: Samson Tjeenk Willink, 1988.

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE (RIVM). Nationale Milieuverkenningen 2 (1990-2010). Alphen aan den Rijn: Samson Tjeenk Willink, 1991.

RILEY EC, MURPHY G, RILEY RL. Airborne spread of measles in a suburban elementary school. Am J Epidemiology 1978;107:421-32.

RITSEMA SM, MIDDEN CJH, HEIJDEN PGM van der. Energiebesparing in gezinshuishoudingen: attitudes, normen en gedragingen, een landelijk onderzoek. Leiden: Rijksuniversiteit, Werkgroep Energie- en Milieu-onderzoek; Petten: Energie Studie Centrum/Energieonderzoek Centrum Nederland, 1982.

ROBERTSON H. Towards healthier buildings: from complaints and cures to concepts. Stockholm: KTH Kgl. Tekniska Högskolan, 1991.

RODRIGO AJ. Onderzoek ten behoeve van de norm NNPR dagverlichting in woningen. Bouwcentrum, Rotterdam, 1982.

ROHLES FH, WOODS JE, MOREY PR. Occupant assessment of the indoor environment. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2: Environmental tobacco smoke, multicomponent studies, radon, sick buildings, odours and irritants, hyperreactivity and allergies. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:520-4.

ROLLIER Y. Die Auswirkungen elektromagnetischer Felder in der Nähe von Hochspannungsleitungen und -schaltanlagen. Bulletin ASE/UCS 1988;79(22):1372-9.

ROLLOOS M en LANTING RW. Gezonde klimaatinstallaties. Klimaatbeheersing 1989;18(12):418-29.

ROSSUM JA van, TELLINGA J, BERTHOLET P. Burenlawaai: een onderzoek naar klachten over burenlawaai. Amsterdam: Stichting Research Instituut Gebouwde Omgeving, 1988.

RUNCIMAN WG. Relative deprivation and social justice. Londen: 1967.

RUTH JH. Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: a review. Am Ind Hyg Assoc J 1987;47:A143-51.

RYLANDER R. Lung diseases caused by organic dusts in the farm environment. Am J Ind Med 1986;10:221-7.

RYLANDER R, SÖRENSEN S, GOTO H, et al. The importance of endotoxin and glucan for symptoms in sick buildings. In: Bieva C, Courtois Y, Govaerts M, eds. Present and future of indoor air quality. Proceeding of the Brussel conference; 1989 February 14-16; Brussels. Amsterdam: Excerpta Medica, 1989:219-26.

SAMMALJÄRVI E. A hypothesis of the mechanisms of the health effects of mechanical ventilation and warm air heating. In: Seifert B, Esdom H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2: Environmental tobacco smoke, multicomponent studies, radon, sick buildings, odours and irritants, hyperreactivity and allergies. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:525-9.

SARIS F. Electrofobie. NRC: 1992, 19 november.

SAWORA. Straling in het leefmilieu. Utrecht: PEO, 1986.

SCHALKOORT T. Ontwikkeling en behoud van gezonde kantoorgebouwen: studie naar het 'Sick Building Syndrome' en de mogelijkheid van het terugdringen van bewonersklachten in kantoorgebouwen. Den Haag: DGA - ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1991. S 124.

SCHATA M, ELIXMANN JH, JORDE W. Evidence of heating systems in controlling house-dust mites and moulds in the indoor environment. In: Walkinshaw D, ed. Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990, July 29-August 3, Toronto. Vol 4. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:577-81.

SCHLATTER J, WANNER HU. Strategies to avoid negative health effects of passive smoking. In: Seifert B, Esdom H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 2: Environmental tobacco smoke, multicomponent studies, radon, sick buildings, odours and irritants, hyperreactivity and allergies. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:161-5.

SCHREIBER GH, MEIJERS JMM, VLIET K van, et al. Biologische effecten van laagfrequente elektromagnetische golfvelden. T Soc Gezondheidsz 1990;68:215-24.

SCHUFFEL H, ed. Richtlijnen voor de ergonomie van werkplekken. Rijswijk: Ministerie van SoZaWe, DGA, 1989. Rapport S 59.

SCHWARTZ J. Lead and minor hearing impairment. Arch Environ Health 1987;42:153-60.

SEETERS P van. De kakkerlak raken we niet meer kwijt. In: Volkskrant, 12 december 1992:19.

SEIDEL K, BÄZ G, BÖRNERT W, et al. Legionellae in aerosols and splashwaters in different habitats. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; Vol. 1: Volatile organic compounds, combustion gasses, particles and fibres, microbiological agents; 1987 August 17-21; Berlin. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:690-3.

SEIFERT B. Man and the indoor environment. Berlin: Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Bundesgesundheitsamt. Delft, 16 mei 1990a: Colloquium MT-TNO.

SEIFERT B. Regulating indoor air. In: Walkinshaw D, ed. Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 5. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990b:35-49.

SEIFERT B. Organic indoor pollutants - sources, species and concentrations. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds. Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality -State of the art in SBS, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:25-36.

SHAUGHNESSY R, OATMAN L. The use of ozone generators for the control of indoor air contaminants in an occupied environment. In: Geshwiler M, ed. Healthy Buildings. Indoor Air Quality '91; 1991 September 4-8, Washington DC. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 1991:318-24.

SIDERIUS PJS. Aanschaf en verbruik van reinigingsmiddelen. Huishoudstudies:1993;3:23-29.

SLEPER H, LEUN JC van der. Ultraviolette straling op de menselijke huid. Leidschendam: Ministerie Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieugehygiene, 1985.

SMITH MA, GRANT LD, SORTS AI, eds. Lead exposure and child development. Dordrecht: Kluwer, 1989. EEG-rapport.

SPENGLER J, SEXTON K. Indoor air pollution: a public health perspective. Science 1983;221(4605):9-17.

STAATSBAD VAN HET KONINKRIJK DER NEDERLANDEN. 680. Besluit van 16 december 1991, houdende technische voorschriften omtrent het bouwen van bouwwerken en de staat van bestaande bouwwerken (Bouwbesluit). 's-Gravenhage, 1991.

STAIB F, SEIBOLD M, HEIBENHUBER M. Indoor air mucology: Aspergillosis, Mucormycosis and Cryptococcosis caused by fungal spores from indoor air. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol 1. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:694-8.

STICHTING BOUWRESEARCH (SBR). Warmte, vocht en wonen. Rotterdam: SBR, 1983. Rapport B 2-19.

STENBERG B. Indoor environment and the skin. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds. Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality: State of the art in SBS, held at the Joint Research Centre Ispra, Italy, March 23-27, 1992. Brussels/Luxemburg: ECSC-EEC-EAEC, 1992:129-40.

STUURGROEP TOEKOMSTSCENARIO'S GEZONDHEIDSZORG (STG). Chronische ziekten in het jaar 2005. Deel 2: Scenario's over CARA 1990-2005. Utrecht: Bohn, Scheltema en Holkema, 1990.

STOLWIJK J. The determination of health effects of indoor air pollution. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; Vol. 4: Plenary lectures; 1987 August 17-21; Berlin. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:3-8.

STONE PT. Fluorescent lighting and health. Lighting Res Technol 1992;24(2):55-61.

STRACHAN D, SANDERS C. Damp housing and childhood asthma: respiratory effects of indoor air temperature and relative humidity. *J Epidemiol Community Health* 1989;43:7-14.

STRÖM G, HELLSTRÖM B, KUMLIN A. The sick-building syndrome: an effect of microbiological growth in building constructions? In: Day J, Molina C, eds. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 1. Human health, comfort and performance.* Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:173-8.

SU H, SPENGLER J, BURGE H. Examination of microbiological concentrations and association with childhood respiratory health. In: Flannigan B, Jantunen M, eds. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 2. Characteristics of indoor air.* Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:21-26.

SUESS M. The indoor air quality programme of the WHO regional office for Europe. In: Walkinshaw D, ed. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3; Toronto. Vol 5.* Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:231-60.

SUNDELL J, LINDVALL T, STENBERG B. Influence of type of ventilation and outdoor airflow rate on the prevalence of SBS symptoms. In: Geshwiler M, ed. *Healthy Buildings. Indoor Air Quality '91; 1991 September 4-8, Washington DC.* Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 1991:85-9.

TAN KL, LIM GC, BOEY KW. Phototherapy for ABO haemolytic hyperbilirubinaemia. *Biol-Neonate* 1992;61(6):358-65.

TEEuw KB. Sick Building Syndrome, the role of airborne microorganisms and endotoxin. *Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht*, 1993.

THOMAS WI. The definition of the situation. In: Manis J, Meltzer B, eds. *Symbolic interaction.* Boston (MA): 1970:315-22.

THOMPSON SG. Estimating the extent to which passive smoking causes lung cancer. In: Brasser L, Ham J van, red. *Passief roken: ongezond? Proceeding van het symposium 12 mei 1987 te Bunnik.* Delft: Vereniging LUCHT, 1987.

TICHENOR BA. Organic emission measurements via small chamber testing. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. *Indoor air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Vol. 1.* Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:8-13.

TNO. Opnameformulier vochtbeoordeling. Delft: MT-TNO, 1990. Ref.MTD 90/2666.

TNO/ACIN. Ventilatie en luchtbeweging. Brochure en gebruiksaanwijzing "Flow Finder" model 153. Delft: TNO Bouw, 1991.

TONKELAAR WAM den, TUIN J van der. Luchtverontreiniging in auto's: onderzoek naar de expositie aan luchtverontreiniging van inzittenden van personenauto's. IMG-TNO rapport G 995, Delft, 1982.

TREURNIET HF, SCHAAPVELD K. Zoönosen in Nederland. Leiden: NIPG-TNO, 1992. Rapport 92.020.

TUCKER W. Air pollutants from surface materials: factors influencing emissions, and predictive models. In: Berglund B, Lindvall T, eds. *Healthy Buildings '88. Volume 1: State of the art reviews.* Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1988:149-57.

TUCKER W. Building with low-emitting materials and products: where do we stand? In: Walkinshaw D, ed. *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate; 1990 July 29- August 3, Toronto. Vol 3.* Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1990:251-6.

VERHOEFF AP, WIJNEN JH van, ATTWOOD P, et al. Enumeration and identification of airborne mould propagules in houses: a field comparison of selected techniques. In: Perry R, Kirk PW, eds. Indoor and ambient air quality. London: Selper, 1988:453-60.

VERHOEFF AP, WIJNEN JH van, WAEGERMAEKERS M. De behandeling van klachten over het binnenmilieu van woningen, een leidraad voor de dagelijkse praktijk. Amsterdam: GG&GD, 1990.

VERHOEFF AP, WIJNEN JH van, REENEN-HOEKSTRA ES van, et al. Moulds in house dust in relation to home characteristics. Paper presented at the Fourth European Meeting of Environmental Hygiene, Wageningen, 1993.

VERKERK PH, HERNGREEN WP, REERINK J et al. Leefstijl, omgevingsfactoren, uitkomsten van zwangerschap en gezondheid. Leiden: NIG-TNO, 1992. Rapport 92.071.

VERRIEST G, VOS JJ. Het ouder wordende oog. In: Vos JJ, Legein CP, eds. Oog en werk. Den Haag: SDU, 1989.

VISSER J, CORNELISSE P, HAAG A, et al (red). Condensatie. Groningen: Nederlandse Gasunie, 1985. Blauwdruk nr. 8.

VISSER J, BIJLEVELD W, CORNELISSE P, et al (red). Kruipruimten en vocht op herhaling. Groningen: Nederlandse Gasunie, 1987. Blauwdruk nr. 14.

VOLKSKRANT. "Maatschappij zonder asbest is een utopie". 18 mei 1993.

VOORHORST R, SPIEKMA FThM, VAREKAMP H. House dust atopy and the house dust mite. Leiden: Stafleu, 1969.

VROON PA. Tranen van de krokodil: over de te snelle evolutie van onze hersenen. Baarn: Ambo, 1989.

VROON PA. Psychologische aspecten van ziekmakende gebouwen. Utrecht: Rijksuniversiteit Leiden, Faculteit der Sociale Wetenschappen, 1990.

WAGENINGEN N van, WAEGERMAEKERS M, BRUNEKREEF B, et al. Health complaints and indoor moulds in relation to moist problems in homes. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:723-7.

WAL JF van der. Ontwikkeling van een strategie voor de bepaling van de luchtkwaliteit in woningen en scholen. Delft: MT-TNO, 1988.

WAL JF van der. Onderzoek naar de emissie van vluchtige organische verbindingen uit materialen. Delft: TNO-Bouw, 1991.

WAL JF van der. Belasting van de binnenlucht door emissie uit (bouw)materialen en produkten. Bouwfysica 1992;3(1):12-21.

WAL JF van der, et al. Man-made mineral fibres in homes caused by thermal insulation. Atmospheric Environment 1987;21(1):13-9.

WAL JF van der, DONGEN JEF van, CORNELISSEN H et al. Onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit van gerenoveerde woningen te 's-Hertogenbosch. Delft: MT-TNO, 1989.

WALLACE L. Volatile organic compounds in 600 U.S. homes: major sources of personal exposure. In: Seifert B, Esdorn H, Fisher M, et al, eds. Indoor Air '87. Proceedings of the 4th international conference on indoor air quality and climate; 1987 August 17-21; Berlin. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, 1987:183-7.

WEVERLSJ. Standpunt Nederlandse overheid. In: Brasser L, Ham J van, red. Passief roken: ongezond? Proceeding van het symposium 12 mei 1987 te Bunnik. Delft: Vereniging LUCHT, 1987.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health aspects related to indoor air quality. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1983. EURO Reports and Studies 21.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO programme on tobacco and health. Geneva: Director-General of WHO, 1985.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air quality guidelines for Europe. WHO regional publication. Copenhagen, 1987. European Series, no 23.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Indoor air quality: Organic pollutants. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1989. EURO Reports and Studies 111.

WOUTERS P, GIDS WF de, WARREN PR EN JACKMAN PJ. Ventilation rates and energy losses due to window opening behaviour. Paper presented at 8th AIVC conference in Überlingen (FRD). AIVC, Bracknell (UK), 1987.

ZOCK JP, BRUNEKREEF B, VOÛTE PD, et al. Het verband tussen vloerbedekking op basisscholen en acute luchtwegklachten, medicijngebruik en piekstroomvariatie van kinderen met astma. Tijdschr Soc Gezondheidsz 1993;71:243-50.

ZWANENBURG H. Notitie hypothermie, risicogroepen, omgevingstemperatuur. Leidschendam: Hoofinspectie Milieuhygiëne, 1985.