

TNO-rapport

93-BBI-R0725

Woningbouw en CARA

Een studie naar de (bouwkundige) eisen voor
woningen uit oogpunt van beheersing en preventie
van CARA

Datum	15 juni 1993
Auteur(s)	Ir. M.J. Leupen C.J.J. Castenmiller Ir. J.F. van der Wal (Appendix B)
Aantal pagina's	120
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	VROM - DGVH Zoetermeer
Projectnummer	00.26.3.4367

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, 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 onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 1993 TNO

SAMENVATTING

In Nederland komt CARA bij ongeveer 10 à 20% van de bevolking voor. In veel gevallen wordt CARA beïnvloed of kan ontstaan door exogene factoren zoals prikkels t.g.v. allergenen of irriterende stoffen, die in de woning kunnen worden gevormd. De kwaliteit van de woning speelt derhalve in een groot aantal gevallen een belangrijke rol bij de produktie en het voorkómen van deze prikkels.

Bij de huisvesting van CARA patiënten is het daarom gewenst om reeds van te voren te weten of een nieuwbouwwoning geschikt is voor een specifieke, of voor een bepaalde categorie CARA patiënt(en) (b.v. bij toewijzing van huurwoningen).

In opdracht van het Directoraat Generaal voor de Volkshuisvesting van het Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, is onderzocht met welke bouwkundige eisen rekening dient te worden gehouden bij het bouwen van woningen dan wel of een woning, zonder al te grote aanpassingen, geschikt is voor bewoning door een CARA patiënt of een bepaalde categorie van CARA patiënten. Hierbij is tevens nagegaan in hoeverre het Bouwbesluit, dat op 16 dec. 1991 van kracht is geworden, voldoende garanties biedt voor deze eisen dan wel mogelijk hogere eisen in de weg zou staan.

Voor een goed begrip van wat CARA inhoudt en welke woninggebonden risicofactoren (zoals allergenen en aspecifieke prikkels) van belang zijn voor de CARA patiënt, vangt het rapport aan met een literatuurstudie hierover (overgenomen uit "Allergie, CARA en allergenen in woningen", Gezondheidsraad, Rapport 1992/01, deel 1).

Op basis van deze studie is voor drie categorieën CARA patiënten een functioneel programma van eisen opgesteld. Deze eisen zijn verder vertaald in afgeleide bouwkundige eisen voor de woning als casco (woning"sec").

Uitdrukkelijk zij vermeld dat hierbij geen rekening is gehouden met de invloed van de bewoning, bewonergedrag, meubilering en de huishouding.

Alhoewel ideaal gesproken voor iedere CARA patient een toegesneden pakket van eisen voor de door hem te betrekken woning zou moeten worden opgesteld, is om praktische redenen gekozen voor drie categorieën CARA patiënten.

Het eisenpakket omvat voornamelijk de bouwkundige aspecten die van belang zijn voor het beperken of beheersen van de bronnen van binnenlucht-allergenen, in dit geval voornamelijk de huisstofmijten.

In dit verband is nog bijzondere aandacht besteed aan de eisen voor de thermische en hygrische kwaliteit van de beganegrondvloer. In Appendix A zijn rekenexercities uitgevoerd op basis van verschillende klimaat- en isolatie parameters, waaruit blijkt dat de in het Bouwbesluit geëiste isolatiewaarden, bij gunstig ventilatiegedrag van de bewoners, een redelijke beperking van het aantal mijten op de vloer garanderen in de winterperiode.

In Appendix B is een studie gemaakt van de chemische prikkels, vooral VOC's. Enkele internationale advieswaarden worden besproken en voor enkele stoffen zijn adviesconcentraties voor hyperreactieve CARA patiënten voorgesteld.

Ten aanzien van het Bouwbesluit kan gesteld worden dat, behalve het ontbreken van eisen t.a.v. het bouwvocht, er geen beperkingen zijn voor woningbouw t.b.v. de verschillende categorieën CARA-patiënten.

INHOUDSOPGAVE**pagina**

1.	INLEIDING	6
2.	WERKWIJZE	7
3.	PREVALENTIE VAN EN RISICOFACTOREN VOOR CARA	8
3.1	Inleiding	8
3.2	Endogene factoren	9
3.2.1	Allergie	10
3.2.2	Bronchiale hyperreactiviteit	11
3.3	Exogene factoren	12
3.4	Het optreden van allergie en CARA	13
3.4.1	Allergie	13
3.4.2	CARA	17
4.	ALLERGENEN IN WONINGEN	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Huisstofmijten	19
4.2.1	Voorkomen	19
4.2.2	Productie van allergenen	21
4.2.3	Verspreiding van allergenen	21
4.2.4	Effect van expositie aan huisstofmijten	25
4.3	Schimmels	25
4.3.1	Voorkomen	25
4.3.2	Verspreiding	26
4.3.3	Effect van expositie aan schimmelsporen	26
4.4	Huisdieren	27
5.	BELANGRIJKE OPMERKINGEN BIJ DEZE STUDIE	28
6.	PROGRAMMA VAN FUNCTIONELE EISEN EN HIERVAN AFGELEIDE EISEN	30
6.1	Het voorkómen of beheersen van allergene prikkels t.g.v. huisstofmijten	31
6.2	Zo laag mogelijke concentratie van sensibiliserende stoffen uit bouw- en/of afwerkingsmaterialen	35
6.3	Een zo laag mogelijke concentratie van irriterende (sterk) geurende en/of schadelijke (prikkelende) gasvormige stoffen, c.q. deeltjes of aerosolen uit bouwmaterialen en gasverbrandingstoestellen	36
6.3.1	Discussie	37
6.4	Voldoende ventilatie c.q. ventilatievoorzieningen	39
6.5	Zo min mogelijk grote temperatuurverschillen en/of luchtvochtigheidsverschillen binnen de woning	39
6.6	Een efficiënte woningindeling	40
6.7	Beperking van de hoeveelheid huisstof	41

7.	HET BOUWBESLUIT IN RELATIE TOT CARA	42
7.1	Zo laag mogelijke concentratie van antigenen van huisstofmijten	43
7.2	Zo laag mogelijke concentratie van sensibiliserende stoffen	44
7.3	Een zo laag mogelijke concentratie van irriterende stoffen	45
7.4	Zo gering mogelijk verschillen in temperatuur en RV	47
7.5	Efficiënte woningindeling	47
7.6	Beperking hoeveelheid huisstof	48
8.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	49
9	LITERATUUR	52
	APPENDIX A	54
	APPENDIX B	98

1. INLEIDING

In Nederland komt CARA bij ongeveer 10 à 20 % van de bevolking voor. Ontstaan en verloop van CARA wordt in veel gevallen (mede) bepaald door exogene factoren, zoals de hygrische kwaliteit van de woning (vocht) en de binnenmilieusituatie (mijtengroei en/of emissies van irriterende stoffen). De aard van deze beïnvloeding is mede afhankelijk van de verschillende vormen van CARA.

Voor een grote groep CARA-patiënten bestaat de kans dat bestaande en nieuw te bouwen woningen niet zonder meer optimaal geschikt zijn voor bewoning. Ten einde een en ander te kunnen beoordelen dient bekend te zijn met welke (vaak specifieke) eisen rekening moet worden gehouden uit oogpunt van beheersing en mogelijk ook preventie van CARA.

Deze vraagstelling valt in twee delen uiteen:

1. Met welke functionele eisen dient rekening te worden gehouden indien een woning, zonder grote aanpassingen, geschikt moet worden gemaakt voor bewoning door (bepaalde categorieën) CARA-patiënten?
2. Welke hiervan afgeleide bouwkundige eisen kunnen gesteld worden aan een woning bij bewoning door CARA-patiënten?

Door het DGVH van het ministerie VROM werd aan de afdeling Binnenmilieu, Bouwfysica en Installaties (BBI) van TNO-Bouw de opdracht verstrekt een bureau-studie uit te voeren naar boven genoemde aspecten.

Toetsing op eventuele belemmeringen van de huidige bouwregelgeving, zoals neergelegd in het 'Besluit van 16 december 1991, houdende technische voorschriften omtrent het bouwen van bouwwerken en de staat van bestaande bouwwerken (Bouwbesluit)' die dergelijke eisen in de weg zouden staan, diende van deze studie deel uit te maken.

Op verzoek van de opdrachtgever diende min of meer separaat nog nader te worden ingegaan op de thermische kwaliteit van de begane grondvloer in relatie tot de aanwezigheid van huisstofmijten op het vloeroppervlak.

2. WERKWIJZE

Op basis van deskundigheid, literatuur en consultatie van deskundigen op CARA-gebied worden gegevens verzameld ten behoeve van een programma van eisen voor woningen die geschikt zijn voor bewoning door CARA-patiënten.

Hierbij wordt zowel het preventieve aspect (voorkomen van het ontstaan) als het beheersbaarheidsaspect (beïnvloeding) aan de orde gesteld.

Rekening wordt hierbij gehouden met de specifieke aspecten die voor de verschillende categorieën van CARA van belang zijn, te weten:

- a. preventie en beheersing van allergeen-bronnen
- b. preventie en beheersing van a-specifieke prikkels
- c. (optioneel) voorkomen van onnodige lichamelijke arbeid (vooral van belang bij luchtweg-invaliden).

Op basis hiervan wordt een programma van eisen opgesteld, dat vervolgens 'vertaald' wordt in bouwkundige eisen en maatregelen.

Toetsing op eventuele belemmeringen van het Bouwbesluit vormt de volgende fase.

De relatie tussen de thermische kwaliteit van de begane grondvloer en de aanwezigheid van huisstofmijten wordt vooral bepaald door het micro-klimaat (temperatuur en RV) aan het oppervlak. Door middel van rekenexercities wordt het micro-klimaat nader gekwantificeerd en in relatie gebracht met de micro-klimatologische omstandigheden die bepalend zijn voor groei dan wel de overlevingskansen van huisstofmijten.

3. PREVALENTIE VAN EN RISICOFACTOREN VOOR CARA*

3.1 Inleiding

CARA (Chronische Aspecifieke Respiratoire Aandoeningen) is een verzamelnaam voor drie chronische aandoeningen van de luchtwegen, te weten astma, chronische bronchitis en emfyseem. Deze aandoeningen worden gekenmerkt door symptomen als chronische hoest, het chronisch opgeven van sputum, en kortademigheid met piepende ademhaling. De symptomen openbaren zich vaak in plotselinge aanvallen die al dan niet bij inspanning kunnen optreden. Zij doen zich in verschillende mate van ernst en in verschillende combinaties voor. Hun manifestatie kan per patiënt, maar ook bij één patiënt op verschillende tijdstippen, sterk variëren.

CARA komt bij mensen van alle leeftijden voor. In het algemeen treden op jonge leeftijd astma-aanvallen meer op de voorgrond. Op oudere leeftijd, ongeveer vanaf 40 jaar, treden chronische bronchitis en elasticiteitsverlies van de longen meer naar voren. De drie ziektebeelden astma, chronische bronchitis en emfyseem blijken in de praktijk in elkaar over te kunnen gaan. Om deze reden is het begrip CARA ingevoerd. Het is aannemelijk dat astma op jeugdige leeftijd een verhoogde kans op chronische luchtwegaandoeningen op oudere leeftijd betekent, maar bewijzen hiervoor ontbreken tot nu toe. Waar nodig zal in dit rapport daarom onderscheid worden gemaakt tussen CARA op jeugdige (0 - 40 jaar) en op oudere leeftijd (40 jaar en ouder).

* *Hoofdstuk 3 en 4 zijn, met goedvinden van de auteur, grotendeels overgenomen uit de achtergrondstudie in:*

*"Allergie, CARA en allergenen in woningen" door
drs B.A.M. Staatsen, secretaris bij de Gezondheidsraad.*

Rapport van de Commissie "Allergie en CARA-inductie door allergenen prikkels in het binnenmilieu", Den Haag, Gezondheidsraad, 1992. Publikatie nr 1992/01, deel I

Zie voor de uitgebreide literatuurlijst bij deze hoofdstukken:

**pagina 155 t/m 170 van dit rapport.*

Internationaal onderscheidt men tegenwoordig twee ziektebeelden: 'astma' en 'Chronic Obstructive Pulmonary Disease' (COPD). Onder COPD verstaat men vaak chronische bronchitis en emfyseem zonder astma. Het gebruik van verschillende definities en diagnostische criteria bemoeilijkt het onderzoek naar het voorkomen van CARA. Van CARA wordt gesproken als ten minste één van de reeds genoemde klachten zoals chronische hoest, opgeven van sputum en kortademigheid aanwezig is.

De aanvallen van benauwdheid, die bij CARA op kunnen treden, zijn het gevolg van een reversibele luchtwegvernauwing (bronchus-obstructie).

Er is niet één oorzaak voor CARA aan te wijzen. Waar men vroeger de oorzaak veelal zocht in hetzij uitwendige (exogene) hetzij lichamelijke (endogene) factoren, gaat men er thans van uit dat voor het ontstaan van CARA waarschijnlijk een samenspel van endogene en exogene factoren verantwoordelijk is. Zo zou (een bepaalde mate van) blootstelling aan exogene prikkelende stoffen (zoals sigarettenrook en materiaal van huisstofmijten) bij individuen met een endogeen bepaalde overgevoeligheid van de luchtwegen kunnen leiden tot luchtwegklachten en longstoornissen (Stg90).

Ofschoon het duidelijk is dat bepaalde allergenen astma-aanvallen kunnen uitlokken bij daarvoor gevoelige personen, bestaat er over de (relatieve) bijdrage van deze en andere risicofactoren aan het ontstaan van CARA nog veel onduidelijkheid. Het staat vast dat astma-aanvallen te voorkomen zijn door het vermijden van allergenen, maar onbekend is in hoeverre dat ook bijdraagt aan het verhinderen van het ontstaan van astma (Mac89). In de volgende paragrafen komen de risicofactoren voor CARA meer uitgebreid aan de orde.

3.2 Endogene factoren

Endogene, waarschijnlijk erfelijke, factoren spelen een rol bij het ontstaan van een overgevoeligheid van de luchtwegen (IgE-gemedieerde allergie of aspecifieke hyperreactiviteit) voor bepaalde exogene prikkels.

Bij een CARA-patiënt kunnen zowel allergie als hyperreactiviteit in meer of mindere mate aanwezig zijn. Tevens kan een op jonge leeftijd aanwezige allergie later overgaan in een aspecifieke hyperreactiviteit (Stg90,Slu91).

3.2.1 Allergie

Allergie is een ongunstige fysiologische reactie, gebaseerd op een immunologisch proces van het lichaam op een stof in de omgeving (allergeen). Na blootstelling aan een allergeen kunnen op verschillende plaatsen in het lichaam effecten optreden, afhankelijk van onder meer de opnameroute. Effecten op de luchtwegen worden vooral gekenmerkt door benauwdheid (aanvallen van kortademigheid en piepen), maar ook door periodiek hoesten en opgeven van sputum.

De allergenen in het binnenmilieu veroorzaken vooral zogenoemde type-I overgevoelighedsreacties, die gepaard gaan met de produktie van IgE-antilichamen. Bij inhalatie van bepaalde allergenen komen bij daarvoor gevoelige personen IgE-antilichamen tot ontwikkeling (sensibilisatie). Deze antilichamen binden zich aan mestcellen, basofiele leucocyten en macrofagen. Wanneer bij een volgend contact het allergeen zich bindt aan tenminste twee aan zo'n cel gefixeerde IgE-moleculen, degranuleert deze cel en komen stoffen vrij in de luchtwegen die een ontstekingsreactie teweeg brengen en direct of indirect de bronchi kunnen doen vernauwen.

Binnen 30 minuten na inhalatie van het allergeen kunnen al symptomen optreden die weer snel (binnen 1 tot 2 uur) verdwijnen, maar ook kan een late fase (6 tot 10 uur na inhalatie) optreden. Zowel de vroege fase als de late fase berusten op een IgE-gemedieerde allergische reactie (Coc88). Tijdens de late fase spelen echter ook produkten uit eosinofiele granulocyten een rol. Sommige van deze produkten kunnen spiercontracties, infiltratie van ontstekingscellen en beschadiging van trilhaarepitheel veroorzaken (Mon86).

De allergische reactie, met name de late fase hiervan, kan via allerlei mediators bronchiale hyperreactiviteit veroorzaken, die dagen tot weken kan duren (Coc88). IgE-gemedieerde allergie treedt vooral op jonge leeftijd op de voorgrond, en neemt vaak af op volwassen leeftijd (Nie92). Vooral onder jonge astma-patienten is de prevalentie van allergie hoog, ongeveer 90 procent (Pla87).

Het ontstaan van allergie is mede erfelijk bepaald. Kinderen van ouders met een allergische ziekte hebben een grotere kans om astma te ontwikkelen dan andere kinderen. Een verhoging van de totale hoeveelheid IgE in het bloed (serum) duidt op atopie (allergische aanleg). Ook dierproeven wijzen op een erfelijke aanleg voor een verhoogde produktie van IgE (Hol90). Bijna alle onderzoeken beschrijven erfelijke aanleg als het voorkomen van symptomen in families. Zeer recent is een gen op chromosoom 11q beschreven dat mogelijk gekoppeld is aan astma of hooikoorts (Coo89).

Misschien is dit in de toekomst bruikbaar voor het identificeren van mensen met atopie. Tevens blijkt uit onderzoeken bij kinderen met atopie dat de erfelijke component niet alles bepalend is en dat blootstelling aan allergenen nodig is voordat de allergie tot uiting komt (Bur89). De neiging tot IgE-produktie is erfelijk bepaald, maar de vorming van specifiek IgE tegen een bepaald allergeen wordt bepaald door milieu-invloeden. In dit rapport wordt hierna met de term 'allergie' steeds IgE-gemedieerde allergie bedoeld. De aanwezigheid van allergie kan worden vastgesteld door middel van huidtesten met behulp van allergeen-extracten of door het bepalen van de hoeveelheid specifiek IgE of het aantal eosinofiele granulocyten in het bloed.

3.2.2 Bronchiale hyperreactiviteit

Bronchiale hyperreactiviteit (BHR) is het optreden van een reversibele luchtwegvernauwing (bronchus-obstructie) bij blootstelling aan bepaalde prikkels (zowel allergische als niet-allergische prikkels) in een hoeveelheid die bij normale (daarvoor niet gevoelige) personen geen reactie veroorzaakt. Voor het aantonen van bronchiale hyperreactiviteit maakt men gebruik van provocatietesten. Niet-allergene prikkels zoals virale infecties of sigarettenrook en bepaalde luchtverontreinigde stoffen kunnen hyperreactiviteit uitlokken of de mate van hyperreactiviteit versterken. Ook allergenen kunnen een bronchiale hyperreactiviteit veroorzaken of versterken (Coc88, Pla82). Op deze wijze kan een vicieuze cirkel van elkaar versterkende reacties optreden. Op jonge leeftijd kan bronchiale hyperreactiviteit vaak al sterk aanwezig zijn. Young toonde in een recent onderzoek aan dat BHR al bij gezonde baby's kan voordoen.

Het merendeel (58) van de a-select gekozen onderzochte baby's (63) vertoonde hyperreactiviteit bij blootstelling aan histamine (You91). BHR neemt vaak af op middelbare leeftijd en stijgt weer op oudere leeftijd (Neij90).

BHR wordt als een kenmerk van CARA beschouwd, maar de precieze relatie tussen BHR en het ontstaan en de ernst van CARA staat niet vast (Stu91, Neij90). Bronchiale hyperreactiviteit komt vaker voor bij kinderen met CARA (astma) dan bij kinderen zonder CARA. Een onderzoek onder schoolkinderen in Australië toonde aan dat niet bij alle schoolkinderen met astma bronchiale hyperreactiviteit voorkomt, terwijl ook bij kinderen zonder astma BHR kunnen vertonen (Pea87). Bronchiale hyperreactiviteit komt het meest voor bij astma-patienten, in mindere mate bij patienten met allergische rhinitis en het minst bij gezonde personen (Rij87).

- * *Voor het vaststellen van BHR hanteert men soms uiteenlopende criteria. Meestal wordt BHR gekwantificeerd als de dosis van een stof die een daling van de longfunctie van 20% of meer veroorzaakt bij een provocatietest.*

3.3 Exogene factoren

Zowel fysische, chemische als biologische prikkels kunnen een rol spelen bij de ontwikkeling of verergering van luchtwegsymptomen en longfunctiestoornissen. Ook inspanning kan een astma-aanval uitlokken.

Uit vele epidemiologische onderzoeken is af te leiden dat roken de belangrijkste exogene risicofactor van CARA is. Roken is geassocieerd met klachten als hoesten, opgeven van sputum en longfunctiestoornissen (GR90a). Ook het inhaleren van omgevingstabaksrook ('passief roken') veroorzaakt een toename van luchtwegsymptomen en longfunctiestoornissen bij zowel jonge als oude CARA-patienten (GR90a). Het is echter onzeker of passief roken ook het ontstaan van astma op jonge leeftijd bevordert.

Allergenen van huisstofmijten en huisdieren en, in mindere mate, schimmels en pollen of stuifmeel van windbestuivende planten (zoals gras) dragen bij aan het ontstaan en verergeren van allergische astma (zie verder 3.4.1).

Chemicaliën, zoals stikstofdioxyde of ozon, kunnen de luchtwegen irriteren. In dierexperimenteel onderzoek, maar ook in klinisch en epidemiologisch onderzoek bij de mens, is een verband tussen luchtverontreiniging (ozon, zwaveldioxyde, stikstofdioxyde en zure aerosolen) en een verhoogd optreden van longweefselbeschadigingen geconstateerd (GR90b).

CARA-patiënten zijn gevoeliger voor luchtverontreiniging dan gezonde personen (GR90b). Ook een verhoogde stikstofdioxyde-concentratie in de binnenlucht zou bijdragen aan een toename van luchtwegklachten en longfunctiestoornissen, ofschoon de literatuur hierover niet eensluidend is (Dij88).

Tevens is in enkele onderzoeken, ook in Nederland, een verband waargenomen tussen de vochtigheid in woningen en een toename van luchtwegklachten (Bru89, Str88, Wae89). Vocht bevordert de groei en vermeerdering van huisstofmijten en schimmels. De resultaten van deze onderzoeken kunnen echter vertekend zijn door de selectieve rapportage van symptomen (bijvoorbeeld overrapportage door bewoners van die huizen waar zichtbare schimmelgroei is).

Samengevat: in het binnenmilieu zijn omgevingstabaksrook, allergenen van huisstofmijten, huisdieren en in mindere mate van schimmels, en mogelijk ook stikstofdioxyde belangrijke uitlokkende of oorzakelijke factoren van allergie en CARA. In de buitenlucht zijn dit luchtverontreinigende stoffen (vooral ozon) en allergenen van plantaardige (pollen) en dierlijke oorsprong.

3.4 Het optreden van allergie en CARA

3.4.1 Allergie

De prevalentie van allergische ziekten in geïndustrialiseerde landen is 15 tot 30 procent (Ang89, Chap88, Kje88). In tabel 1 zijn de resultaten samengevat van enkele Europese onderzoeken naar de prevalentie van allergie voor mijten en voor andere inhalatie-allergenen, aangetoond met huidtests en serologisch onderzoek naar specifiek IgE. Hieruit blijkt dat positieve huidreacties vaak voorkomen, zowel in de algemene bevolking als bij patiëntengroepen.

In andere geïndustrialiseerde landen varieert de prevalentie van positieve huidreacties op allergenen van 20 tot 50 procent (Bar87). De spreiding in deze resultaten is waarschijnlijk toe te schrijven aan verschillen in de opzet van het onderzoek en de geselecteerde onderzoekspopulatie, in milieufactoren en in de gehanteerde immunologische bepalingen (Pop89, Gro90). Door dergelijke verschillen zijn de prevalentiecijfers moeilijk onderling te vergelijken. Men kan wel als algemene tendens afleiden dat allergie voor huisstofmijten het meest voorkomt.

Huisstofmijten zijn in diverse landen met een voor mijten geschikt klimaat een belangrijke oorzaak van luchtwegallergie (Chap88, Gro90, Sea89). Platts-Mills schat dat in verschillende landen het aantal mensen met een positieve huidtest voor huisstofmijenextracten varieert van 10 tot 30 procent (Pla87). De prevalentie van allergie voor katten varieert afhankelijk van het onderzoek van 2 tot 15 % in de algemene bevolking en van 10 tot 31 procent in een patiënten-populatie. Allergie voor honden komt voor bij 2 tot 15 procent van de bevolking en bij 4 tot 37 procent van patiënten-groepen.

In Nederland zijn huisstofmijten de belangrijkste oorzaak van allergie (Gro90). Nederlands onderzoek van sera afkomstig van een grote groep patiënten bij wie een allergische ziekte vermoed werd, toonde aan dat een groot deel van de patiënten gesensibiliseerd was voor huisstofmijten (34 procent); de prevalentie van sensibilisatie voor katten, honden en pollen was respectievelijk 15, 9 en 20 procent. In een subgroep van patiënten van 0 tot 4 jaar bleken allergenen binnenshuis van meer belang te zijn dan allergenen in het buitenmilieu. De prevalentie van allergie voor mijten, katten en honden in deze groep bedroeg respectievelijk 17, 9 en 8 procent en voor pollen maar 5 procent.

Niemeijer en de Monchy hebben het verloop van sensibilisatie met de leeftijd onderzocht in een groep van 603 patiënten met vermoedelijk allergie en leeftijden variërend van 4 tot 75 jaar. Zij concluderen dat sensibilisatie voor allergenen in de buitenlucht op latere leeftijd ontstaat dan sensibilisatie voor allergenen in de binnenlucht, mogelijk als gevolg van een lage expositie aan allergenen in de buitenlucht op jonge leeftijd.

Bovendien zijn allergenen in het binnenmilieu in principe het hele jaar door aanwezig, terwijl pollen maar enkele maanden per jaar in de lucht aangetoond kan worden: ook de duur van de blootstelling tussen allergenen binnenshuis en in de buitenlucht is dus verschillend.

In de subgroep van kinderen tot 15 jaar varieert de prevalentie van positieve huidreacties op mijten- en kattenallergeen van 42 tot 62 procent, en die op schimmel-allergenen (*Cladosporium*) van 10 tot 40 procent. Op latere leeftijd neemt de sensibilisatie voor allergenen van grassen en bomen toe, maar de gevoeligheid voor huistofmijten blijft overheersen. Op oudere leeftijd (vanaf 40 jaar) neemt de vorming van specifiek IgE voor allergenen in het algemeen af (Nie92).

Geconcludeerd kan worden dat in Nederland allergie voor huisstofmijt het meeste voorkomt, gevolgd door allergie voor huisdieren, pollen en schimmels. Het voorkomen van allergieën voor mijten, schimmels, dieren of pollen is gerelateerd aan het klimaat en aan woonomstandigheden. Zo komt allergie voor mijten vaak voor in streken met een mild en vochtig klimaat en nauwelijks in hooggebergten (Pla87, WHO88).

Er zijn aanwijzingen dat allergie en aan allergie gerelateerde ziekten (waaronder allergische astma) niet alleen in West-Europa maar ook in andere geïndustrialiseerde en enkele ontwikkelingslanden toeneemt (Wut89).

Tabel 1. Prevalentie van allergie voor huisdieren, huisstofmijt en pollen in enkele Europese landen (naar Gro90)

Land	n	leeftijd	selectie criteria	test	% positieve reactie			
					kat	hond	mijt	gras
Nederland	106	25-45	medische studenten	RAST	12	4	30	24
Finland	137	15-17	schoolkinderen	SPT	30	15	38	22
			algemene bevolking	RAST	21	13	20	19
Zweden	40010	7-20	schoolkinderen	SPT	5			
-sub-groep	2041		astmatische klachten		57			
-sub-groep	7042		allergische klachten (rinitis)		30			
Nederland	44496	0-80	patiënten, waarbij allergische aandoeningen vermoed	RAST	15	9	34	20
-sub-groep	7008	0-4			9	8	17	5
Nederland	292	> 21	patiënten, waarbij allergische rinitis vermoed	SPT	10	4	33	13
Engeland	232		allergie patiënten	SPT	21	-	35	37
				RAST	23	-	30	40
Nederland	236	6-50	patiënten, waarbij allergische rinitis vermoed	RAST	30	21	36	29

RAST = Radio Allergo Sorbent Test, in vitro bepaling van specifiek IgE voor een bepaald allergeen

SPT = Skin Prick Test, in vitro bepaling van de mate van sensibilisatie voor een bepaald allergeen

3.4.2 CARA

De Scenariocommissie Chronische Ziekten heeft, in opdracht van de Stuurgroep Toekomstscenario's Gezondheidszorg, een onderzoek naar het voorkomen van CARA en de te verwachten ontwikkelingen in het aantal patiënten in Nederland verricht (STG90). Uit deze studie blijkt dat CARA vooral onder personen ouder dan 65 jaar maar ook onder jongeren (0 - 20 jaar) veel voorkomt. Bij de huisartsen zijn ongeveer 455.000 CARA-patiënten geregistreerd (3 procent van de Nederlandse bevolking). Uit bevolkingsonderzoeken (waaronder het Vlaardingen-Vlagtwedde onderzoek) is af te leiden dat het aantal patienten met CARA (vanaf ernstgraad 3) tot 65 jaar ongeveer tussen 950.000 en 1.100.000 ligt (8 procent van de Nederlandse bevolking tot 65 jaar) (Len86, STG90). Ernstgraad 3 of meer betekent een combinatie van vrij ernstige symptomen, zoals chronisch hoesten en astma-aanvallen (vastgesteld met behulp van een standaard-vragenlijst) en een afname van de longfunctie van meer dan 10 % (Len86).

Uit een recent onderzoek naar de prevalentie van CARA bij 6764 kinderen van 5 tot 14 jaar in een aantal regio's (Flevoland, Friesland, Midden-Holland) blijkt dat ongeveer 10 procent van de kinderen weleens last heeft van een of meer ernstige luchtwegklachten die kenmerkend zijn voor CARA (chronisch hoesten, piepen, astma-aanvallen, kortademigheid bij traplopen of spelen). Dergelijke klachten komen significant vaker voor bij jongens dan bij meisjes. Tevens blijkt dat de prevalentie van CARA-symptomen per regio verschillen (Wer88). Ook andere (methodologisch vergelijkbare) onderzoeken wijzen erop dat 9 tot 14 procent van de schoolkinderen luchtwegaandoeningen overeenkomend met CARA-graad 2 of meer hebben en dat CARA vaker bij jongens dan bij meisjes voorkomt (STG90).

Het precieze aantal CARA-patiënten is moeilijk vast te stellen, onder meer vanwege het chronisch en 'sluipend' verloop van deze ziekte. Het in de epidemiologische onderzoeken vastgestelde aantal personen met CARA-symptomen is (afhankelijk van leeftijd en geslacht) een factor 2 tot 10 hoger dan het aantal patienten dat met een diagnose CARA geregistreerd is bij huisartsen (STG90, Len86). Blijkbaar is niet bij alle CARA-patiënten de ziekte gediagnostiseerd.

De Scenariocommissie wijst erop dat betrouwbare gegevens over de incidentie en over de mate van herstel van CARA-patienten ontbreken (STG90). Uit een onderzoek in Nederland waarbij symptomen van 119 naar de specialist doorverwezen CARA-patiëntjes (6 tot 14 jaar) zijn vergeleken met de symptomen op latere leeftijd (22 tot 31 jaar), bleek dat 43 procent nog CARA-klachten had (Ger89).

Wat betreft het verloop van CARA door de jaren heen concludeert de Scenariocommissie dat er aanwijzingen zijn voor een stabilisatie van de prevalentie van CARA onder mannen met misschien een lichte daling, terwijl voor vrouwen de prevalentie lijkt toe te nemen. Deze trend loopt parallel aan de veranderingen in rookgedrag van de afgelopen decennia. Wat betreft astma op de kinderleeftijd zijn er aanwijzingen voor een toename van de prevalentie (Mol89, STG90).

Een zeer recent onderzoek in Engeland laat zien dat onder kinderen van 12 jaar oud de prevalentie met meer dan een factor 2 is toegenomen gedurende de periode 1973-1988. Deze toename is waarschijnlijk niet toe te schrijven aan de wijziging in de diagnostische criteria, die enkele jaren geleden plaatsvond (Bur90).

Geconcludeerd kan worden dat CARA onder een betrekkelijk groot deel van de Nederlandse bevolking voorkomt. Als gevolg van CARA is er een aanzienlijk gebruik van de gezondheidszorg (huisartsconsulten, ziekenhuisopnamen enzovoort). De kosten hiervan bedragen, uitgaande van de prevalentiecijfers voor 1990, bij benadering 2 tot 3 procent van de totale kosten van de gezondheidszorg. Dit komt overeen met een bedrag tussen de 900 en 1400 miljoen gulden (STG90). De maatschappelijke kosten zoals kosten als gevolg van arbeidsongeschiktheid en ziekteverzuim zijn eens zo groot en mogelijk nog hoger (Mol89). Onder CARA-patiënten is het school en werkverzuim sterk verhoogd vergeleken bij de algemene bevolking (Len86, STG90, Wer88).

Uit onderzoek in verschillende Europese landen en in de Verenigde Staten blijkt dat de prevalentie van CARA ongeveer 10 tot 15 procent bedraagt. In meerdere landen constateert men een stijging in de prevalentie van astma (Wei90).

4. ALLERGENEN IN WONINGEN

4.1 Inleiding

Binnenshuis vindt men vooral in huisstof veel allergenen. Huisstof is een heterogeen mengsel van allergeendragers en potentieel allergene stoffen. Voorhorst en Spieksma toonden als eersten aan dat mijten in het huisstof de belangrijkste bron van huisstofallergeen vormen (Voo67). Inmiddels is duidelijk dat, behalve mijten, ook huisdieren, schimmels en sommige insecten verantwoordelijk zijn voor de produktie van allergenen binnenshuis.

In dit hoofdstuk worden het voorkomen en de verspreiding van de belangrijkste allergeendragers en hun allergenen in het binnenmilieu besproken, te weten: huisstofmijten, huisdieren en, in mindere mate, schimmels. Deze allergenen zijn eiwitten en zij komen in de lucht alleen gebonden aan (stof)deeltjes voor.

4.2 Huisstofmijten

4.2.1 Voorkomen

De huisstofmijten behoren tot de familie van de Pyroglyphidae. In Nederland zijn vier soorten huisstofmijten van belang: *Dermatophagoides pteronyssinus* (Dp), *Dermatophagoides farinae* (Df), *Dermatophagoides microceras* (Dm) en *Euroglyphus maynei* (Em). Deze soorten komen wereldwijd voor. De hoeveelheid en de soortensamenstelling van de mijten binnenshuis zijn afhankelijk van omstandigheden zoals vochtigheid en temperatuur in de directe omgeving van de mijt, de aard van het materiaal waarop de mijten leven en de beschikbaarheid van voedsel. De mijten leven vooral in matrassen, op vloeren en in stoffering van meubels (Bro81).

Het vóórkomen van huisstofmijten in huisstof, beklede meubels en matrassen is een normaal verschijnsel en heeft wellicht een nuttige functie bij de biologische afbraak van menselijke afvalstoffen.

Huisstofmijten voeden zich voornamelijk met huidschilfers van mens en dier. Een hoeveelheid van 150 milligram menselijke huidschilfers zou voldoende zijn om enkele duizenden mijten gedurende drie maanden te voeden (Spi67). Een mens verliest naar schatting dagelijks 70 tot 140 milligram van dit materiaal (Spi67). Is deze schatting juist, dan zou dit betekenen dat alleen in nieuwe huizen voedsel een beperkende factor voor de groei en vermeerdering van mijten kan zijn. Bepaalde schimmels zijn mogelijk nodig voor de voedselvoorziening van mijten, omdat zij de huidschilfers 'voorverteren' (Kni90).

Huisstofmijten kunnen temperaturen van -15 tot 50 °C overleven, afhankelijk van de relatieve vochtigheid en de duur van de blootstelling aan deze omstandigheden. Niet alleen de relatieve luchtvochtigheid maar ook de vochtigheid in de directe leefomgeving van de mijt is van belang. Ook onder droge omstandigheden kunnen de mijten echter enige tijd overleven (Bro81). Groei en vermeerdering van mijten is mogelijk bij temperaturen van 10 tot 37 °C maar is optimaal bij een relatieve vochtigheid van 80 % en een temperatuur van 25 °C in de directe omgeving van de mijt. Matrassen en beddegoed vormen daarom geschikte habitats. Uit onderzoek in Denemarken en Nederland komt naar voren dat bedden en beddegoed de hoogste concentratie mijten in huis bevatten, maar het aantal onderzochte woningen is klein (Kam89, Kor83c). In de Nederlandse woningen was bovendien geen vloerbedekking aanwezig (Kam89). Ook zijn er beperkte aanwijzingen dat de concentratie mijtenallergeen in matrasstof iets hoger is dan in vloerstof (Lee88). In Nederland is vloerbedekking waarschijnlijk een even belangrijke habitat van huisstofmijten als matras, beddegoed en textiel.

Huisstofmijten vertonen een seizoensperiodiciteit. In landen met een gematigd klimaat, waaronder Nederland, vindt men de hoogste concentratie levende mijten (Dp) in juni. Het totale aantal levende en dode mijten is het hoogst aan het einde van de zomer en het begin van de herfst; de concentratie daalt in de winter (Spi67).

Huisstofmijten zijn zeldzaam in heel droge streken en in het hooggebergte (Spi90). In droge streken vindt men voornamelijk Df, in vochtige gebieden en woningen hoofdzakelijk Dp. Df doet het goed onder zeer vochtige omstandigheden, maar is in staat langdurige droge perioden te overleven (Bro81). Een hoge vochtigheid in huis kan de groei van mijten en schimmels bevorderen (Spi90).

In Denemarken en Nederland is een positief verband tussen de absolute vochtigheid binnenshuis en het aantal mijten aangetoond (Kor82, Kor83a, Sch91).

4.2.2 Produktie van allergenen

Voor het geslacht *Dermatophagoides* zijn inmiddels twee groepen allergenen geïdentificeerd. De groep I-allergenen (Der-p-I, Der-f-I, Der-m-I) zijn glycoproteïnen (molecuulgewicht 24000); die van groep II (Der-p-II, Der-f-II) zijn eiwitten met een lager molecuulgewicht (15000). De meeste patiënten die allergisch zijn voor mijten, maken IgE-antilichamen tegen groep I en II-allergenen aan (Gro90).

Vooraf uitwerpselen van mijten (Dp) blijken een belangrijke bron van allergenen te zijn, ofschoon deze zich ook op eischalen en de huid van mijten bevinden. De gemiddelde concentratie Der-p-I bedraagt 0,18 ng per keutel; een mijt produceert 6 tot 40 keutels per dag, die een gemiddelde doorsnede van 20 µm hebben (Tov81).

4.2.3 Verspreiding van allergenen

De gegevens over de aanwezigheid van mijtenallergenen in huisstof en binnenlucht vertonen een grote spreiding, afhankelijk van de gebruikte bemonsterings- en analysetechnieken en de monsterplaats. De concentratie Der-p-I varieert van minder dan 0,1 tot 10 microgram per gram fijn stof in stofmonsters afkomstig van bedden, huis-, school- en ziekenhuisvloeren. De concentraties in het stof zijn in ziekenhuizen en scholen meestal het laagst (Kam89). Ook in Nederland zijn de concentraties mijtenallergeen in huisstof veel hoger dan die in het stof van scholen (Jan91, Lee88, Spa90; zie tabel 2). Tevens blijkt uit onderzoek in Nederlandse huizen dat de concentratie Der-p-I in stof op gladde vloeren significant lager is dan die in stof op vloeren met vloerbedekking (Jan91).

De concentratie mijtenallergeen in Nederlandse woningen varieert in de loop van een jaar maximaal met een factor 5 (Lee88). Uit figuur 1 blijkt dat in augustus de concentratie Der-p-II het hoogst is.

Het jaarlijks beloop van de concentratie Der-p-I vertoont een overeenkomstig beeld (Lee88).

Uitwerpselen van mijten en allergenen van groep I en II zijn ook aangetoond in zwevend stof. Tijdens huishoudelijke activiteiten is de concentratie Der-p-I in de lucht duidelijk hoger dan in situaties van rust. Een klein deel van de allergenen bevindt zich op inhaleerbare deeltjes, zodat slechts geringe hoeveelheden allergeen de longen binnendringen (Pla87). Blijkbaar is dit voldoende om effecten te kunnen veroorzaken (Kam89). In één onderzoek is echter een veel hoger percentage mijtenallergeen op inhaleerbare deeltjes aangetoond (Ree85). De opname van allergenen via de luchtwegen is afhankelijk van de deeltjesgrootte, de ademhalingsnelheid en de hoeveelheid allergeen in de lucht. Meting van allergenen in zwevend stof verdient daarom de voorkeur boven die in vloerstofmonsters. De meetuitkomsten voor zwevend stof zijn echter, afhankelijk van onder meer de monsternam-apparatuur, zeer variabel (Ree85, Pri90). De concentratie mijtenallergeen in vloerstof is voorlopig de enige geschikte maat voor de blootstelling. Het kwantitatief verband tussen de allergeenconcentratie in stof en de persoonlijke blootstelling (de ingeademde hoeveelheid allergeen) staat niet vast.

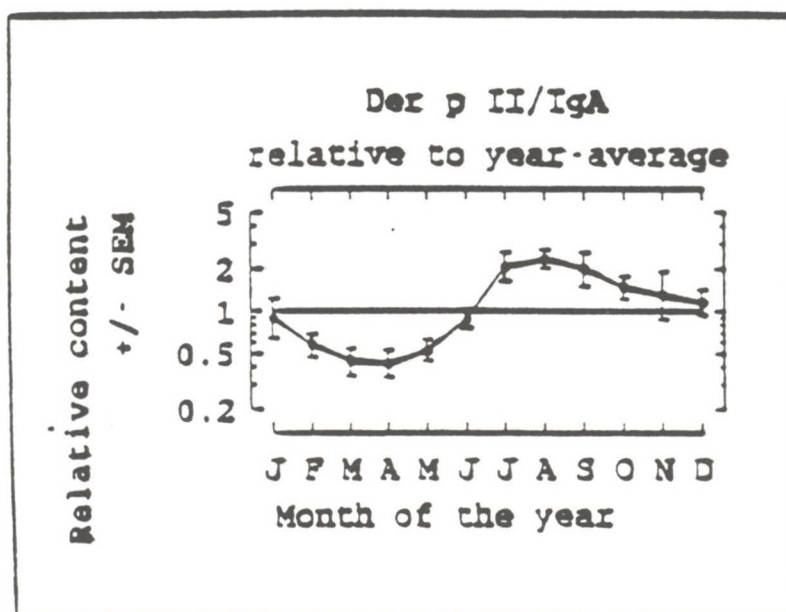
Tabel 2. Concentratie huisstofmijtallergeen (Der-p-I) in woningen en scholen in Nederland

Aantal huizen/scholen	Lokatie	concentratie Der-P-I (μg -/gram geometrisch gemiddelde)	Spreiding	Bron
29	woonkamer(1)	0,19	0,03 - 1,30	Jan91
68	woonkamer (2)	6,29	0,03 - 85,91	
32	slaapkamer (1)	0,27	0,83 - 6,30	
63	slaapkamer	3,89	0,05 - 66,55	
12	school (2 lokalen (1))	0,012	nd - 0,067	Spa90
16	school (2 lokalen (2))	0,075	nd - 5,615	
6	school (2)	0,050	0,013 - 1,509	Lee88
16	matras	7,5	0,2 - 70	
16	slaapkamer		0,1 - 25	
18	woonkamer (1)		0,16 - 4,02	

1 zonder vloerbedekking

2 met vloerbedekking

nd niet detecteerbaar



Figuur 1. Seizoensperiodiciteit van Der-p-II ($\mu\text{g/g}$ referentie-eiwit); Bron Lee 88

4.2.4 Effect van expositie aan huisstofmijten

Al zeer lang is bekend dat blootstelling aan huisstof aanvallen van astma, rhinitis of conjunctivitis kan veroorzaken. Huisstofmijten zijn hoogstwaarschijnlijk de belangrijkste veroorzakers van ziekten met een allergische grondslag (Chap88, Gro90). Aangenomen wordt dat de luchtwegen de belangrijkste opnameroute van het allergeen vormen, maar het is niet uitgesloten dat ook via de huid sensibilisatie kan optreden (Bruy89). Gegevens over de relatieve bijdrage van deze route aan de opname ontbreken echter (Car88).

Zowel vroege als late allergische reacties treden op bij provocatietesten met huisstof. Lokale ontstekingsreacties door het inademen van een klein aantal faecesdeeltjes beladen met allergeen zouden tot een verhoogde bronchiale hyperreactiviteit kunnen leiden (Pla87). Na provocatietesten met huisstofmijtalallergeen is inderdaad een toename van de bronchiale hyperreactiviteit waargenomen (Coc88).

In Nederland is de relatie tussen het wonen in 'vochtige' (vastgesteld aan de hand van een vochtscorelijst) woningen en het optreden van luchtwegklachten aangetoond (Wae89). Een 'vochtige' woning zou een risicofactor voor de ontwikkeling van allergie voor mijten (en schimmels) kunnen zijn.

4.3 Schimmels

4.3.1 Voorkomen

De sporen en, in mindere mate, fragmenten van schimmels vormen ook een bron van allergeen. Schimmels leven van organisch materiaal; indien de ondergrond voldoende vochtig is groeien ze op behang, beton, leer, hout, etcetera. Schimmels hebben een voorkeur voor een hoge luchtvochtigheid; niet alleen de relatieve luchtvochtigheid maar ook de vochtigheid van de ondergrond is van belang. De aanwezigheid van schimmels in het binnenmilieu wordt mede beïnvloed door uitwisseling met de buitenlucht (Verh90). Schimmelsporen zijn zowel in huisstof als in de binnenlucht aangetoond (Bea85a, Bro81). Recent zijn in Nederlandse woningen schimmels op muren gevonden die als voedsel voor mijten fungeerden (Kni90).

4.3.2 Verspreiding

De luchtvochtigheid is van invloed op het vrijkomen van de sporen; door fluctuatie hierin zijn (onverwachte) piekconcentraties mogelijk. Beaumont vond in Nederlandse woningen van astmatische patiënten voornamelijk hoge concentraties van *Penicillium* en *Botrytis* en, in mindere mate, *Cladosporium*, *Aspergillus* en sommige gisten (Bea85a). Verhoef e.a. vonden in vochtige woningen een sterke variatie in de mate van voorkomen en het type schimmelsoorten, maar het algemene patroon komt overeen met de bevindingen van Beaumont (Verh90). Kniest vond echter een ander spectrum (Kni90). In huizen van astmapatiënten in Engeland bleek *Penicillium* het meest voor te komen, gevolgd door *Cladosporium* (Burr88a).

4.3.3 Effect van expositie aan schimmelsporen

Ofschoon huidreacties op ruwe extracten van schimmels zijn aangetoond, is niet duidelijk in hoeverre bepaalde schimmels ook astma veroorzaken (Lop85). Redenen hiervoor zijn de wisselende samenstelling van de schimmelextracten die bij provocatietesten worden gebruikt en het grote gebrek aan gegevens. Veel voorkomende schimmels zijn nog niet voldoende getest (Lop85).

In een onderzoek in Nederland onder 603 patiënten die waren doorverwezen wegens een allergie, bleek bij de kinderen in deze groep het aantal positieve huidreacties op *Cladosporium* vrij hoog te zijn (10 tot 40 procent); Nie92). Ander onderzoek in Nederland onder 833 patiënten toont aan dat de prevalentie van positieve huidreacties op schimmelextracten varieert van 1 (*Alternaria*) tot 5 (*Aspergillus*) a 6 procent (*Botrytis*, *Beauveria*). De totale prevalentie van sensibilisatie voor schimmels in deze groep is 5 procent. Dit is vrij laag vergeleken met het percentage dat gesensibiliseerd is voor huisstofmijten en huisdieren (respectievelijk 34 en 44 procent) (Bea85b).

Effecten van schimmelsporen zijn afhankelijk van de mate van voorkomen, de deeltjesgrootte en de potentie van het allergeen om een reactie te veroorzaken. *Penicillium*, bijvoorbeeld, heeft kleine sporen en komt veel voor, maar is klinisch veel minder belangrijk dan *Alternaria* (Bea85a). De waarschijnlijk minder belangrijke soorten voor het veroorzaken van allergie zijn: *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus* (Lop85). In Nederland is *Botrytis* waarschijnlijk ook van belang (Kam89).

4.4 Huisdieren

Hoewel niet beïnvloedbaar door het "casco" is, volledigheidshalve, hier toch een indruk gegeven van de betekenis van huisdieren voor allergie en CARA.

In Nederland hebben veel mensen een huisdier. Gegevens uit 1980 wijzen erop dat in ongeveer 24 procent van de huizen een kat aanwezig is, in 37 procent een hond en in 7 procent beide dieren. Slechts in een kwart van de huizen is geen huisdier te vinden (Haa80). Uit een meer recent onderzoek blijkt dat in 30 procent van de woningen een hond aanwezig is, in 34 procent een vogel, in 14 procent een kat en in 16 procent een knaagdier (Bru92).

Huisdieren zijn, na stofmijten, de belangrijkste veroorzakers van allergie in de woonomgeving. Ook op plaatsen waar geen huisdieren aanwezig zijn, bijvoorbeeld in scholen, zijn allergenen van huisdieren aangetoond in stof (Dre91, Dyb89). Allergenen van huisdieren zijn nog lang nadat het dier verwijderd is in huis aantoonbaar (Wood89).

Veel patiënten met een kattenallergie zijn ook allergisch voor honden en vice versa. Dit wordt toegeschreven aan de kruisactiviteit tussen antigenen van hond en kat (Gro90).

5. BELANGRIJKE OPMERKINGEN BIJ DEZE STUDIE

- a. Niet alle uitingvormen van CARA worden veroorzaakt door van buitenaf komende oorzaken (exogene factoren). Ook interne (endogene) factoren spelen een zeer grote rol of kunnen in combinatie met exogene factoren leiden tot klachten. Een duidelijk voorbeeld is allergische astma; zonder een endogeen bepaalde, constitutionele prikkel is sensibilisatie voor een exogeen agens niet mogelijk.
Het zgn. intrinsiek astma is een voorbeeld van geheel endogeen bepaald astma. Daarnaast kunnen ook psycho-(sociale) factoren nog een belangrijke rol spelen. Milieu-factoren behoeven derhalve niet altijd verantwoordelijk te worden gesteld voor zowel het ontstaan als het verloop van CARA. Dit betekent dat slechts voor een deel van de totale CARA populatie de woning en/of de bewoning van invloed hoeft te zijn c.q. verband hoeft te hebben.
- b. De CARA patiënt bestaat niet. Iedere CARA patiënt heeft een ander patroon van reageren op zijn omgeving. Er zijn grote verschillen in zowel kwalitatieve zin (aard van de prikkel) als in kwantitatieve zin (dosis van de prikkel). Zo zal de ene patiënt sterk reageren op allergenen en de andere geheel geen last hebben doch bijv. weer sterk reageren op uitlokkende prikkels als koude lucht of cosmetica.
- c. Voor wat betreft de invloed van de woning op het ontstaan of verloop van CARA ligt de zaak bij deze studie nog veel gecompliceerder. Voorzover het al gaat om één type CARA patiënt waarbij de invloed van de exogene woning-gerelateerde factoren vaststaat, dan nog is het zeer moeilijk om een onderscheid te maken in de prikkels die afkomstig zijn of een gevolg zijn van de bewoning, d.w.z. de inrichting, de huishoudelijke produkten, de leefwijze etc. en de prikkels die afkomstig zijn van het 'casco', d.w.z. de woning 'sec' direct na oplevering of bij leegstand.

In deze studie is echter alleen de woning 'sec' in relatie met een zeker bewonersgedrag (zoals vochtproductie) aan de orde. Bewoning, inrichting, activiteiten en de woning 'sec' hebben tezamen en in interactie hun invloed op het voorkomen van uitlokkende prikkels en allergenen. Men zal er niet aan ontkomen om uitspraken mede in combinatie te bezien met de reële situatie van het te verwachten bewoningsgedrag en de 'inboedel'.

6. PROGRAMMA VAN FUNCTIONELE EISEN EN HIERVAN AFGELEIDE EISEN

Tegen de achtergrond van de in het vorige hoofdstuk genoemde beperkingen kunnen enkele functionele basis-eisen worden opgesteld voor woningen van CARA-patiënten. Rekening is gehouden met een zeer globale typologische indeling van de CARA-patiënten, namelijk:

- een grote groep, meestal jeugdige patiënten, waarbij allergenen, en dan vooral de antigenen van de huisstofmijt, als de voornaamste uitlokkende prikkel een rol spelen.
- een grote groep, meestal oudere CARA-patiënten, waarbij irriterende stoffen, meestal aspecifiek, belangrijke uitlokkende prikkels vormen.
- een groep, meestal oudere patiënten, waarbij sprake is van sterk verminderde vitaliteit en er eigenlijk sprake is van luchtweg-invaliden.

Voor deze drie groepen CARA-patienten kunnen de volgende basis-eisen worden geformuleerd:

Ten aanzien van het voorkómen of beheersen van allergene prikkels:

- Een zo laag mogelijke concentratie van allergenen van huisstofmijten, huisdieren, pollen, insecten en schimmels.
Het meest relevant is in dit verband de beperking van huisstofmijten.
- Een zo laag mogelijke concentratie van sensibiliserende (allergie veroorzakende) stoffen uit bouw- en/of afwerkingsmaterialen.

Ten aanzien van het voorkómen of beheersen van uitlokkende (chemische/ fysische) prikkels:

- Een zo laag mogelijke concentratie van irriterende (sterk) geurende en/of schadelijke (prikkelende) gasvormige stoffen, aerosolen c.q. deeltjes.
- Zo min mogelijk grote temperatuurverschillen (koude/warme lucht, koude vlakken) c.q. luchtvochtigheidsverschillen (droge/vochtige lucht) binnen de woning.

Ten aanzien van het zo economisch en efficiënt mogelijk omgaan met de (beperkte) lichamelijke capaciteiten van de (veelal oudere) CARA-patiënt (denk bijv. aan emfyseem patiënten:

- Een woningindeling en inrichting die zo min mogelijk lichamelijke energie vergt bij het doen van de dagelijkse (huishoudelijke) activiteiten (bijv. geen trappen, efficiënte plattegrond e.d.).

Ten aanzien van de beperking van de hoeveelheid huisstof:

- Voor alle CARA typologieën wordt veelal de wens geuit c.q. de eis gesteld dat er zo min mogelijk huisstof aanwezig moet zijn. Dit zou bouwkundig vertaald impliceren:
 - o Detaillering van de woning zonder mogelijkheid van vorming van "stofnesten".
 - o Eenvoudige wijze van wegnemen van stof (bijv. centrale stofafzuiging).

In de paragrafen 6.1 tot en met 6.7 worden een aantal van deze basis-eisen nader uitgewerkt en gespecificeerd.

6.1 Het voorkómen of beheersen van allergene prikkels t.g.v. huisstofmijten

Hoewel huisdieren, pollen en insecten een allergeen-bron kunnen vormen blijven ze hier buiten beschouwing omdat deze voornamelijk worden bepaald door het bewonersgedrag, danwel van buiten afkomstig zijn.

Omdat huisstofmijten altijd en overal in woningen in Nederland voorkomen kan hier alleen maar sprake zijn van een beperking van het aantal mijten. Mijten komen in de (na)zomer vele malen meer voor dan in de winter omdat zij sterk gevoelig zijn voor uitdroging. Beperking van mijtengroei kan voornamelijk bereikt worden door het (trachten te) handhaven van een lage relatieve luchtvochtigheid in hun substraat, het huisstof op de vloer of in het tapijt waar zij hun 'habitat' hebben. Zoals reeds in hoofdstuk 5 aangegeven worden matrassen en meubilair buiten beschouwing gelaten, hoewel met name matrassen de voornaamste 'habitat' voor huisstofmijten kunnen vormen.

Als afgeleide eisen kunnen worden gesteld:

- Constructies, en dan met name de vloer, dienen zo droog mogelijk te zijn; dit impliceert in ieder geval dat er geen bouwvocht in de woning aanwezig mag zijn.
- De relatieve luchtvochtigheid van de binnenlucht in vooral de woon- en slaapkamers dient zo laag mogelijk te zijn voorzover de seizoensfluctuatie dit toelaat (bijvoorbeeld 's winters 20 à 30% en 's zomers 40 à 50%).
- De materiaal-oppervlaktetemperatuur dient voldoende hoog te zijn om met name in de winter de RV aan het oppervlak van de constructie voldoende laag te houden (uit theoretisch oogpunt zou daarentegen een oppervlakte-temperatuur van bijvoorbeeld 10 °C minder bezwaarlijk zijn, omdat een mijtenpopulatie dan nauwelijks enige groei of overlevingskans heeft, doch schimmels wel!).

Een van de belangrijkste oorzaken van jeugd-astma is de aanwezigheid van mijten-antigenen in woningen. Het belangrijkste mijten-antigeen (DerpI) komt in grote concentratie voor in de keutels van de huisstofmijt (*Dermatophagoides pteronyssinus*). In de literatuur (WHO88) wordt aanbevolen om de hygiënische grenswaarde (dit is een arbitraire grens waarbij de klachten aantoonbaar verminderen) te stellen op < 10 µg DerpI per gram huisstof. Deze concentratie komt globaal overeen met 300 mijten per gram stof. Dit geldt als voorlopige grenswaarde voor het doen ontstaan van een allergische reactie c.q. astmatische klachten bij reeds gesensibiliseerde personen. Het is de vraag of deze waarde ook geldt voor de initiële situatie, namelijk de hoeveelheid antigeen die nodig is voor de sensibilisatie (de vorming van een allergie) voor mijten bij een erfelijk gepredisposeerd persoon. Men vermoedt dat deze grenswaarde veel lager zal liggen, hetgeen voor de primaire preventie van (jeugd)astma van belang is. De ondergrens voor 'triggering' van de allergische reactiviteit zou liggen bij ongeveer 100 mijten per gram huisstof (Wec87), dit komt overeen met ongeveer 2 µg DpI per gram stof.

Ook Korsgaard (Kor83) stelt dat meer dan 100 mijten per gram stof een risicofactor is en geeft als advieswaarde 10 mijten per gram stof voor bedden (matrassen) en meubilair. Platts-Mills (Pla87) beveelt 10 µg DpI per gram stof (± 500 mijten per gram stof) aan als grens voor het ontstaan van klachten bij reeds gesensibiliseerde personen.

Exacte gegevens waarbij sensibilisatie optreedt ontbreken echter. Volgens Platts-Mills zou deze grenswaarde alleen individueel te bepalen zijn. Mondiaal stelt men voor 0,002 mg DpI per gram stof (= 2 µg) en als advieswaarde 0,001 mg (= 1 µg), overeenkomend met ongeveer 50 mijten per gram stof.

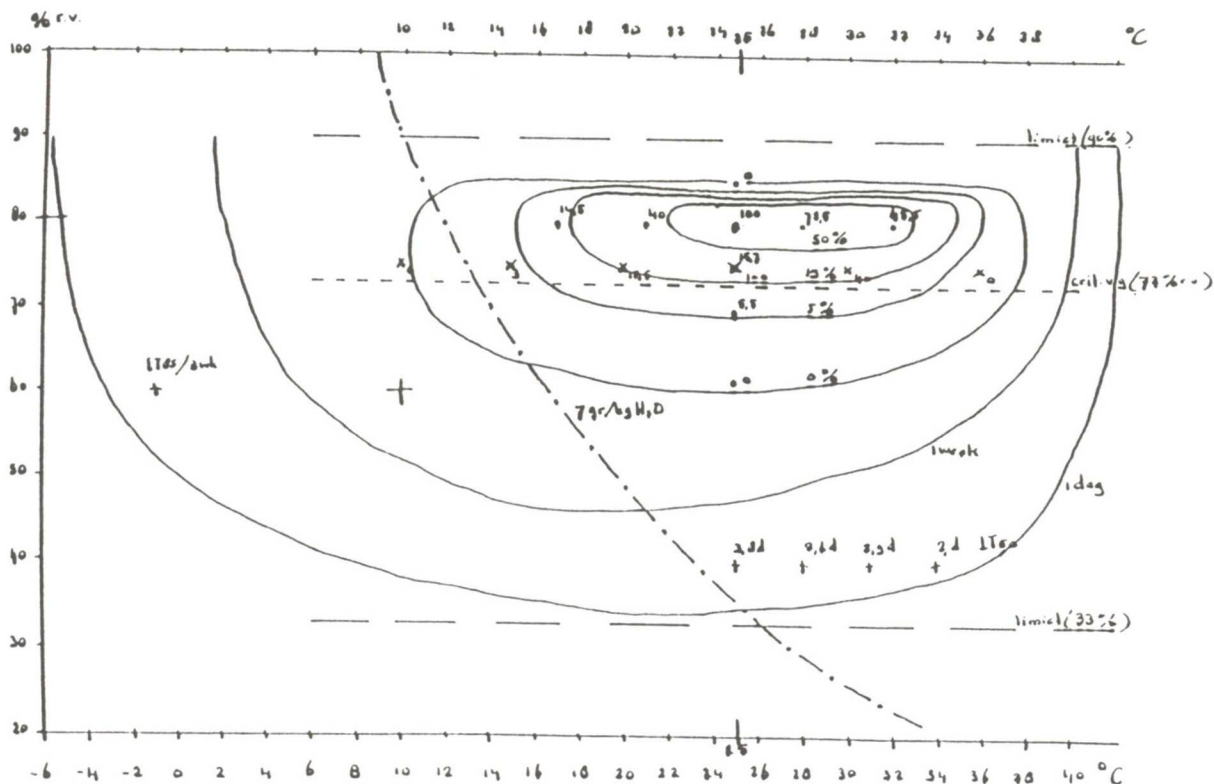
N.B. Deze grenswaarden berusten enerzijds op slechts enkele studies (bepalingen), anderzijds gaat het hier om monsters "settled dust" die afkomstig kunnen zijn van zeer heterogeen bewoonde mijtenhabitats. De grenswaarden dienen dan ook met de nodige reserve te worden gehanteerd.

Om te kunnen bepalen in hoeverre de hierboven gegeven grens-waarden in de praktijk realiseerbaar zijn dient allereerst inzicht te bestaan in de klimatologische omstandigheden die al dan niet gunstig zijn voor de ontwikkeling van huisstofmijten. Voor de optimale ontwikkeling van mijten wordt aangehouden een temperatuur van 25 °C met een relatieve vochtigheid (RV) van 80 %. Mijten kunnen echter nog overleven bij lagere temperaturen (ongeveer 12 à 15 °C) en bij een lagere RV (ongeveer 60 %). Op basis van laboratorium onderzoeken van Spieksma (Spi67) en Van Bronswijk (Bro72) is een en ander samengevat en grafisch weergegeven door middel van lijnen van gelijke groei c.q. overlevingskans in een temperatuur/RV-diagram (zie figuur 2). Men dient hierbij wel te bedenken dat deze gegevens tot stand zijn gekomen onder stationaire omstandigheden bij langlopende populatieproeven. Deze omstandigheden doen zich in de praktijk waarschijnlijk zelden of nauwelijks voor. De grote vraag blijft welke invloed dagelijkse of uurlijkse fluctuaties in temperatuur en RV hebben op de ontwikkeling of overleving van mijten populaties. Deze vragen zijn desto belangrijker wanneer het gaat om de vaststelling van de grenzen waarbij nog juist wel of juist geen overleving meer mogelijk is.

Voorlopig moeten wij het stellen met de schaarse gegevens in statische toestand uit de literatuur. Dit houdt echter wel beperkingen in ten aanzien van de gevolgtrekkingen die hieruit worden gemaakt.

Een belangrijke vraag is hoe lang een bepaalde ongunstige situatie (in de winter) moet bestaan om een mijten populatie te doden om er vervolgens voor te zorgen dat er in een van nature gunstige groeiperiode (in de zomer) geen (explosieve) groei kan optreden.

Korsgaard (Kor79) geeft hiervoor aan dat gedurende minstens 2 à 3 maanden het absolute vochtgehalte in woningen lager moet zijn dan 7 g/kg (zie de ingetekende lijn in figuur 2). Hierbij moet worden opgemerkt dat dit dan geldt voor een luchttemperatuur van ongeveer 20 °C en het derhalve gaat om het handhaven van een RV van ongeveer 40 % in de binnenlucht en niet in de grenslaag of het substraat (stof op de vloer of tapijt).



Figuur 2 Temperatuur/RV-diagram voor groei- c.q. overlevingskansen van huisstofmijten

Omdat mijten niet in de lucht leven doch hun habitat hebben in de grenslaag van de vloer (ongeveer 0 - 10 mm), kruipend door het stof, is vooral ook het vochtgehalte van het materiaal of substraat van belang. Het micro-mijtenklimaat in deze grenslaag wordt bepaald door zowel de temperatuur en het vochtgehalte (of RV) van de binnenlucht als door de temperatuur van het substraat (vloeroppervlak). Hierbij komt nog het verschijnsel dat mijten ook nog 'vocht' kunnen opnemen met behulp van bijzondere organen vanuit het substraat en via hun voedsel (metabolisch vocht).

De in figuur 2 gepresenteerde schematische lijnen van gelijke populatie-ontwikkeling afhankelijk van het micro-omgevings-klimaat onder stationaire condities wordt voorlopig als basis genomen voor het stellen van eisen aan het microklimaat.

Als uitgangspunt wordt genomen de lijn waarbij een nulgroei optreedt. Alle temperatuur/RV situaties buiten dit gebied voldoen aan de eis van praktisch geen mijten-ontwikkeling.

Opvallend is dat ook de door Korsgaard geadviseerde grens van 7 g/kg grotendeels voldoet aan deze eis (ingetekende lijn).

Rest nog de vraag in hoeverre de discontinuïteit nog een rol speelt; bedoeld wordt in hoeverre een feitelijk voor mijten zeer ongunstige situatie van bijv. een week voldoende is om een populatie geheel uit te roeien.

Ook de verschillen in gevoeligheid voor ongunstige omstandigheden van de verschillende ontwikkelingsstadia van de mijten (actieve stadium, rust stadium, ei, enz.) spelen een rol.

Of de hier geëiste situaties in de praktijk haalbaar zijn komt in appendix A aan de orde.

6.2 Zo laag mogelijke concentratie van sensibiliserende stoffen uit bouw- en/of afwerkingsmaterialen

Sommige CARA patiënten, vooral die met een allergische constitutie, kunnen gesensibiliseerd worden door chemische stoffen. Later contact met deze stoffen in zeer lage concentraties kan dan ernstige astmatische klachten veroorzaken.

Als afgeleide eis kan worden gesteld:

- Bouw- en afwerkingsmaterialen mogen geen sensibiliserende stoffen emitteren. Enkele stoffen waarvoor sensibilisering mogelijk is, zijn:
 - formaldehyde
 - pentachloorphenol
 - tolueendiisocyaan (TDI)
 - difenylmetaan-4,4-diisocyaan

Sensibilisatie voor chemische stoffen in de woning komt hoogst waarschijnlijk zeer weinig voor, zeker bij de relatief lage concentraties die in woningen kunnen optreden ten opzichte van de situatie in de (chemische) industrie. In de industriële werkomgeving is dit verschijnsel meer bekend. Personen die in de werksituatie zijn gesensibiliseerd voor chemische stoffen als boven vermeld, kunnen dan wel in hun woning allergische reacties vertonen op ook zeer lage concentraties van deze stoffen waarvoor zij reeds gesensibiliseerd zijn.

6.3 Een zo laag mogelijke concentratie van irriterende (sterk) geurende en/of schadelijke (prikkelende) gasvormige stoffen, c.q. deeltjes of aerosolen uit bouwmaterialen en gasverbrandingstoestellen

Patiënten met hyperreactieve luchtwegen reageren veelal sterk op zowel een breed scala van specifieke prikkels dan wel op slechts enkele, per individu typische, irriterende prikkels. Ook sterk geurende stoffen kunnen dezelfde werking hebben als deze irriterende stoffen.

Als afgeleide eis kan gesteld worden:

- Stoffen met een lage irritatie-drempel en/of een lage geurdrempel mogen niet voorkomen in of emitteren uit bouw- en/of afwerkingsmaterialen. Dit impliceert dat alleen de zgn. 'low emitting' materialen mogen worden toegepast. Het probleem is dan wel wat de criteria hiervoor zijn en welke producten hier wel of niet aan voldoen. Een andere mogelijkheid is om de eis te stellen dat initiële piekconcentraties (bijv. door oplosmiddelen uit verf e.d.) of door de tijd of door het zgn. 'uitbakken' worden omlaag gebracht tot 'aanvaardbare' waarden.

Dit zou bijv. leiden tot de eis dat nieuwbouw-woningen pas na 1/2 à 1 jaar door een CARA patiënt mag worden betrokken.

(Ook ten aanzien van het bouwvocht zou een dergelijke (doch langere) periode gesteld kunnen worden. Het probleem is dan wie bewoont gedurende het eerste jaar de woning; het instituut van de "Trockenwohner" bestaat hier gelukkig niet.)

Voorts kan emissie optreden ten gevolge van thermo- en hydrolyse processen. Bij materialen waar deze processen een rol spelen (bijv. UF-gebonden spaanplaat) is geen sprake van alleen maar een initiële concentratiepiek afnemende in de tijd.

Het verhogen van de ventilatie kan de concentratie verlagen; gezien de energie-beperkende intenties en de kosten is dit geen haalbare optie.

In appendix B wordt uitgebreid ingegaan op de emissie van irriterende stoffen (aangeduid als VOC) uit bouwmaterialen. Verder wordt ingegaan op de vraag welke criteria en welke grens- of toetsingswaarden er aan deze irriterende stoffen gesteld dienen te worden.

6.3.1 Discussie

Droge materialen

De geringste emissies hebben de anorganische bouwmaterialen, veelal steenachtige materialen.

Anorganisch isolatiemateriaal bestaat uit minerale vezels - glaswol of steenwol- die een gering deel organisch materiaal bevatten in de vorm van het bindmiddel.

Problemen zijn alleen te verwachten bij vocht in combinatie met zonnestraling.

De minerale vezels zelf kunnen ook irritaties veroorzaken als zij vrijkomen in de lucht. In de praktijk worden alleen vezels in de lucht aangetroffen tijdens de verwerking van het materiaal.

Bouwmaterialen op basis van hout kunnen in geval van ernstige hyperreactiviteit beter worden vermeden.

Zowel de lijm toegepast in vezelplaten als hout zelf emitteren VOC en formaldehyde.

Hoewel buiten het kader van de opdracht vallend wordt over vloerbedekking het volgende opgemerkt:

Toepassing van steenachtig materiaal zoals marmer of plavuizen is aan te bevelen; deze emitteren geen VOC. Gladde vloerbedekking zoals PVC en linoleum en textiele vloerbedekking doen dit wel in mindere of meerdere mate.

Natte materialen

Natte materialen die onvermijdelijk worden toegepast moeten voldoende lang uitdampen.

Het gaat om:

- verven en lakken
- muurlijm en vloerlijm
- betonmortel
- afdichtingskitten

Inrichting voordat VOC is uitgedampt vertraagt de verwijdering uit de woning door adsorptie aan inrichtingsmaterialen, vooral die op basis van vezels (textiel, papier, tapijt), waarna de VOC weer later vertraagd vrijkomen.

Wat betreft verven en lakken geven materialen op waterbasis geringere emissies dan die op terpentinebasis. Ook in verband met emissie naar de buitenlucht (KWS 2000) worden deze aanbevolen.

Een andere bron voor irriterende stoffen wordt gevormd door (gas)verbrandingstoestellen en/of open verbrandingsapparaten. Voor CARA-patiënten zijn stikstofoxyden over het algemeen irriterende stoffen. Hoewel uit epidemiologische onderzoeken geen éénduidig verband wordt gevonden tussen de invloed van koken op gas versus koken op elektriciteit voor de prevalentie van CARA, is het toch van belang om de concentratie van verbrandingsgassen (stikstofoxyden, aldehyden, waterdamp) zo laag mogelijk te houden.

Dit impliceert dat gasgeisers zonder afvoer niet gewenst zijn. Ook valt te denken aan het weren van gasfornuizen en gasovens, of in ieder geval te zorgen voor een adequate afzuiging. Vervanging door elektrische kookapparatuur kan echter consequenties hebben voor de voorzieningen en capaciteit van elektrische installaties.

6.4 Voldoende ventilatie c.q. ventilatievoorzieningen

Een van de aller belangrijkste eisen en wensen van CARA patiënten (zowel uit oogpunt van een zo laag mogelijke concentratie van irriterende stoffen als voor de afvoer van vocht), is een goede ventilatie die vooral autonoom dient te werken. Bij de thans geëiste luchtdichtheden dient er te veel een beroep te worden gedaan op het ventilatiegedrag. Het zelf inspelen op de weersomstandigheden en de binnenlucht-situatie wordt door veel patiënten als zeer moeilijk ervaren. Ook het probleem van het ventileren met ruimtelucht uit een ander vertrek is een individueel moeilijk te beheersen zaak. Zowel gebalanceerde mechanische ventilatie (al dan niet in combinatie met verwarming) als zelfregelende ventilatieroosters zijn in dit verband aan te bevelen.

(zie ook opmerkingen over het gebruik van gebalanceerde ventilatie in appendix B)

6.5 Zo min mogelijk grote temperatuurverschillen en/of luchtvochtigheidsverschillen binnen de woning

CARA patiënten kunnen zeer gevoelig zijn voor wisselingen van temperatuur en/of luchtvochtigheid. Deze wisselingen worden ervaren als specifieke prikkels.

Deze eis impliceert derhalve dat de gehele woning gelijkmatig verwarmd moet kunnen worden en dat lokale vochtproductie zoveel mogelijk direct moet kunnen worden afgevoerd.

6.6 Een efficiënte woningindeling

CARA patiënten, en vooral de oudere patiënten met bijv. emfyseem, moeten zo economisch en efficiënt mogelijk omgaan met hun veelal zeer beperkte lichamelijke capaciteiten.

Dit vereist een woningindeling en woninginrichting die zo min mogelijk lichamelijke energie vergt bij het verrichten van de dagelijkse (huishoudelijke) activiteiten (traplopen, koken, verplaatsen e.d.).

Deze eis impliceert een zo goed mogelijke ergonomisch verantwoorde indeling (korte afstanden, keuken en sanitaire ruimten goed gedimensioneerd e.d.). Geen uit- of inwendige trappen of hellingen, geen te hoge opstappen of drempels en eenvoudig schoon te houden.

Ook de bediening van bijv. klepramen of ventilatievoorzieningen dient zonder al te veel inspanning te kunnen geschieden (in feite gelden hier de eisen voor woningen voor lichamelijk gehandicapten, afgezien van aanvullende eisen voor rolstoelgebruikers, al hoewel deze eisen misschien in een latere levensfase van bijvoorbeeld de emfyseempatient toch nog nodig kunnen zijn).

6.7 Beperking van de hoeveelheid huisstof

Huisstof is niet alleen de 'habitat' van huisstofmijten, maar kan ook bij opwerveling van de fijnere fracties als irriterende stof invloed hebben op de luchtwegen. Bestrijding van huisstof is vooral een zaak van de bewoner zelf; beheersing van de stofbronnen als textiele vloerbedekking, meubels, huisdieren, morsen van etensresten enz..

De detaillering van de bouwkundige afwerking kan slechts ten dele bijdragen aan het beheersen van de hoeveelheid huisstof. Te denken valt dan aan het voorkomen van stofnesten bij plinten en leidingdoorvoeren. Ook de bereikbaarheid voor de stofzuiger in hoeken en bij vaste meubelopstellingen is van belang.

In bijzondere gevallen, waar er sprake is van een bijzondere gevoeligheid voor huisstof, is te overwegen om de woning uit te rusten met een centraal stofzuigsysteem met de zogenoemde "stofcontacten".

Een dergelijk stofzuigsysteem voorkomt de opwerveling van fijn stof en is tevens een oplossing ter verlichting van het huishoudelijke werk. De installatie vraagt inbouw van leidingen met geringe diameter en ruimte voor de centrale stofzuiger. Er bestaan ook installaties die naderhand kunnen worden aangebracht.

7. HET BOUWBESLUIT IN RELATIE TOT CARA

Het Besluit van 16 december 1991 houdende technische voorschriften omtrent het bouwen van bouwwerken en de staat van bestaande bouwwerken (het Bouwbesluit) geeft voorschriften uit het oogpunt van veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid en energiezuinigheid omtrent o.a. het bouwen van woningen, woonketen, woonwagens en andere gebouwen en voorschriften uit het oogpunt van veiligheid, gezondheid en bruikbaarheid omtrent o.a. de staat van bestaande woningen, woonketen en woonwagens en van bestaande andere gebouwen.

Voor nieuw te bouwen bouwwerken zijn meer eisen of hogere eisen gesteld dan voor bestaande bouwwerken omdat in veel gevallen bestaande bouwwerken niet zonder kostenconsequenties aan de nieuwe eisen kunnen worden aangepast.

Voor wat betreft de relatie met CARA beperken we ons derhalve tot nieuw te bouwen bouwwerken en dan met name woningen en woongebouwen.

Gelet op het in hoofdstuk 6 genoemde programma van functionele eisen en hiervan afgeleide eisen zijn de volgende artikelen uit het Bouwbesluit van belang:

Artikel	Betreft
4	Overbrugging van hoogteverschillen tussen vloeren
26	Wering van vocht van buiten
27	Wering van vocht van binnen
30	Luchtverversing (ventilatie) verblijfsgebied, verblijfsruimte, badruimte, toiletruimte
31	Luchtverversing van overige ruimten
32	Verbrandingslucht en rook
33	Beperking toepassing schadelijke materialen
34	Beperking van het kunnen binnendringen van schadelijke stoffen
42	Bereikbaarheid van een in een woongebouw gelegen woning
43	Bijzondere toegankelijkheid
44	Verblijfsgebied
45	Verblijfsruimte
70	Thermische isolatie
71	Beperking van luchtdoorlatendheid

In de volgende paragrafen zullen de in hoofdstuk 6 geformuleerde eisen ten aanzien van woningen voor CARA-patiënten worden getoetst aan de genoemde artikelen in het Bouwbesluit.

7.1 Zo laag mogelijke concentratie van antigenen van huisstofmijten

Als afgeleide eisen zijn vermeld:

- geen bouwvocht

De aard van het bouwproces is van dien aard dat nauwelijks een kwalitatieve eis, laat staan een kwantitatieve eis kan worden gesteld.

In het Bouwbesluit worden dan ook geen eisen dienaangaande gegeven. Het toepassen van prefab-constructiedelen kan overigens de hoeveelheid bouwvocht beperken.

- een grenslaag-klimaat op de vloer, dat het gehele jaar zo veel mogelijk is gelegen buiten de grenslijn van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid waarbij mijtengroei tot praktisch nul is gereduceerd (figuur 2).

Dit impliceert een zo laag mogelijke RV van de binnenlucht en een zo hoog mogelijke temperatuur van de constructie-oppervlakken.

De vochtproductie (door de bewoners), vochttoevoer van elders ('natte' ruimten resp. de kruipruimte), de mate van ventilatie en de thermische kwaliteit van de constructie vormen hiervoor de voornaamste parameters.

Het Bouwbesluit relateert hieraan in de artikelen 26, 27, 30 en 70.

In appendix A is met behulp van enkele rekenvoorbeelden op basis van de eisen uit het Bouwbesluit nagegaan of onder verschillende klimatologische seizoensafhankelijke condities mijtengroei op de vloerconstructie al dan niet kan optreden.

Hieruit valt af te leiden dat over het algemeen genomen een reductie c.q. een beheersing van het aantal mijten valt te verwachten, maar dat het in de zomer in Nederlandse woningen niet mogelijk is om een microklimaat te realiseren dat geheel buiten het gebied van de klimatologische (rand)voorwaarden voor mijtengroei zal vallen.

In de winter echter is te verwachten dat, onder stationaire condities op de vloer, een microklimaat in verwarmde ruimten en bij goed ventilatiegedrag van de bewoners, zal optreden waarbij mijtengroei praktisch nihil zal zijn.

Met nadruk zij er hier nogmaals op gewezen dat hierbij geen rekening is gehouden met de invloed van vloerbedekking, stofzuigen, huisdieren e.d..

7.2 Zo laag mogelijke concentratie van sensibiliserende stoffen

In artikel 33 van het Bouwbesluit wordt gesteld dat bij ministeriële regeling ter beperking van de aanwezigheid in of bij de woning of woongebouw van een voor de gezondheid onaanvaardbare mate van vergiftigde of hinderlijke stoffen of van ioniserende stralen voorschriften kunnen worden gegeven omtrent het in de constructie toepassen van materialen waaruit die stoffen kunnen vrijkomen of die stralen kunnen ontstaan.

Alleen voor formadehyde is een dergelijke regeling uitgevaardigd.

In het Spaanplaatbesluit (Stb. 1986, 517) wordt als eis gesteld dat de concentratie formaldehyde in het binnenmilieu maximaal $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mag bedragen. Hierbij wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen de emissie van formaldehyde afkomstig uit bouwmaterialen en emissie afkomstig uit andere bronnen, zoals bijvoorbeeld meubelen, verbrandingsgasproducten of bronnen buiten de ruimte waarvan de invloed binnenshuis is te merken.

In de Regeling Bouwbesluit Schadelijke Materialen (1992) worden nadere eisen gesteld aan de emissie van formaldehyde uit bouwmaterialen. In absolute zin blijft voor een verblijfsgebied de grenswaarde voor de maximale concentratie $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$; de toename van de concentratie als gevolg van de emissie van formaldehyde uit alleen bouwmaterialen mag niet meer bedragen dan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor een verblijfsgebied of $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor een woonwagen.

Voor CARA-patiënten met een formaldehyde-allergie (zeldzaam) is deze grenswaarde hoogst waarschijnlijk nog veel te hoog (n.l. een factor 5 boven de gemiddelde buitenluchtconcentratie).

Voor de andere genoemde sensibiliserende stoffen zijn (nog) geen ministeriële regelingen opgesteld.

7.3 Een zo laag mogelijke concentratie van irriterende stoffen

De concentratie van irriterende stoffen uit bouwmaterialen wordt zowel bepaald door de mate van ventilatie (luchtverversing) als door de emissie. Het grote probleem hierbij vormt echter welke eisen men hier zou moeten stellen en welke maximum concentratie (gespecificeerd per stof) aanvaardbaar kan worden geacht (zie appendix B).

Behalve voor formaldehyde emissie uit bouwmaterialen zijn voor de in appendix B genoemde vluchtige verbindingen met irriterende eigenschappen voor de luchtwegen geen eisen gesteld in het Bouwbesluit. De gestelde maximum concentratie is echter voor een deel van de CARA-patiënten met hoge hyperreactiviteit nog veel te hoog; hiervoor zijn strengere eisen nodig.

Ten aanzien van de beperking van verbrandingsgassen (stikstofoxiden, koolmonoxyde etc.) zijn in artikel 32 eisen gesteld. Ook worden eisen gesteld om een voldoende toevoer van verbrandingslucht te waarborgen.

Voor wat betreft de ventilatie worden door het Bouwbesluit eisen geformuleerd voor de capaciteit van de voorzieningen voor de toevoer van verse lucht en de afvoer van binnenlucht. Voor de wijze van bepaling wordt verwezen naar NEN 1087:1992 :

Ventilatie van woningen en woongebouwen -- Eisen en bepalingmethoden.

De vereiste nominale capaciteit is hierbij gerelateerd aan een toelaatbare CO₂ - concentratie van maximaal 0,12 %.

De spuicapaciteit is bedoeld om de invloed van temperatuurbelastingen te beperken of om pieken van verontreinigingen effectief te kunnen afvoeren.

De toevoer van lucht naar de woonkamer mag afkomstig zijn uit de slaapkamers; de toevoer van lucht naar de keuken, badruimte, toilet-ruimte, wasruimte en droogruimte mag afkomstig zijn uit de andere vertrekken (woonkamer of slaapkamers), hal of gang of via een ventilatiesysteem zijn vermengd met lucht uit andere vertrekken (bijv. slaapkamers) en buitenlucht.

Voorzieningen voor de toevoer van buitenlucht dienen regelbaar (afsluitbaar) te zijn; de stand gesloten en/of dicht is hierbij gedefinieerd als de hoeveelheid toegelaten buitenlucht van ten hoogste 10 % van de nominale capaciteit.

Uit oogpunt van verspreiding van irriterende stoffen binnen een woning vormt het feit dat de toevoer van lucht naar met name de woonkamer en de keuken vanuit andere vertrekken (slaapkamers) mag plaatsvinden een negatief aspect. Het alternatief, te weten toevoer van buiten, vraagt een dubbele hoeveelheid ventilatielucht en is o.a. uit oogpunt van energie-beperking minder gewenst. Een dergelijke uitvoering van het ventilatiesysteem wordt echter door het Bouwbesluit niet gesanctioneerd.

In de NPR 1088:1991 is nader aangegeven op welke wijze een en ander kan worden gerealiseerd. Men heeft hierbij de keuze uit:

- natuurlijke toevoer en afvoer
- mechanische toevoer met natuurlijke afvoer
- mechanische afzuiging
- gebalanceerde ventilatie

Voor lage woongebouwen (tot 13 meter) worden alle systemen voldoende geacht; voor hoge woongebouwen wordt alleen mechanische afzuiging en gebalanceerde ventilatie voldoende geacht.

Uit oogpunt van energiezuinigheid wordt in artikel 71 een zekere minimale luchtdichtheid van de gebouwschil geëist.

Was vroeger een zekere basisventilatie (zelfs bij het sluiten van alle ramen en/of ventilatieroosters) min of meer gewaarborgd vanwege de geringe luchtdichtheid van de gebouwschil, de nieuwe eisen vergen een zeker bewust ventilatiegedrag van de bewoners, met name bij het systeem gebaseerd op natuurlijke toe- en afvoer.

De eisen uit het Bouwbesluit (geformuleerd als capaciteitseis) kunnen als voldoende worden geacht voor CARA-patiënten. Bij de keuze van het soort ventilatiesysteem (zoals aangegeven in de NPR 1088), zou men de voorkeur moeten geven aan een gebalanceerde mechanische ventilatie dan wel autonoom zelfregelende ventilatieroosters.

7.4 Zo gering mogelijk verschillen in temperatuur en RV

Het Bouwbesluit stelt eisen uit oogpunt van energiezuinigheid (artikel 70 en 71). Deze eisen impliceren een vrij hoge waarde voor de warmteweerstand van de woningschil en de toepassing van dubbelglas in alle verblijfsruimten inclusief bad- en toiletruimten. Daarnaast wordt in de ventilatienorm NEN 1087:1991 eisen gesteld ten aanzien van de verstoring van het thermisch comfort in de nabijheid van ventilatietoevoeropeningen. In zijn totaliteit zullen de voorschriften er toe kunnen leiden dat temperatuurverschillen binnen een woning beperkt kunnen blijven. Een en ander hangt wel samen met het stookgedrag van de gebruiker.

Wat betreft de variatie in relatieve luchtvochtigheid stelt het Bouwbesluit eisen aan de ventilatie van o.a. de keuken en de badkamer, gericht op o.a. het zo snel mogelijk afvoeren van hier geproduceerde vocht.

In dit licht bezien kunnen dagelijkse variaties (pieken) in de luchtvochtigheid beperkt blijven.

De variatie van de luchtvochtigheid gedurende het jaar wordt o.a. bepaald door het variërende buitenklimaat. Eisen aan een beperkte variatie op jaarbasis zouden neerkomen op bijvoorbeeld luchtbevochtiging in de winter; een dergelijke klimaatbeheersing is uit kostenoverwegingen niet haalbaar en ook niet noodzakelijk. Bovendien zal luchtbevochtiging in de winter leiden tot een voor huisstofmijten gunstiger grenslaag-klimaat.

7.5 Efficiënte woningindeling

Artikel 44 stelt eisen aan het aantal m² verblijfsgebied (55% van het gebruiksoppervlak met een minimum van 24 m²) dat in een woning moet zijn gelegen. Artikel 45 stelt eisen ten aanzien van verblijfsruimten (in het algemeen besloten ruimten bedoeld voor menselijke activiteiten als eten, slapen, zitten).

In deze artikelen wordt het principe van de vrije indeelbaarheid weergegeven; de eigenaar/gebruiker heeft hierbij de vrijheid de woning naar eigen inzicht in te delen.

De mogelijkheid de woningindeling op voor CARA-patiënten ergonomische wijze in te richten is hiermee in principe aanwezig; anderzijds stelt de overheid geen dwingende eisen. Een en ander dient derhalve op vrijwillige basis te geschieden.

7.6 Beperking hoeveelheid huisstof

Beperking van de hoeveelheid huisstof is bouwkundig vertaald naar een beperking van mogelijke 'stofnesten'. Het vermijden van 'stofnesten' zou een detaillering van de woning vergen, waarbij naden en kieren tussen constructiedelen wordt vermeden. De in de bouw gehanteerde maattoleranties zijn erop gericht de aansluiting van constructiedelen arbeidseffectief te doen plaatsvinden. Aanwezige kieren zullen bij de afwerking worden gevuld (men denke hierbij bijvoorbeeld aan het aanbrengen van dekvloeren en pleister- of stucwerk) of door middel van deklatten aan het zicht worden onttrokken.

De in artikel 71 gestelde eis aan de luchtdichtheid van de gebouwschil kan in dit opzicht positief uitwerken (maar vergt wel een meer bewust ventilatiegedrag van de bewoners).

Het totaal vermijden van kieren zal echter nauwelijks mogelijk zijn; zelfs indien een woning direct na oplevering 'kiervrij' is zullen in de loop van de tijd kieren ontstaan als gevolg van drogingskrimp en/of thermische beweging van de constructiedelen.

8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het programma van eisen voor woningen ten behoeve van bewoning door CARA-patiënten dient opgevat te worden als een integraal pakket van eisen voor zowel in ernst als in aard zeer uiteenlopende categorieën CARA-patiënten.

Er zij dan ook op gewezen dat men er niet van mag uitgaan dat een woning die aan alle of slechts enkele eisen voldoet, dan ook zonder meer geschikt dan wel ongeschikt behoeft te zijn voor één bepaalde CARA-patiënt. Het pakket vertegenwoordigt een soort grootste gemene deler.

Aanbevolen wordt, gezien juist deze zeer uiteenlopende verschillen in ernst en aard van CARA, dat er in eerste instantie per individuele patiënt wordt nagegaan of de aan te bieden woning voor dat specifieke geval wel geschikt is.

Deze afweging per patiënt zou allereerst moeten geschieden op basis van klinische, allergologische en sociaal-psychologische gegevens van de patiënt. Alleen de behandelende arts, specialist of astma-team zou dan een "profiel" (of programma) kunnen opstellen waaraan de aangeboden woning getoetst kan worden voor geschiktheid.

Dit ter voorkoming van zowel over- als onderinvestering in de eventueel boven het Bouwbesluit-niveau geëiste voorzieningen. Het kan bijv. voorkomen dat slechts aan een enkele specifieke eis in extremo moet worden voldaan of dat juist meerdere eisen, op een lager niveau gerealiseerd, reeds voldoende toegesneden zijn op een bepaalde CARA-patiënt.

Toetsing op het Bouwbesluit van het programma van eisen van woningen t.b.v. CARA-patiënten geeft de volgende conclusies:

- Ten aanzien van de beheersing c.q. voorkoming van huisstofmijten, geven de voorschriften uit het Bouwbesluit en de hiermee gerelateerde normen, voldoende garantie voor een sterke groeibeperking in de winter en een redelijke, doch van nature in Nederland niet (geheel) bereikbare, beheersing van mijtengroei in de zomer.

Een en ander uiteraard afhankelijk van het bewonersgedrag t.a.v. ventilatie, vochtproductie, meubilering, stoffering en huisdieren.

- Ten aanzien van de beheersing van irriterende stoffen (vooral VOC's) en sensibiliserende chemische stoffen zijn in het Bouwbesluit middels de Ministeriële regelingen in principe de mogelijkheden geboden om verdere eisen te stellen.

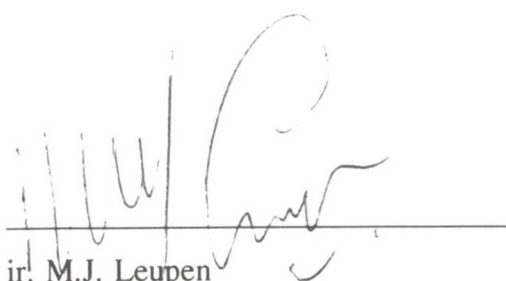
Voor wat betreft de emissie van formaldehyde uit spaanplaat is wel een beperking te verwachten, doch voor de groep sterk hyperreactieve-, en zeker voor formaldehyde-allergische-, CARA-patiënten is de eis volgens het Spaanplaatbesluit hoogst waarschijnlijk onvoldoende.

Voor wat betreft de VOC's met een eindige emissie-waarde (bijv. oplosmiddelen uit verven en lakken) kan een uitstel van bewoning na oplevering van ongeveer 1/2 à 1 jaar, een oplossing bieden. Het probleem van het bouwvocht is dan voor een groot deel tevens opgelost (termijn ongeveer 2 à 3 jaar). Dit laatste uiteraard mits de woning in die tijd (door anderen) wordt bewoond en/of droog gestookt.

- Beheersing van de emissie van verbrandingsgassen (o.a. stikstofoxyden) uit gasverwarmingstoestellen wordt niet gegarandeerd door bijvoorbeeld het verbod op afvoerloze geisers. Ook het gebruik van gaskooktoestellen blijft toegestaan. Afhankelijk van de individuele situatie van de CARA-patiënt kan overwogen worden over te gaan op elektrische kooktoestellen.
- Ten aanzien van de ventilatie kunnen de capaciteitseisen volgens het Bouwbesluit als voldoende worden geacht. Voor de keuze van het soort ventilatiesysteem (NPR 1088) zou voor CARA-patiënten een gebalanceerde ventilatie en/of zelfregelende ventilatievoorziening moeten worden geëist.
- Grote overgangen van temperatuur en luchtvochtigheid zijn binnen woningen gebouwd volgens het Bouwbesluit niet te verwachten. Uiteraard speelt hier de bewoner een belangrijke rol door zijn eigen stookgedrag.
- De eis van een efficiënte woningindeling, vooral t.b.v. luchtweg gehandicapten CARA-patiënten, is niet zonder meer in elk woningtype te realiseren.

Het Bouwbesluit beperkt zich alleen tot technische eisen en regelt geen huishoudelijke en/of ergonomische zaken.

- Wat betreft de beperking van stof geeft het Bouwbesluit nauwelijks aangrijpingspunten. De eisen ten aanzien van de luchtdichtheid kunnen beperkend werken ten aanzien van het voorkómen van naden en kieren. Het verbieden van bijv. plinten wordt niet gezien als een reële oplossing van stofbeperking ("stofnesten"); door o.a. thermische beweging en/of drogingskrimp kunnen bij de aansluiting van vloeren (en afwerkvloeren) naden ontstaan. De woningafwerking speelt een zeer belangrijke rol en is vooral een zaak van de bewoner zelf of van de verhuurder.
- Het Bouwbesluit kent in zijn strikte vorm geen belemmeringen die het toepassen van de eventueel extra maatregelen t.b.v. CARA-patiënten onmogelijk maakt.



ir. M.J. Leupen
projectleider



Plv. Hoofd Afd. BBI
ir. M. Rolloos

Delft, 15 juni 1993

9 LITERATUUR

Bro72

J.E.M.H. van Bronswijk en H.H.M. Koekkoek

Effects of low temperatures on the survival of house-dust mites of the family

Pyroglyphidae

Neth. Jrn. Zool. 22 (1972), pag 207-212

Kor79

J. Korsgaard

The effect of the indoor environment on the house dust mite

WHO Symposium Indoor Climate, Copenhagen (1978), pag 187-205

Kor83

J. Korsgaard

Mite asthma and residency. A case control study on the impact of exposure to house-dust mites in dwellings

Am. Rev. Respir. Dis. 128 (1983) pag 231-235

Pla87

T.A. Platts Mills; M.D. Chapman

Dust mites: Immunology, allergy disease and environmental control

Jrn. All. Clin. Immunol. 80 (1987) pag 755-775

Spi67

F.Th.M. Spieksma

The house-dust mites, *Dermatophagoides pteronyssinus*, producer of the house-dust allergen

Academisch proefschrift, Leiden (1967)

Wec87

A.L. de Weck, A.Todt

Mite allergy. A world-wide problem

Proceedings of an international meeting

Bad Kreuznach, UCB Inst. Allergy, (1987)

WHO88

World Health Organisation

Dust mites allergens and asthma: a world wide problem

Bull. WHO 66 (1988), pag 769-780

APPENDIX A

Bijlage A.

APPENDIX A

DE INVLOED VAN BOUWKUNDIGE RANDVOORWAARDEN OP DE GROEIOMSTANDIGHEDEN VAN HUISSTOFMIJTEN

1. INLEIDING

In het voorafgaande rapport is nader ingegaan op onder andere de (klimaat)omstandigheden die bepalend zijn voor de groei- of overlevingskansen van de huisstofmijt.

In een woning kunnen echter lokaal relatief grote verschillen optreden in de klimaatomstandigheden; zo kan ter plaatse van het oppervlak van scheidingsconstructies de temperatuur aanzienlijk verschillen van de luchttemperatuur in het vertrek. Als gevolg hiervan is ook de relatieve luchtvochtigheid (RV) aan het oppervlak verschillend met die van de vertreklucht. In welke mate dit microklimaat (temperatuur en RV ter plaatse van een oppervlak) wordt beïnvloed zal onder andere afhangen van de eigenschappen van de bouwkundige constructies. Deze eigenschappen kunnen zowel direct van invloed zijn (bijv. op de temperatuur aan het oppervlak) als indirect invloed uitoefenen (bijv. op het vochtgehalte van de vertreklucht).

In deze appendix A zal de invloed van een aantal bouwkundige randvoorwaarden op het microklimaat nader worden beschouwd, zoals:

- de warmteweerstand van de begane grondvloer;
- de temperatuurfactor van de binnenoppervlakte;
- de luchtdoorlatendheid van de begane grondvloer.

Met name deze drie aspecten worden onder de loep genomen omdat het per 1 oktober 1992 van kracht zijnde Bouwbesluit hiervoor specifieke eisen formuleert c.q. een aanzienlijk hogere eis stelt dan tot op heden gold.

Een en ander zal op de volgende wijze geschieden:

- 1 met behulp van beschikbare rekenmodellen kan worden gekwantificeerd in welke mate de weekgemiddelde luchttemperatuur en RV in een vertrek varieert gedurende een jaar. Op basis van de constructie-eigenschappen worden deze weekgemiddelde waarden vertaald naar de klimaatcondities ter plaatse van het binnenoppervlak.
- 2 door deze weekgemiddelde klimaatcondities te vergelijken met de voor groei- c.q. overlevingskansen van huisstofmijten noodzakelijke klimaatcondities (figuur 2 uit het voorgaande rapport, hier aangeduid als figuur A 1) kan dan worden aangegeven of een bouwkundige voorziening een gunstige dan wel ongunstige invloed heeft.

2. GROEI- EN OVERLEVINGSCONDITIES VAN HUISSTOFMIJTEN

De mate, waarin een populatie van huisstofmijten groei kan vertonen of een zekere periode van 'ongunstige' condities kan overleven, wordt onder andere bepaald door de temperatuur en de RV en de hieraan gekoppelde tijdsduur.

Op basis van overigens beperkte literatuurgegevens is in figuur 2 van het voorafgaande rapport (in deze appendix aangeduid als figuur A-1) een en ander in de vorm van temperatuur/RV-gebieden grafisch weergegeven. Twee van deze gebieden zijn in figuur A-2 getekend.

Het binnenste gebied geeft aan voor welke condities groei kan optreden; het optimum ligt bij circa 25 °C en 80 %. Op de grenzen van dit gebied wordt geen groei verondersteld. Buiten dit binnenste gebied worden de overlevingskansen voor huisstofmijten steeds kleiner; de grenzen van het buitenste gebied geven de condities die een populatie mijten gedurende een week nog kan doorstaan zonder uit te sterven. Hoe dichter echter het microklimaat deze grens nadert des te groter zal het aantal mijten zijn dat niet overleeft.

3. VERTREKKLIKAAT EN MICROKLIMAAT

Het microklimaat wordt gevormd door de temperatuur en de RV ter plaatse van het oppervlak. Het vertrekklimaat vormt echter voor dit microklimaat een randvoorwaarde; immers zowel de vertrektemperatuur als de RV (of het vochtgehalte) van de vertreklucht zijn bepalend voor de temperatuur en de RV aan het oppervlak.

In eerste instantie dient dus te worden nagegaan op welke wijze het vertrekklimaat tot stand komt. Na kwantificering hiervan kan pas worden bepaald welk microklimaat hieruit voortvloeit.

Het vertrekklimaat wordt bepaald door de volgende factoren:

- **de afmetingen (inhoud) van het vertrek**
- **de vertrektemperatuur**
- **de vochtproductie in het vertrek**

Hieronder wordt verstaan de directe vochtproductie door menselijke activiteiten; echter ook de toevoer van vochtige lucht van buiten dit vertrek (men denke hierbij vooral aan de toevoer van vochtige lucht vanuit de kruipruimte via luchtlekken in de begane grondvloer) kan worden opgevat als een extra vochtbron. Complicatie hierbij is dat het klimaat in een kruipruimte (en dus het vochtgehalte van de kruipruimtelucht) wordt beïnvloed door o.a. de warmteweerstand van de begane grondvloer.

- **de ventilatie van het vertrek**

Deze is bepalend voor de afvoer van de 'vochtige' vertreklucht en aanvoer van de 'droge' buitenlucht. Naarmate de ventilatiehoeveelheden geringer zijn zal het vochtgehalte van de vertreklucht toenemen ten opzichte van buiten.

- **bouwmaterialen en inboedel (hygroscopische buffering)**

Veel materialen vertonen een hygroscopisch gedrag, dat wil zeggen dat deze materialen vocht opnemen bij toenemende RV en vocht afstaan bij dalende RV. De aanwezigheid van dit soort materialen in een vertrek zijn er de oorzaak van dat tijdens pieken in de vochtproductie een deel van het geproduceerde vocht (tijdelijk) wordt opgeslagen en tijdens perioden van geringe of geen vochtproductie wordt afgegeven.

- **beglazing**

Bij relatief lage buitentemperaturen kan (tijdelijk) condensatie ontstaan op de beglazing. Is de hoeveelheid condensatie gering (het water druipt dan niet af) dan is dit op te vatten als een buffering zoals hierboven genoemd. Zijn de condensatiehoeveelheden echter groot dan zal een deel van het vocht afdruipen. Vooral bij een beglazing met enkelglas kan dit verschijnsel optreden, reden waarom bij enkelglas altijd condensgoten aanwezig (moeten) zijn. Door afvoeropeningen in de condensgoot kan dan het afgestroomde water naar buiten worden afgevoerd.

Treedt dit daadwerkelijk op dan is er sprake van extra afvoer van vocht. In veel gevallen blijken echter de afvoeropeningen in de condensgoot of niet aangebracht te zijn of niet te functioneren wegens verstopping; in zo'n situatie is dan weer sprake van een buffer-effect (het in de condensgoot verzamelde water zal tijdens 'droge' periode weer verdampen).

Uit het gestelde in artikel 70 lid 3-a van het Bouwbesluit kan worden afgeleid dat in verblijfsruimten dubbelglas moet worden toegepast.

- **het buitenklimaat**

Het vertrekklimaat komt tot stand als een superpositie op het buitenklimaat. Dit betekent onder andere dat naarmate het vochtgehalte van de buitenlucht hoger is ook het vochtgehalte van de binnenlucht hoger zal zijn. Een relatief strenge winter betekent lage buitentemperaturen en dientengevolge ook een laag vochtgehalte buiten en zal resulteren in een relatief laag luchtvochtgehalte (en dus ook een lage RV) in het vertrek; in een relatief zachte winter zal de RV in een vertrek minder laag worden.

Het zal duidelijk zijn dat in eerste instantie een (dynamische) berekening dient te worden uitgevoerd om het vertrekklimaat te kwantificeren. Het is hierbij noodzakelijk, gezien de hierboven genoemde invloedsfactoren, dat een referentieniveau wordt gekozen, dat wil zeggen dat voor een aantal van de hierboven genoemde randvoorwaarden een zekere waarde wordt gekozen. Het op basis hiervan berekende vertrekklimaat dient dan als randvoorwaarde voor het microklimaat.

Het microklimaat wordt bepaald door de temperatuur en de RV aan het oppervlak. Bepalend zijn voor:

- a. de oppervlaktetemperatuur (bij homogene constructies)

de vertrektemperatuur

de overgangswaerstand aan het binnenoppervlak van constructies.

Deze wordt onder andere beïnvloed door eventuele thermische afscherming door de aanwezigheid van meubilair ter plaatse van dit binnenoppervlak; ook de aanwezigheid van een (relatief damp-open) vloerbedekking kan als een thermische afscherming worden beschouwd.

In NEN 2778:1991 "Vochtwering in gebouwen. Bepalingsmethoden" worden twee verschillende waarden hiervoor genoemd, te weten:

- o $R_i = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor niet afgeschermd oppervlakken
- o $R_i = 0,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor afgeschermd oppervlakken

de warmtewaerstand van de constructie

De warmtewaerstand van een constructie is een maat voor de mate waarin de constructie weerstand biedt aan warmtetransport. Hoe hoger de waarde voor de warmtewaerstand des te minder energieverlies er optreedt via deze constructie.

In het per 1 oktober 1992 van kracht zijnde Bouwbesluit wordt voor uitwendige scheidingsconstructies (uitgezonderd ramen en deuren) en de begane grondvloer een warmtewaerstand geëist van ten minste $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

de buitentemperatuur

Onderscheid kan worden gemaakt tussen de werkelijke buitentemperatuur en de luchttemperatuur in een kruipruimte onder de begane grondvloer.

De kruipruimtetemperatuur blijkt aanzienlijk trager en zeer gedempt de buitenluchttemperatuur te volgen. Voor begane grondvloeren boven kruipruimten dient hiermee rekening te worden gehouden.

b. de oppervlaktetemperatuur bij niet-homogene constructies

Niet-homogene constructies zijn constructies waarbij evenwijdige materiaallagen plaatselijk worden doorsneden door materialen met een veel hogere warmtegeleiding dan het omringende materiaal. Het gevolg hiervan is dat de binnenoppervlakte-temperatuur ter plaatse van een dergelijke doorsnijding lager is dan elders op het constructie-oppervlak. Dergelijke doorsnijdingen worden algemeen aangeduid als koudebruggen. Ook ter plaatse van aansluitingen van constructiedelen kunnen koudebrugeffecten ontstaan.

Een karakterisering van dergelijke koudebruggen geschiedt door middel van de temperatuurfactor van de binnenoppervlakte (kortweg f-waarde genoemd) gedefiniëerd door :

$$f = \frac{T_{opp} - T_e}{T_i - T_e}$$

waarin:

T_{opp} is de lokale oppervlaktetemperatuur

T_i is de binnenluchttemperatuur

T_e is de buitenluchttemperatuur

Omdat de binnenoppervlaktetemperatuur plaatsgebonden is geldt in principe voor ieder punt op het binnenoppervlak een andere f-waarde. In het reeds genoemde Bouwbesluit is voor woningen, woongebouwen, logiesgebouwen en woonwagens de eis opgenomen dat de f-waarde op geen enkele plaats op het binnenoppervlak lager mag zijn dan 0,65.

c. de luchtdoorlatendheid van de begane grondvloer

Veel begane grondvloeren blijken in redelijke mate luchtdoorlatend te zijn. Het gevolg hiervan is dat lucht vanuit de kruipruimte naar de woning kan stromen. Aangezien de kruipruimtelucht meestal aanzienlijk vochtiger is dan de buitenlucht betekent een dergelijk luchttransport een extra vochtbelasting voor de woning, waardoor de RV in de woning toeneemt.

Onder meer uit oogpunt van beperking van deze extra vochtbelasting wordt in het Bouwbesluit een eis gesteld aan de luchtdichtheid van begane grondvloeren. Deze eis is geformuleerd in de vorm van een maximale luchtvolumestroom bij een bepaald drukverschil.

d. bouwvocht

Veel materialen/constructies hebben direct na de realisatie van het gebouw een aanzienlijk hoger vochtgehalte dan zij in de uiteindelijke evenwichts-situatie zouden vertonen. De invloed hiervan op het microklimaat is tweeledig:

- door een hoger vochtgehalte van de constructie is de RV aan het oppervlak van deze constructie al hoger.
- door verdamping (droging) van dit bouwvocht treedt een extra vochtbelasting op die tot uiting komt in een toename van de RV binnen.

Overigens vormt bouwvocht slechts een tijdelijk verschijnsel; na enige tijd (geschat wordt 2 à 3 jaar) is het bouwvocht verdwenen.

In figuur A-3 zijn de diverse invloedsfactoren voor het microklimaat in een blokschema weergegeven.

4. HET REFERENTIE-NIVEAU

Zoals reeds aangegeven dient in eerste instantie het vertrekklimaat te worden gekwantificeerd. Dit houdt in dat moet worden uitgegaan van een te kiezen vertrek dat dient als referentie-niveau voor het vertrekklimaat. Wel dient het voor dit vertrek berekende klimaat overeen te stemmen met datgene wat in de praktijk wordt waargenomen.

Als uitgangspunt wordt van het volgende uitgegaan:

- o **vertrekafmetingen**

oppervlak 40 m²

- o **inhoud**

100 m³

- o **beglazing**

oppervlak 10 m²

- o **hygroscopische materialen**

oppervlak 100 m²

effectieve dikte 80 mm

hygroscopiciteit : lineair, 0.1 vol% per % RV verandering

- o **ventilatie** : 100 m³/h

- o **vertrektemperatuur**

Het dagelijks verloop van de vertrektemperatuur wordt gekozen zoals in figuur A-4 is weergegeven voor de maand januari. Voor de maanden februari tot en met juni wordt per maand dit niveau met 0,6 °C verhoogd. Van augustus tot en met december wordt een afname met 0,6 °C per maand genomen. Een en ander betekent dat zomers de binnentemperatuur gemiddeld 3 °C hoger is dan 's winters.

- o **vochtproductie**

Een dagelijkse vochtproductie zoals gegeven in figuur A-5 (aannee voor het begane grondniveau).

Voor de bijdrage aan de vochtproductie van de kruipruimte wordt uitgegaan van een luchtvolumestroom via de begane grondvloer van 20. 10⁻⁶ m³/s (gestelde maximum eis in het Bouwbesluit).

Voorts wordt verondersteld dat bij een buitentemperatuur van 0 °C het drukverschil over de begane grondvloer 4 Pa bedraagt en bij een buitentemperatuur van 20 °C het drukverschil 2 Pa bedraagt. Voor tussen liggende waarden van de buitentemperatuur wordt lineair geïnterpoleerd.

o **buitenklimaat**

Uitgegaan wordt van de uurlijkse waarden voor temperatuur en RV voor het K.N.M.I-station Rotterdam voor de jaren 1987 en 1988. Het jaar 1987 kenmerkte zich als een redelijk strenge winter; het jaar 1988 kenmerkte zich als een redelijk zachte winter.

De maandgemiddelde buitentemperaturen waren als volgt:

maand	1987	1988
januari	-1,9	6,3
februari	2,5	5,1
maart	2,7	5,5
april	10,8	8,9
mei	10,0	14,3
juni	13,6	14,7
juli	16,8	16,2
augustus	16,2	16,6
september	15,1	14,5
oktober	11,4	11,2
november	7,4	6,5
december	4,6	7,7

In figuur A-6 en A-7 zijn de buitentemperatuur en RV voor beide jaren grafisch weergegeven.

Voor de berekening van het vertrekklimaat wordt gebruik gemaakt van het computermodel BINKLIM [IBBC90]. In dit model is de vochtbalans gediscretiseerd en wordt per discrete tijdstap (300 s) opgelost.

Uitgegaan wordt van ideale menging van de binnenlucht, dat wil zeggen dat op iedere plaats in het vertrek de dampspanning op ieder moment gelijk is. Een dergelijke aanname is overigens niet geheel in overeenstemming met de werkelijkheid. In [Wee88] worden experimentele resultaten gegeven van de dampdruk in een vertrek tijdens pieken in de vochtproductie (zoals zal gelden bij bijvoorbeeld kookactiviteiten). Lokaal blijken dan relatief grote verschillen te kunnen optreden in de dampdruk; na 1 à 2 uur blijken deze verschillen overigens te zijn vereffend. Genoemd model is daarom slechts geschikt voor de berekening van gemiddelde effecten over een wat langere tijdsperiode; om deze reden worden de resultaten gepresenteerd als weekgemiddelden.

Voor de berekening van de vochttoevoer uit de kruipruimte wordt de dampspanning van de kruipruimte berekend met het model KRUIP.WKS [Elk89]. Dit model wordt overigens ook gebruikt voor de berekening van de gemiddelde kruipruimtetemperatuur gedurende de maanden van het jaar; deze kruipruimtetemperatuur vormt dan weer het uitgangspunt voor de berekening van het microklimaat aan het vloeroppervlak.

Voor het gekozen referentie-niveau is nu in eerste instantie het verloop van de dampconcentratie in het vertrek gedurende de jaren 1987 en 1988 berekend.

Uit deze resultaten is vervolgens bepaald het weekgemiddelde verschil in dampconcentratie tussen binnen en buiten alsmede de weekgemiddelde buitentemperatuur. In figuur A-8 zijn deze weekgemiddelde dampconcentratieverschillen grafisch weergegeven. De getrokken lijnen in deze figuur A-8 geven de grenzen aan waarbinnen het dampconcentratieverschil normaliter ligt voor woningen (dit gebied wordt meestal aangeduid als klimaatklasse II, zie bijvoorbeeld SBR92). Zoals hieruit blijkt stemt het berekende vertrekklimaat redelijk overeen met datgene wat in de praktijk wordt geconstateerd. Het gekozen referentie-niveau vormt derhalve een redelijk praktisch uitgangspunt.

5. DE INVLOED VAN DE BOUWKUNDIGE RANDVOORWAARDEN

5.1 De begane grondvloer

De mate waarin de begane grondvloer invloed uitoefent op het microklimaat aan zijn oppervlak is tweeledig:

- bij een geringe warmteweerstand van de begane grondvloer zal het binnen oppervlak een relatief lage temperatuur bezitten. Bij toename van de warmteweerstand zal deze oppervlakte-temperatuur toenemen; deze toename zal echter geringer zijn dan op basis van de warmteweerstand en de overgangsweerstanden is te verwachten. De oorzaak hiervan is gelegen in het feit dat bij toename van de warmteweerstand de toevoer van warmte naar de onder de vloer aanwezige kruipruimte zal verminderen. Dit heeft als gevolg dat deze kruipruimte (en de bodemmassa) minder wordt opgewarmd, waardoor de luchttemperatuur in de kruipruimte een daling te zien zal geven. De wat lagere kruipruimte-temperatuur zal de temperatuur-toename van het binnenoppervlak van de vloer enigszins beperken.
- een extra vochtbelasting van een vertrek kan optreden door toevoer van vochtige lucht vanuit de kruipruimte naar dit vertrek. De mate waarin dit gebeurt is afhankelijk van onder andere het vochtgehalte van de kruipruimtelucht. Omdat deze sterk is gerelateerd aan de temperatuur in de kruipruimte zal bij een daling van de kruipruimtetemperatuur het vochtgehalte van de kruipruimtelucht afnemen. Een hogere waarde voor de warmteweerstand van de begane grondvloer betekent een wat lagere kruipruimtetemperatuur en derhalve een vermindering van de vochtbelasting als gevolg van toevoer van vochtige kruipruimtelucht.

Voor het bepalen van de invloed van de begane grondvloer op het microklimaat aan zijn binnenoppervlak is uitgegaan van de volgende varianten:

a. warmteweerstand

$$R_c = 0,4 \text{ m}^2\text{.K/W (ongeïsoleerde vloer)}$$

luchtdoorlatendheid

factor 4 hoger dan resp. gelijk aan de eis in het Bouwbesluit (opgemerkt wordt dat uit een praktijkonderzoek [SBR89] van 23 woningen is gebleken dat de luchtdoorlatendheid gemiddeld een factor 4 hoger lag dan de genoemde eis. De betreffende begane grondvloeren waren van een steenachtig type. Bij houten vloeren kan de luchtdoorlatendheid nog aanzienlijk hoger liggen.)

b. warmteweerstand

$$R_c = 1,3 \text{ m}^2\text{.K/W (geïsoleerde vloer volgens het niveau 1991)}$$

luchtdoorlatendheid

factor 4 hoger dan de eis in het Bouwbesluit

c. warmteweerstand

$$R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{.K/W (eis volgens Bouwbesluit)}$$

luchtdoorlatendheid

factor 4 hoger dan resp. gelijk aan de eis in het Bouwbesluit

Voor deze varianten is in eerste instantie het klimaat in de kruipruimte berekend voor de jaren 1987 en 1988 (vochtgehalte kruipruimtelucht en temperatuur in de kruipruimte).

Het verloop van het vochtgehalte van de kruipruimtelucht dient in het vertrekmodel als invoer voor de vochtbelasting vanuit de kruipruimte. Na berekening van het vertrekklimate is op basis van de kruipruimtetemperatuur het microklimaat aan het oppervlak bepaald. Als overgangsweerstand is hierbij uitgegaan van $R_i = 0,25 \text{ m}^2\text{.K/W}$ (niet-afgeschermdde vloerdelen) resp. $0,50 \text{ m}^2\text{.K/W}$ (afgeschermdde vloerdelen).

De resultaten zijn berekend als weekgemiddelde waarden voor temperatuur en RV en gegeven in de figuren A-9 tot en met A-18 voor het jaar 1987 en in de figuren A-19 t/m A-28 voor het jaar 1988.

5.2 Koudebruggen

Koudebruggen kunnen worden gekarakteriseerd door de temperatuur-factor van de binnenoppervlakte, kortweg f-waarde genoemd.

Is de f-waarde op enig punt van een binnenoppervlak bekend dan kan met behulp van de definitie de gemiddelde temperatuur worden berekend.

Op basis hiervan en het vertrekklimaat kan vervolgens het microklimaat op deze plaats worden bepaald. Van belang hierbij is of het vertrekklimaat wordt beïnvloed door de eigenschappen van de begane grondvloer.

Voor een drietal f-waarden zijn berekeningen uitgevoerd, te weten:

- $f = 0,45$: begane grondvloer met $R_c = 0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ en een luchtdoorlatendheid die een factor 4 groter is dan de eis in het Bouwbesluit
- $f = 0,45$: begane grondvloer met $R_c = 1,3 \text{ m}^2\text{K/W}$ en een luchtdoorlatendheid die een factor 4 groter is dan de eis in het Bouwbesluit
- $f = 0,65$: begane grondvloer met $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ en een luchtdoorlatendheid die een factor 4 groter is dan de eis, respectievelijk een luchtdoorlatendheid gelijk aan de eis in het Bouwbesluit.

In de figuren A-29 t/m A-32 zijn de resultaten gegeven voor het jaar 1987; de figuren A-33 t/m A-36 geven de resultaten voor het jaar 1988.

6. BESPREKING EN CONCLUSIES

Zoals uit figuur A-1 en A-2 blijkt vormt een temperatuur van 15 °C à 20 °C in combinatie met een RV van 60 % tot 85 % gunstige condities voor de groei van huisstofmijten. Dergelijke condities gelden in de zomermaanden voor het buitenklimaat.

Omdat in de zomermaanden de temperatuurverschillen tussen binnen en buiten gering zullen zijn zal de temperatuur aan het binnenoppervlak van constructies hooguit enkele graden hoger liggen dan de gemiddelde buitentemperatuur.

Omdat tevens het verschil in luchtvochtgehalte tussen binnen en buiten gering is zal het microklimaat aan het binnenoppervlak van constructies eveneens binnen het groeigebied liggen. De eigenschappen van de bouwkundige constructies spelen in de zomermaanden derhalve nauwelijks een rol.

Het creëren aan het binnenoppervlak van constructies van een microklimaat dat ongunstig is voor de groei van huisstofmijten zal dan ook in de zomermaanden door bouwkundige maatregelen niet kunnen worden gerealiseerd.

Om het aantal huisstofmijten in een woning te beperken dient men maatregelen te nemen die er op zijn gericht dat zo weinig mogelijk huisstofmijten de wintermaanden zullen overleven.

Bouwkundige voorzieningen kunnen hieraan een bijdrage leveren, waarbij met name de condities aan het oppervlak in de wintermaanden van belang zijn.

Voor de invloed van deze bouwkundige voorzieningen bekijken we de resultaten die gegeven zijn in de figuren A-9 t/m A-36.

Hiertoe wordt figuur A-2 tesamen afgebeeld met de contouren van het gebied (aangeduid als jaargebied), waarbinnen de weekgemiddelde waarden voor temperatuur en RV aan het oppervlak liggen voor een bepaalde berekende variant.

Het volgende blijkt dan:

a. invloed warmteweerstand begane grondvloer

Figuur A-37 geeft het jaargebied voor drie verschillende waarden voor de warmteweerstand van de begane grondvloer ($R_c = 0,4$ resp. 1,3 en 2,5 m².K/W) voor het jaar 1987. De luchtdoorlatendheid van de begane grondvloer is een factor 4 hoger dan de eis in het Bouwbesluit; de overgangsweerstand R_i bedraagt 0,25 m².K/W. Figuur A-38 geeft dit beeld voor het jaar 1988.

Zoals uit figuur A-37 blijkt treedt een duidelijke verschuiving op naar een voor huisstofmijten ongunstig microklimaat bij toename van de warmteweerstand.

Figuur A-38 vertoont eveneens een verschuiving richting een ongunstiger microklimaat; de mate van verschuiving is wat minder vanwege een zachter winterklimaat.

Voor een overgangsweerstand aan het binnenoppervlak van $R_i = 0,50 \text{ m}^2.\text{K/W}$ wordt een min of meer analoog beeld verkregen.

b. invloed luchtdoorlatendheid begane grondvloer

Figuur A-39 geeft voor het jaar 1987 en een overgangsweerstand van $R_i = 0,25 \text{ m}^2.\text{K/W}$ het jaargebied voor een begane grondvloer met $R_c = 1,3 \text{ m}^2.\text{K/W}$ en een luchtdoorlatendheid die een factor 4 hoger dan de eis in het Bouwbesluit respectievelijk het jaargebied voor een warmteweerstand van $R_c = 2,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$ en een luchtdoorlatendheid gelijk aan de eis in het Bouwbesluit.

Figuur A-40 geeft dit beeld voor het jaar 1988.

Ook uit deze beide figuren blijkt duidelijk dat de warmteweerstandsverhoging tot $R_c = 2,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$ in combinatie met de beperking van de luchtdoorlatendheid van de vloer leidt tot een zeer duidelijke verschuiving in de richting van een voor huisstofmijten ongunstig microklimaat.

Ook indien de winter minder streng is (figuur 40) zullen de eisen zoals gesteld in het Bouwbesluit nog tot een dusdanig ongunstig microklimaat leiden dat de overlevingskansen van huisstofmijten zeer gering worden.

Voor het microklimaat ter plaatse van koudebruggen wordt het volgende gevonden:

- voor een lage f-waarde ($f = 0,45$) (figuur 29, 30, 33 en 34) blijkt in de wintermaanden het vochtgehalte aan het oppervlak te stijgen tot boven de 90 %. In een strenge winter (figuur 29 en 30) zal zelfs condensatie op het oppervlak plaatsvinden. Hoewel dit op zich ongunstige condities voor huisstofmijten zijn dient men zich te realiseren dat op enige afstand van zo'n koudebrug de condities minder extreem zullen zijn. Er zullen dan altijd lokaties zijn alwaar het microklimaat gunstig is voor de huisstofmijt.

- verbetering van alleen de f-waarde zal op zich geen dusdanige verschuiving in het microklimaat veroorzaken die tot geringe overlevingskansen zullen leiden. Wel zal de kans op vochtproblemen door condensatie (sterk) afnemen.
- in combinatie met de beperking van de luchtdoorlatendheid van de begane grondvloer heeft een verhoging van de f-waarde tot 0,65 wel degelijk gunstige gevolgen.

Om de invloed van de diverse factoren wat overzichtelijker te presenteren is in tabel A-1 per invloedsfactor (of combinaties hiervan) aangegeven het aantal weken per jaar dat het microklimaat ligt in de volgende gebieden:

gebied 0

Dit betreft het gebied met een $RV > 85 \%$

Hoewel deze conditie ongunstig is voor huisstofmijten is een dergelijke hoge RV om andere redenen (vochtklachten zoals schimmelgroei) ongewenst

gebied I

Hierin treedt vermeerdering van het aantal mijten op

gebied II

Geen groei met vermindering van overlevingskansen

gebied III

Zeer geringe tot geen overlevingskansen

Op basis hiervan kan het volgende worden geconcludeerd:

- o de eisen voor de warmteweerstand van scheidingsconstructies zullen in de wintermaanden leiden tot een ongunstiger microklimaat voor huisstofmijten.
Vooral in wat minder strenge winters wordt nog een dusdanig microklimaat geschapen dat de overlevingskansen van mijten sterk wordt gereduceerd.
- o vermindering van toevoer van vochtige lucht vanuit de kruipruimte heeft een relatief grote invloed op het microklimaat; de beperking van de luchtvolumestroom via de begane grondvloer zoals geformuleerd in het Bouwbesluit zal in sterke mate bijdragen om een ongunstig microklimaat te bewerkstelligen.
- o het stellen van een minimale temperatuurfactor (f ten minste 0,65) ter plaatse van koudebruggen vormt eveneens een gunstige factor.

Resumerend kan men stellen dat de eisen zoals geformuleerd in het Bouwbesluit ten aanzien van de warmteweerstand, temperatuurfactor en luchtvolumestroom via de begane grondvloer uit oogpunt van gezondheid volkomen verantwoorde maatregelen vormen, die in sterke mate kunnen bijdragen aan het beperken van het aantal huistofmijten in woningen en het beperken van vochtproblemen door condensatie op koudebruggen.

Opgemerkt wordt overigens in dit kader dat ook andere factoren die niet expliciet zijn uitgewerkt een grote invloed kunnen uitoefenen op het vertrekklimaat en daarmee op het microklimaat. Te noemen valt:

de mate van ventilatie

Het in de woning geproduceerde vocht dient door middel van ventilatie te worden afgevoerd. Beperking van de ventilatie zal derhalve leiden tot een vochtiger binnenklimaat en daarmee tot voor mijten gunstiger klimaatcondities.

de mate van vochtproductie en vochtverspreiding

Beperking van de vochtproductie c.q. vochtverspreiding zal leiden tot een gemiddeld droger binnenklimaat. Directe afvoer ter plaatse van de vochtbron (afzuiging bij kooktoestellen, gebruik van wasdrogers) is derhalve aan te bevelen.

vloerisolatie

Uit tabel A-1 blijkt dat het verhogen van de vloerisolatie een gunstige invloed (uit oogpunt van beperking van de mijtengroei) uitoefent op het microklimaat. Een en ander geldt echter slechts voor het vloeroppervlak op enige afstand van de aansluitingen met andere constructiedelen. Voor de aansluiting van de vloer ter plaatse van de buitengevels of woningscheidende wanden geldt dat de temperatuur (te karakteriseren door de f-waarde) en daarmee samenhangend het microklimaat wordt beïnvloed door de bouwkundige detaillering.

Uit in het verleden uitgevoerde rekenstudies (Hee79, Wes87) blijkt dat door vloerisolatie de binnenoppervlaktetemperatuur in de hoeken van de aansluitingen een geringe daling te zien kan geven. Hier ter plaatse kan derhalve een wat gunstiger micro-klimaat voor huisstofmijten ontstaan.

Tot slot wordt nog opgemerkt dat de hier gebruikte modellen uitgaan van een vereenvoudiging van de complexe processen die de vochthuishouding in een vertrek of kruipruimte bepalen. De gepresenteerde getallen mogen derhalve niet absoluut worden geïnterpreteerd. Wel geven zij een goede indicatie in welke mate het microklimaat kan worden beïnvloed.

Tabel A-1. Aantal weken per jaar voor het weekgemiddelde microklimaat ingedeeld naar klimaatgebied bij verschillende waarden voor de warmteweerstand van de vloer (R_c), de luchtdoorlatendheid (L) en de temperatuurfactor (f)

invloedsfactor			1987				1988			
			klimaatgebied				klimaatgebied			
$R_{c,v}$	L	R_i	0	I	II	III	0	I	II	III
0,4	4	0,25	2	41	9		1	48	3	
1,3	4	0,25		34	18			41	11	
2,5	4	0,25		29	20	3		34	18	
0,4	1	0,25	1	27	18	6		31	21	
2,5	1	0,25		22	22	8		27	23	2
0,4	4	0,50	5	41	6		4	47	1	
1,3	4	0,50	1	33	18			45	7	
2,5	4	0,50		31	20	1		41	11	
0,4	1	0,50	4	28	15	5	2	35	15	
2,5	1	0,50		25	21	6		31	20	1
f	L									
0,45	4		29	23			29	23		
0,65	4			48	4			52		
0,65	1			36	16			48	4	

R_c : warmteweerstand begane grondvloer
eis volgens het Bouwbesluit is $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

L : luchtvolumestroom :
4 betekent 4 maal zo groot dan de eis
1 betekent gelijk aan de eis in het Bouwbesluit

R_i : overgangsweerstand binnenoppervlak

gebied 0 geen mijtengroei, wel kans op andere vochtproblemen
gebied I hier treedt groei van het aantal mijten op
gebied II geen groei met vermindering van overlevingskans
gebied III zeer geringe tot geen overlevingskansen

7. LITERATUUR

Elk89

P.A. Elkhuizen en J. Oldengarm

Warmte- en vochtberekeningen in kruipruimten

Artikel Bouwwereld 85, nummer 5, maart 1989

Hee79

R.P.J. van Hees

Kans op schimmelvorming bij de aansluiting van een woningscheidende wand en een geïsoleerde begane grondvloer

Rapport B79-526, IBBC-TNO, 1979

IBBC90

Het vochtgehalte van de binnenlucht in een vertrek gedurende het jaar. Een dynamische modelmatige benadering

Rapport BI-90-207, IBBC-TNO, Delft 1990

SBR89

Naar dichtere begane grondvloeren

SBR-publikatie 203, Stichting Bouwresearch, Rotterdam 1989

SBR92

Vochtproblemen in bestaande woningen

SBR-publikatie 265, Stichting Bouwresearch, Rotterdam 1992

Wee88

A.m.S. Weersink

Verspreiding van waterdamp binnen een ruimte; klimaatkameronderzoek

Afstudeerverslag Technische Universiteit Eindhoven

FAGO rapport 88.88.K.

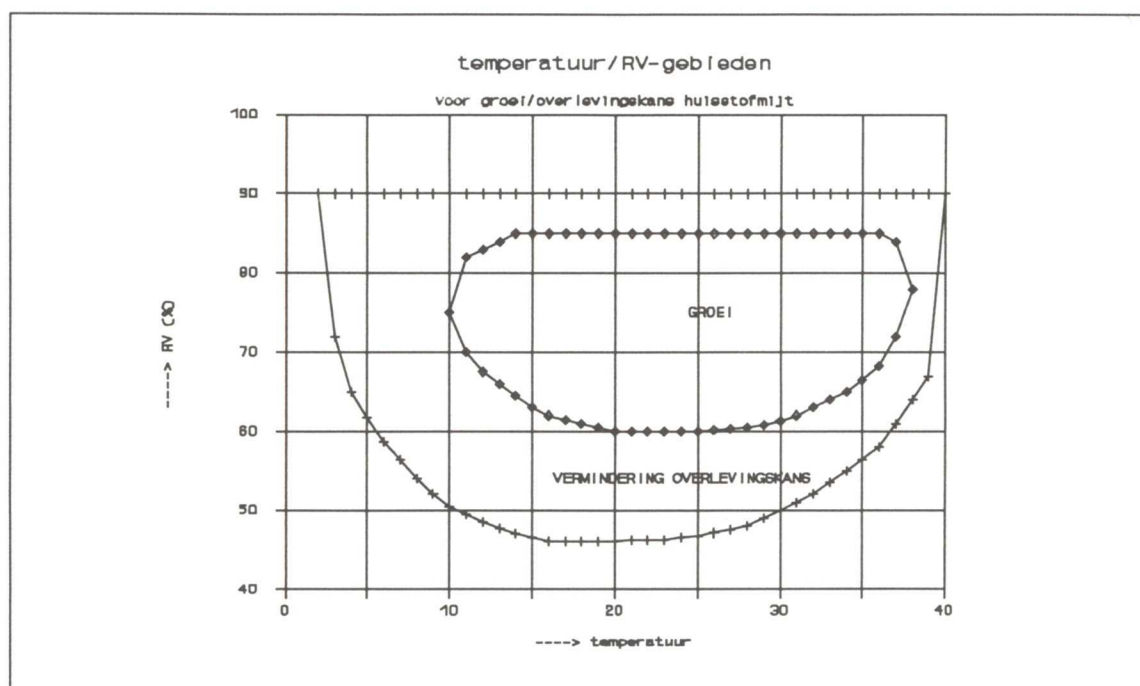
Wes87

W.F. Westgeest

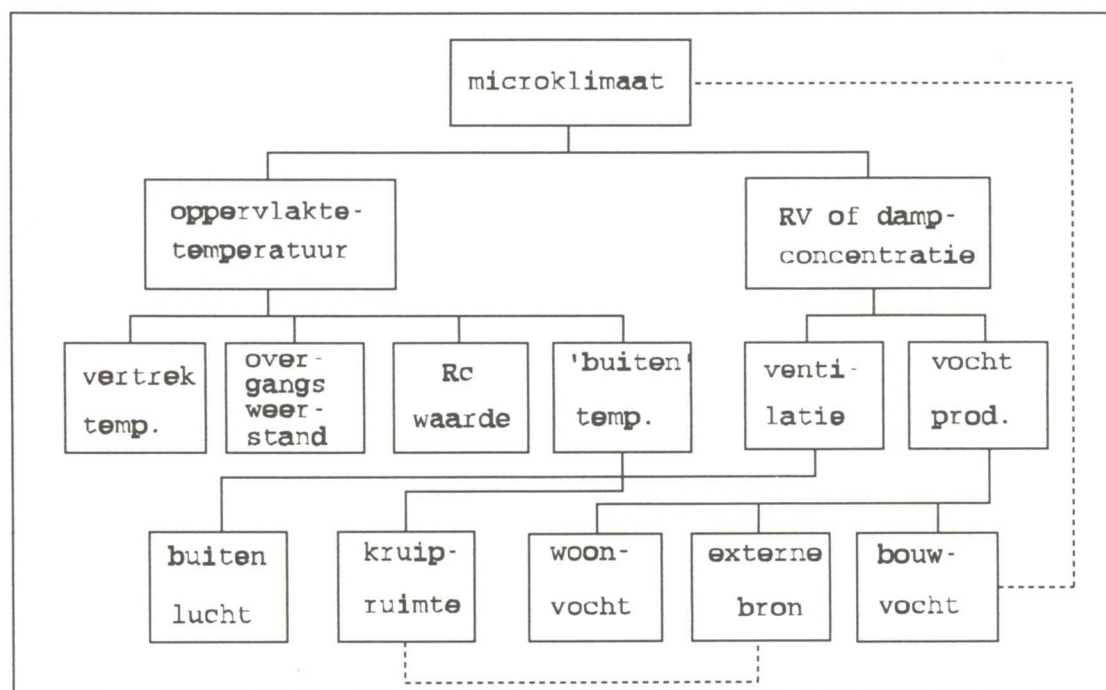
Resultaten van een rekenmodel voor een kruipruimte

Rapport 2641I. TPD-TNO-TH, april 1987

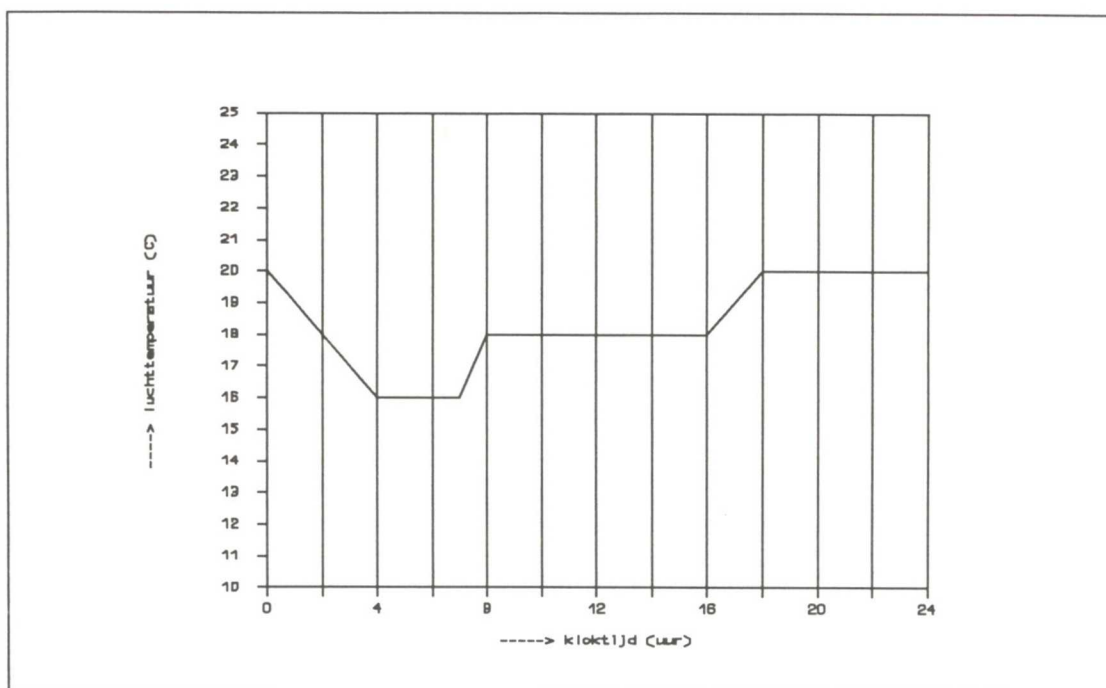
Figuur A-1. *Temperatuur/RV-diagram voor groei- c.q. overlevingskansen van huisstofmijt*



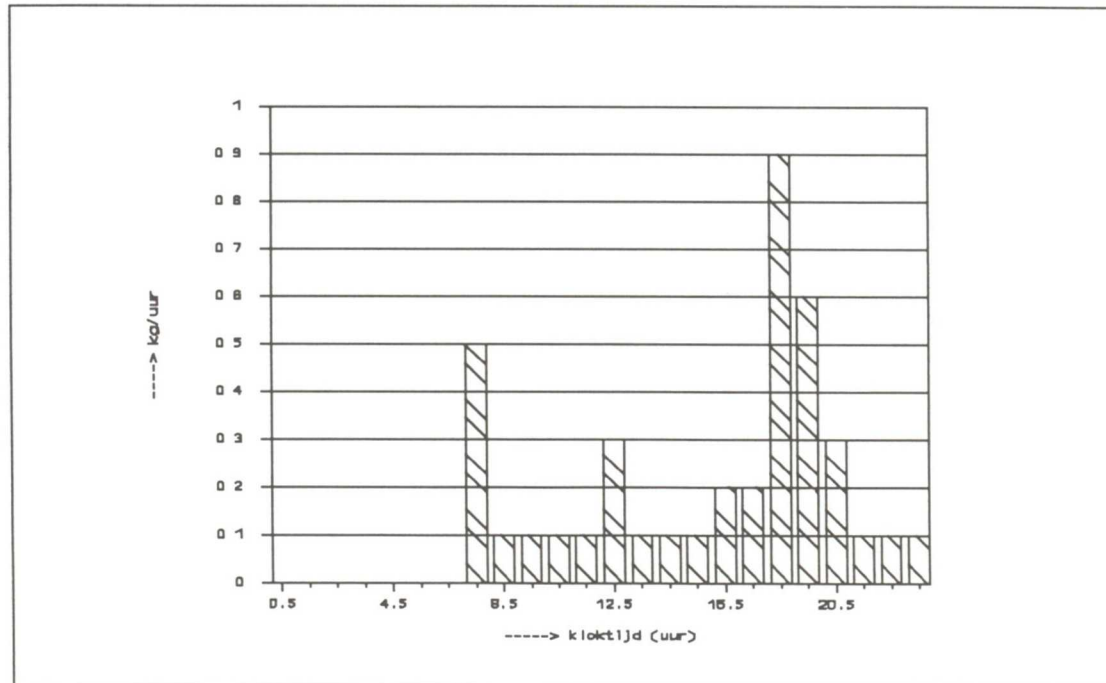
Figuur A-2. Twee geselecteerde temperatuur/RV-gebieden voor groei c.q. overleving van huisstofmijten uit figuur A-1



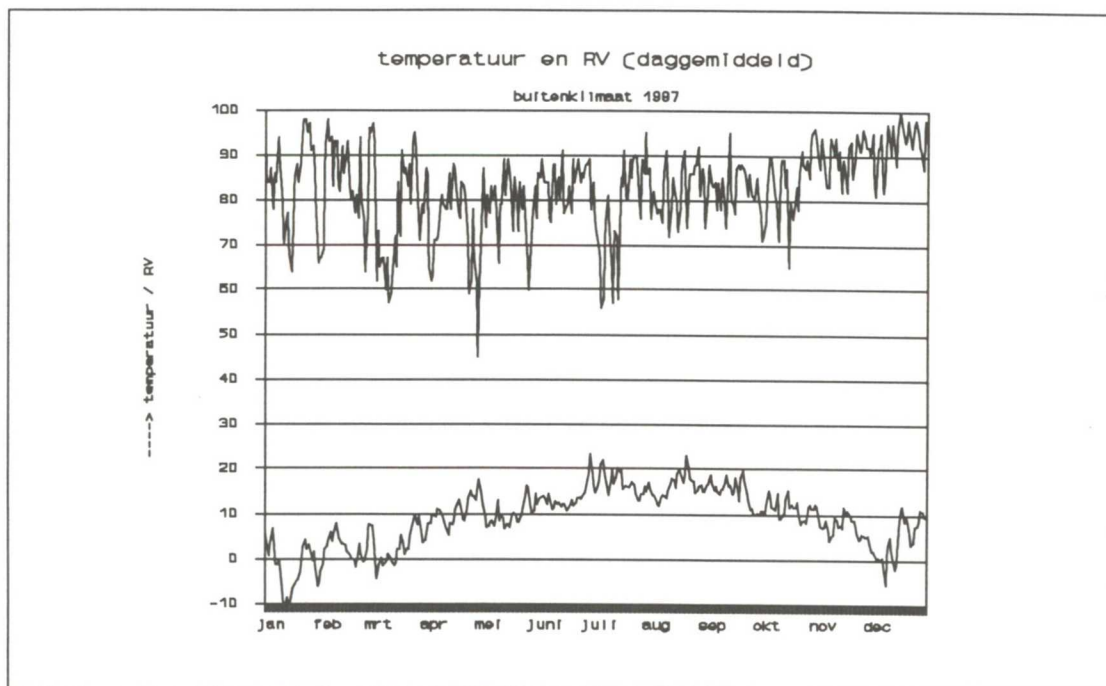
Figuur A-3. Invloedsfactoren voor het microklimaat



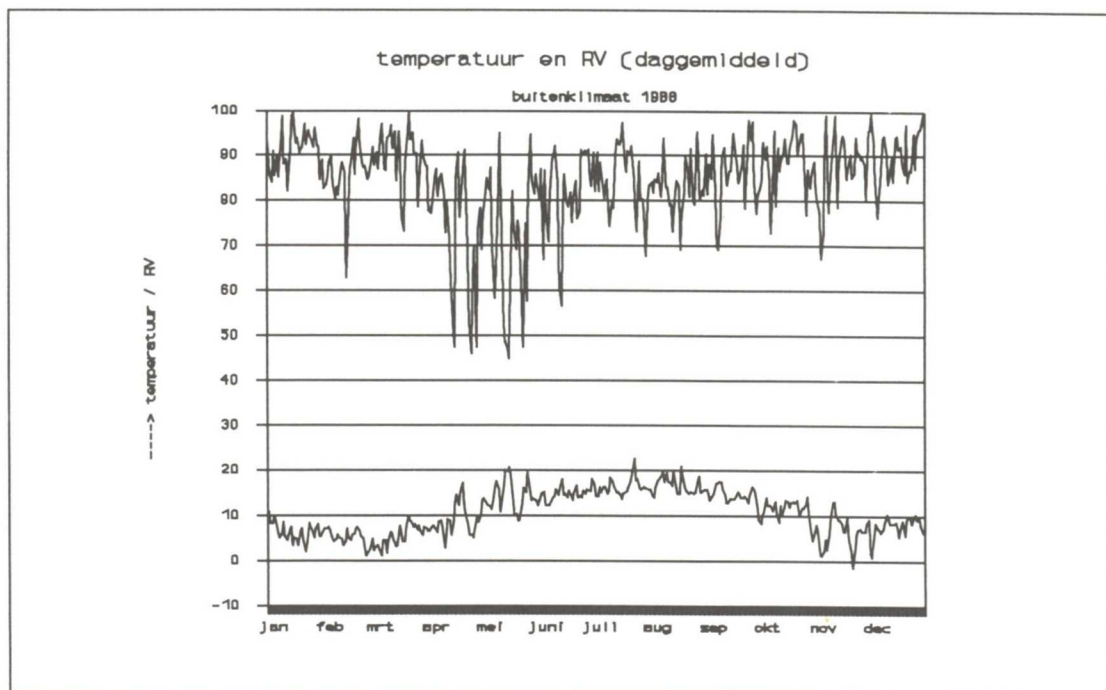
Figuur A-4. *Dagelijks verloop van de binnentemperatuur in januari*



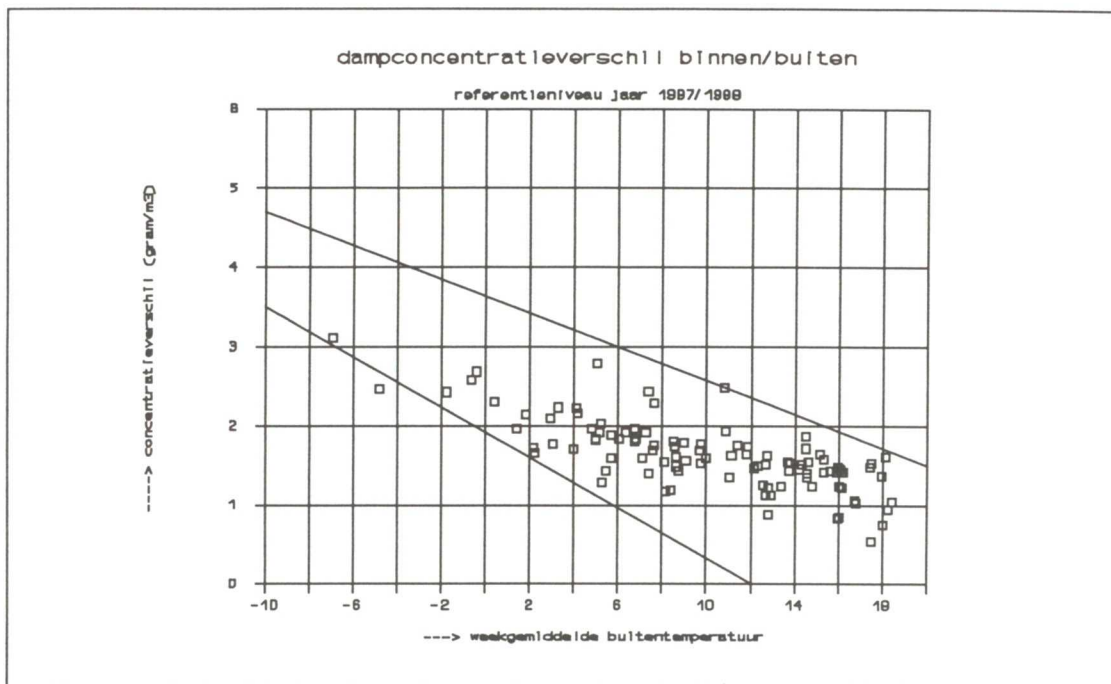
Figuur A-5. *Dagelijks verloop van de vochtproductie*



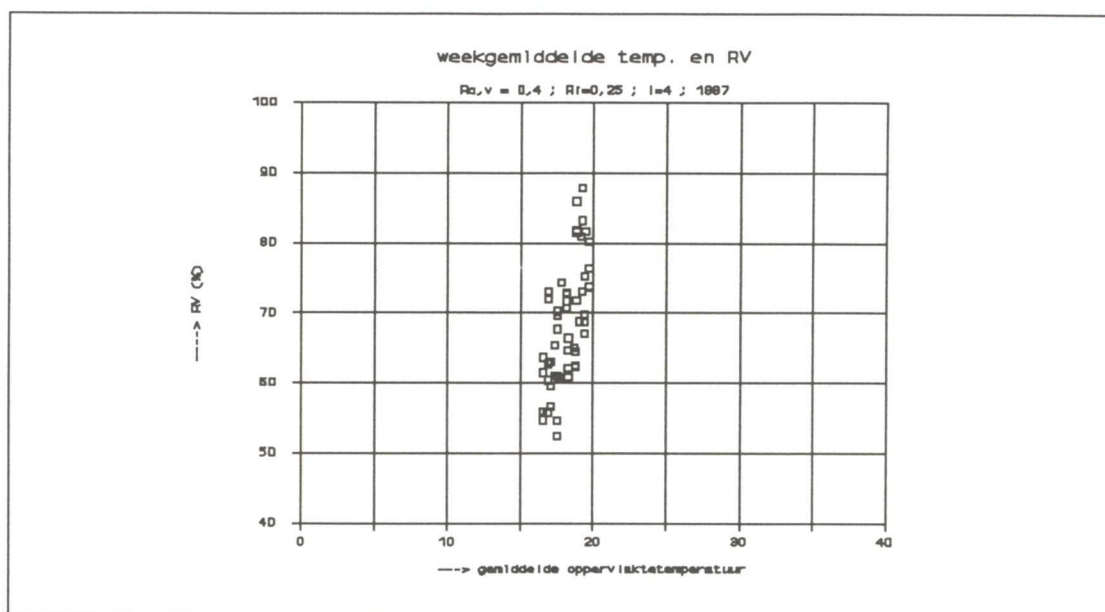
Figuur A-6. Temperatuur en RV in 1987



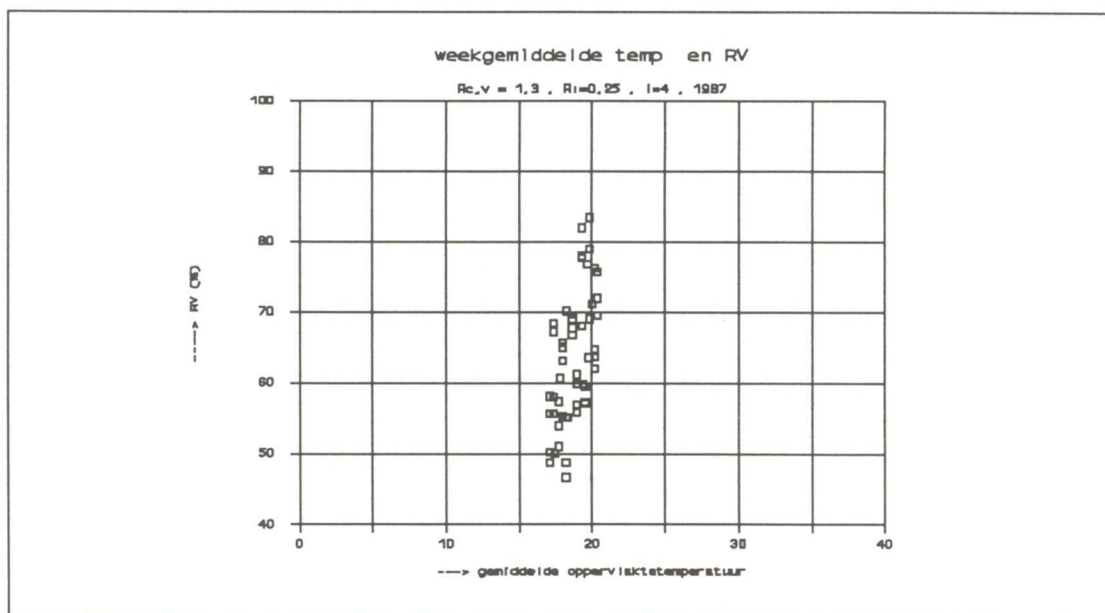
Figuur A-7. Temperatuur en RV in 1988



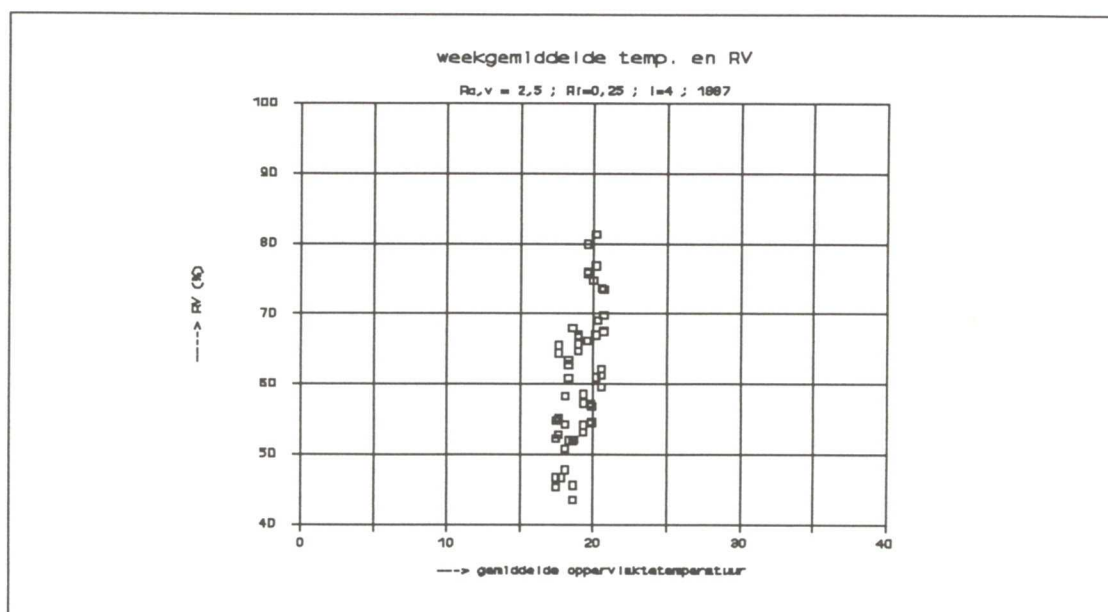
Figur A-8. Dampconcentratieverschil tussen binnen en buiten (weekgemiddeld)



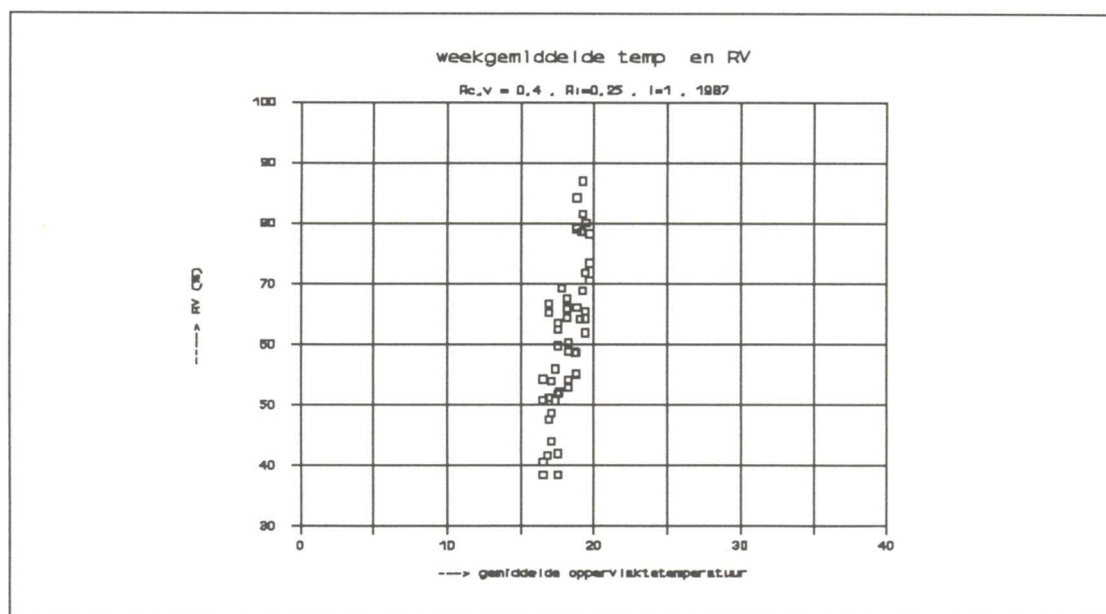
Figuur A-9. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



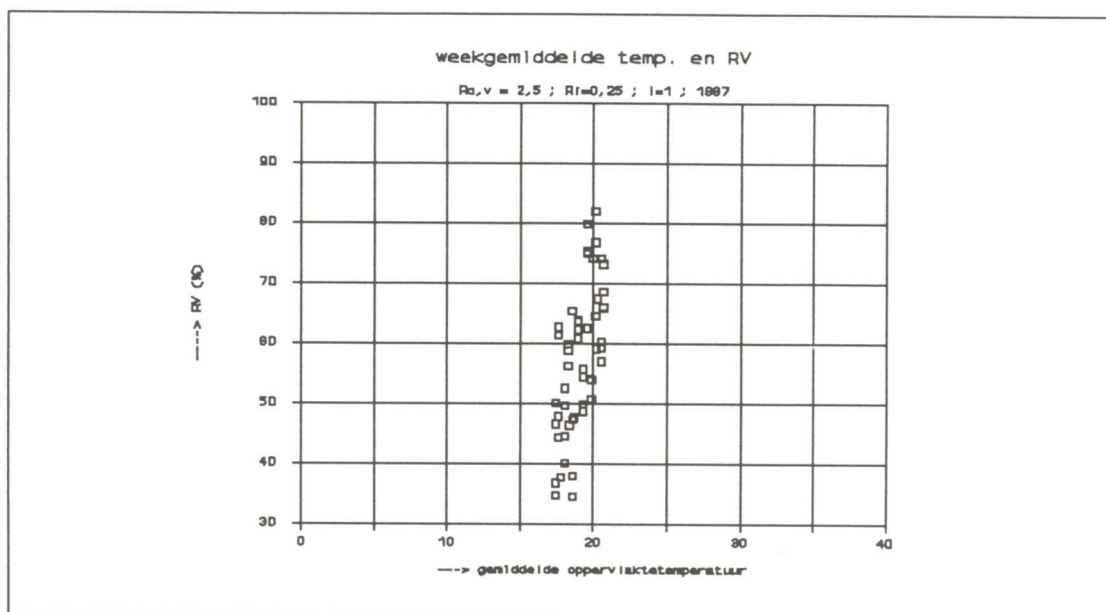
Figuur A-10. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



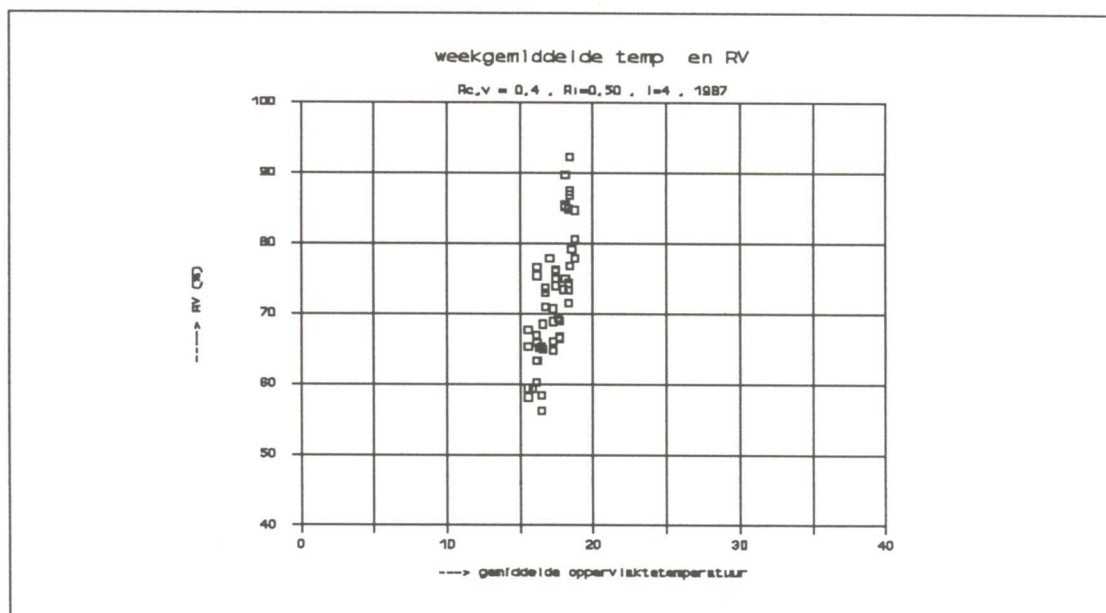
Figuur A-11. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



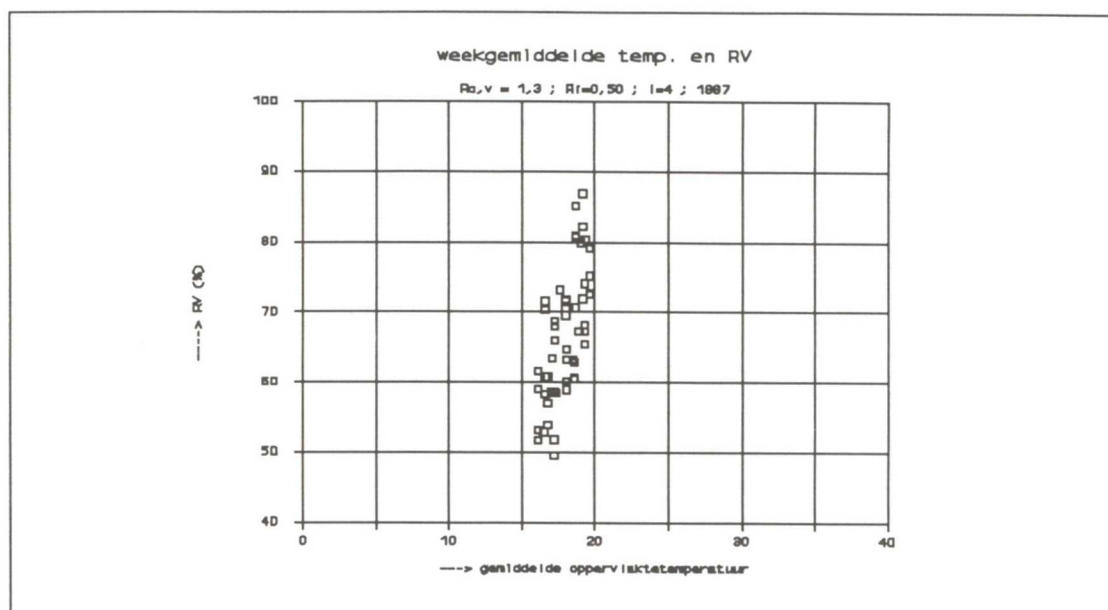
Figuur A-12. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



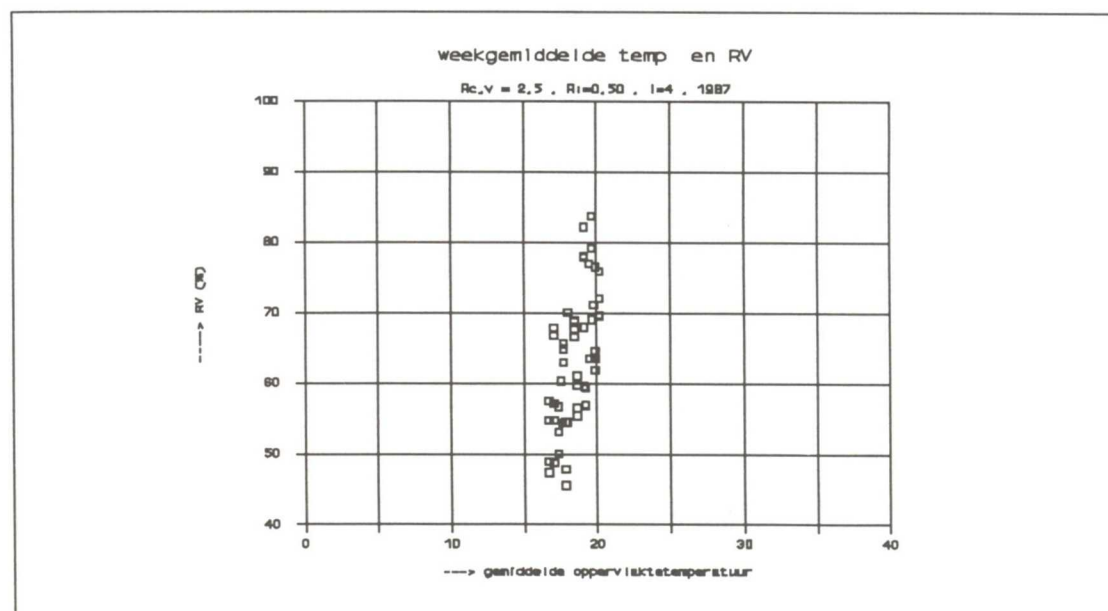
Figuur A-13. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



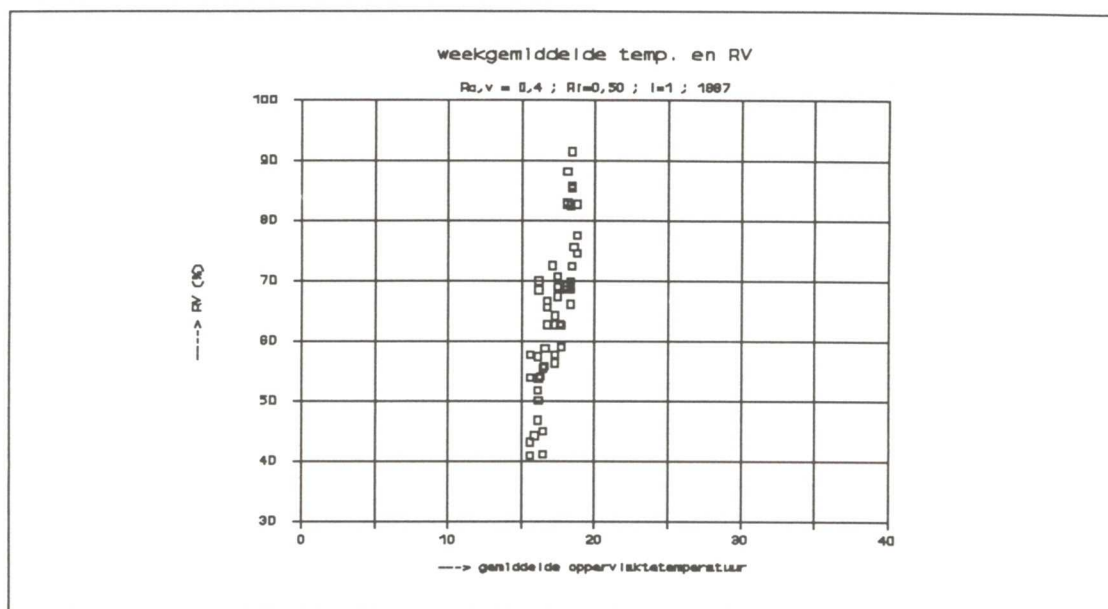
Figuur A-14. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



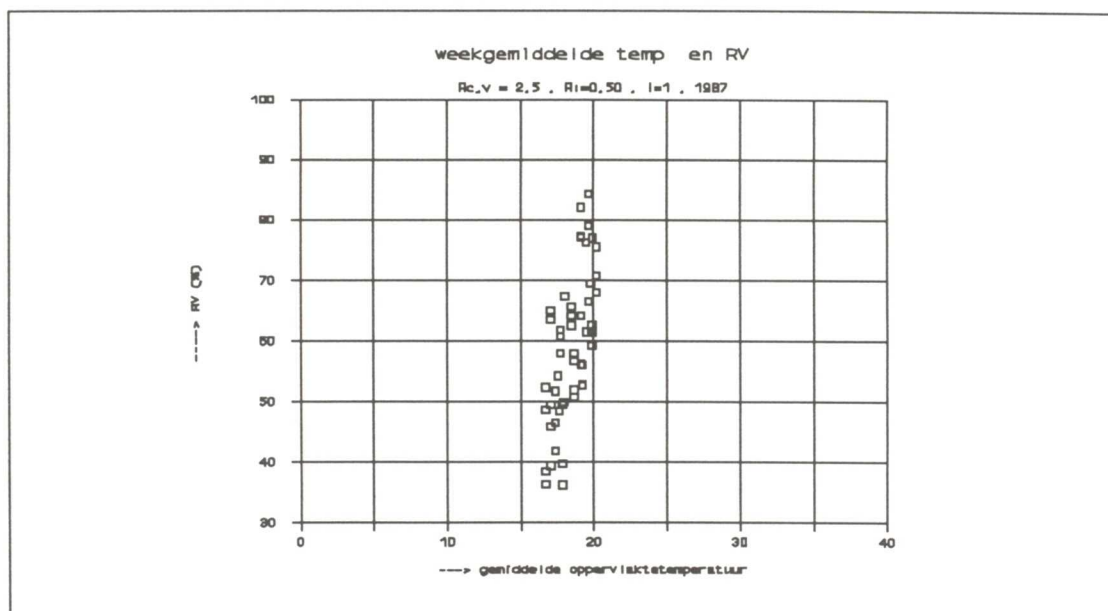
Figuur A-15. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



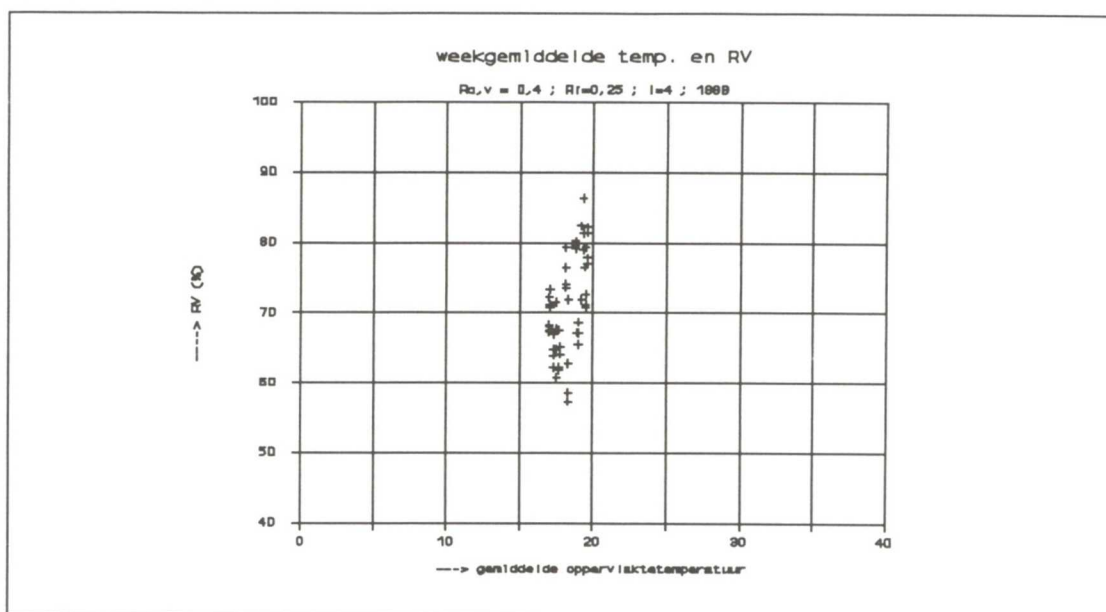
Figuur A-16. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



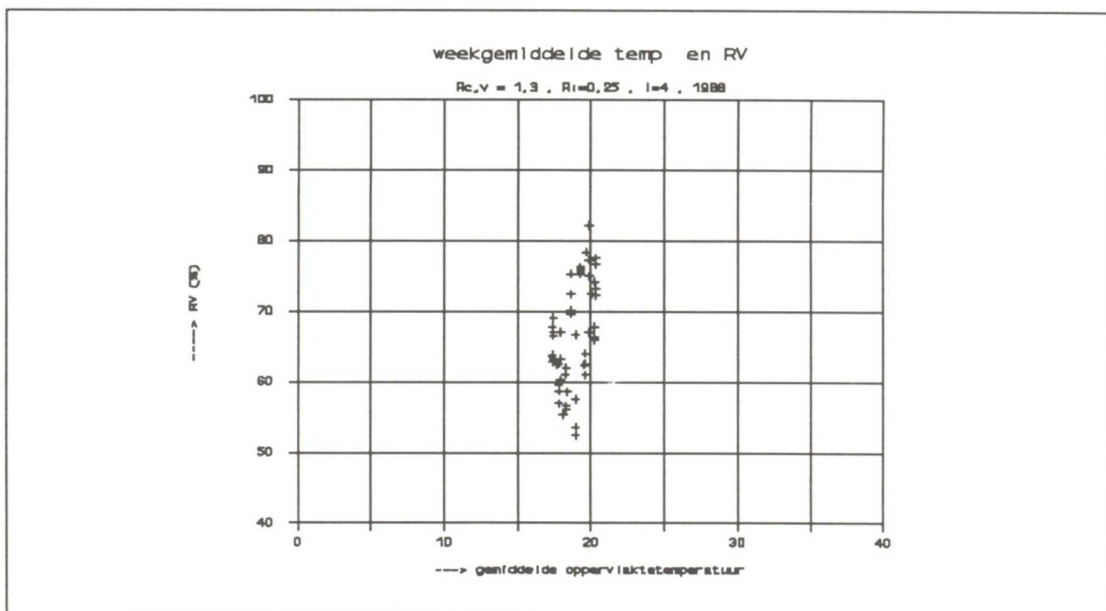
Figuur A-17. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



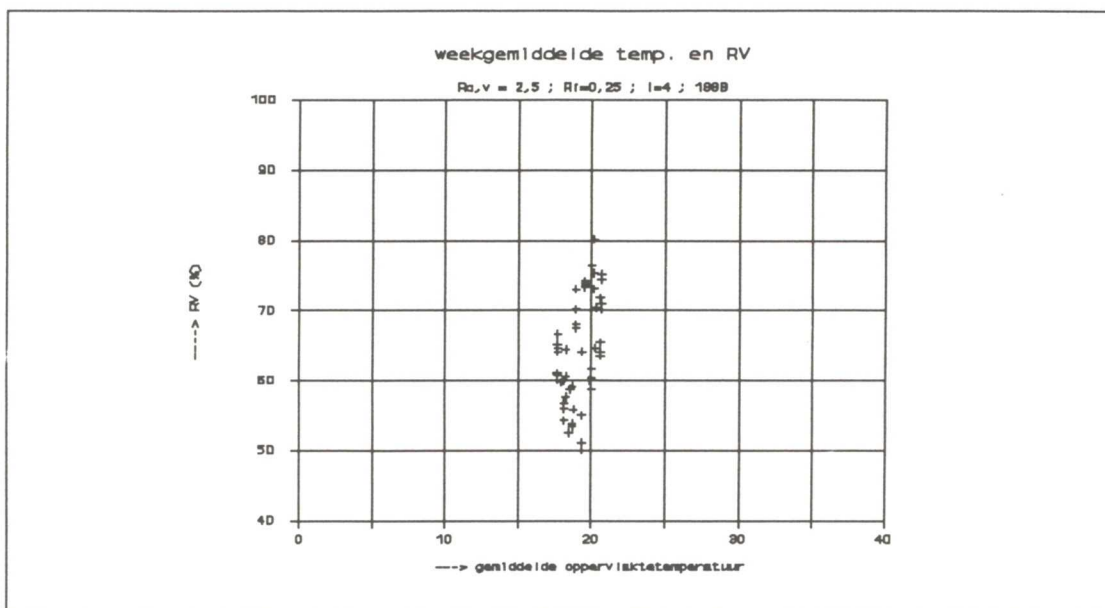
Figuur A-18. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987 ; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



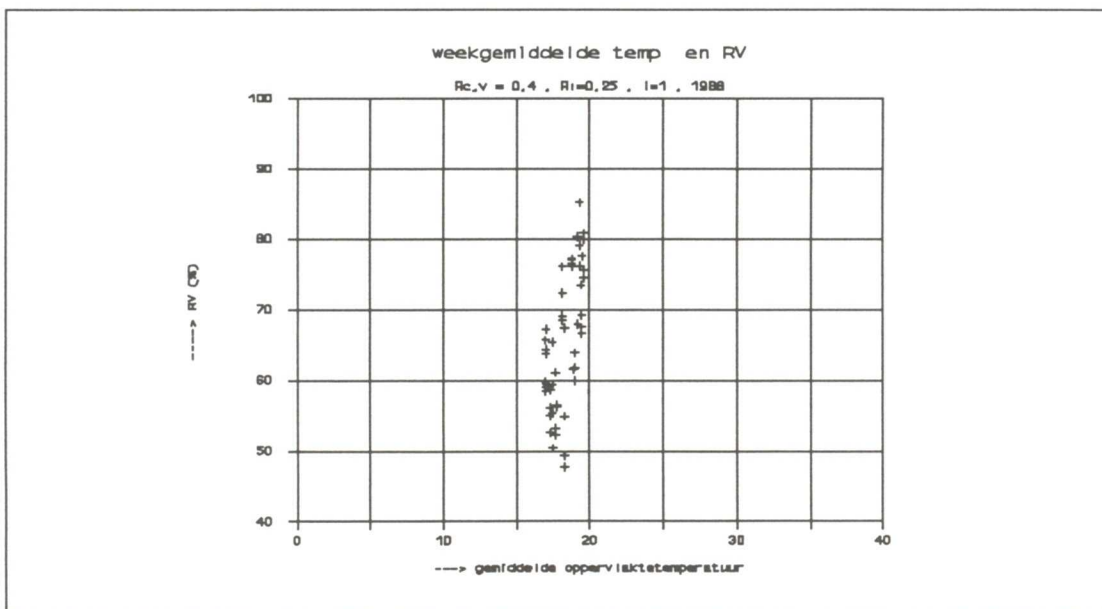
Figuur A-19. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur
jaar 1988 ; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



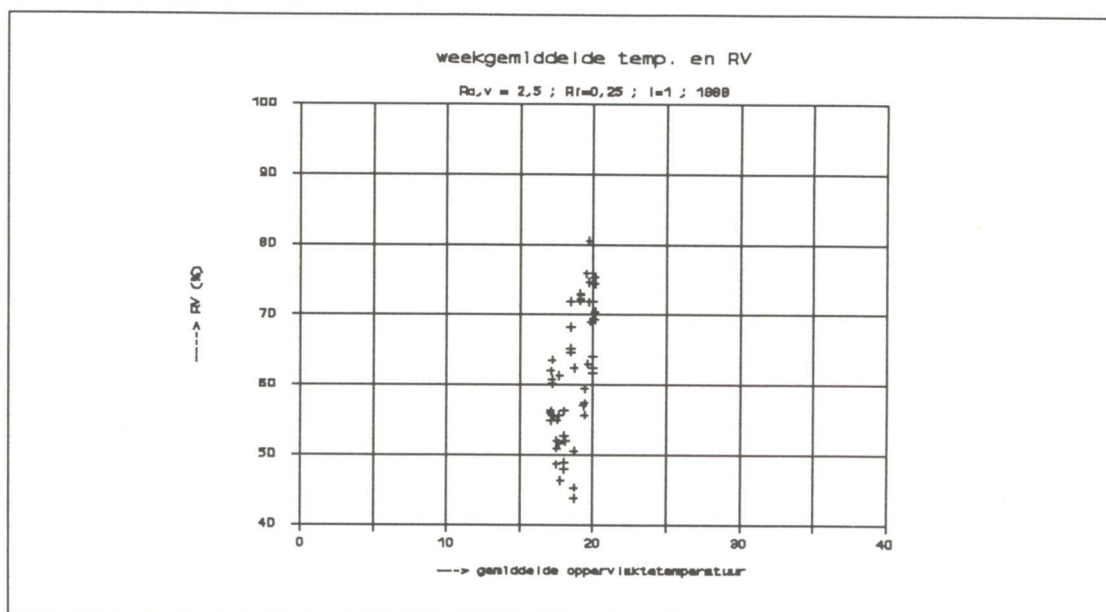
Figuur A-20. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur
jaar 1988 ; $R_{c,v} = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



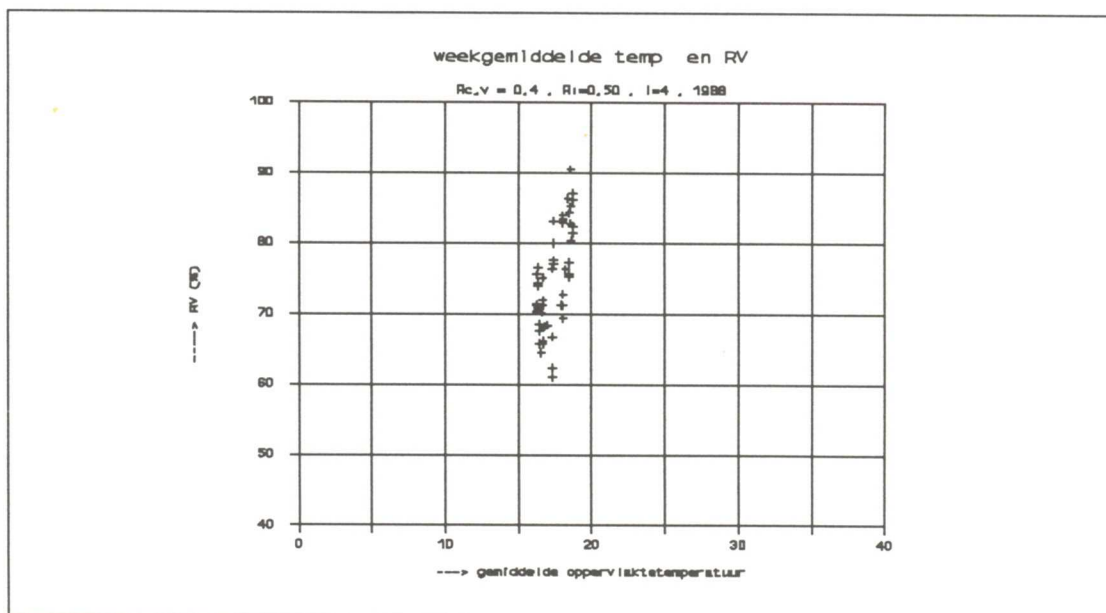
Figuur A-21. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur
jaar 1988 ; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



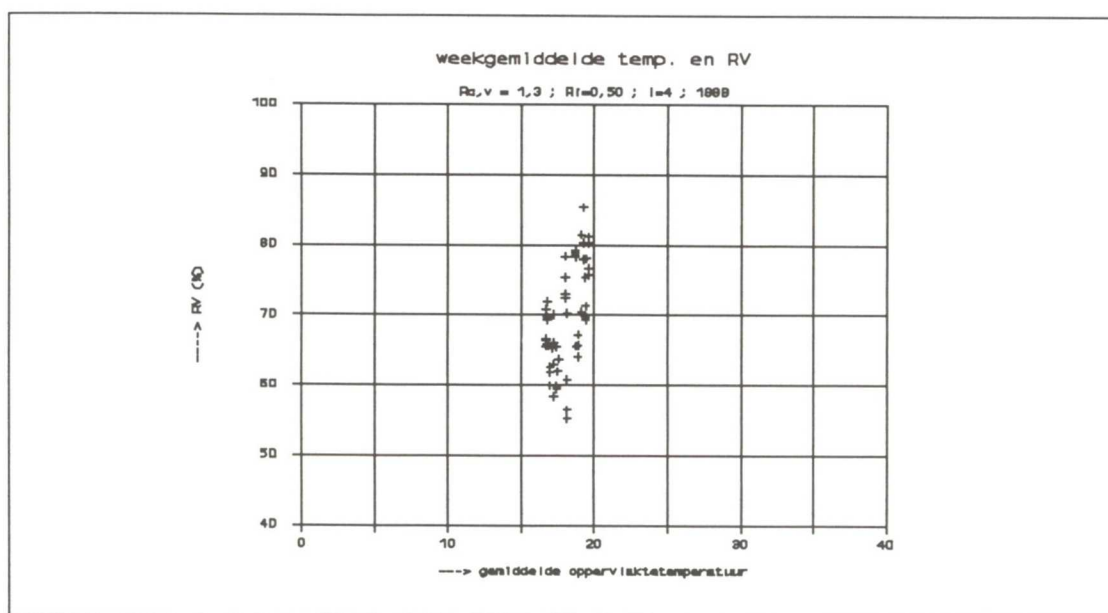
Figuur A-22. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur
jaar 1988 ; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



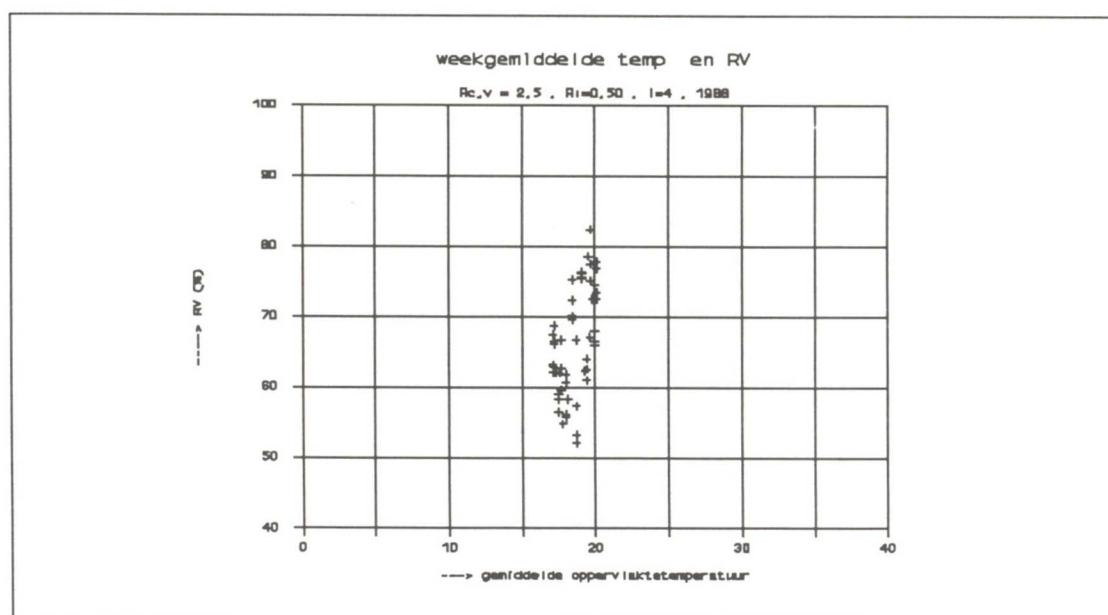
Figuur A-23. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



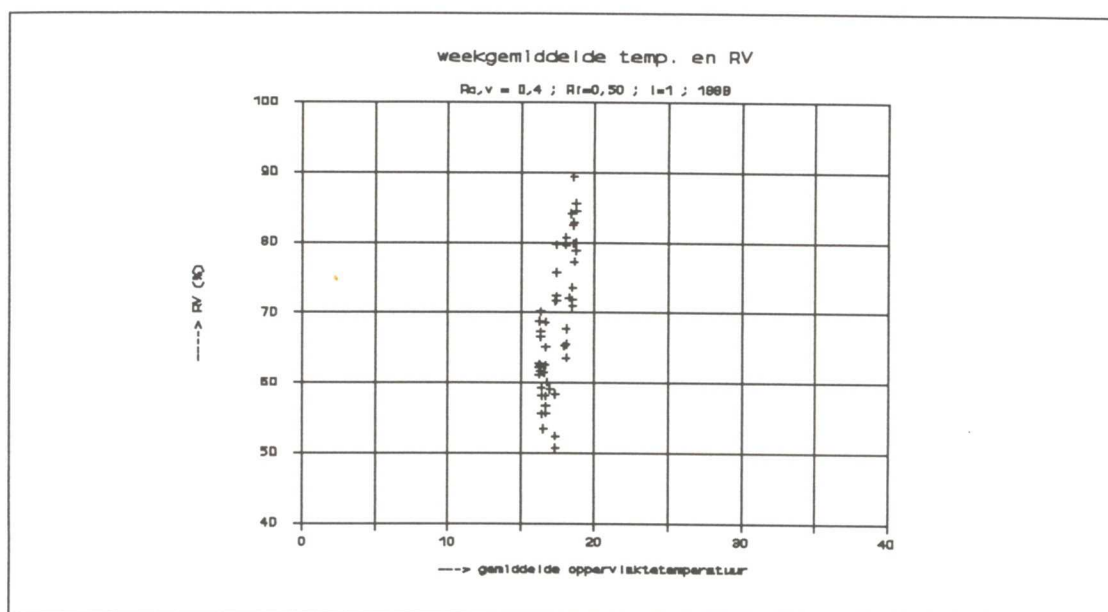
Figuur A-24. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988 ; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



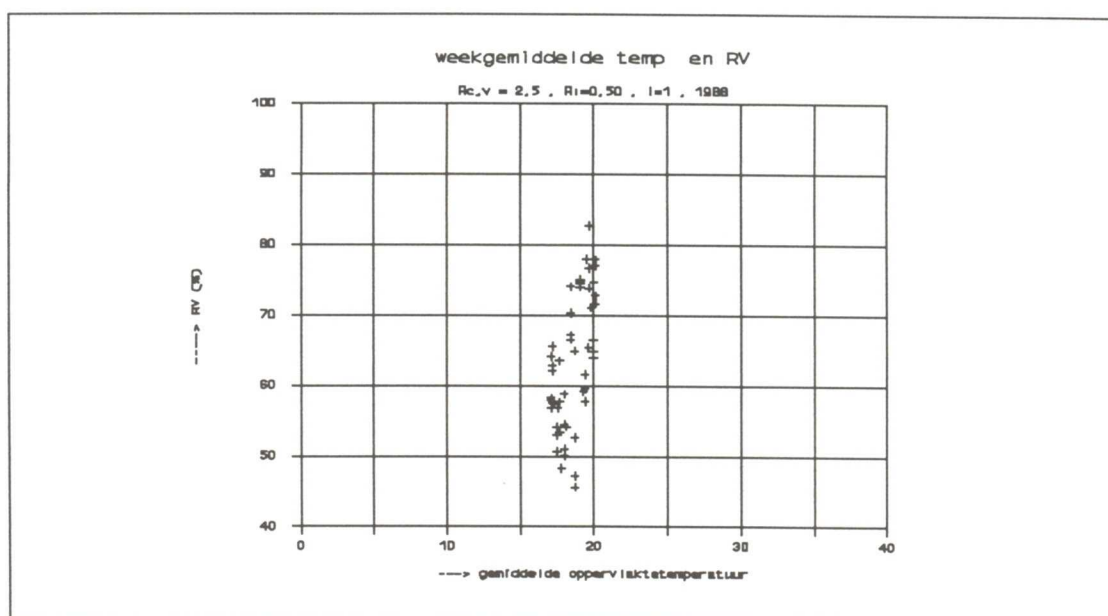
Figuur A-25. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $R_{c,v} = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



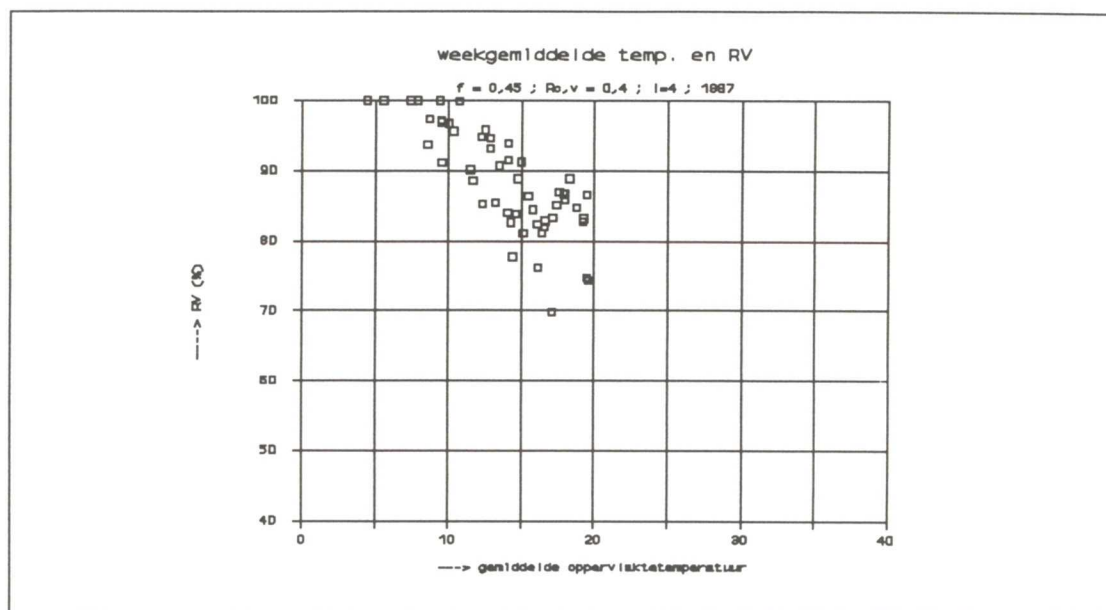
Figuur A-26. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



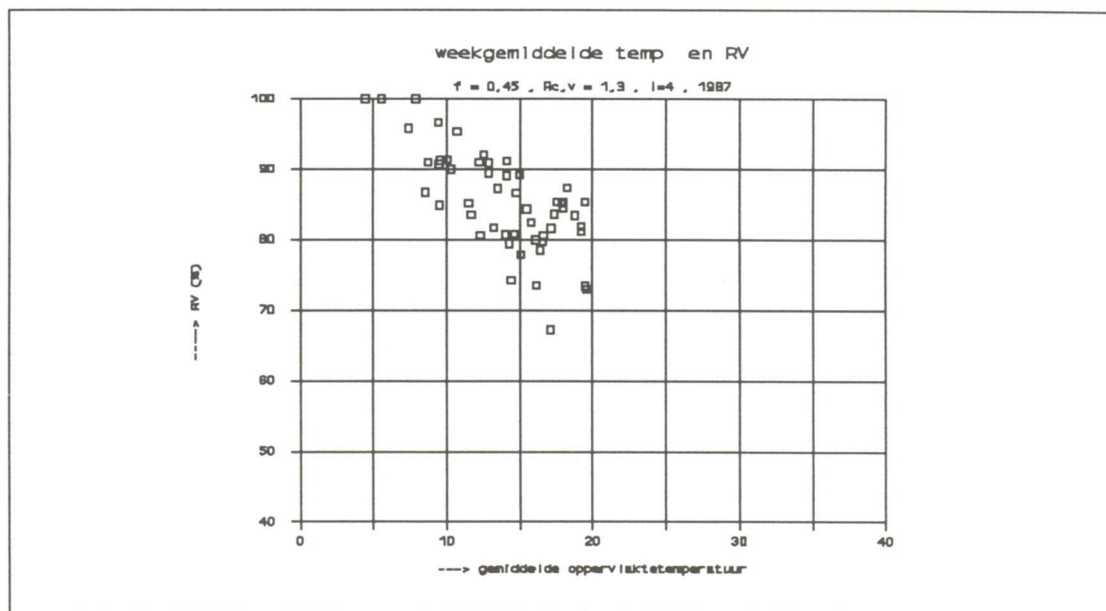
Figuur A-27. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



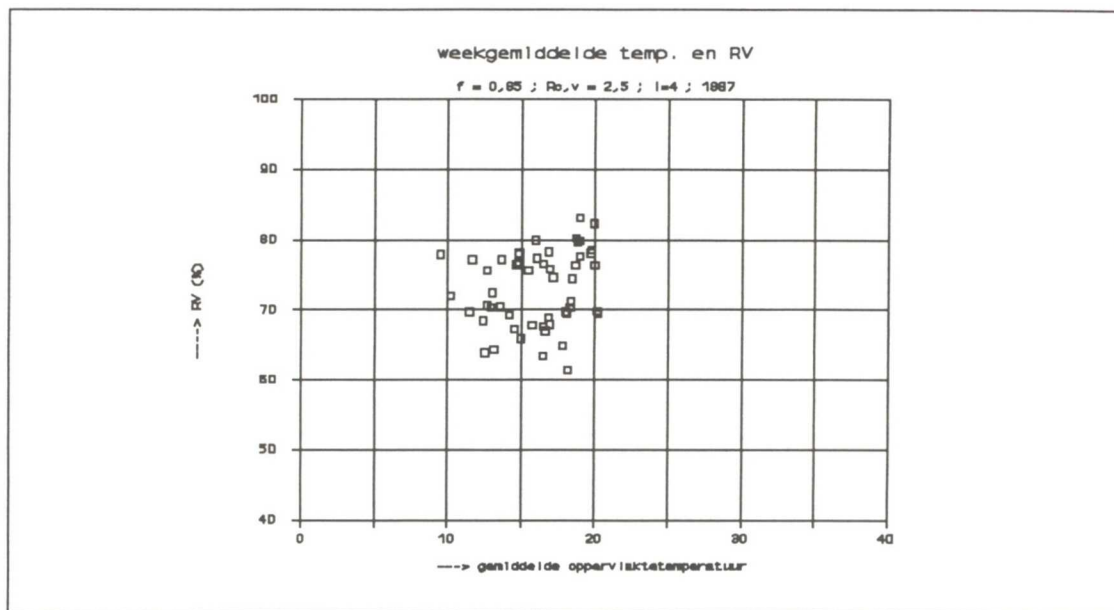
Figuur A-28. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_i = 0,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



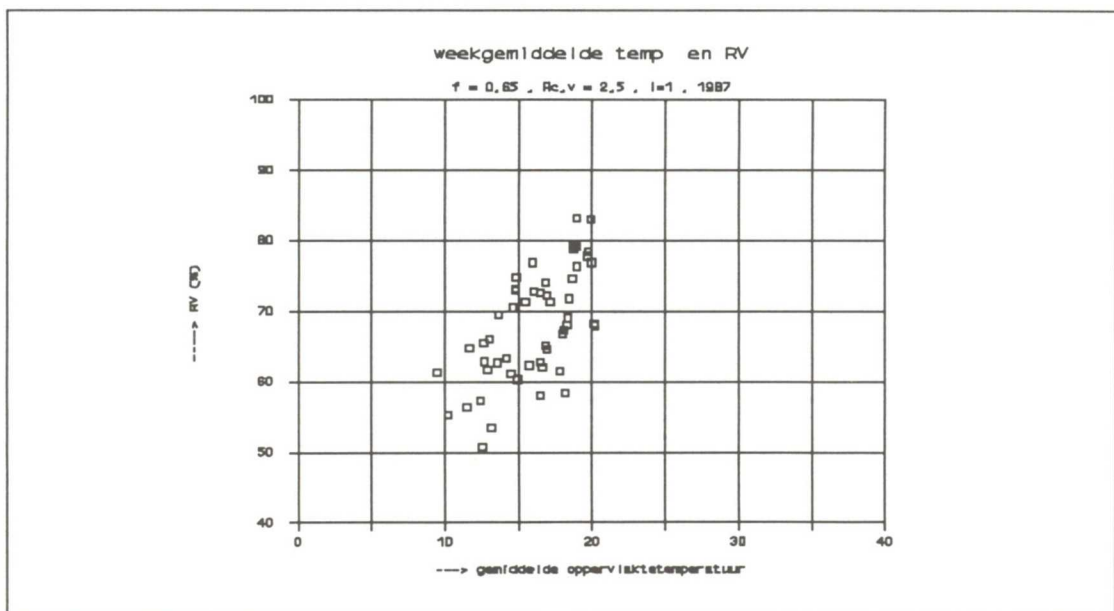
Figuur A-29. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987; $f = 0,45$; $R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



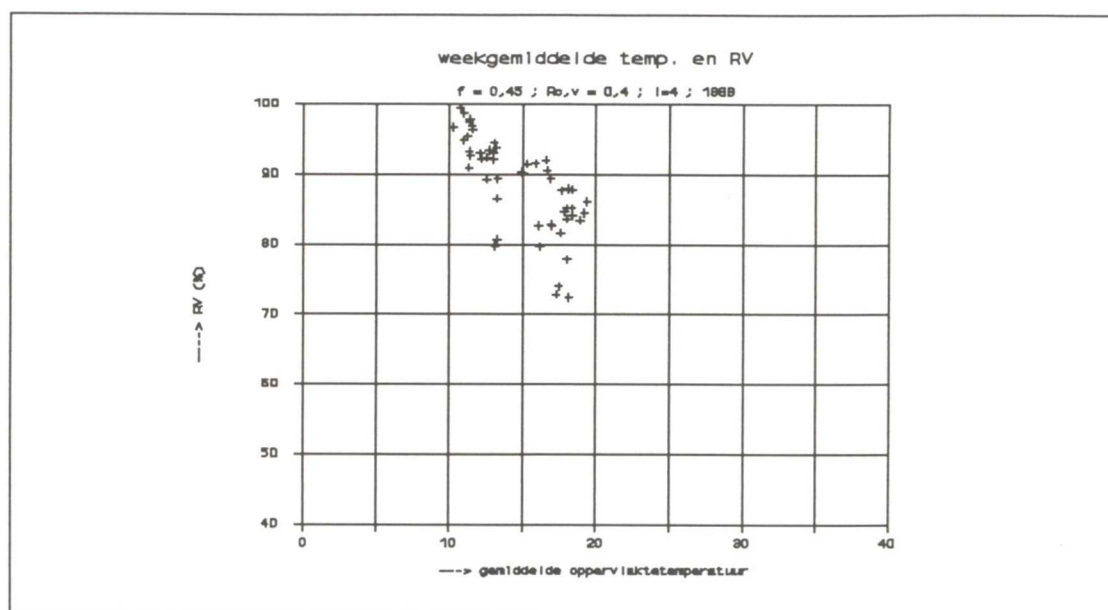
Figuur A-30. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1987; $f = 0,45$; $R_{c,v} = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



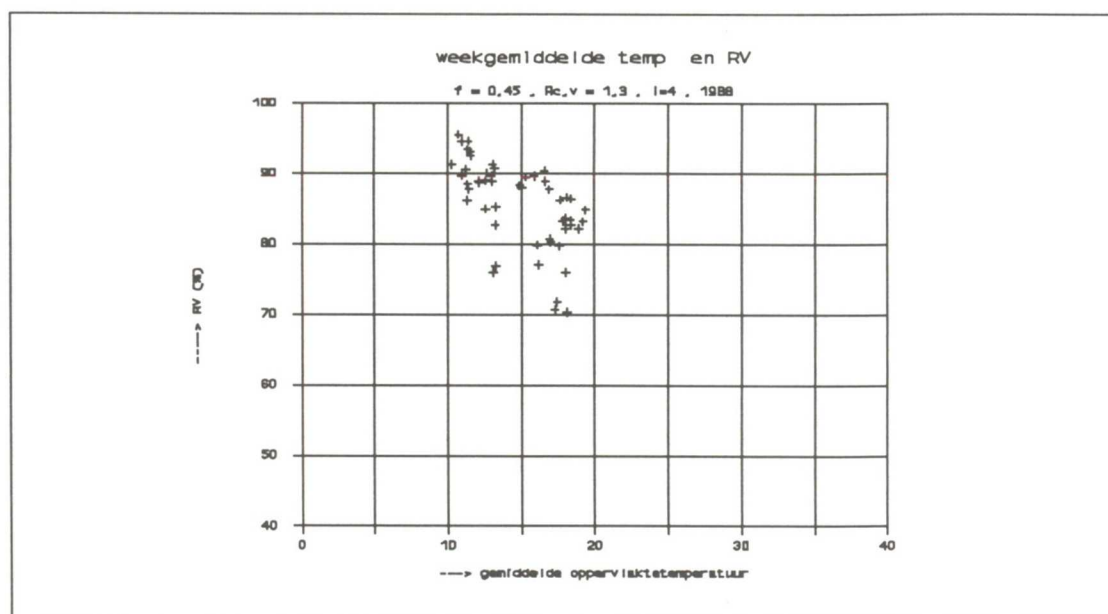
Figuur A-31. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur
jaar 1987; $f = 0,65$; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



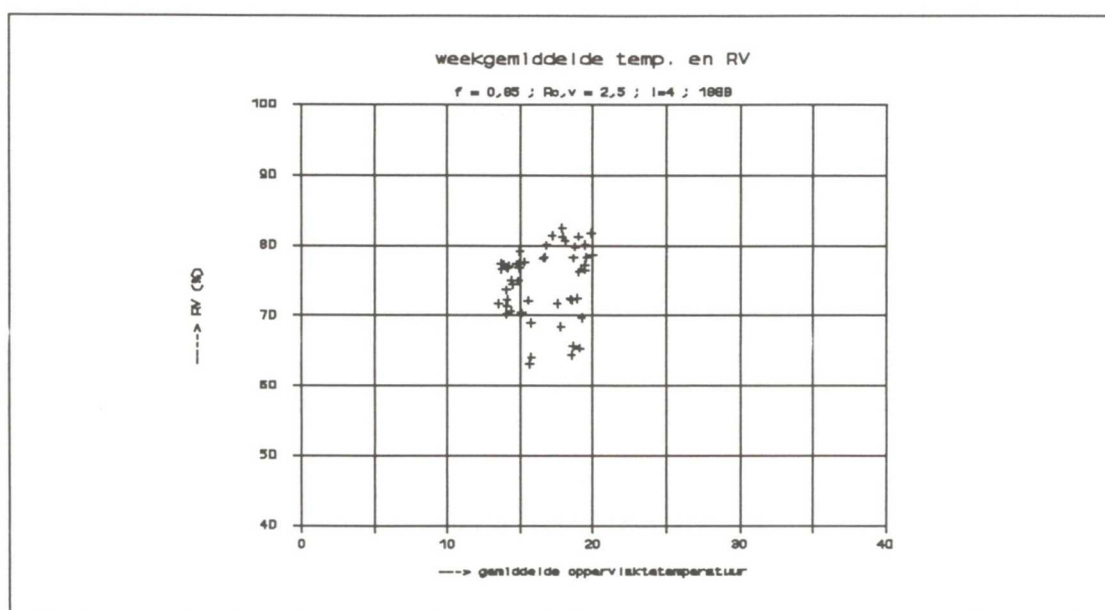
Figuur A-32. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur
jaar 1987; $f = 0,65$; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



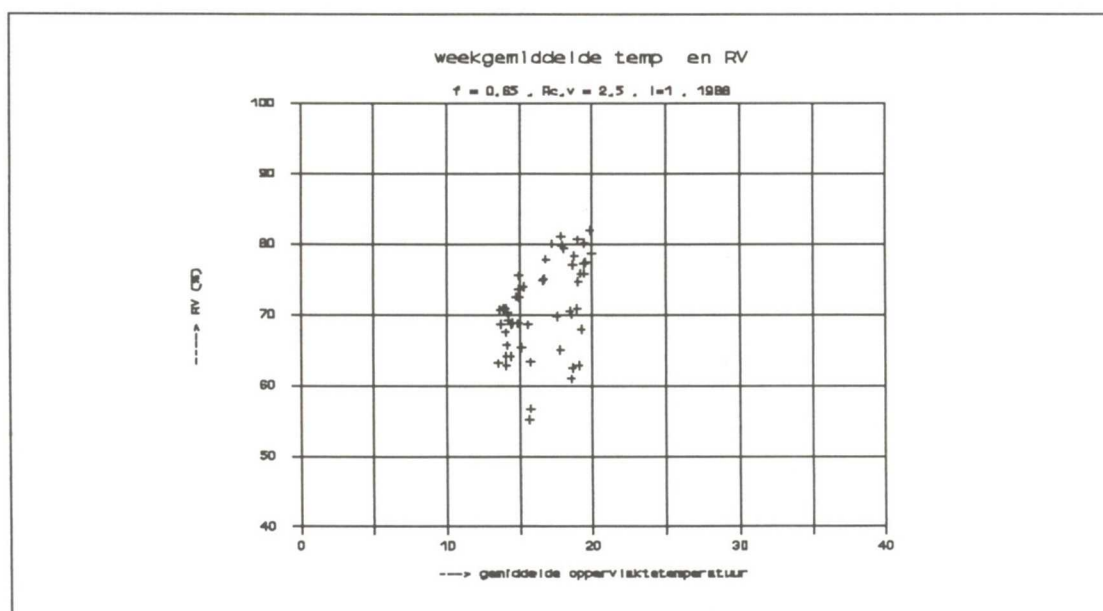
Figuur A-33. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $f = 0,45 ; R_{c,v} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} ; L = 4$



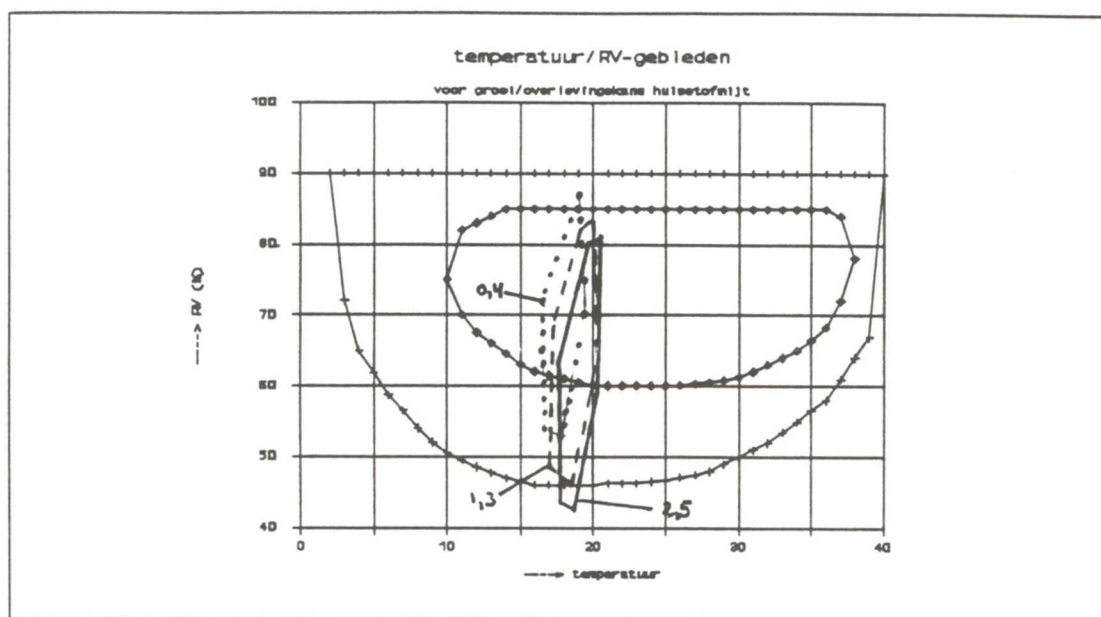
Figuur A-34. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $f = 0,45 ; R_{c,v} = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} ; L = 4$



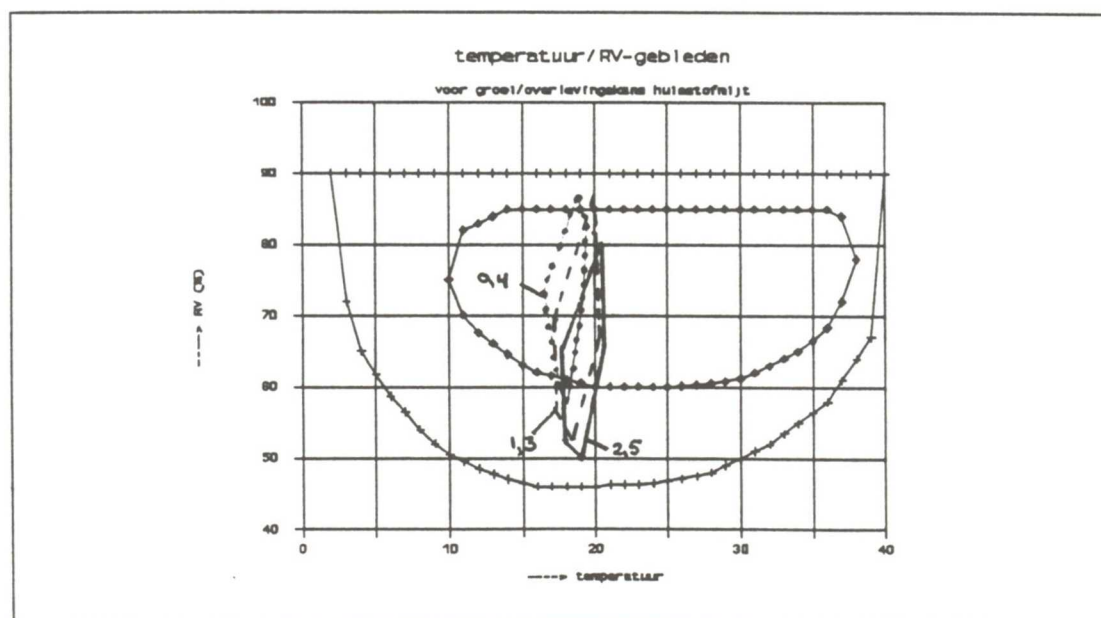
Figuur A-35. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $f = 0,65$; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$



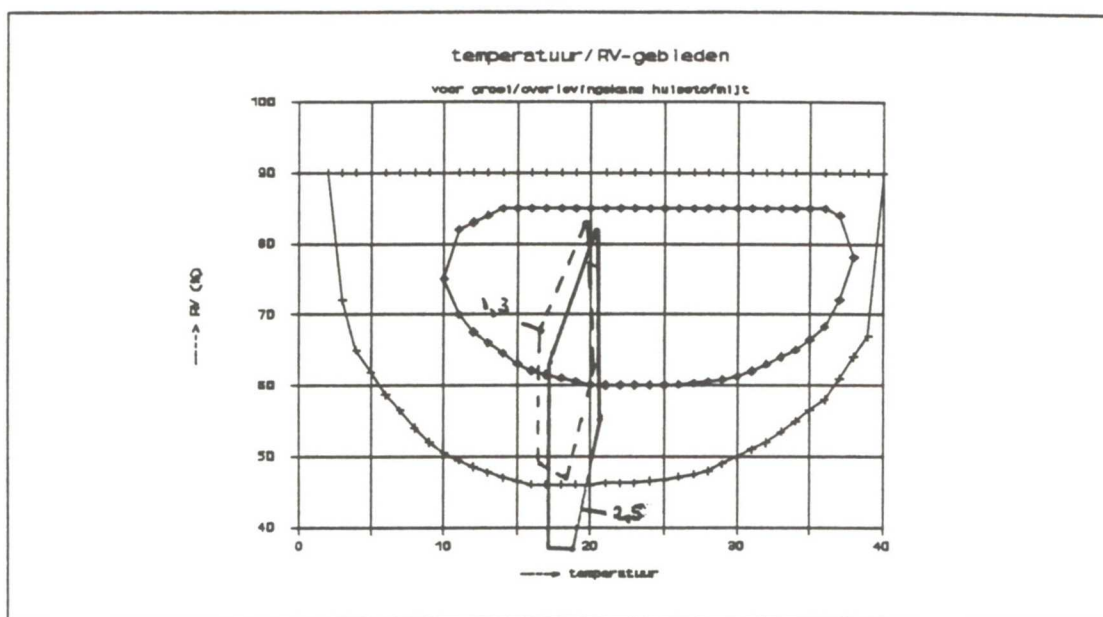
Figuur A-36. Weekgemiddelde RV als functie van de weekgemiddelde oppervlaktetemperatuur jaar 1988; $f = 0,65$; $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 1$



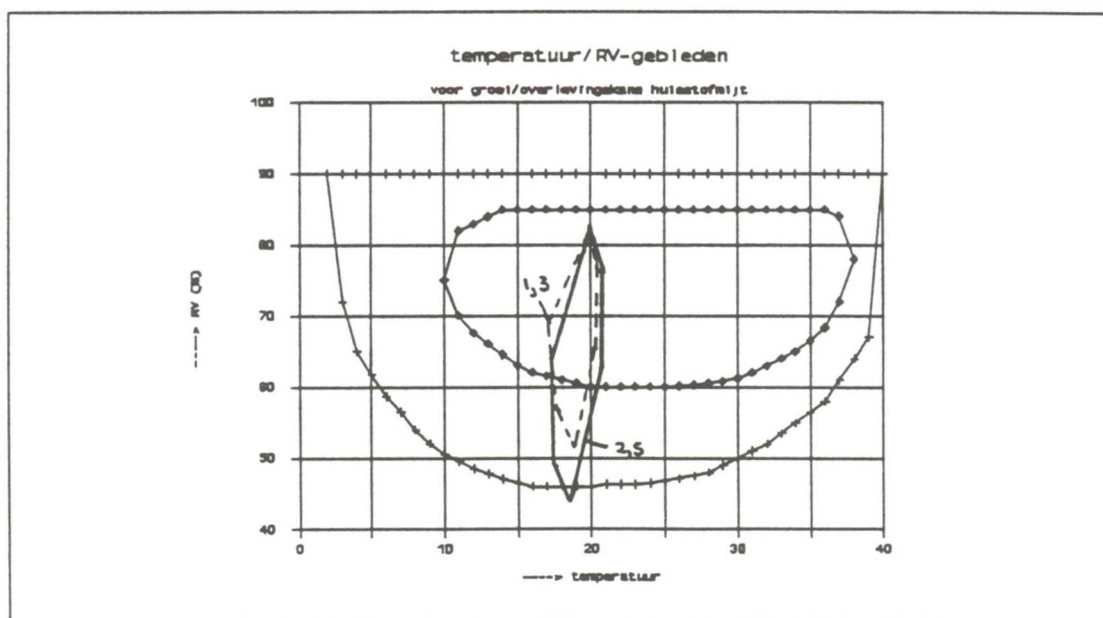
Figuur A-37. Temperatuur/RV gebieden huisstofmijten in combinatie met het jaargebied voor drie waarden van de warmteweerstand $R_{c,v}$; $R_i = 0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$; jaar 1987



Figuur A-38. Temperatuur/RV gebieden huisstofmijten in combinatie met het jaargebied voor drie waarden van de warmteweerstand $R_{c,v}$; $R_i = 0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $L = 4$; jaar 1988



Figuur A-39. *Temperatuur/RV gebieden huistofmijten in combinatie met het jaargebied voor (1987): $R_{c,v} = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en $L = 4$ resp. $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en $L = 1$*



Figuur A-40. *Temperatuur/RV gebieden huistofmijten in combinatie met het jaargebied voor (1988): $R_{c,v} = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en $L = 4$ resp. $R_{c,v} = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en $L = 1$*

APPENDIX B**Bijlage B**

APPENDIX B

EMISSIE VAN (IRRITERENDE) STOFFEN UIT BOUWMATERIALEN

1. INLEIDING

Uit bouwmaterialen komen in meerdere of mindere mate organische verbindingen vrij die in de binnenlucht kunnen komen waaraan bewoners worden blootgesteld.

In zeer beperkte mate zijn normen en richtlijnen voor emissies en concentraties van organische verbindingen beschikbaar. Deze hebben dan nog betrekking op de algemene bevolking (zie hoofdstuk 2).

Vluchtige organische verbindingen worden door de WHO gedefinieerd als de organische verbindingen met een kookpuntraject met als onderste grens tussen 50 °C en 100 °C en een bovenste grens tussen 240 °C en 260 °C, waarbij hogere waarden betrekking hebben op polaire verbindingen (WHO89).

Formaldehyde valt niet in deze categorie en wordt apart behandeld.

Vluchtige organische verbindingen (VOC = volatile organic chemicals) kunnen uit alle mogelijke bronnen in het binnenmilieu vrijkomen. Het aantal aangetoonde verbindingen gemeten in binnenruimten of als emissie uit bouwmaterialen bedraagt al meer dan 500 (zie tabel B-1).

Deze verbindingen hebben over het algemeen de eigenschap dat ze irriterend en/of geurend zijn.

Het emissiedebiet van VOC's uit materialen wordt bepaald door drie fundamentele processen (Tic89):

1. Diffusie in het materiaal
2. Desorptie
3. Verdamping uit het materiaal naar de langsstromende lucht

De variabelen die invloed hebben op de massaoverdracht zijn:

Temperatuur

Bij toename van de temperatuur neemt de emissie toe door toename van alle drie massaoverdrachtsprocessen (diffusie in het materiaal, desorptie en verdamping aan het oppervlak).

Tabel B-1. *Geïdentificeerde organische verbindingen in het binnenmilieu of geëmitteerd uit bouwmaterialen (Schr91)*

Groep verbindingen	Aantal geïdentificeerd
n-alkanen	23
vertakte alkanen	54
aromaten	68
alkenen en cycloalkanen	63
halogeenverbindingen	38
alcoholen	49
ethers	10
aldehyden	32
ketonen	34
esters	43
fenolen	10
stikstofverbindingen	25
terpenen	27
heterocyclische verbindingen	12
carbonsuren	24
overige	22
Totaal	534
Stand van zaken juli 1990	

Aantal luchtwisselingen (ventilatievoud)

Indien de concentratie aan het oppervlak niet verandert bij verandering van het ventilatievoud en deze concentratie te verwaarlozen is ten opzichte van de verzadigde dampspanning van de betreffende component, verandert de emissie (in $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$) niet en geeft verhoging van het ventilatievoud alleen een sterkere verdunning. De concentratie in de ruimte is dan omgekeerd evenredig met het ventilatievoud

Luchtsnelheid

De massaoverdrachtscoëfficiënt k_m wordt beïnvloed door de luchtsnelheid in de grenslaag boven het oppervlak en de mate van turbulentie. In het algemeen neemt k_m toe met de luchtsnelheid en de turbulentie. Praktisch bereikt de massaoverdrachtscoëfficiënt een maximum als een bepaalde snelheid en turbulentiegraad zijn bereikt. Dit maximum ligt bij snelheden van circa 0,3-0,5 m/s. Dit is hoog ten opzichte van de normaal in bewoonde ruimten optredende luchtsnelheden.

Vocht

Het vochtgehalte en daarmee samenhangend de relatieve vochtigheid van de lucht hebben invloed op het transport en de emissie van in water oplosbare gassen en dampen. De emissie van formaldehyde uit spaanplaten neemt bijvoorbeeld toe met de relatieve vochtigheid met ca 10 % per 5 °C. Van apolaire gassen en dampen is dit minder duidelijk.

2. NORMEN EN RICHTLIJNEN VOOR EMISSIES EN CONCENTRATIES VAN ORGANISCHE VERBINDINGEN IN HET BINNENMILIEU

In "Zorgen voor Morgen" van het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) worden referentiewaarden van chemische verbindingen voor een "gezond binnenmilieu" vermeld [RIVM88]. Deze zijn zoveel mogelijk ontleend aan gepubliceerde gezondheidkundige beoordelingen van stoffen door de overheid. Voor enkele stoffen die niet recent in Nederland zijn beoordeeld is de waarde uit WHO Air Quality Guidelines overgenomen [WHO87]. De referentiewaarden zijn concentraties waaraan personen gedurende een bepaalde tijd gemiddeld mogen worden blootgesteld.

In Tabel B-2 worden de waarden van de vermelde vluchtige organische verbindingen (VOC) samengevat.

Tabel B-2. Agentia en criteria voor VOC voor het "gezonde binnenmilieu"

Agens	referentie-waarde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Middelingtijd	Verwijzing
Benzeen	12	jaar	RIVM 1987
Formaldehyde	120	30 min	GR 1984
Dichloormethaan	1700	24 uur	RIVM 1987
Stryreen	800	24 uur	WHO
Tolueen	3000	24 uur	WHO
Tetrachlooretheen	5000	24 uur	WHO
Trichlooretheen	1000	24 uur	WHO
1,2-dichlooretheen	36	jaar	
Vinylchloride	75	jaar	

Wat betreft emissies uit materialen bestaat in Nederland alleen de KOMO-keur voor de emissie van formaldehyde uit spaanplaten (Spaanplaatbesluit,3). Uitgangspunt is de referentiewaarde voor formaldehyde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De eisen ten aanzien van emissie zijn afgeleid uit de referentiewaarde.

Wanneer wordt uitgegaan van een maximale bijdrage van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ van de buitenlucht en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ van inrichtingsartikelen (o.a. meubelen) en bronnen bij gebruik van toestellen (gastoestellen) en door roken, blijft $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over voor bouwmaterialen. Bij een belading van $0,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ spaanplaat en een ventilatievoud van 1 h^{-1} zou de emissie uit spaanplaat maximaal $120 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ mogen bedragen.

Hierbij is nog geen rekening gehouden met de invloed van temperatuur en relatieve vochtigheid, die groot kan zijn. De toename van de formaldehyde-emissie uit spaanplaten ligt vaak in de orde grootte van 10 % per $^{\circ}\text{C}$ en per 5 % RV toename.

Internationaal bestaat er een sterke behoefte aan meer referentiewaarden voor zowel concentraties als emissies voor het binnenmilieu.

Tijdens twee grote internationale conferenties bleek dit duidelijk en werden verschillende voorstellen hiertoe gedaan.

De Nederlandse overheid neemt in deze een afwachtende houding aan. Bij het Nederlands Normalisatie-Instituut (NNI) worden geen initiatieven ondernomen; men wacht de ontwikkelingen in het buitenland (met name de Scandinavische landen) af.

Verwezen wordt in dit verband naar het TNO-rapport B-92-0916 : "Rekenstudie naar de consequenties van minimaal gebruik van ramen en ventilatievoorzieningen. Gevolgen voor de toelaatbare emissies van verontreinigingen uit bouwmaterialen", uitgebracht aan VROM (DGVH).

Tijdens de internationale conferentie "Indoor Air '90" in 1990 te Toronto [IA90] werden door drie toonaangevende onderzoekers op het gebied van binnenmilieu, Seifert (Duitsland), Molhave (Denemarken) en Tucker (USA) voorstellen gedaan betreffende richtlijnen voor concentraties en emissies van VOC. Zij verschilden onderling sterk qua uitgangspunt. Niet in alle gevallen hadden zij een toxicologische basis.

Tijdens de conferentie "Healthy Buildings IAQ '91" in 1991 te Washington [IAQ91] werden de richtlijnen van de Federation of Scandinavian HVAC Societies (SCANVAC) openbaar gemaakt.

Seifert (Institut für Wasser- Boden- und Lufthygiene, Berlijn) stelde richtlijnen op voor concentraties in de binnenlucht voor groepen van VOC en totaal VOC (Tabel B-3).

Tabel B-3. *Richtwaarden voor VOC voorgesteld door Seifert*

Groep verbindingen	Concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Alkanen	100
Aromatische koolwaterstoffen	50
Terpenen	30
Gehalogeneerde koolwaterstoffen	30
Esters	20
Aldehyden en ketonen (excl. formaldehyde)	20
Andere	50
Totaal	300

Als additionele voorwaarde werd gesteld, dat de concentratie van een individuele component nooit meer dan 50 % van die van de groep waartoe deze behoort mag bedragen en niet meer dan 10 % van de totale VOC-concentratie.

Molhave (Universiteit van Aarhus, Denemarken) stelde verschillende klassen voor VOC-concentraties voor (tabel B-4). De klassen hangen samen met te verwachten gezondheidseffecten.

Tabel B-4. Concentratieklassen voor VOC volgens Molhave

Concentratie VOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Te verwachten effecten
< 200	geen
200 - 3000	mogelijk irritaties of hinder indien interactie met andere factoren aanwezig is
3000 - 25000	irritatie of hinder
≥ 25000	bovendien neurotische effecten mogelijk (toxisch gebied)

Tucker (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) maakte een indeling van groepen van produkten, die als "low-emitting" worden bestempeld, als zij een bepaalde emissie van totaal VOC niet te boven gaan (Tabel B-5).

Tabel B-5. Indeling van "low-emitting" materialen en produkten (totaal VOC)

Materiaal of product	Maximale emissie
Vloerbedekking	600 $\mu\text{g}/\text{h}$ per m^2
Vloercoatings *)	600 $\mu\text{g}/\text{h}$ per m^2
Wandmaterialen	400 $\mu\text{g}/\text{h}$ per m^2
Wandcoatings *)	400 $\mu\text{g}/\text{h}$ per m^2
Verplaatsbare afscheidingen	400 $\mu\text{g}/\text{h}$ per m^2
Kantoormeubelen	2500 $\mu\text{g}/\text{h}$ per werkplek

*) De coatings (verven, lakken, wassen en andere "natte" materialen, die direct na de applicatie een zeer hoge emissie hebben, worden als "low-emitting" beschouwd, indien de emissie binnen enkele uren na de applicatie onder de grenswaarde daalt.

Het uitgangspunt van Tucker is dat de maximale concentratie VOC om irritaties te voorkomen $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mag bedragen. Om dit te bereiken mag de maximale bijdrage per bron $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ VOC zijn.

Bij voorkeur wordt de maximale emissie berekend uit de maximale concentratie met behulp van een model, waarbij de volgende parameters worden betrokken:

- inhoud van de ruimte;
- ventilatievoud;
- luchtbeweging en menging (ventilatie-efficiency);
- hoeveelheid materiaal per m^3 (belading).

Indien niet van een rekenmodel gebruik wordt gemaakt kunnen (bij gebrek aan beter dus) de maximale emissies van tabel B-5 worden gehanteerd.

SCANVAC geeft zowel luchtkwaliteitsklassen als emissieklassen. Deze worden vermeld in Tabel B-6.

Seifert geeft heel strenge richtlijnen, doch deze missen iedere toxicologische basis.

De richtlijnen van EPA zijn gebaseerd op de normale populatie; uitgangspunt is dat de concentratie van totaal VOC onder de $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ moet blijven. Emissiegrenswaarden worden door middel van een model hieruit berekend, of, als er geen model beschikbaar is geeft hij het lijstje van emissiewaarden voor verschillende materialen (Tabel B-5).

Tabel B-6. Richtlijnen volgens SCANVAC

A : Toelaatbare concentraties in de binnenlucht				
Soort verontreiniging	Middelingstijd	Max. toelaatbare concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		klasse		
		1	2	3
Totaal VOC	0,5 uur	< 200	200 - 500	> 500
Formaldehyde	0,5 uur	< 50	50 - 100	> 100
B : Emissieklassen van materialen (bij 20 °C en 50 % RV)				
Klasse A	lage emissie	< 40 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ totaal VOC		
Klasse B	middelmatige emissie	40 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ totaal VOC		
Klasse C	hoge emissie	> 100 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ totaal VOC		

De Scandinaviërs hanteren verschillende kwaliteitsklassen. Molhave stelt dat er geen irritaties zijn te verwachten als de VOC-concentratie onder $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ blijft (een factor 10 lager dan EPA). Hij baseert dit op de resultaten van een aantal grootschalige onderzoeken naar relaties tussen lage concentraties luchtverontreinigingen, met name VOC en gezondheidseffecten. In het gebied $0,2 - 3 \text{ mg}/\text{m}^3$ kunnen gezondheidseffecten worden verwacht als er ook andere factoren zijn die irritaties kunnen veroorzaken (zie Tabel B-4).

De richtlijnen van SCANVAC sluiten hierbij aan (zie tabel B-6).

Materialen die voldoen aan emissieklasse A zijn "low emission materials"; de maximale emissiefactor is $40 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ VOC bij 20 °C en 50 % RV.

De testcondities zijn overeenkomstig COST 613 [CEC90], temperatuur 23 °C, relatieve vochtigheid 45 % behalve het ventilatievoud: 0,5 h⁻¹ in plaats van 1,0 h⁻¹. Dit is zeer laag en meestal niet in overeenstemming te brengen met ventilatienormen zoals de Nederlandse NEN 1087. In de praktijk komen dergelijke lage ventilatievouden wel veel voor, omdat de aanwezige ventilatievoorzieningen niet worden gebruikt wegens tochtklachten terwijl de woning (zeer) luchtdicht is.

Juist bij CARA-patiënten zal vaak de neiging optreden alle ventilatieopeningen gesloten te houden.

Bij toepassing van een gebalanceerd ventilatiesysteem behoeft de bewoner zelf geen ventilatieactiviteiten te verrichten.

Toch kan het ook hier mis gaan omdat [Wal88,Wal89,Wal91]:

- het systeem niet goed is ingeregeld;
- het systeem ontregeld is geraakt door vervuiling;
- het systeem door de bewoners is ontregeld door bijv. inblaasopeningen te dichten;
- het systeem ontregeld is geraakt doordat bewoners van een andere wooneenheid, die op hetzelfde systeem zijn aangesloten het systeem hebben beïnvloed;
- de bewoners de ventilator in de laagstand zetten of zelfs geheel uitschakelen wegens de geluidhinder van de ventilator.

Opmerkelijk is dat de condities van de kwaliteitsklassen (20 °C en 50 % RV) niet overeenkomen met de testcondities volgens COST (23 °C en 45% RV), terwijl de Scandinavische landen zich wel conformeren aan de testcondities van COST.

Een maximale emissiefactor voor de Nederlandse situatie van 40 µg/m².h lijkt redelijk voor CARA-patiënten.

Voor formaldehyde geldt in Nederland een grenswaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$; volgens het Bouwbesluit dient de emissie uit materialen zodanig laag te zijn dat hieraan wordt voldaan.

Deze grenswaarde is bedoeld voor de algemene bevolking.

Voor CARA-patiënten wordt voorgesteld de laagste grenswaarde van SCANVAC - $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ te hanteren.

Een rekenvoorbeeld:

Indien wordt uitgegaan van een maximale bijdrage van de buitenlucht van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan mag de maximale bijdrage van de som van bouwmaterialen en inrichting $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zijn voor de normale bevolking.

Voor CARA-patiënten wordt dit $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dit stelt bijzonder strenge voorwaarden aan zowel bouw als inrichting!

De inrichting is door de woningbouw niet te beïnvloeden; dit moet via andere wegen gebeuren door voorlichting te geven ten aanzien van de keuze van materialen en artikelen die een geringe emissie van irriterende en/of sensibiliserende stoffen hebben.

3. GROEPEN VAN MATERIALEN EN HOOFDCOMPONENTEN VAN HUN EMISSIES

Bouwmaterialen, inrichtingsmaterialen (stoffering en meubilair) en consumentenartikelen die in iedere bewoonde ruimte voorkomen kunnen in eerste instantie worden onderverdeeld in "droge" materialen en "natte" materialen. Bij natte materialen is sprake van materialen met een hoog gehalte aan oplosmiddelen die relatief snel verdampen.

Droge materialen worden gekenmerkt door een relatief lage, langzaam afnemende emissie. Natte materialen worden gekenmerkt door een aanvankelijk hoge emissie die in de tijd snel afneemt.

Het volgende wordt beperkt tot bouwmaterialen.

Droge materialen

Minerale vezels

Minerale vezels - glaswol en steenwol - worden in de bouw als isolatie toegepast als losse massa (spouwmuren) en als geperste platen. De vezels zelf zijn anorganische silicaten en geven geen vluchtige verbindingen af. Het bindmiddel dat altijd aanwezig is onder bepaalde omstandigheden echter wel. In het algemeen wordt melding gemaakt van zeer geringe emissies. Dit is ook de ervaring van TNO-Bouw behalve onder speciale omstandigheden. Herhaaldelijk is TNO-Bouw geconfronteerd met stankklachten in woningen, kantoren en scholen, waarbij de bron minerale wol in de spouw bleek te zijn [Wal87, Wal89a]. De stank werd omschreven als: plasticchtig, zuur, weeïg, rotte vis of ondefinieerbaar.

Er was steeds een combinatie van factoren die opviel bij deze stankklachten:

- er was sprake van vochtig geworden minerale wol;
- de klachten traden vooral op aan de zuidwestgevel;
- de klachten namen toe bij warm weer.

Dit leidde tot de hypothese dat een combinatie van vocht en verhoogde temperatuur leidt tot ontleding van het bindmiddel. Deze hypothese werd bevestigd door laboratoriumonderzoek.

Polystyreenschuim

Polystyreenschuim (PS-schuim) wordt in de bouw als isolatiemateriaal toegepast. De belangrijkste componenten die worden gevonden bij emissie uit polystyreenschuim zijn:

- pentaan en fluorchloorkoolwaterstoffen (drijfgas);
- styreen (het monomeer);
- ethylbenzeen (grondstof van het monomeer);
- n-hexaan (oplosmiddel).

Polyurethaanschuim

Ook polyurethaanschuim (PUR-schuim) wordt in de bouw als isolatiemateriaal toegepast.

Ook hier werden fluorchloorkoolwaterstoffen gevonden (drijfgas). Daarnaast:

- dimethyl-1,3-dioxolan (bestanddeel van polyol, een van de twee componenten waaruit polyurethaan wordt gemaakt);
- a-methylstyreen (bestanddeel van drijfgas).

Ureumformaldehydeschuim

Ureumformaldehydeschuim (UF-schuim) is ook een isolatiemateriaal. Onder bepaalde omstandigheden kan dit materiaal formaldehyde afgeven. In Nederland heeft toepassing in woningen in het verleden tot problemen geleid; thans wordt het vrijwel niet meer toegepast.

Houtvezelplaten

Houtvezelplaten worden in de bouw toegepast als spaanplaten, multiplexplaten en hechthoutplaten. De problematiek van de formaldehyde-emissie uit dergelijke plaatmaterialen speelde in Nederland vooral in de zeventiger jaren. Formaldehyde ontstaat door ontleding van de hars, die 30 gewichtsprocent van de plaat kan uitmaken, onder invloed van temperatuur en vocht.

De hars bestaat uit ureumformaldehyde-, melamineformaldehyde- of fenol-formaldehyde-polymeer.

Hout emitteert ook tal van VOC's. De belangrijkste zijn terpenen (en daarvan weer de belangrijkste α -pineen), aceton, azijnzuur, hexanal, propanol, butanon en benzaldehyde.

Anorganische bouwmaterialen

Anorganische bouwmaterialen zijn zoals de naam zegt opgebouwd uit anorganische grondstoffen zoals gips, cement, calciumsilicaat, baksteen en minerale vezels. Alhoewel de emissies veel geringer zijn dan bij de tot nog toe besproken bouwmaterialen zijn zij niet geheel te verwaarlozen. De schaarse publikaties hierover vermelden emissies van alifatische en aromatische koolwaterstoffen en α -pineen.

Natte materialen

Verven en lakken

Verven en lakken bevatten drie hoofdcomponenten: oplosmiddelen, nodig om de verf of lak verwerkbaar te maken; bindmiddelen, dit zijn organische stoffen die verantwoordelijk zijn voor de filmvorming van een verf of lak en pigmenten en eventuele vulstoffen, die verantwoordelijk zijn voor de kleur en zorgen voor een goede dekking.

Tijdens en direct na de applicatie van verven en lakken komt het grootste deel van de oplosmiddelen vrij in de lucht door verdamping. Expositie aan hoge concentraties oplosmiddelen is in de eerste plaats een probleem voor de applicateurs (schilders en lakkers).

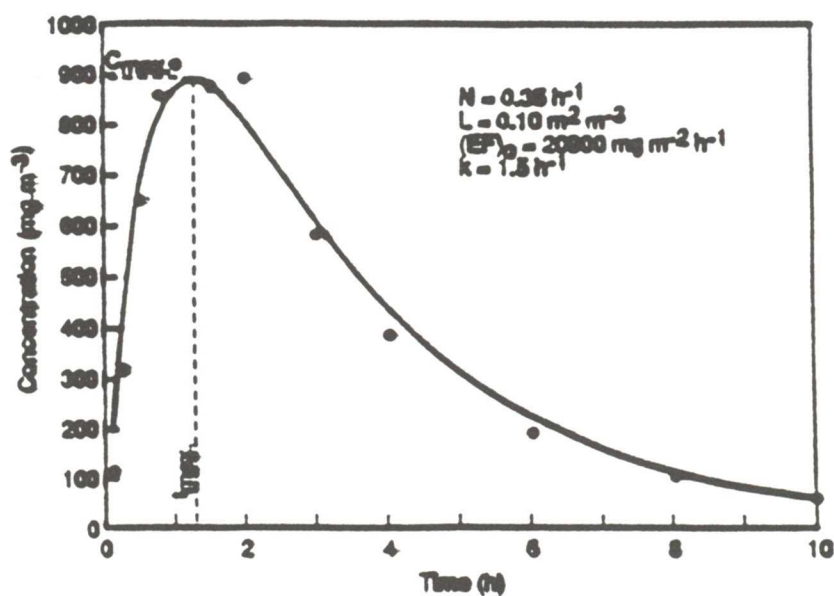
Figuur B-1 geeft het verloop van de totale oplosmiddelconcentratie in een proefruimte weer als functie van de tijd.

Kleine emissies uit geverfde of gelakte oppervlakken vinden echter nog geruime tijd na de applicatie plaats. In vrijwel iedere bewoonde ruimte worden oplosmiddelcomponenten gevonden in concentraties die veel hoger zijn dan in de buitenlucht.

In een rapport van het Verfinstituut-TNO van 1981 dat een overzicht geeft van de meest gebruikte oplosmiddelen in de verfindustrie [Doo81] blijkt het hoogste verbruik dat van white spirit. White spirit, ook wel terpentine, lakbenzine of peut genoemd, bevat voornamelijk alkanen met 8-11 C-atomen, toluen, xyleen en trimethylbenzeenisomeren. De laatste jaren hebben produkten die water als oplosmiddel bevatten en poedercoatings, die in het geheel geen oplosmiddel bevatten meer ingang gevonden. Het gebruik van deze produkten is de laatste 5 jaar gegroeid met 10 % per jaar en maken thans 25 % van het verfgebruik in Europa uit [Boe91], in Nederland zelfs ruim 50 % [Kaa91].

Verven die water als oplosmiddel bevatten kunnen in drie typen worden onderverdeeld: dispersies, met water afdunbaar en in water oplosbaar.

De dispersies bevatten ook nog organische oplosmiddelen op terpentinebasis, zij het in veel lagere concentratie. De twee andere typen bevatten meestal ammonia of aminen en daarnaast een met water mengbaar organisch oplosmiddel zoals alcoholen, glycolen en glycolethers.



Figuur B-1. Voorbeeld van het concentratieverloop in een proefkamer voor een natte bron (totaal VOC uit houtbeits). Bron [Tic89]

Bouwlijmen, voegkitten en cementmortel

De belangrijkste vluchtige organische verbindingen van deze materialen zijn:

Muurlijm en vloerlijm op waterbasis	alkanen C7-C13 terpenen tolueen, xyleen alcoholen C7-C8
Textiellijm op waterbasis	alkanen, C8-C11 tolueen, aromaten C8-C10 1-noneen
Betonmortel	alkanen C9-C11 tolueen, xyleen, C9-aromaten n-butanol C5-ketonen styreen
Afdichtingskitten	
Polyacrylaat	tolueen, xyleen, ethylacetaat glycolether-acetaten
Siliconenkit	MEK, 2-butoxyethanol, butanol, tolueen, azijnzuur (door ontleding toeslagstof)
Polyurethaan	aromaten
Latex	aromaten, alkanen, 1,1,1,-trichloorethaan

"Phenoseal"

butylacetaat, Carbitol,
diethyleenglycol-mono-
ethylether

Vinylacryl

ethyleenglycol

Butyl

octaan, octeen, nonaan

Plastic

alkanen C9-C11,

aromaten C8-C10

Overige kunststoffen

Polyetheen en polypropreen

alkanen C5-C18,

alcoholen C4-C8,

alkenen C6-C18,

fenolverbindingen

Zacht PVC

alkanen C10-C15,

bifenyl, naftaleen

ftalaten

Caoutchouc

terpenen, toluen,
n-decaan

4. LITERATUUR

Boe91

Boer, A. de

Groene golf in lakken

Ingenieurskrant 12, 8-9, 1991

CEC90

Commission of the European Communities

Guideline for the characterization of volatile organic compounds emission from indoor materials and products using small test chambers COST Project 613, Report Nr. 8, 1990

Doo81

Doorgeest, T

Het grondstoffenverbruik van de Nederlandse verfindustrie en enige milieuhygiënische consequenties

Verfinstituut TNO Rapport nr. V-81-V, 1981

IA90

Indoor Air '90

Precedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate
Toronto, 29 July- 3 August 1990

IAQ91

Healthy Buildings IAQ '91

Proceedings of the conference organized by the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) and the International Council for Building Research, Studies and Documentation Washington DC, September 4-8, 1991

Kaa91

Kaaden, R. van der

Inventarisatie milieu-aspecten voor de bouw met betrekking tot het materiaal verf
CPM-TNO rapport nr. 041/91, 4 maart 1991

RIVM88

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Zorgen voor Morgen - Nationale Milieuverkenning 1985-2010

Samson H.D. Tjeenk-Willink, Alphen a/d/ Rijn, 1988

Sch91

Schriever, E., R. Marutzky

Geruchs- und Schadstoffbelastung durch Baustoffe in Innenräumen.

Ein Literaturstudie WKI-Bericht Nr. 24, 1991

Tic89

Tichenor, B.A.

Indoor Air Sources: using small environmental test chambers to characterize organic emissions from indoor materials and products

EPA Report Nr. 600/8-89-074, August 1989

Wal87

Wal, J.F. van der

Minerale wol als bron van luchtverontreiniging

MT-TNO Rapport R87/035, 1987

Wal88

Wal, J.F. van der, A.M.M.Moons, H.J.M.Cornelissen

Oriënterend onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit van gerenoveerde woningen in Rotterdam

Klimaatbeheersing 17 (1988)/ 5, 177-185

Wal89

Wal, J.F. van der, J.E.F. van Dongen, H.J.M. Cornelissen A.M.M.Moons, R. Steenlage

Onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit van gerenoveerde woningen te 's-Hertogenbosch

MT-TNO Rapport R88/253c, 1989

Wal89a

Wal, J.F. van der, A.M.M.Moons, R. Steenlage

Thermal insulation as a source of air pollution

Environment International 15 (1989), 409-412

Wal91

Wal, J.F. van der, A.M.M.Moons, H.J.M.Cornelissen

The Indoor Air Quality in renovated Dutch homes

Indoor Air 4 (1991), 621-633

WHO87

World Health Organization

Air Quality Guidelines for Europe WHO Regional Publications, Copenhagen, 1987

WHO89

World Health Organization (WHO)

Indoor Air Quality: Organic Pollutants Copenhagen, WHO Regional Office for Europe EURO Reports and studies N0. 111, 1989

Sch91

Schiever,E.,R.Marutzky

Geruchs- und Schadstoffbelastung durch Baustoffe in Innenraumen.

Ein Literaturstudie WKI-Bericht Nr. 24, 1991