

Chemical Sensitivity and Sick-Building Syndrome

Yukio Yanagisawa
Hiroshi Yoshino
Satoshi Ishikawa
Mikio Miyata

 CRC Press
Taylor & Francis Group

BOL.com

Chemical Sensitivity and Sick-Building Syndrome

E-Book € 48,88

Hardcover € 185

Samenvatting

Dit boek, geschreven door multidisciplinaire deskundigen in geneeskunde, scheikunde en architectuur, behandelt chemische gevoeligheid (CS). In 15 hoofdstukken die passen bij 15 lezingen, bespreekt het niet alleen de medische verklaring, maar ook de omgevingsfactoren van deze overgevoelige reactie, zoals chemie en architectonische aspecten. Het boek geeft een overzicht van door vervuiling veroorzaakte ziekten zoals de Minamata ziekte. Het wijst ook op de gelijkenis van moderne overgevoeligheidssyndromen met historische vervuilingsziekten, vanuit het gezichtspunt van niet alleen natuurwetenschappelijke aspecten, maar ook van het sociale begrip van de ziekte.

Auteurs

Yukio Yanagisawa, D. Eng. ([Inleiding](#), [hoofdstukken 12, 13, 14, 16](#)). Yukio Yanagisawa is professor emeritus aan de Universiteit van Tokio en momenteel directeur van Kaisei Academy Junior and Senior High School. Zijn achtergrond is *chemische techniek en volksgezondheid*. Zijn onderzoeksinteresses gingen uit naar de luchtomgeving, zoals nadelige gezondheidseffecten door blootstelling aan vervuilde lucht. Hij doceerde zowel aan de Harvard School of Public Health als aan de School of Frontier Sciences van de Universiteit van Tokio. Hij was een van de oprichters van de Society of Indoor Environment, Japan en voorzitter of vice-voorzitter tussen 1994 en 2008. Hij was vice-voorzitter van de Japan Society of Atmospheric Environment, lid van het dagelijks bestuur van The Japanese Society of Clinical Ecology, en Regionaal Milieucentrum voor Oost-Europa in Hongarije (REC). Hij is Fellow van de International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ).

Hiroshi Yoshino, D. Eng. ([Hoofdstukken 9, 10, 11, 15](#), [Epi-log](#)). Hiroshi Yoshino is professor emeritus van de Tohoku Universiteit, en momenteel President-Appointed Extraordinary Professor aan de universiteit. Hij was voorzitter van het Architectonisch Instituut van Japan (AIJ). Hij heeft zich beziggehouden met onderzoeksthema's in de bouwkunde, zoals binnenmilieu en energiebesparing, ventilatie en binnenluchtkwaliteit, gezondheid van bewoners en binnenmilieu, en prestaties van passieve zonnepanelen. Hij is een van de

medewerkers aan de rapporten van de Intergouvernementele Werkgroep inzake Klimaatverandering (IPCC), die in 2007 de Nobelprijs voor de Vrede kreeg. Hij ontving verschillende prijzen, o.a. van het Architectural Institute of Japan op het gebied van tijdschriftartikelen en van de Society of Heating, Air Conditioning and Sanitary Engineers of Japan (SHASE) Best Papers. Hij ontving de Japanse Uichi Inoue Memorial Award van de SHASE. Hij is een ASHRAE Fellow.

Satoshi Ishikawa, MD, PhD (Voorwoord, Hoofdstukken 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 15). Satoshi Ishikawa is professor emeritus aan de Kitasato Universiteit en een voormalig decaan van de School of Medicine, Kitasato Universiteit. Zijn belangrijkste onderzoeksgebieden zijn neuro-ophthalmologie en toxicologie met betrekking tot klinische milieugeneeskunde. Hij was voorzitter van de Japanse Vereniging voor Klinische Milieugeneeskunde, directeur van de Studiegroep voor Chemische Gevoeligheid in Japan, directeur van de , en onderzoeksleider van de studiegroep in 2000-2006, gesponsord door het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn. Hij is een Fellow van de American Academy of Environmental Medicine (AAEM) en een ontvanger van de Jonathan Forman Award.

Mikio Miyata, MD, PhD (Hoofdstukken 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8). Mikio Miyata is professor emeritus aan de Kitasato Universiteit (Tokio) en heeft gewerkt in de speciale kliniek voor chemische gevoeligheid in Tokio. Hij is een voormalig voorzitter van The Japanese Society of Clinical Ecology. Hij

werkte aanvankelijk op de gebruikelijke toxicologische gebieden en concentreerde zich later op de vitale prikkeling van een zeer kleine hoeveelheid chemicaliën. Hij bewees dat allergie sterk verergert door blootstelling aan een heel kleine hoeveelheid chemische stoffen. Daarna begon hij chemische gevoeligheid te bestuderen. Met Dr. Ishikawa bewees hij dat patiënten met chemische gevoeligheid stoornissen in het centrale en autonome zenuwstelsel ontwikkelen.

INHOUD-LIJST

	hfd-1 / hfd-2 / hfd-3 / hfd-4 / hfd-5 / hfd-6 / hfd-7 / hfd-8 / hfd-9 / hfd-10 / hfd-11 / hfd-12 / hfd-13 / hfd-14 / hfd-15 / hfd-16	[xxx]
	VOORWOORD	015
	AUTEURS	019
	INLEIDING	022
1	Hoofdstuk 1	025
1.1	Achtergrond – “ <i>Chemical sensitivity</i> ” CS	025
1.1.1	Ziektereregistratie van CS.	026
1.1.2	CS Studies in Europa.	027
1.1.3	CS Studies in Japan...	027
1.1.4	Sick-Building/House Syndrome..	027
1.2	Klinische Symptomen.	027
1.3	Psychiatrische en sociale aspecten.	028
1.4	Chemische agentia die betrokken zijn bij CS..	029
1.5	Waarom de diagnose van CS moeilijk is..	032
1.5.1	Redenen voor het gebrek aan begrip van CS.	032
	Eindnoten...1	032
		
2	Hoofdstuk 2	035
2.1	Gevolgen van chemische gevoeligheid.	035
2.2	Tegenmaatregelen	036
2.2.1	Je huis, werkplek, en schoolomgeving veilig maken	036

2.2.2	<u>Problemen met voedsel en spijsvertering.</u>	036
2.2.3	<u>Voorzichtigheid bij gebruik van dagelijkse producten</u>	036
2.2.4	<u>Vermijding van chemische stoffen in het milieu.</u>	037
2.2.5	<u>Effecten van Elektromagnetische Golven.</u> – (ES)	037
2.2.5.1	<u>ES en Internationale Classificatie van Ziekte</u>	038
	<u>Eindnoten...2</u>	038
▲		
3	<u>Hoofdstuk 3</u>	041
3.1	<u>Medische verzekering in Japan</u>	041
3.2	<u>Begrip voor CS op justitieel niveau</u>	041
3.3	<u>Onderwijs</u>	042
3.3.1	<u>Specifiek onderwijs aan artsen</u>	042
3.3.2	<u>Specifiek onderwijs voor tandartsen</u>	042
3.3.3	<u>Specifiek onderwijs voor het gezondheidsteam.</u>	043
3.3.4	<u>Patiënteneducatie ..een comfortabel dagelijks leven</u>	043
3.3.5	<u>Educatie voor leken</u>	044
	<u>Eindnoten..3</u>	044
▲		
4	<u>Hoofdstuk 4 Medische feiten.</u>	045
4.1	<u>Acute Toxicologie, Intermediair Syndroom.</u>	045
4.2	<u>Chronische toxicologie.</u>	045
4.3	<u>Dierexperimenten met extreem lage doseringen.</u>	045
4.4	<u>Onderzoek naar het mechanisme van CS</u>	047
4.4.1	<u>Ontgiftig..</u>	047
4.4.2	<u>Verwerving van zenuwgevoeligheid.</u>	049

	<u>Eindnoten...4</u>	050
<u>▲</u>		
5	<u>Hoofdstuk 5 Diagnose.</u>	053
5.1	<u>Gedetailleerd en zorgvuldig interview.</u>	053
5.2	<u>Neuro-Oftalmologisch en neurologisch onderzoekin combinatie met gewone klinische onderzoekenin Japan</u>	053
5.2.1	<u>Speurend Oogbewegingsonderzoek</u>	054
5.2.2.	<u>Pupilfunctie</u>	055
5.2.3	<u>Staand vermogen.</u>	056
5.2.4	<u>Contrastgevoeligheid Onderzoek van de hogereVisuele Centra.</u>	057
5.2.5	<u>Accommodatieonderzoek van de ogen.</u>	057
5.2.6	<u>Onderzoek van de hersenfunctie</u>	057
5.2.7	<u>Immuunonderzoek</u>	058
5.2.8	<u>Ademhalingsfunctie</u>	058
5.2.9	<u>Perifere veneuze bloedzuurstofconcentratie</u>	058
5.3	<u>Chemische belastingstesten</u>	058
5.3.1	<u>Gebruik van een Clean Room</u>	058
5.3.2	<u>Bepaling van de veroorzakende chemische stoffen (Challenge Test)</u>	058
	<u>Eindnoten...5</u>	060
<u>▲</u>		
6	<u>Hoofdstuk 6 Behandeling van patiënten met chemische overgevoeligheid</u>	061
6.1	<u>Vermijden van chemische stoffen</u>	061

6.1.1	<u>Voedsel</u>	061
6.1.2	<u>Water.</u>	061
6.1.3	<u>Lucht</u>	062
6.1.3.1	<u>Gebruik van een luchtzuiveraar</u>	062
6.1.4	<u>Kleding</u>	063
6.1.5	<u>Medicijnen</u>	063
6.2	<u>Ontgiften</u>	063
6.2.1	<u>Kuuroord, Warmwaterbron, Bad, Lage-Temperatuur Sauna</u>	064
6.2.2	<u>Medicijnbehandeling</u>	064
6.2.2.1	<u>Conjugatie</u>	064
6.2.2.2	<u>Vitaminen</u> / <u>B12</u>	064
6.2.2.3	<u>Symptomatische therapie</u>	065
6.2.2.4	<u>Mineralen</u>	065
6.2.2.5	<u>EDTA, penicillamine, PAM, en andere</u>	066
6.3	<u>Alternatieve Therapie</u>	066
6.3.1	<u>Gebed en meditatie in het zenboeddhisme</u>	066
6.3.2	<u>Oosterse geneeskunde en alternatieve geneeskunde</u>	067
6.4	<u>Voedingsinstructie.</u>	067
	<u>Eindnoten – 6</u>	
		
7	<u>Hoofdstuk 7 Chemische gevoeligheid bij kinderen</u>	069
7.1	<u>Algemene Symptomen</u>	069
7.1.1	<u>Formaldehyde Concentratie en Symptomen</u>	069
7.1.2	<u>TVOC Concentratie en Symptomen</u>	070

7.1.3	<u>Cholinesterase in de rode cel.</u>	070
7.2	<u>Effecten van chemische stoffen binnenshuis op de intelligentie en de cognitieve functie van kinderen</u>	071
7.2.1	<u>Evaluatie van intelligentie</u>	071
7.2.2	<u>WISC-III testresultaten en concentratie van chemische stoffen binnenshuis</u>	071
7.2.3	<u>Ontwikkeling van het Sick-House Syndroom</u>	073
7.3	<u>Gevalverslag van CS bij een jonge jongen die behandeld was met met Sumatriptan Succinaat en Selectieve Serotonine Heropname Inhibitoren</u>	074
	<u>Eindnoten.. 7</u>	075
		
8	<u>Hoofdstuk 8 Meervoudige chemische overgevoeligheid Medische aspecten uit Duitsland.</u>	077
8.1	<u>Chemische gevoeligheid</u>	078
8.2	<u>Biochemische Individualiteit</u>	078
8.3	<u>Randolph's Specifiek Aanpassingssyndroom als reactie op omgevingsstressoren</u>	081
8.4	<u>Oorzaken: Vuur in het Lichaam en de Hersenen</u>	083
8.5	<u>Diagnostisch programma aanbevolen voor CS patiënten</u>	083
8.5.1	<u>Metabolische en voedingsstatus (Organische Zuur-Profielen), Toxinen</u>	083
8.5.2	<u>Giftige Metalen</u>	084
8.5.3	<u>Ftalaten en parabenen Profiel.</u>	085
8.5.3.1	<u>Waarom ftalaten en parabenen Niveaus?</u>	085
8.5.3.2	<u>Waar worden ftalaten en parabenen gevonden</u>	085

8.5.4	<u>Bisfenol A</u>	086
8.5.5	<u>Verborgen voedselallergieën</u>	086
8.5.5.1	<u>Glutenovergevoeligheid kan leiden tot Neurologische en Autoimmuunziekten</u>	088
8.5.6	<u>Ontlasting en spijsverteringsanalyse</u>	088
8.5.6.1	<u>Waarom ontlastingsanalyse gebruiken?</u>	089
8.6	<u>Therapie: Het DNA Concept.</u>	089
8.7	<u>HEPAR-TOX ontgiftig</u>	089
8.8	<u>Ecologische architectuur en milieugeneeskunde</u>	090
8.8.1	<u>Nieuwe projecten in Wolfhagen - de historische stad in het Land van de Gebroeders Grimm</u>	090
	<u>Eindnoten. – 8</u>	
		
9	<u>Hoofdstuk 9 Emissiesnelheid van chemische verbindingen in bouwproducten en materialen.</u>	093
9.1	<u>Inleiding</u>	093
9.2	<u>Categorieën van chemische stoffen</u>	093
9.3	<u>Bouwproducten en -materialen</u>	094
9.4	<u>Emissietests met een kamer.</u>	094
9.4.1	<u>Methode met kleine kamers</u>	094
9.4.2	<u>Grote-Kamer-Methode.</u>	095
9.4.3	<u>Desiccator methode</u>	096
9.4.4	<u>Passieve Methode.</u>	096
9.4.5	<u>Microkamer methode voor SVOCs</u>	097
9.5	<u>Labeling</u>	099
9.5.1	<u>Formaldehyde</u>	099

9.5.2	<u>VOC's</u>	100
9.5.2.1	<u>Voor VOC-norm.</u>	100
	<u>Eindnoten. – 9</u>	101
		
10	<u>Hoofdstuk 10 Ventilatiestrategieën voor elk soort gebouw en Wettelijke Voorschriften</u>	103
10.1	<u>Geschiedenis en achtergrond van binnenluchtverontreiniging Maatregelen in Japan</u>	104
10.1.1	<u>Voor de invoering van maatregelen tegen 'sickhouses'</u>	104
10.1.2	<u>Ontwerpveronderstelling en strategie van maatregelen tegen het probleem van de luchtverontreiniging binnenshuis.</u>	105
10.2	<u>Wettelijke voorschriften voor de kwaliteit van de binnenlucht</u>	107
10.2.1	<u>Technische normen in de gewijzigde Bouwnormenwet</u>	107
10.2.2	<u>Voorschriften betreffende het gebruik van bouwFormaldehyde bevattende materialen en Installatie van Ventilatie.</u>	107
10.2.2.1	<u>Beperkingen op de binnenaafwerking</u>	117
10.2.2.2	<u>Verplichte installatie van ventilatie</u>	117
10.2.2.2	<u>Beperkingen m.b.t. zolders en aangrenzende verborgen ruimten</u>	118
10.2.3	<u>Technische normen in de Housing QualityAssurance</u>	108
10.2.4	<u>Technische normen van de Wet op het onderhoud van Sanitaire voorzieningen in Gebouwen.</u>	109
10.2.5	<u>Luchtverontreiniging binnenshuis na de wijzigingvan de Bouwnormenwet in 2003</u>	111

10.3	<u>Soorten en kenmerken van ventilatiesystemen</u>	112
10.3.1	<u>Soorten ventilatie</u>	112
10.3.2	<u>Methoden voor de keuze van een mechanisch ventilatiesysteem</u> <u>Systeem</u>	113
10.4	<u>Trends in technologische ontwikkeling en energiebesparende Prestaties</u>	114
10.4.1	<u>Mechanische Ventilatie Systemen Gebruik makend van Motoren met Laag Vermogen</u>	114
10.4.2	<u>Vraaggestuurde Ventilatie.</u>	114
10.4.3	<u>Mechanische Ventilatiesystemen met een Warmtewisselaar.</u>	114
10.4.4	<u>Hybride Ventilatiesysteem</u>	115
10.5	<u>Belangrijke punten voor planning en werking van Ventilatiesystemen</u>	115
10.5.1	<u>Planning van het ventilatietraject.</u>	115
10.5.2	<u>Opmerkingen voor het berekenen van drukdalingen</u>	116
10.5.3	<u>Opmerkingen voor de constructie</u>	116
10.5.4	<u>Opmerkingen voor regelmatig onderhoud</u>	116
10.5.5	<u>Stappen voor ventilatieplanning</u>	117
10.6	<u>Ventilatie-apparatuur in grote gebouwen.</u>	117
0.6.1	<u>Ventilatie in aangewezen gebouwen</u>	117
10.6.2	<u>Ventilatiesystemen, behalve die in centraal geregelde HVAC-systemen</u>	118
	<u>Eindnoten – 10</u>	119
		
11	<u>Hoofdstuk 11 Ventilatie, luchtdichtheid, en luchtverontreiniging.</u>	121

11.1	<u>Opzet van het Meetonderzoek</u>	121
11.1.1	<u>Onderzoekperiode en onderzochte huizen</u>	121
11.1.2	<u>Onderzoekspunten en meetmethode.</u>	121
11.2	<u>Meetresultaten</u>	124
11.2.1	<u>Luchtdichtheid van huizen</u>	124
11.2.2	<u>Ventilatiesnelheid van het ventilatiesysteem</u>	126
11.3	<u>Vergelijking van luchtdichtheid, ventilatiesystemen Concentraties Chemische Stoffen.</u>	128
11.3.1	<u>Vergelijking van luchtdichtheid en chemischeCon- centraties van chemische stoffen.</u>	128
11.3.2	<u>Vergelijking van Luchtverversingssnelheid en Chemische Concentraties van stoffen Conclusies</u>	128
11-4	<u>Conclusies</u>	129
	<u>Eindnoten – 11</u>	129
		
12	<u>Hoofdstuk 12 Chemische kenmerken van binnen- verontreinigende stoffen en de huidige regelgeving</u>	131
12.1	<u>Gebruik en bronnen van chemische soorten diein bin- nenmilieus</u>	131
12.1.1	<u>Kunstmatige houten platen en kleefstoffen.</u>	131
12.1.2	<u>Verf.</u>	134
12.1.3	<u>Schimmelwerende middelen, mottenballen, luchtverfrissers en Ontsmettingsmiddelen</u>	134
12.1.4	<u>Weekmakers en Vlamvertragers.</u>	135
12.1.5	<u>Roken en brandende toestellen</u>	136
12.1.6	<u>Secundair ontstane verbindingen</u>	136

12.1.7	<u>Verontreinigingen in de buitenlucht</u>	136
12.1.8	<u>Onbekende verontreinigende stoffen</u>	137
12.2	<u>Bepaling van verontreinigende stoffen uit het oogpunt van gezondheids Effecten</u>	137
12.2.1	<u>Beoogde gezondheidseffecten</u>	137
12.2.1.1	<u>'Sick-house' syndroom</u>	137
12.2.1.2	<u>Astma</u>	138
12.2.1.3	<u>Endocriene – hormonen - verstoring</u>	138
12.2.1.4	<u>Kanker.</u>	138
12.2.2	<u>Veldonderzoek naar vervuiling binnenshuis</u>	138
12.3	<u>Risico-evaluatie</u>	142
12.3.1	<u>Wat is risico-evaluatie?</u>	142
12.3.2	<u>Beoordeling van gevaren</u>	142
12.3.3	<u>Blootstellingsbeoordeling</u>	144
12.3.4	<u>Risico-evaluatie.</u>	146
12.4	<u>Handhaving en effect van de voorschriften</u>	147
12.4.1	<u>Tijdsverloop van de voorschriften.</u>	147
12.4.2	<u>Gevolgen van de verordeningen</u>	149
	<u>Eindnoten – 12</u>	149
		
13	<u>Hoofdstuk 13 Methoden voor het meten van binnenvervuiling.</u>	151
13.1	<u>Methoden voor het meten van de concentratie binnenshuis..</u>	151
13.1.1	<u>Integratiemeting</u>	151
13.1.1.1	<u>Actieve Methode</u>	152

13.1.1.2	<u>Passieve Methode</u>	152
13.1.1.3	<u>Onderwerp-verbindingen, Carbonyl Verbindingen, VOC's, TVOC's, SVOC's.</u>	152
13.1.2	<u>Onmiddellijke meting</u>	154
13.1.2.1	<u>Onderwerp Verbindingen, TVOC's, Formaldehyde</u>	154
13.1.2.2	<u>Methode voor het ter plaatse meten van bron Intensiteit en Ventilatiesnelheid</u>	154
13.1.3	<u>Gecombineerde toepassing van Integratie Meting en Momentmeting</u>	154
13.1.3.1	<u>Piekvangmethode voor het opvangen van pieken</u>	155
13.2	<u>Methoden voor het meten van de emissiesnelheid van bouwmaterialen</u>	155
13.2.1	<u>Desiccator Methode</u>	155
13.2.2	<u>Kamermethode.</u>	156
13.2.3	<u>Methode voor metingen ter plaatse</u>	157
13.2.3.1	<u>Veld- en laboratoriumemissiecel</u>	157
13.2.3.2	<u>Passieve Emissie Colorimetrische Sensor</u>	157
13.2.3.3	<u>Passieve Flux Sampler.</u>	158
13.2.3.4	<u>Geavanceerde Diffusieve Bemonstering Emissiecel</u>	159
13.3	<u>Methoden om de hoeveelheid persoonlijke blootstelling te meten</u>	159
13.3.1	<u>Actief-bemonsteren-passief-bemonsteren-methode</u>	159
13.3.1.1	<u>Zoeken naar de veroorzakende stof van chemische gevoeligheid</u>	159
13.3.2	<u>Onmiddellijke Meetmethode</u>	160
13.3.2.1	<u>TVOCs en HRV</u>	160

	<u>Eindnoten – 13</u>	160
<u>▲</u>		
14	<u>Hoofdstuk 14 De huidige situatie en verschuiving in benaderingen van binnenluchtvervuiling</u>	163
14.1	<u>Kader van wet- en regelgeving</u>	163
14.1.1	<u>Wet Kwaliteitsborging Huisvesting</u>	163
14.1.2	<u>Wet gezondheid en veiligheid op school</u>	163
14.1.3	<u>Wet op het onderhoud van sanitaire voorzieningen in gebouwen</u>	164
14.1.4	<u>Herziene Wet op de bouwnormen</u>	164
14.1.5	<u>Richtwaarde voor binnendichtheid</u>	165
14.2	<u>Trends na bepaling van de richtwaarden</u>	166
14.2.1	<u>Gunstig effect van formaldehyde-etikettering</u>	166
14.2.1.	<u>Formaldehydeconcentratie in nieuwe woonhuizen</u>	166
14.2.2	<u>Samenstelling van VOC's.</u>	167
14.2.2.1	<u>Aanzienlijke vermindering van concentraties van richtlijn Stoffen.</u>	167
14.2.2.2	<u>Stoffen met hoge concentraties (TVOC's, Acetaldehyde, Alifatische verbindingen, enz.)</u>	167
14.2.3	<u>Wijdverbreid gebruik van alternatieve stoffen</u>	167
14.2.3.1	<u>Lijmen met lage formaldehyde-emissie.</u>	169
14.2.3.2	<u>Verf en inkt op waterbasis</u>	169
14.2.3.3	<u>Toenemend gebruik van alifatische verbindingen</u>	169
14.2.4	<u>Temporele verandering van de TVOC-concentratie binnenshuis</u>	170
14.2.5	<u>Trends van maatschappelijke erkenningen voor</u>	170

	<u>luchtverontreiniging binnenshuis Verontreiniging: Nieuwe en verbouwde huizen</u>	
14.2.5.1	<u>Opleveringscontroles door de Woning Wet Kwaliteitsborging</u>	170
14.2.5.2	<u>Wijdverbreide luchtverontreiniging binnenshuis met niet-gereguleerde stoffen</u>	170
14.2.5.3	<u>Erkenning dat SHS opgelost was</u>	171
14.2.6	<u>Verandering in de maatschappelijke erkenning van binnenlucht Verontreiniging: Routinematige tegenmaatregelen</u>	171
14.2.6.1	<u>Luchtreinigigers</u>	272
14.2.6.2	<u>Oxidatieve afbraak</u>	172
14.2.6.3	<u>Secundaire verontreinigende stoffen</u>	172
14.3	<u>Vereiste of Aanbevolen Tegenmaatregelen</u>	172
14.3.1	<u>Regeling van de TVOC-concentratie.</u>	172
14.3.1.1	<u>Handhaving van de eliminatieperiode</u>	173
14.3.1.2	<u>Informatie-uitwisseling tussen de betrokken partijen</u>	173
14.3.2	<u>Verzamelen van informatie bij artsen</u>	173
14.3.2.1	<u>Selectiemethode voor nieuwe richtsnoer Stoffen</u>	173
14.4	<u>Formulering van advies- of vraagsystemen voor patiënten en nieuwe bewoners</u>	174
		
15	<u>Hoofdstuk 15 Onderzoek van het binnenmilieu en de gezondheid van bewoners in zieke huizen</u>	175
15.1	<u>Veldonderzoek naar binnenluchtkwaliteit, gebouw prestaties, en gezondheid van de bewoners van 62 zieke huizen</u>	175

15.1.1	<u>Beschrijving van het onderzoek</u>	175
15.1.1.1	<u>Onderzochte huizen</u>	175
15.1.1.2	<u>Onderzoek naar de prestaties van het gebouwen het Binnenmilieu</u>	176
15.1.1.3	<u>Enquêtevragenlijst over Gezondheids Omstandigheden</u>	177
15.1.2	<u>Resultaten</u>	177
15.1.2.1	<u>Resultaten van chemische stof Concentratie Metingen</u>	177
15.1.2.2	<u>Verband tussen formaldehyde Concentratie en Luchtdichtheid Meting.</u>	177
15.1.2.3	<u>Verband tussen Formaldehyde Concentratie en Luchtverversingssnelheid</u>	179
15.1.2.4	<u>Sick-House Syndroom op basis op de QEESI® Vragenlijst.</u>	180
15.1.3	<u>Concentratie van chemische stoffenen Symptomen van Bewoners.</u>	180
15.1.3.1	<u>Verband tussen de concentratie van chemische Stofconcentratie en SHS</u>	180
15.1.3.2	<u>Verband tussen Chemische Stofconcentratie en Ernst van Symptomen</u>	181
15.1.4	<u>Conclusie</u>	181
5.2	<u>Waarnemingen op lange termijn Hoofdzakelijk gedurende 30 Huizen</u>	181
15.2.1	<u>Onderzochte huizen</u>	183
15.2.2	<u>Resultaten van het Onderzoek</u>	183
15.2.2.1	<u>Verband tussen Chemische Stofconcentratie en Gebouw Leeftijd</u>	183
15.2.2.2	<u>Jaarlijkse Veranderingen van de Symptomen van</u>	184

	<u>Bewoners</u>	
15.2.3	<u>Verandering van Symptomen en Chemische Stof Concentraties</u>	185
15.2.3.1	<u>Verandering van Symptomen in Reactie op tegenmaatregelen tegen de beperking van SHS</u>	185
15.2.3.2	<u>Afname van chemische stof Concentratie als Reactieop Tegenmaatregelen tegen <i>sick houses</i></u>	186
15.2.4	<u>Conclusies</u>	187
	<u>Eindnoten..15</u>	188
		
16	<u>Hoofdstuk – 16 Rondetafelgesprek</u>	189
16.1	<u>De huidige situatie van de luchtverontreiniging binnenshuis.</u>	189
16.2	<u>Medische correlaties in Japan</u>	191
16.3	<u>Overheidsacties.</u>	192
16.4	<u>Schadeloosstelling voor patiënten.</u>	193
16.5	<u>Vochtige gebouwen</u>	196
16.6	<u>Compromissen</u>	197
	<u>Epiloog</u>	199

[015]



VOORWOORD

De invloed van sporen-milieuchemicaliën op het menselijk lichaam, zich uitend in het sickbuilding of sick-house syndroom, heeft onlangs de maatschappelijke aandacht getrokken. De nieuw bedachte term voor de ziekten die veroorzaakt worden door sporen van milieuchemicaliën, "chemische gevoeligheid", die momenteel in de moderne maatschappij gebruikt wordt, is misschien wel echt veilig. Vooral de invloed van bestrijdingsmiddelen, die overal ter wereld gebruikt worden, wordt een belangrijk probleem. Zo wordt het voorkomen van seksuele ontwikkelingsstoornissen en aandachtstekort-hyperactiviteitsstoornis (ADHD) bij kinderen in de Verenigde Staten als gevolg van voedselverontreiniging door giftige organofosfor (OP) bestrijdingsmiddelen een grote zorg. In Brazilië is bovendien gehoorstoornis door OP bestrijdingsmiddelen, waarover later meer, een ander groot probleem. Bij kinderen in het boereengebied in Saku City, Japan, is neurotoxiciteit, vooral in de ogen, een belangrijk probleem dat al in 1970-1980 werd gemeld. Nadat malathion ongeveer negen jaar later verboden werd en vervangen door vamidothion, hielden de symptomen op. Daarom concludeerden we dat de bovengenoemde ziekten veroorzaakt werden door het OP bestrijdingsmiddel malathion dat door de helikopters gespoten werd.

Ernstige neurologische problemen werden mogelijk ook veroorzaakt door een ander OP bestrijdingsmiddel, chlorpyrifos. Het thuisgebruik van chloorpyrifos werd in de Vere-

nigde Staten in 2000 aan banden gelegd, maar het wordt veel gebruikt in de landbouw, en vormt een ernstig gevaar voor de gezondheid en de mentale prestaties van mensen die werken en wonen in de nabijheid van velden waar het gebruikt wordt.

De door pesticiden veroorzaakte mentale stoornissen en geboortefwijkingen zijn autisme en ADHD in 1987. Autisme wordt waargenomen bij 1 op de 80 pasgeborenen in de Verenigde Staten en bij 1 op de 50 pasgeborenen in Groot-Brittannië. Drie cohortstudies in de Verenigde Staten volgen de langetermijnevolgen van blootstelling aan pesticiden op de zich ontwikkelende hersenen tijdens de zwangerschap en de eerste levensjaren. Deze studies hebben verontrustende resultaten gemeld, zoals IQ tekorten en ADHD-achtige gedragsproblemen.

Gehoorverlies door pesticiden is een bijzonder belangrijk probleem voor de volksgezondheid in Brazilië. De verkoop van pesticiden is van 2001 tot 2008 omhoog geschoten, waardoor Brazilië de grootste consument van gif ter wereld is geworden. Een recente studie wilde nagaan of blootstelling aan pesticiden perifere of centrale gehoorstoornissen veroorzaakt en richtte zich dus op het belang van gehoor-tests bij bevolkingsgroepen met acute of chronische blootstelling. Ik heb eerder bericht over het gebruik van OP bestrijdingsmiddelen in grote hoeveelheden in Brazilië.

Het doel van dit boek zal blijken uit de daarop volgende bespreking van de ontelbare aantallen sporenchemicaliën die

momenteel voor het gemak van het hedendaagse leven gebruikt worden en die het menselijk lichaam aantasten.

Satoshi Ishikawa

Fellow American Academy of Environmental Medicine
Voormalig decaan, Kitasato University School of Medicine,
Japan

[022]

INLEIDING

In de moderne maatschappij brengen we een grote hoeveelheid tijd door in binnenruimten. Een binnenruimte is alle ruimte die van de buitenlucht gescheiden is, zoals een huis, een werkplaats, een vervoermiddel, een restaurant, een winkel, enzovoort. Wij die een groot deel van de tijd in een binnenruimte doorbrengen zijn onvermijdelijk gedwongen de lucht in te ademen van de plaatsen die we bewonen, ook al is die lucht vervuild. Anderzijds kunnen we voedsel en drinkwater kiezen op basis van hun kwaliteit en onze voorkeuren. Het is niet nodig vervuild water te drinken, want schoon water in flessen kan overal mee naar toe genomen worden. Men kan echter geen schone lucht in een fles doen en die meenemen. Verontreiniging van de binnenlucht kan dan ook ernstige gevolgen hebben voor onze gezondheid. Een volwassene neemt normaal 2 kg water en 2 kg voedsel per dag op, terwijl hij niet minder dan 15 kg lucht per dag binnenkrijgt. Verontreiniging van lucht heeft dus ernstige gevolgen voor onze gezondheid.

Hoewel verontreiniging van de binnenlucht ernstige gevolgen voor onze gezondheid kan hebben, besteedden bewoners, werknemers, artsen en onderzoekers er in het verleden zelden aandacht aan. Zelfs als de binnenlucht verontreinigd was, werd de schone buitenlucht onmiddellijk vervangen door ventilatie, want een huis was niet luchtdicht. In de moderne maatschappij wordt een huis echter luchtdicht gebouwd en gebruiken de mensen een airconditioner om van

de aangename temperatuuromgeving te genieten. De ventilatie neemt af. Als de temperatuur door een airconditioner wordt geregeld en de lucht van de binnenruimte wordt verruild voor de buitenlucht die in temperatuur verschilt, neemt het energieverbruik van een airconditioner toe.

Het grote energieverbruik brengt het gevaar met zich mee dat de aarde opwarmt door een toename van de hoeveelheid uitgestoten kooldioxide uit de verbranding van fossiele brandstoffen als energiebron. Om de wereldwijde milieuproblemen van de opwarming van de aarde te voorkomen, is het wenselijk het energieverbruik te verminderen door de luchtdichtheid van een gebouw te vergroten en de hoeveelheid ventilatie te verminderen. Als de hoeveelheid ventilatie wordt verminderd, ontstaat het milieuprobleem van luchtverontreiniging in de kamer, omdat de verontreinigde binnenlucht niet wordt uitgewisseld voor de frisse buitenlucht. We staan voor een afweging van milieuproblemen tussen de opwarming van de aarde en de vervuiling van de binnenlucht.

De kwaliteit van de binnenlucht (IAQ) en de gezondheidseffecten ervan zijn een zeer modern milieuprobleem; daarom is het huidige inzicht van velen, waaronder artsen, bouwvakkers, chemici, en natuurlijk de bewoners, nog niet volledig gevorderd tot een betekenisvol denken over het sick-house syndrome en de chemische gevoeligheid die door de vervuilde binnenlucht wordt veroorzaakt. Dit boek wil de kennis over deze zeer moderne milieuziekte, namelijk het sick-house syndrome en de chemische gevoeligheid, onder

alle betrokkenen verspreiden. Om moderne milieuziekten te voorkomen is dit boek geschreven door deskundigen op drie academische gebieden: geneeskunde, architectuur, en scheikunde.

Er is een groeiende bezorgdheid dat de blootstelling van de mens aan chemische stoffen op niveaus die vroeger veilig werden geacht of een onbeduidend risico vormden, schadelijk kan zijn. Men vermoedt nu dat blootstelling in de baarmoeder, tijdens de kindertijd, of gedurende het hele leven nadelige biologische effecten heeft op de ontwikkeling van het centrale zenuwstelsel, en ook de cognitie, het immuunsysteem, en de lichamelijke ontwikkeling beïnvloedt. Aandoeningen die met chemische blootstelling in verband worden gebracht worden met vele namen aangeduid, zoals "sick-building [022] syndrome", "sick-house syndrome", "sick-school syndrome", "**multiple chemical sensitivity**", "**chemical sensitivity**", "toxicant-induced loss of tolerance (TILT)" – door gifstoffen veroorzaakt verlies van tolerantie – , en "chronic fatigue syndrome".- chronisch vermoeidheidssyndroom - Dit wijst erop dat we weten dat deze aandoeningen veel leed veroorzaken, niet alleen in ontwikkelde maar ook in minder ontwikkelde landen, maar dat we de specifieke biologische mechanismen die hierbij betrokken zijn niet kennen. Het gebrek aan duidelijke biomarkers en het tijdsverloop tussen de eerste blootstelling en de uiteindelijke symptomen maken het technisch, en in toenemende mate politiek, moeilijk om een uitgebreide hoeveelheid bewijsmateriaal te ontwikkelen dat nodig is om veel chemische stoffen en industriële processen te reguleren of om chemisch gewonden schadeloos te

stellen. De opkomende wetenschap in verband met lage chemische blootstellingen vereist dat we zowel de manier waarop we over chemische stoffen en gezondheid denken als de oplossingen die we bedenken om door chemische stoffen veroorzaakt letsel te voorkomen, onder de loep nemen. Als wetenschappers en burgers die bijeenkwamen op het Internationale symposium over de huidige stand van zaken van de binnenluchtverontreiniging door organische verbindingen en tegenmaatregelen voor gezonde huisvesting, op 13 januari 2001 in Tokio, deden we een beroep op iedereen die in de eenentwintigste eeuw leeft om deze ernstige problemen aan te pakken door de principes toe te passen die de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) in 2000 in het Recht op Gezonde Binnenlucht heeft neergelegd.

HET RECHT OP GEZONDE BINNENLUCHT (WHO 2000)

- P1.** Volgens het principe van het mensenrecht op gezondheid heeft iedereen het recht om gezonde binnenlucht in te ademen.
- P2.** Op grond van het beginsel van respect voor autonomie ("zelfbeschikking") heeft iedereen recht op adequate informatie over mogelijk schadelijke blootstellingen, en op doeltreffende middelen om ten minste een deel van zijn blootstelling binnenshuis onder controle te houden.
- P3.** Volgens het beginsel van niet-malicie ("geen kwaad doen") mag geen enkel agens in een concentratie die een bewoner aan een onnodig gezondheidsrisico blootstelt, in de binnenlucht worden gebracht.
- P4.** Volgens het principe van weldadigheid ("goed doen") dra-

gen alle personen, groepen en organisaties die met een gebouw te maken hebben, of ze nu particulier, openbaar of van de overheid zijn, de verantwoordelijkheid om te pleiten voor of te werken aan een aanvaardbare luchtkwaliteit voor de bewoners.

- P5.** Volgens het principe van sociale rechtvaardigheid mag de sociaal-economische status van bewoners geen invloed hebben op hun toegang tot gezonde binnenlucht, maar de gezondheidstoestand kan voor sommige groepen speciale behoeften bepalen.
- P6.** Volgens het principe van de verantwoordingsplicht moeten alle betrokken organisaties expliciete criteria opstellen voor het evalueren en beoordelen van de luchtkwaliteit in gebouwen en de gevolgen daarvan voor de gezondheid van de bevolking en voor het milieu.
- P7.** Uit hoofde van het voorzorgsbeginsel mag, wanneer het risico van schadelijke blootstelling aan binnenlucht bestaat, de aanwezigheid van onzekerheid niet worden gebruikt als reden voor het uitstellen van kosteneffectieve maatregelen om die blootstelling te voorkomen.
- P8.** Volgens het principe "de vervuiler betaalt" is de vervuiler aansprakelijk voor eventuele schade aan gezondheid en/of welzijn als gevolg van ongezonde blootstelling(en) aan binnenlucht, en is hij verantwoordelijk en aansprakelijk voor het verhelpen van de toestand. Inleiding xxiii
- P9.** Volgens het principe van duurzaamheid kunnen gezondheid en milieu niet van elkaar gescheiden worden, en mag de voorziening van gezonde binnenlucht de mondiale of plaatselijke ecologische integriteit, of de rechten van toekomstige generaties niet in gevaar brengen.

Yukio Yanagisawa

Dr. Ingenieur, Professor Emeritus, Universiteit van Tokio;
Directeur, Kaisei Academy Junior and Senior High School

HOOFDSTUK 1

Huidige status van chemische overgevoeligheid Satoshi Ishikawa, PhD, MD, Professor Emeritus Kitasato Universiteit

1.1 ACHTERGROND

Er zijn verschillende termen gebruikt om de overgevoeligheid van het menselijk lichaam te beschrijven als reactie op contact met uiterst kleine hoeveelheden omgevingschemicaliën. De benaming die momenteel wereldwijd het meest gebruikt wordt is chemische gevoeligheid (chemical sensitivity CS). De Amerikaanse kinderarts T. G. Randolph introduceerde deze naam rond 1970, en hij is sindsdien in gebruik gebleven. Volgens Randolph [1] ontstaat een CS uit een verstrengeling van drie factoren: (1) allergie, (2) voeding, en (3) intoxicatie. Volgens een rapport uit 2012 van Bell en collega's [2] treft CS ongeveer 5% van de Amerikaanse bevolking. Een onderzoek van de Japanse bevolking in 2000 toonde aan dat ongeveer 700.000 mensen op een totale bevolking van ongeveer 120 miljoen getroffen zijn. - (0,84 %)

In dit boek wordt de algemene term CS gebruikt. In Japan werd onderzoek naar "de pathogenese, diagnose, behandeling en tegenmaatregel van het *sick houses syndroom* door een chemische spoorstof" verricht door CS onderzoekers in ongeveer 10 medische universiteiten in het hele land met steun van het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn

gedurende de fiscale jaren 2000 tot 2006 [3,4]. Op de werkgroep werden enkele bijkomende nieuwe namen voorgesteld, bijvoorbeeld het low-dosage exposure sensitivity syndrome (LESS) en menselijke overgevoeligheid door chemische stoffen in ons milieu.

In 1987 pleitte M. R. Cullen, op het gebied van de ademhalingsgeneeskunde, voor het gebruik van de term meervoudige chemische gevoeligheid (MCS). Hij onderzocht arbeidsongevallenpatiënten met de nadruk op het ademhalingsstelsel [5]. Objectieve tests voor de diagnose, zoals genetisch onderzoek, een neurologisch onderzoek, een beeldvormende test van de hersenen, en een elektrofysiologie test, werden echter niet uitgevoerd. Daarom werd in de Verenigde Staten het woord "meervoudige" geschrapt en wordt meestal de term "chemische gevoeligheid" gebruikt, in overeenstemming met Randolph's benaming. Deze terminologie wordt ook in Japan gebruikt.

Ik overweeg ook de naam "toxicant-induced loss of tolerance".- toxicant-geïnduceerd verlies van tolerantie – Ashford, Miller, en anderen voerden in 1991 met overheidssteun een epidemiologisch onderzoek uit naar CS bij inwoners van New Jersey, zoals N. A. Ashford en C. S. Miller verklaarden [6]. Zij rapporteerden in 1998 dat "De ernstige gezondheidsstoornis veroorzaakt wordt door de blootstelling aan lage doses chemicaliën" en gebruikten de term "chemische gevoeligheid". Ze introduceerden chemische gevoeligheid echter met de term toxicant-induced loss of tolerance in de eerste (1991) en tweede druk (1998). Een vragenlijst voor een medisch

onderzoek, genaamd Quick Environmental Exposure Sensitivity Inventory (QEESI), werd in dit boek geïntroduceerd. [026] De Ishikawa vertaling van deze vragenlijst wordt routinematig gebruikt bij de medische onderzoeken in Japan en wordt beschreven in *Allergy & Immunology* [7]. In de Verenigde Staten kwamen klinici die CS behandelen bijeen en kondigden een consensus over CS aan in december, 1999. Ik vermeld dit verderop. Deze verslagen geven de typische bevindingen betreffende CS weer.

Directeur W. J. Rea, die ook op het gebied van CS werkzaam was, en anderen van het milieugeneeskundig centrum in Dallas verklaarden dat hoewel er CS en vele andere termen bestaan, niet gezegd kan worden welke het meest nauwkeurig is [8].

In Japan volgden administratieve maatregelen uit de bevindingen van deze CS werkgroepen.

1.1.1 Registratie van CS als ziekte

"Chemische gevoeligheid" werd in 1 oktober 2009 formeel als standaardnaam in het ziekterooster geregistreerd. In Japan is CS formeel als ziekte erkend en de behandeling ervan wordt dan ook door de ziektekostenverzekering van de overheid gedekt.

Verder introduceerde de Amerikaanse afdeling milieugeneeskunde van de Washington State University en Martin Pall op het gebied van biologische scheikunde chemische

gevoeligheid in een standaard leerboek toxicologie in oktober, 2009 [9]¹. Zijn denkwijze is als volgt samen te vatten:

1. CS is een veel voorkomende aandoening. In de Verenigde Staten kan het aantal CS patiënten, inclusief latente patiënten, groter zijn dan dat van mensen met diabetes. De epidemiologische bevindingen uit negen landen worden gerapporteerd. Volgens Pall heeft 3,5% van de bevolking van de V.S. last van CS.
2. CS wordt veroorzaakt door giftige chemicaliën in het milieu, zoals pesticiden, organische oplosmiddelen, vluchtige organische stoffen, kwikzilver, lood, koolmonoxide, waterstofsulfidegas, en verscheidene andere agentia. CS-inductie door deze stoffen werd vooral in Amerikaanse universiteiten bewezen. Hij stelde dat de N-glutamaat receptor (NMDA receptor: N-methyl-D-aspartaat receptor) verband houdt met de progressie van de ziekte.
3. Aan genetische factoren wordt momenteel gewerkt in zes universiteiten in de wereld, voornamelijk in de Verenigde Staten, Canada en Duitsland. De voornaamste oorzakelijke factor bij CS zijn echter chemische stoffen.
4. Wijze van pathogenese en progressie: Een chemische stof wekt peroxy-nitriet op, wat een soort actieve oxidatieverbinding is zoals superoxide. Het veroorzaakt neurale sensibilisatie en neurologische ontsteking, en CS wordt geïnduceerd.
5. Psychogenetische theorie: In de Verenigde Staten beweerden de laatste 20 jaar een handjevol mensen een psycho-

1 [9] Pall M. 2009. Multiple chemical sensitivity: [\(als Ned/A5/14/pdf versie\)](#) Toxicological questions and mechanisms. In Ballantyne B, Marrs TC, Syversen T (eds.), General and applied toxicology, 3rd ed., Vol. 4, pp. 2303–2354. Chichester, UK: John Wiley & Sons

gene oorsprong van CS, in tegenstelling tot de geleerden die CS ernstig onderzochten. Ze hebben geen gegevens en onderbraken en compromitteerden ernstig het werk van de onderzoekers. De conclusie van Pall en anderen was, "Chemische gevoeligheid is absoluut niet een van de afwijkingen in de psychofysiologie. Het is een door de chemicaliën geïnduceerde ziekte, een ziekte die duidelijk bewezen wordt door fysiologische en pathologische etiologie." Door het werk van Pall nam na 2010 in Duitsland, Noord-Europa en elders het aantal gevallen toe waarin het vonnis in CS rechtszaken in het voordeel van de patiënt beslist.

6. Hoewel herstel van CS als moeilijk werd beschouwd, neemt het tegenwoordig geleidelijk toe door **behandeling met antioxidanten**. Nadat de symptomen verdwenen zijn, gaan veel patiënten weer volledig aan het werk. [027] Er zijn echter ook enkele patiënten geweest die op tragische wijze zelfmoord pleegden, in de vaste overtuiging dat CS een ongeneeslijke ziekte is. Men heeft bewijzen gezien van een zoektocht naar chemische stoffen die CS kunnen veroorzaken. Een verbetering van de omgeving, een aangepaste medische en voedingsmethode op basis van farmacologie, sauna's en warmwaterbronkuren, massage, acupunctuur, en algemene verzorging van de gezondheid hebben geleid tot verbetering van CS.

1.1.2 CS Studies in Europa

CS is een chronische ziekte. Hoofdpijn, duizeligheid, en andere niet geïdentificeerde, aspecifieke klachten komen herhaaldelijk voor. De symptomen kunnen ontstaan als reactie op "een kleine hoeveelheid chemische stof" op een andere

manier dan gewoonlijk gedacht wordt bij intoxicatie. Ze hebben verklaard dat de symptomen kunnen optreden als iemand in contact komt met een spoor van een stof na eerdere blootstelling aan een massale hoeveelheid chemische stoffen, waardoor in sommige gevallen een acute vergiftiging optreedt. Ook kan in sommige gevallen een chronische aandoening ontstaan na voortdurende blootstelling aan sporen van chemische stoffen.

1.1.3 CS Studies in Japan

In Japan werd CS waargenomen rond 1980, maar de door de overheid gefinancierde studie van S. Ishikawa kwam pas in 1998 beschikbaar [10].

1.1.4 Sick-Building/House Syndrome

In Japan werd de wet op de bouwnormen die betrekking hebben op het Sick-Building of Sick-House syndroom herzien als resultaat van de bevindingen van deze werkgroep in 2003. De gecreëerde richtlijnen voor de binnenluchtkwaliteit omvatten ongeveer 13 soorten chemische stoffen, bijvoorbeeld formaldehyde, toluen, en organofosforverbindingen (OP-verbindingen); chloorpyrifos, diazinon, en andere chemische stoffen.

Zeer recent werd een meervoudige CS bij Koreaanse volwassenen gemeld [11]. Het nieuwe ontstaan van CS neemt niet af omdat mensen nog steeds in hun omgeving in contact komen met OP bestrijdingsmiddelen, formaldehyde, en an-

dere chemische stoffen.

Japan kreeg in het verleden te maken met gezondheidsstoornissen door schadelijke milieustoffen, bijvoorbeeld methykwik en cadmium. Dit boek beschrijft niet alleen CS, maar ook de milieuproblemen die door andere chemische stoffen veroorzaakt worden. In Aziatische naties bestaat zo'n boek nauwelijks.

1.2 KLINISCHE SYMPTOMEN

Reeds in 1980 merkten onderzoekers die in de Verenigde Staten en Japan geavanceerde studies uitvoerden, het bestaan op van een ziekte met allergie-achtige symptomen die door milieuchemicaliën wordt uitgelokt. Als veroorzakers werden onder andere dampen genoemd van pesticiden die in de tuin, binnen in een huis, in een park, en in een school en andere gebouwen gestrooid werden; uitlaatgassen van fabrieken; het huiselijke stadsgas, parfum; tabaksrook; formaldehyde gas; en andere. Verder vorderde het CS onderzoek in gevorderde landen en de resultaten benadrukken dat het een ziekte is die afwijkingen veroorzaakt in vele systemen, zoals ademhalings-, spijsverterings-, zintuiglijke, zenuw-, musculoskeletale, endocriene en immuunsystemen, en somatische symptomen in het algemeen (**tabel 1.1**). Een ad hoc comité van de Canadese regering voerde in 1985 een gedetailleerd onderzoek uit van 132 volwassen gevallen die met CS gediagnosticeerd waren. Dit werd ingeleid door P. R. Gibson [12] en er werd een vergelijkende studie van CS uitgevoerd.

TABLE 1.1
Orgaanafwijkingen veroorzaakt door CS

Aantal gevallen	Aangetast systeem
45 (34%)	Centraal zenuwstelsel
32 (24%)	Zintuigstelsel, neus- en keelstelsel
26 (20%)	Spijsverteringsstelsel
17 (13%)	Huid (b.v. eczeem)
12 (9%)	Hart- en vaatstelsel

Opmerking: Symptomen komen voor in meerdere
orgaansystemen, vooral in het zenuwstelsel.

TABLE 1.2
Vergelijking van CS gevallen in Japan en de Verenigde Staten

	Kitasato Klinisch Milieucentrum	Medisch Milieu Centrum Dallas
Periode	1996, 10.15-1997, 5.20	1994, 4.1-1995, 5.1
Gemiddelde leeftijd	39,7 jaar	43,0 jaar
Leeftijdsbereik	7-75 jaar	12-71 jaar
Vrouwelijke proefpersonen	101 (75.4%)	61 (73.0%)
Mannelijke proefpersonen	33 (24.3%)	23 (27.1%)

Opmerking: De bevindingen van CS zijn internationaal vergelijkbaar.

[028]

Tabel 1.2 toont een vergelijking tussen Japanse en Amerikaanse CS gevallen die klinisch bekeken werden door W. Rea, met wie we samenwerkten [8].

Het is duidelijk dat de bevindingen voor Japanse en Ameri-

kaanse patiënten vergelijkbaar zijn.

1.3 PSYCHIATRISCHE EN SOCIALE ASPECTEN

Bij talrijke patiënten was CS gediagnosticeerd als een geestelijke of psychosomatische ziekte. In gevallen waarin de oorzaak van CS duidelijk blootstelling aan bepaalde chemische stoffen is, wordt het probleem van een verkeerde diagnose gemakkelijk vermeden. Wanneer de veroorzaker van de ziekteverschijnselen niet duidelijk is, wanneer een patiënt aanleg voor gevoeligheid vertoond heeft, en wanneer de symptomen van de patiënt uitgebreid zijn, **is de patiënt geneigd een psychiatrische diagnose te krijgen.** De diagnose van CS is moeilijker wanneer een patiënt psychosomatische stoornissen, paniekstoornis, fobie en somatisatiestoornissen heeft aangetoond. [029] Bovendien, wanneer elektromagnetische overgevoeligheid met CS gecombineerd wordt, wordt een medische diagnose veel ingewikkelder.

Om een CS zaak voor de rechter te brengen is niet alleen de subjectieve klacht van een patiënt nodig, maar ook het bewijs van abnormale bevindingen door een objectieve test. Veel chemische bedrijven en door hen ingeschakelde deskundigen beweren stellig dat CS een geestelijke en een psychische ziekte is. Dit waren typische tegenstanders in het geval van de Minamata ziekte ten gevolge van methylkwik vergiftiging door het eten van met methylkwik verontreinigde vis. Ook nu nog duren de gevolgen voort en de geschillen met de firma, Chisso corporation uit Japan, zijn nog niet opgelost.

1.4 CHEMISCHE AGENTIA DIE BIJ CS BETROKKEN ZIJN

Een rampzalig ongeluk in de kerncentrale van Fukushima in Japan gebeurde op 11 maart 2011 na een enorme aardbeving en vloedgolf (tsunami). Waterverontreiniging was een groot probleem voor de Japanse regering en de Tokyo Electric Power Corporation. Hoewel de bevindingen in verband met de resulterende waterbesmetting niet volledig waren, benadrukten ze tegenover het publiek dat *"een hoeveelheid van deze omvang van blootstelling van zowel uitwendige besmetting als inwendige besmetting van het lichaam zelden problematisch is voor de mens in de extreem lage dosering van de lekkage in het water. Extreme ongerustheid is daarom niet nodig. Geloof geen geruchten"*. We weten niet zeker of er een gedetailleerde analyse van het water is gemaakt.

De belangrijkste chemische oorzaak van CS lijkt OP – organofosfor (OP) bestrijdingsmiddelen – te zijn, zelfs bij blootstelling aan lage doses. Hoe komen we in ons dagelijks leven in aanraking met OP's? Ze zitten in gewone bestrijdingsmiddelen die op grote schaal gebruikt worden in openbare ruimten - winkelcentra, restaurants, scholen, parken, ziekenhuizen, en zelfs in treinen - om kakkerlakken kwijt te raken en besmettelijke ziekten te bestrijden. Thuis worden OP's aangetroffen in termietenbestrijdingssprays en teekbestrijdingsvellen die onder tatami matten worden gelegd, enzovoort. Ze zijn ook belangrijke bestanddelen van insecticiden en onkruidverdelgers voor gebruik buitenshuis, die massaal gebruikt worden in landbouwgebieden en in openbare en particuliere tuinen.

OP's verdampen in de atmosfeer, wat betekent dat iedereen ze inademt zonder het te weten.

Bij chronische OP intoxicatie verschillen de symptomen van patiënt tot patiënt, maar de meest voorkomende vroege symptomen zijn oogproblemen zoals defocuseren en verslechteren van het gezichtsvermogen, oculomotorische betrokkenheid, en vernauwende gezichtsvelden en autonome zenuwverschijnselen zoals ernstige vermoeidheid, spierpijn, hoofdpijn, misselijkheid braken, en duizeligheid. Verschijnselen in een volgend stadium zijn mentale of emotionele stoornissen, zoals depressie, emotionele instabiliteit, geheugenverlies, en slaapproblemen.

Waarom treden deze aandoeningen op? Eenvoudig gezegd remmen OP's de activiteit van verschillende enzymen en verstoren ze het natuurlijke mentale bioritme, waardoor de neurologische functie van de hersenen verstoord wordt. Als die enzymen herhaaldelijk geremd worden, verergeren de toestanden, en beginnen de symptomen van CS, veroorzaakt door beschadiging van het autonome zenuwstelsel.

Als het om enzymremming gaat, hebben onderzoekers zich van oudsher bijna geheel geconcentreerd op het neurotoxische effect van remming van acetylcholinesterase (AChE). Recente studies hebben echter de remming bevestigd van verschillende soorten enzymen, waaronder vetzuur amide hydrolase (FAAH) die belangrijke signaalstoffen metaboliseren met een endogene cannabinoïde die de hersenfuncties regelt. Deze studies hebben veel licht geworpen op de ver-

klaring van de giftige aard van OP's.

[030] De mate van enzymremming varieert sterk van individu tot individu, afhankelijk van iemands genetische opmaak. Dit betekent dat zelfs als iemand niet aangetast is, iemand anders wel schade kan ondervinden van OP's die de persoon gebruikt. Vooral kinderen hebben speciale bescherming nodig, omdat de ontwikkeling van hun mentale en neurologische functies uiterst gevoelig is voor OP's.

Ishikawa onderzocht 71 nieuwe gevallen van schoolkinderen met visuele stoornissen vanaf 1966. De meesten van hen waren kinderen van boeren in Saku Stad. Van 1961 tot 1969 werd er verschillende keren per jaar met helikopters OP bestrijdingsmiddel (Malathion® 3%) gespoten. De voornaamste klachten van de patiënten waren vermindering van het gezichtsvermogen in beide ogen met bilaterale gezichtsveldvernaauwing en slechte pupilreactie op licht en gestoorde oogbewegingen. Hogere niveaus van autonome zenuwstoornissen gepaard gaande met verminderde motivatie werden gezien bij volwassen boeren. De symptomen bij volwassenen leken op de symptomen en verschijnselen van CS patiënten beschreven door Rea in de Verenigde Staten [8]. Een vergelijking van kinderen in het Saku geval met gezonde kinderen in Tokio toonde aan dat serum en de rode cel cholinesterase (ChE) verlaagd waren in 35% van de 71 gevallen. Ook leverfunctietesten waren abnormaal. Neuro-ophthalmologische tests toonden afwijkingen in lichtreacties van de pupillen en vloeiende oogbewegingen (vooral verticale oogbewegingen); een verstoord lichaams-evenwicht werd aan-

getoond door een positieve Romberg test.

Pralidoximethiodide (PAM), een specifiek defosforylatiemiddel, was samen met atropine, een anticholinergicum, gebruikt. Na toediening van pulifiniumbromide, een anticholinerge stof, en glutathion verbeterden de eerder genoemde symptomen van het neurale en visuele systeem. Uit deze resultaten werd geconcludeerd dat de toepassing van Malathion vanuit de lucht de oorzaak van de ziekte was. Het stadsbestuur stopte de bespuitingen met malathion in 1969. Bovendien verminderde het land de frequentie van de toepassing vanuit de lucht. Als gevolg daarvan verdween het de novo ontstaan van patiënten. Vergelijkingsgegevens voor 71 patiënten en normale kinderen (Tokio) staan in **Tabel 1.3**.

Ik presenteerde deze gegevens op een symposium van de International Association of Eye Research in Parijs [13,14]. Gebruik makend van deze gelegenheid werd een grootschalig gezamenlijk aanvullend onderzoekswerk begonnen aan de *National Institutes of Health* (NIH) in de Verenigde Staten, waar specialisten in 1994 bekend maakten dat de ziekte van Saku veroorzaakt werd door chronische OP intoxicatie [15]. De Jonathan Forman Prijs in de Verenigde Staten werd in 1996 toegekend aan S. Ishikawa voor het werk over chronische OP intoxicatie.

Zoals uit **tabel 1.3** blijkt, hadden de Saku patiënten een overmatige tonische toestand van het parasympatisch zenuwstelsel (cholinerge toestand). Acetylcholine stapelde zich op bij de zenuwuiteinden, waardoor een muscarine- en

nicotine-vergiftiging optrad [16]. Hoewel het ChE niveau in de patiëntengroep lager was dan in de controlegroep, werd de verlaging slechts bij 30% van de patiënten gezien en de overige 70% van de patiënten hadden normale waarden. Bijgevolg werd OP intoxicatie beoordeeld aan de hand van de ChE waarde niet doorslaggevend voor de diagnose. Het voorkomen van OP intoxicatie wordt nog steeds gezien in de wereld. Landen in Centraal Amerika, zoals Cuba, hebben gevallen gehad die lijken op die van de ziekte van Saku.

Een nieuw systematisch overzicht van studies over blootstelling aan bestrijdingsmiddelen op het gehoorsysteem identificeerde 143 studies over dit onderwerp. Alle artikelen concludeerden dat blootstelling aan pesticiden "ototoxisch" is en tot gehoorverlies leidt [17]. Er was in het verleden bijna geen verslag van onderzoek van een gehoorstoornis en een OP bestrijdingsmiddel. **[031]** In Japan is het gebruik van insecticiden wijdverbreid, en op het ogenblik voert Brazilië de wereld aan in de hoeveelheid pesticiden die op het bebouwde areaal gebruikt wordt. Volledige gegevens over het gebruik van insecticiden in China zijn niet gemeld. Wereldwijde bewustwording is ontstaan door de bezorgdheid in Brazilië over gehoorstoornissen en het partimutisme dat na blootstelling aan organofosforpesticiden voortschrijdt.

Zelfs als een patiënt klaagde over hoofdpijn, duizeligheid, misselijkheid, diarree, enzovoort, werd vaak opgemerkt dat "een specifiek symptoom ontbreekt". Men veronderstelde verder dat een aantal CS patiënten van 1970 tot 1985 door artsen in Japan verwaarloosd waren.

TABEL 1.3 Klachten van patiënten in het Saku gebied en de controles in de stad Tokio (Verschijningspercentage in procenten)

Klacht	71 Patiënten bij Saku	100 controles in Tokio
Hoofdpijn	6	3
Hypertranspiratie	14	6
Bewegingsziekte	14	6
Polydipsie	20	7
Duizeligheid	2	0
Hartkloppingen	1	0
Hypotensie	5	0
Hypertensie	0	0
Hyperlacrimatie	1	0
Misselijkheid en braken	2	1
Constipatie na diarree	6	1
Bevindingen		
Verminderd gezichtsvermogen zonder verbetering door correctie	100	7
Vernauwing van de gezichtsvelden in beide ogen	95	6
Verticaal astigmatisme meer dan 1,5D verschil in horizontale en verticale meridianen	88	5
Verminderde soepele achtervolgving van oogbewegingen	57	38
Pupilafwijking, miosis, iridoplegie, vertraagde latentie gevolgd door de lichtreactie	52	34
Elektroretinografie (ERG)		
Supernormaal type	33	3
Subnormaal type	10	0
Niet-responsief type	2	0
Normaal type	55	93
Cholinesterase activiteit in serum (methode van Michael)	0.8 ± 0.11*	1.02 ± 0.14
Cholinesterase activiteit in rode cellen (Ellman's methode)	0.47 ± 0.43	1.88 ± 0.22**
	* $p < 0.05$	** $p < 0.01$

Opmerking: Kinderen in het Saku gebied die chronisch aan OP blootgesteld zijn, vertonen meer klachten van het zenuwstelsel en meer neurologisch abnormale bevindingen vergeleken met die in Tokio. Zowel de cholinesterase activiteiten in serum als in rode cellen van de kinderen in de omgeving van Saku zijn lager dan de waarden van kinderen in Tokio.

1.5 WAAROM DE DIAGNOSE VAN CS MOEILIJK IS

[032] Momenteel zijn nog steeds een aantal mensen getroffen door OP vergiftiging. M. Abdollahi en anderen beschreven gevallen van CS intoxicatie door OP's [18]. Een tussensyndroom werd gezien na 24-96 uur na het begin bij acute OP intoxicatie. De patiënten presenteerden zich met vermoeidheid over het hele lichaam, myalgie, en autonome zenuwstoornissen. De doorslaggevende factoren bij het objectieve medische onderzoek waren afwijkingen in het elektro-myogram (EMG). Men ontdekte een amplitude vermindering (afnemend verschijnsel) van de spiercontractie veroorzaakt door elektronische stimulatie van de radiale en de ulnaire zenuwen. Dit zijn typische bevindingen bij het door OP bestrijdingsmiddelen veroorzaakte intoxicatiesyndroom, dat organofosfaat-geïnduceerd tussensyndroom wordt genoemd. Een intense nicotinische en muscarinische werking verschijnt bij acute OP intoxicatie. Bij subacute intoxicatie zijn deze symptomen mild. Hoofdpijn, duizeligheid, misselijkheid, vermindering van concentratie, verlies van spierkracht, enzovoort treden op. Bij chronische intoxicatie moet men op zoek naar een contactpunt met de OP agentia. De arts die deze patiënten behandelt moet een cholinolytisch middel zoals atropine voorschrijven en een tegengif zoals glutathion voor chronische patiënten. De verbetering van de symptomen door antidota wordt een therapeutische diagnose genoemd.

1.5.1 Redenen voor het gebrek aan begrip van CS

Voor clinici die opgeleid werden in de klassieke toxicologie

is de diagnose van acute vergiftiging gemakkelijk, maar als ze geen moderne toxicologische opleiding hebben genoten, vooral van chronische toxiciteit, zijn ze geneigd bezwaar te maken tegen de erkenning van de naam CS en tegen de artsen die CS diagnosticeren. In Japan werd in 2003 een strenge regeling voor de in de architectuur gebruikte chemische stoffen uitgevaardigd. Er werd een standaardwaarde toegekend aan 13 stoffen, waaronder formaldehyde. In Japan werd het gebruik van chloorpyrifos bij het sproeien op rijstvelden verboden. Als gevolg van deze beleidsmaatregelen zou het aantal patiënten dat het sick-building syndroom (in Japan sick-house syndrome genoemd) krijgt kunnen afnemen. Het sick-building syndroom kan echter nog steeds veroorzaakt worden door andere laag gedoseerde chemische stoffen dan de gereguleerde 13 stoffen. Bovendien neemt, ongeacht de regelgeving voor de architectuur, het aantal gevallen van CS, veroorzaakt door pesticiden of onkruidverdelgers die op de grond, op het erf, enzovoort gestrooid worden, niet noodzakelijk af.

EINDNOTEN -1

1. Randolph TG. 1987. Environmental medicine: Beginnings and bibliographies of clinical ecology. Clinical Ecology Publications.
2. Bell IR, Baldwin CM, Fernandez M, Schwartz GE. 1993. Neural sensitization model of multiple chemical sensitivity: Overview of theory and empirical evidence. *Toxicol Indust Health* 14:295–304.
3. Committee on Sick House Syndrome. 2000–2002 financial year. Supported by Ministry of Health, Labor and Welfare, Japan. Printed in 2001–2003. Chairman Ishikawa S.
4. Committee on Trace Amount of Chemicals and Sick House Syndrome. 2000–2002 financial year. Supported by Ministry of Health, Labor and Welfare, Japan. Printed in 2001–2003.
5. Cullen MR. 1987. Workers with multiple chemical sensitivity. *Occup Med* 2:655–661.
6. Ashford NA, Miller CS. 1996. Chemical exposures, low-level chemical sensitivity: Current perspectives. *Int Arch Occup Environ Health* 68:367–376.
7. Ishikawa S. 1999. Chemical sensitivity—A diagnostic criteria and a medical examination. *Allegol Immunol* 6:990–998.
8. Rea WJ. 1997. Chemical sensitivity, Vols. I–IV: Tools of diagnosis and methods of treatment. Boca Raton, FL: Lewis.
9. Pall M. 2009. Multiple chemical sensitivity: Toxicological questions and mechanisms. In Ballantyne B, Marrs TC, Syversen T (eds.), *General and applied toxicology*, 3rd ed., Vol. 4, pp. 2303–2354. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
10. Ishikawa S, Miyata M, Namba T et al. 1998. Diagnostic criteria of chemical sensitivity. [In Japanese.] *Japan Medical Journal* 3857:25–29.
11. Jeong I, Kim I, Park HJ. 2014. Allergic diseases and multiple chemical sensitivity in Korea. *Asthma Immunol Res* 6:409–414.
12. Gibson PR. 2000. Multiple chemical sensitivity: A survival

- guide. Oakland, CA: New Harbinger Publications.
13. Ishikawa S, Miyata M. 1980. Development of myopia following chronic organophosphate pesticide intoxication: An epidemiological and experimental study. In Merigan WH, Weiss B (eds.), *Neurotoxicity of the visual system*, pp. 233–254. New York: Raven Press.
 14. Ishikawa S. 1976. 22nd Concilium Ophthalmologium Paris 1974, ACTA Vol. 2, pp. 1021– 1025. Paris: Masson.
 15. Dementi B. 1994. Ocular effects of organophosphates: A historical perspective of Saku disease. *J Applied Toxicol* 14:119–129.
 16. Jaga K, Dharmani C. 2006. Ocular toxicity from pesticide exposure: A recent review. *Environ Health Prevent Med* 11:102–107.
 17. Kos MI, Hoshino AC, Asmus CI et al. 2013. Peripheral and central auditory effects of pesticide exposure: A systematic review *Cadernos de Saude Publica* 29:1491–1506.
 18. Shadboorestan A, Vardamjari HM, Abdollahi M et al. 2016. A systematic review on human exposure to organophosphorus pesticide in Iran. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* 34:187–203.

2 Effecten van chemische overgevoeligheid op het dagelijks leven van patiënten

Satoshi Ishikawa, PhD, MD,
emeritus hoogleraar Kitasato Universiteit

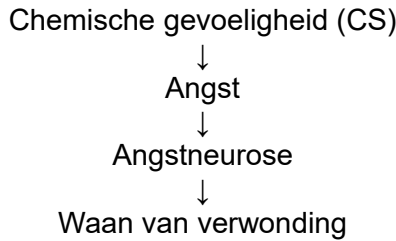
2.1 EFFECTEN VAN CHEMISCHE GEVOELIGHEID

Een patiënt die reageert op alledaagse producten zoals specerijen, schoonmaakmiddelen, tabak, organische oplosmiddelen, enzovoort loopt het risico op onenigheid in de huwelijks- en gezinsrelaties. Mensen kunnen reageren op chemische stoffen op een werkplek, en in producten die het andere personeel gebruikt, en ook op nieuwe kantoorinrichtingen en bouwmaterialen. Deze mensen vinden het moeilijk om op een kantoor te werken. Ze kunnen alleen additievenvrije voedingsmiddelen, kleding en huishoudelijke produkten gebruiken. Het inkomen kan in het gedrang komen terwijl de uitgaven toenemen, en zulke personen kunnen berooid raken.

Sommige mensen worden geboren met een chemische gevoeligheid (CS) en anderen ontwikkelen een allergie. Veel patiënten krijgen CS door een 'sick houses'. Er zijn ook veel patiënten die herhaaldelijk in nieuw gebouwde woningen gaan wonen en symptomen vertonen. CS kan bovendien optreden als gevolg van medische of tandheelkundige zorg.

Een patiënt moet eerst vaardig worden in het vermijden van blootstelling aan chemische stoffen, waarna de symptomen geleidelijk verbeteren. Het soort chemische stof waarop de patiënt reageert neemt echter toe en de symptomen die verschijnen op het moment van blootstelling aan chemische stoffen nemen ook toe tijdens een ziekteverloop. Dit verschijnsel heet spreiding. Een patiënt wordt angstig. Als het bewustzijn en het vermijden van de blootstelling aan chemische stoffen bij een CS patiënt vordert, zal dat een natuurlijke reactie zijn op de diagnose CS. Ik ben er echter nog niet uit of men een patiënt moet meedelen dat de symptomen in de toekomst kunnen toenemen, omdat zo'n uitleg de ongerustheid van een patiënt kan versterken. De angst voor onzekerheid van een CS patiënt is sterk [[note-2-1](#)]. Zeventig procent van de CS patiënten herstelt meestal na een medische behandeling. Natuurlijk betekent het herstel dat een patiënt in onze kliniek blootstelling aan chemische stoffen zorgvuldig moet vermijden, milieuvriendelijk. Welke factoren leiden tot vermindering van de symptomen?

Dit thema houdt rechtstreeks verband met de medische behandeling. Lichamelijk bestaat het uit ontgiftiging en psychisch uit het wegnemen van onbehagen en het bevorderen van een stabiele mentale kijk op basis van de medische behandeling. Gevoeligheid versterkt vaak onbehagen, en als het vordert gaat het zelfs over tot een waan van verwonding. De mentale toestand van patiënten kan kwetsbaar zijn; ze moeten zich niet opgesloten voelen in een kamer met een gevoel van somberheid (Figuur 2.1).



FIGUUR 2.1 De mentale toestand van patiënten met chemische gevoeligheid is kwetsbaar.

2.2 TEGENMAATREGELEN

2.2.1 Huis, werkplaats en schoolomgeving veilig maken

Aan alle voedsel, kleding en huisvesting moet gedacht worden. Het buitensluiten van een luchtverontreiniging/chemische stof is bijzonder belangrijk. Identificatie van een *sick building*, een *sick houses*, en een *sick school* toont het belang aan van de lucht in elk geval. Daarom is dit boek geschreven door een specialist in bouwarchitectuur en een specialist in milieugeneeskunde. Een gemiddelde volwassene ademt elke dag 15-20 kg lucht in. Een voedselverontreinigende stof passeert de lever, die na opname door het maag-darmkanaal een toegangspoort voor ontgifting is, en een aanzienlijk deel wordt afgebroken. Een chemische stof van luchtverontreiniging wordt geabsorbeerd zonder barrière die verhindert dat ze in het bloed terechtkomt; luchtverontreiniging is dus gevaarlijk.

2.2.2 Voedsel en spijsverteringsproblemen

Meer dan 70% van de mensen met chemische gevoeligheid hadden gewone allergieën voor stof, pollen, en voedsel, en ook voor voedseladditieven. Symptomen van allergie lijken zich te concentreren op het immuunsysteem. Wat CS betreft, lijken de symptomen zich te concentreren op het zenuwstelsel. Het merendeel van de ernstige CS ziekten zijn complicaties van een voedselallergie. Voedingsbehandeling is een grote pijler bij de behandeling van een CS zonder een specifiek geneesmiddel. In Japan krijgt elke persoon dagelijks meer dan 20 g van een synthetisch voedseladditief binnen. Het opgenomen fosfaat reageert met het chloorzuur van het maagsap en wordt fosforzuur en een chloride. Het metabolisme van calcium, dat een hoofdrol speelt in de intracellulaire communicatie, wordt verstoord.

De chemische stof waarop een CS patiënt reageert, heeft in wezen een schadelijk effect op het lichaam.

2.2.3 Voorzichtigheid bij het gebruik van dagelijkse producten

Producten in het dagelijks gebruik bevatten veel gevaarlijke stoffen. Vinylchloride monomeer en weekmakers worden vervluchtigd uit vinylchloride, dat gebruikt wordt in medische benodigdheden zoals intraveneuze infuusbuisjes en inhalatiebuisjes. Sommige anesthesiologen hebben een misverstand over zuurstof als een gas met een geur. Een arts kan zich niet bewust zijn van het voortdurend blootstellen

van een patiënt aan een giftige stof. [037] Ik raad artsen aan tenminste buisjes te gebruiken die vrij zijn van (poly)vinylchloride (PVC) en wil nogmaals benadrukken dat de stof waarop een patiënt reageert fundamenteel gevaarlijk is.

Een uitgangspunt in de chemische industrie is de produktie van natriumhydroxide uit natriumchloride. De industrie doet moeite voor het verbruik van het chloor van het bijproduct. Er is niets zachts aan het effect op het lichaam van een ge-chloreerde organische verbinding. De eenvoudige polyethyleen folie van inpakfolie zal waarschijnlijk geen kwaad kunnen. Enkele van de alledaagse produkten die chemische stoffen bevatten die vermeden moeten worden zijn brandvertragers, vloerwas, autowas, synthetisch parfum, synthetisch wasmiddel, handzeep, vezelverzachter, een zweetbestrijdingsspray, parfum, een deodorant, antibacteriële medicijnen, schrijfwaren, personal computer, de toner van kopiëermachine, rubberwaren, lederwaren, schoensmeer, shampoo, sommige tandenpoetsmiddelen, mottenballen, enzovoort. Tot de specifieke voorbeelden behoren melamine en formaldehyde uit de melaminehars van serviesgoed, antiseptica uit half gespleten eetstokjes, en zware metalen kleurstoffen die uitvloeien uit een plaatje dat aan het oppervlak van aardewerk kleeft. Een andere is tabak. Uit de uitademing, kleren en haren van een roker komt een onaangename geur. Een roker vormt een ernstig gevaar voor zowel patiënten met CS als anderen.

2.2.4 Vermijding van chemische stoffen in het milieu

Hoewel **bestrijdingsmiddelen**, onkruidverdelgers en fungiciden in het algemeen landbouwchemicaliën genoemd worden, zijn zulke chemische stoffen die levende wezens doden niet goed voor de mens. Het gebruik ervan in de landbouw is onvermijdelijk. Toch mogen deze stoffen thuis niet gebruikt worden. De nr. 1 oorzaak van CS zouden insecticiden zijn. Het uitroeien van termieten veroorzaakt vaak het sick-house syndrome [[2 link](#)].

Verf, lijm, formaldehyde, toluen, styreen en fenol worden altijd gebruikt bij de nieuwbouw van een gebouw. Bij de verbouwing van een gebouw, of bij aanpassings- en waterdichtingswerk zijn ze onvermijdelijk. Zulke stoffen vervluchtigen ook uit groot meubilair. Wanneer het moeilijk is dergelijke blootstelling aan chemische verontreiniging te vermijden, hebben mensen een tijdelijk toevluchtsoord nodig.

2.2.5 Effecten van elektromagnetische golven

Elektromagnetische golven kunnen verschillende soorten lichamelijke moeilijkheden veroorzaakt hebben. De opgenomen energie beïnvloedt het lichaam als een onvermijdelijk gevolg van de wet van behoud van energie. Talrijke effecten van elektromagnetische golven op een levend lichaam zijn gerapporteerd, zoals afwijkingen van het visuele en het urogenitale stelsel, miskramen, doodgeboorten, aangeboren stofwisselingsstoornissen, ontwikkelingsstoornissen, vroeg-

tijdige veroudering, kanker, leukemie, hersentumor, stoornis in de bloed-hersenbarrière, veranderingen in neurotransmitters, ziekte van Alzheimer, amyotrofische laterale sclerose, ziekte van Parkinson, slaapstoornis, depressie, angst, epilepsie, schizofrenie, gedragsstoornis, herkenningstoornis, aderverkalking, hoge bloeddruk, myocardinfarct, diabetes, stoornissen in het immuunsysteem, enzovoort [3-link niet gevonden].

Patiënten met CS klagen vaak over elektrische gevoeligheid (ES). Algemeen wordt gezegd dat in Japan en de Verenigde Staten ES voorkomt bij 60% van de CS patiënten. [038] De subjectieve symptomen zijn als volgt: neurologische symptomen zoals hoofdpijn, concentratieproblemen, slaapstoornis, vermoeidheid, spijsverteringssymptomen zoals diarree of constipatie, maagpijn en verlies van eetlust; huidsymptomen zoals branderig gevoel, prikpijn, huiduitslag, jeuk; oogsymptomen zoals oogpijn, droge ogen, blepharospasme, wazigheid; oor-, neus- en keelsymptomen zoals duizeligheid en misselijkheid; en motorische orgaansymptomen zoals spierpijn, neuralgie, en andere.

Elektromagnetische golven, evenals organofosfor (OP) verbindingen, veroorzaken dat de bloed-hersenbarrière open gaat, en een giftige stof gemakkelijk de hersenen kan binnendringen. Zoals eerder vermeld, speelt calcium een hoofdrol in de intracellulaire communicatie [3-link niet gevonden]. Elektromagnetische golven veranderen de calciumstofwisseling in een cel, waardoor afwijkingen ontstaan in neurotransmitters in de hersenen zoals acetylcholine, noradre-

naline, serotonine, gamma-aminoboterzuur (GABA), glutamaat, en dopamine. Elektromagnetische golven induceren verder oxidatieve reacties. K. Runow creëerde in 1987 in Duitsland een kliniek met zeer geringe blootstelling aan elektromagnetische golven.

Ishikawa paste een pupiltest toe als een van de onderzoeken van de autonome zenuwen bij CS en ES patiënten [4,5]. Hij ontdekte objectief afwijkingen van zowel sympatische als parasympatische zenuwfuncties bij de patiënten.

Medische behandelingen van ES zijn substitutietherapie die voornamelijk bestaat uit toepassing van functionele therapie. Een vermindering van de blootstelling aan elektromagnetische golven en een anti-oxidatie behandeling, mineralen (Ca, Mg, Se) en vitaminen zijn fundamentele behandelingen. Parallel hieraan heeft een badende medische behandeling in de hete bron in de omgeving van Emstal goed gepresteerd als het ordelijke plan. Deze methoden vormen sinds 1980 een succesvolle en doeltreffende medische behandeling [6].

2.2.5.1 ES en Internationale Classificatie van Ziekten 10 (ICD)

Studies over ES vorderden in Japan [7,8] maar de naam ES werd in Japan op medisch en welzijnsgebied niet formeel aanvaard.

Oostenrijkse faculteitsleden van universiteiten, artsen die lid zijn van de medische vereniging, onderzoekers, en specialis-

ten op het gebied van elektromagnetische golven kwamen op 3 maart 2012 bijeen en schreven een consensus-paper van de Oostenrijkse medische vereniging over het elektromagnetische veld syndroom, (EMF) [9]. Ze adviseerden om de code Z58.4 (Blootstelling aan straling) van de ICD-10 te gebruiken voor het EMV syndroom als T65.9 voor CS. ES is door de Oostenrijkse Medische Vereniging volledig formeel als diagnose aanvaard. Een reeks vragenlijsten is de fundamentele procedure voor de diagnose. De vragenlijsten zijn in Japan vrijwel gelijklopend [8].

EINDNOTEN

1. [!\[\]\(9063468a59e93f469b71000ac5796bc3_img.jpg\) **Tonori H, Aizawa Y, Ojima M et al. 2001.**](#) Angst en depressie bij meervoudig-chemische gevoeligheid. Tohoku J Exp Clin Med 193:115-121. 2. Itayama K, Kameya T et al. 2006. Kenmerken en oorzaken van zelf-gerapporteerde idiopathische milieu-intoleranties (meervoudige chemische gevoeligheid). Chems Bio Integrated Management SAMENVATTING: Gevallen met meervoudige chemische gevoeligheid (MCS) vertonen vaak psychische symptomen. Deze studie bespreekt de kenmerken van de angstige en depressieve toestand van MCS door patiënten van MCS te vergelijken met een aan geslacht en leeftijd aangepaste controlegroep. In dit onderzoek werden MCS gevallen geselecteerd uit degenen die voldeden aan de diagnostische criteria van Cullen na uitsluiting van andere lichamelijke ziekten. Patiënten die oogartsen bezochten met andere ziekten werden aangewezen als de controlegroep. Evaluatie van de angstige en depressieve toestand werd uitgevoerd bij 48 gevallen van MCS en 48 controles met behulp van de Japanse versie van de State-Trait Anxiety Inventory, de Self-rating Depression Scale (SDS), en de Hamilton Rating Scale for Depression. Significant hogere gemiddelde waarden van subjectieve angst en een depressieve toestand werden verkregen bij 18 MCS gevallen dan bij 18 controles van de vervolgpatiënten, terwijl geen significant verschil werd waargenomen tussen MCS en controles van 30 nieuwe patiënten van elke groep. Angst bij MCS wordt dus gekenmerkt door een voortdurend hoog angstniveau. MCS wordt ook gekenmerkt door een voortdurende depressieve toestand op een "neurotisch niveau" categorie volgens SDS. De angstscores en depressieve ni-

veaus waren sterk gecorreleerd bij MCS en controles bij de eerste en de volgende verschijningen, behalve die bij de follow-up controle gevallen. Concluderend bleven zowel angst als een depressieve toestand bij MCS op hoog niveau tot het volgende onderzoek, toen die bij de controles afnamen tot een normaal niveau.

2. [!\[\]\(1207edb9a08751d3d55970560645ed23_img.jpg\) Itayama K, Kameya T et al. 2006.](#) Characteristics and causes of self-reported idiopathic environmental intolerances (multiple chemical sensitivity). Chems Bio Integrated Management 2:178–191. SAMENVATTING: Meervoudige chemische gevoeligheid/idiopathische omgevingsintolerantie (MCS/IEI) is een veelgebruikte diagnostische term voor een groep symptomen. Deze symptomen worden al meer dan 15 jaar beschreven en becommentarieerd in de VS. Onlangs is het ook waargenomen in Japan. De belangrijkste kenmerken van dit syndroom zijn meerdere symptomen waarbij meerdere orgaansystemen betrokken zijn en die worden versneld door een verscheidenheid aan chemische stoffen met recidieven en verergering onder bepaalde omstandigheden bij blootstelling aan zeer lage niveaus die geen invloed hebben op de bevolking in het algemeen. Er zijn geen laboratoriummarkers of specifieke onderzoeksresultaten. Hoewel traditionele medische organisaties het niet eens zijn geworden over een definitie voor dit syndroom vanwege het gebrek aan duidelijk bewijs om het bestaan van deze symptomen aan te tonen, wordt het steeds meer erkend. Deel één van dit overzichtsartikel bespreekt pathofysiologische theorieën, middelen die symptomen veroorzaken, prevalentie in de algemene en specifieke populaties, voorgeschiedenis en familiegeschiedenis, en klinische symptomen van MCS/IEI-patiënten. [Externe pdf-ophalen](#)
3. 3. Sakabe K, Hane K, Miyata M. 2012. Levend lichaam

en elektromagnetische golven 2012. Maruzen Publishing Co., Ltd. Tokio.

4. 4. Ishikawa S. 1996. Over oculaire manifestatie door milieuvervuiling e.d., in het bijzonder over de visuele toxiciteit van een organofosfor pesticide. Jpn Ophthalmol Soc 100:417-432.
5. 5. Ishikawa S, Miyata M, Sakabe K et al. 2006. 7 gevallen van elektromagnetische overgevoeligheid. Jaarverslag van sporenchemicaliën en *sick houses syndroom* in het financieel verslag van 2005. Gesteund door het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn, Japan 30-41.
6. 6. Runow Klaus-Dietricj. 2011. Wenn Gifte auf die Nerven gehen. IFU Bad Emstal, Duitsland: Verlag Suedwest. E-mail: info@ifu-Wolfh agen.de.
7. 7. Hojo S. 2016. Elektromagnetische velden als nieuwe gezondheidsrisicofactoren-Issues identified from an epidemiologic study on electromagnetic hypersensitivity. Jpn J Clin Ecol 25(2), in druk.
8. 8. Comité voor sporenhoeveelheden chemische stoffen en het *sick houses-syndroom*. 2006. Boekjaar 2005. (pp. 30-48). Ishikawa S, voorzitter. Gesteund door het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn, Japan.
9. 9. Richtlijn van de Oostenrijkse Medische Vereniging voor de diagnose en behandeling van EMV-gerelateerde gezondheidsproblemen en ziekten (EMV-syndroom): Consensus paper van de Werkgroep EMV van de Oostenrijkse Medische Vereniging (AG-EMF), 2012.
- 10.

3 Bevordering van het begrip van chemische gevoeligheid

Satoshi Ishikawa, *PhD, MD, emeritus hoogleraar
Kitasato Universiteit*

3.1 ZIEKTEKOSTENVERZEKERING IN JAPAN

In Japan werd in een mededeling van het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn de naam van de ziekte "chemische gevoeligheid (CS)" op 1 oktober 2009 nieuw voorgesteld (MEDIS-DC, betreffende de standaardnaam in een ziekterooster), **en formeel geregistreerd** als de naam van een ziekte voor verzekeringsdoeleinden. De naam kan worden toegepast op alledaagse medische situaties. Deze vaststelling is waarschijnlijk goed nieuws voor patiënten die zich zorgen maken over deze ziekte.

Nadat CS was aangenomen als ziekteverzekeringsnaam, verbeterde de officiële ondersteuningsorganisatie van patiënten, zoals medische behandeling, compensatie voor afwezigheid van werk, en invaliditeitspensioen, sterk. De uitbetaling van vergoedingen door particuliere verzekeringen verloopt vlot, zonder dat CS door de verzekeringsmaatschappijen genegeerd wordt. Natuurlijk blijven er voor CS patiënten toekomstige problemen bestaan, zoals een ontsnapingsmogelijkheid bij naburige luchtverontreiniging, verpleging, en

toegangsapparatuur voor bejaarden.

In Japan is de toelating van CS als oorzaak van een arbeidsongeval op dit moment nog een wat moeilijk probleem. De beoordelingscommissie bepaalt de oorzaak van het ongeval. De comités zijn niet verder gekomen dan het idee van toestemming voor een lichamelijk gehandicapte door het verlies van een hand of een voet. Eén beoordelingscommissie stelt zelfs dat er geen chronische vergiftiging bestaat, behalve vergiftiging door zware metalen. Ze schijnen alcoholisme, lijmsnuiven, benzeenvergiftiging, pesticidenvergiftiging, drugsverslaving, enzovoort niet te kunnen begrijpen. Het wordt onmogelijk voor een patiënt die aan CS lijdt om in een gewoon kantoor te werken. Oordeelcommissieleden met gezond verstand zijn nodig voor de bescherming van het leven van de werknemers.

3.2 BEGRIP VAN CS OP JUSTITIEEL NIVEAU

Japanse rechters zijn in wezen zeer ernstig en uitstekend. Ze pakken het probleem van CS ernstig aan en het leven van veel patiënten is gered. Natuurlijk maken het gezond verstand van de tijd en de maatschappelijke situatie deel uit van de juridische beslissing. Natuurlijk is het onmogelijk om alle opluchting van CS patiënten aan een rechter toe te vertrouwen. [042] Als een rechter meer inzicht krijgt in CS, zal een patiënt meer verlichting ervaren. Wil een rechter het CS probleem diepgaand begrijpen, dan zijn inspanningen van de medische staf nodig.

3.3 ONDERWIJS

3.3.1 Specifieke vorming van medici

Het klassieke begrip van vergiftiging dat artsen hebben geleerd is belangrijk. Het heeft echter niet opgenomen dat de gevolgen van acute vergiftiging en chronische vergiftiging gelijk zijn. Daardoor begrijpen veel artsen chronische vergiftiging niet helemaal. Zo is een begrip van chronische intoxicatie door insecticiden voor artsen op dit moment nog steeds moeilijk. Bovendien wordt de dosis-respons curve, die het verband aangeeft tussen de gegeven dosis van een chemische stof en het verschijnen van symptomen, gewoonlijk eerder als polytonisch dan als monotoon beschouwd, dat wil zeggen, niet één curve maar vele.

Als voorbeeld: aspirine in de gebruikelijke hoeveelheden voor dagelijks gebruik verlicht koorts en heeft een pijnstillende werking. Er is echter ook aangetoond dat een kleine dosering trombusvorming voorkomt. In de hoeveelheid die gebruikt wordt voor een pijnstillende werking, wordt geen trombusvoorkomende werking verwacht. De geneeskrachtige werking verschilt dus van de gebruikelijke dosis tot een kleine dosis. Bovendien is een zeer kleine hoeveelheid van een chemische stof voldoende om een hormoonontregeling te veroorzaken, een allergie te verergeren, en CS te induceren. Ook is de dosis-respons kromme geen sigmoïde kromme in klassieke vergiftigingsstudies, maar een klokvormige kromme. Als de chemische stof veel hoeveelheid heeft, wordt de werking van hypergevoeligheid geremd. De stimu-

lerende werking veel onderdrukt bij hoge doses van chemische stoffen.

Een heel kleine hoeveelheid van een chemische stof veroorzaakt ook aangeboren stofwisselingsstoornissen, ontwikkelingsziekten en gedragsafwijkingen. Het is duidelijk experimenteel bewezen dat een heel kleine hoeveelheid van een organofosfor insecticide een ontwikkelingsstoornis veroorzaakt. De artsen die zich met klinisch werk bezighouden zijn goed op de hoogte van de laatste abnormale toename van een ontwikkelingsstoornis [1]. Een heel kleine hoeveelheid van een chemische stof kan verschillende soorten ziekten veroorzaken. Bovendien heeft een enkele chemische stof vele werkingen. Het binnendringen van chemische stoffen in het dagelijks leven is een zorg. Onderwijs over chemische stoffen in de omgeving is nodig voor artsen.

3.3.2 Specifiek onderwijs voor tandartsen

Veel patiënten reageren op een genezend geneesmiddel. Een geneesmiddel voor de tandheelkunde bevat een kleine hoeveelheid, waardoor een gevoelige reactie ontstaat. Algehele anesthesie is een soort acute intoxicatie. Daarom treedt bij algehele anesthesie niet snel een gevoelige reactie op. Anesthesie met xenon moet overwogen worden voor patiënten die nooit algemene anesthesie kunnen krijgen.

Overweging van allergie voor metaal is belangrijk. Hoewel tandartsen bij tandheelkundige zorg met metalen om patch tests van dermatologen vragen, kunnen ze die ook zelf uit-

voeren. Om te testen op een hyperreactie op cement en metaal kan een beetje materiaal gedurende 10 minuten onder de tong van een patiënt gelegd worden en de patiënt [043] gedurende een halve dag tot een dag geobserveerd worden. Om een mechanische prikkel op het slijmvlies te vermijden, worden de proefmaterialen vóór de test in water geweekt.

Een patiënt vertoont soms een gevoelige reactie op een plaatselijk verdovingsmiddel. Het kan moeilijk zijn vast te stellen of de chemische stof die de reactie veroorzaakt een bestanddeel van het geneesmiddel zelf is of een additief.

Op het moment dat een gevoelige reactie optreedt, is zuurstofinhalatie de meest effectieve behandeling. Het is gebruikelijk dat de zuurstoftolerantie van CS patiënten laag is. Hoewel uitgebreide inhalatie nodig is bij anafylaxie, wordt meestal 1-2 liter per minuut zuurstofinhalatie aanbevolen zodra een reactie optreedt. Na overleg met een patiënt over een pijnstillers en een antibioticum naar gelang van de situatie, verwijst de primaire zorgverlener door naar de dokter of de tandarts.

De binnenlucht van een tandartspraktijk is meestal verontreinigd. De verblijfsduur van een patiënt in de wachtkamer moet zoveel mogelijk verkort worden.

3.3.3 Specifieke opleiding voor het gezondheidsteam

De hedendaagse geneeskunde is een medische behandeling in teamverband. De doelen van de behandeling van CS kun-

nen niet alleen door de inspanningen van een arts bereikt worden. Samenwerkingsinspanningen met een apotheker, een verpleegster, een keuringsarts, een diëtiste, en een mondhygiëniste zijn belangrijk. Een patiënt met CS vertoont ook vaak een gevoelige reactie op een geneesmiddel. Een patiënt kan reageren op het werkzame bestanddeel van een geneesmiddel, of op een additief. Apothekers moeten net als artsen op de klachten van patiënten letten. De ontgiftingsfunctie van een CS patiënt heeft de neiging trager te zijn dan die van een niet-aangedane persoon. Het is beter om met de toediening van het geneesmiddel in een kleine hoeveelheid te beginnen, behalve in noodgevallen. Als de patiënt met CS reageert op ethylalcohol, moet chloorhexidinegluconaat of benzalkoniumchloride gebruikt worden. De patiënt heeft vaak een voedselallergie. Ook aan voedseladditieven en drinkwater moet gedacht worden. Het is beter dat een intramurale patiënt in een eenpersoonskamer wordt opgenomen waar ventilatie door het openen van een raam mogelijk is. Voedingsondersteuning aan de patiënt is belangrijk.

3.3.4 Patiëntenvoorlichting voor een comfortabel dagelijks leven

De huidige omgeving is gevuld met mentale, fysieke en chemische stressoren. CS patiënten moeten de totale hoeveelheid omgevingsstressoren verlagen.

3.3.5 Onderwijs aan leken

Het is onze plicht leken te onderwijzen over de huidige mili-

euvervuiling. Het aantal aangeboren stofwisselingsstoornissen, ontwikkelingsstoornissen, afwijkend gedrag, en stoornissen van het immuunsysteem neemt toe. De milieuevervuiling die gevaarlijk is voor een CS patiënt, is dat ook voor een leek [1,2]. De kracht van leken bij het aanzetten tot verandering in bedrijfs- en overheidsbeleid is heel belangrijk.

EINDNOTEN

- 1 Seinhausen HC, Dopfner M, Schubert I. 2016. Time trends in the frequencies of ADHD and stimulant medication. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 44:275–84.
2. Saadeh D, Salameh D, Caillaud D et al. 2015. Prevalence and association of asthma and allergic sensitization with dietary factors in schoolchildren data from the French six cities study. *BMC Public Health* 15:993

4 Medische feiten

Mikio Miyata, PhD, MD, Professor Emeritus Kitasato
Universiteit

Kou Sakabe, PhD, MD, decaan en professor Medische
School, Tokai Universiteit

Satoshi Ishikawa, PhD, MD, Professor Emeritus Kitasato
Universiteit

4.1 ACUTE TOXICOLOGIE, TUSSENSYNDROOM

Een dosis-respons curve voor acute vergiftiging wordt getoond in **figuur 4.1**. Als de hoeveelheid blootstelling toeneemt, verergert de toestand en kan uitmonden in dood door vergiftiging, dat wil zeggen dat de curve een S-vorm aanneemt. Chronische intoxicatie, of de reactie op een zeer kleine hoeveelheid van een chemische stof.

4.2 CHRONISCHE TOXICOLOGIE

Enkele decennia geleden werd chronische intoxicatie beschouwd als vergiftiging door chronische blootstelling aan chemische stoffen. Het resteffect van acute intoxicatie wordt echter ook steeds meer beschouwd als gelijkwaardig aan chronische intoxicatie. Schade aan het centrale zenuwstelsel, perifere neuropathie, verstoringen in de immuunfunctie, ontregeling van de hormoonhuishouding, enzovoort worden tot de verschijnselen van chronische intoxicatie gerekend. Een voorbeeld van chronische intoxicatie, door een organo-

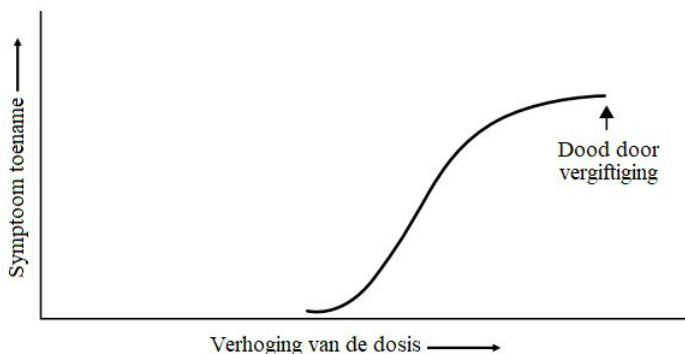
fosfor (OP) bestrijdingsmiddel, wordt beschreven in hoofdstuk 1. Ontwikkelingsziekten, aangeboren stofwisselingsstoornissen, en afwijkingen in de immuunrespons zijn nu aan de eerder vastgestelde risico's toegevoegd.

Een zeer kleine hoeveelheid van een chemische stof verergert allergieën, chemische gevoeligheid (CS), abnormale reacties op het centrale zenuwstelsel, en verstoringen van het endocriene systeem. Dit zijn overreacties op een chemische stof, die anders zijn dan vergiftiging.

4.3 DIERPROEVEN MET EXTREEM LAGE DOSE-RINGEN

CS experimenten met dieren zijn moeilijk. Maar als men nagaat hoe een chemische stof op een levend wezen inwerkt, moet men denken aan "de wet van ArndtSchulz," een fundamenteel begrip van de farmacologie. Het stelt dat "een weinig van een chemische stof een functie stimuleert, terwijl een veel van een chemische stof een functie onderdrukt". Onderdrukking door een grote hoeveelheid van een chemische stof betekent verstoringen in de functie van de organen en mogelijk de dood door vergiftiging. Verder kan de chemische stof vele werkingen hebben. Bijvoorbeeld, vitamine C heeft meer dan 40 soorten werkingen.

Bij experimenten waarbij ratten vergiftigd werden met fenthion (een OP), werd een stimulerende werking aangetoond met de kleine hoeveelheid van 1/40.000 van LD50 [1].

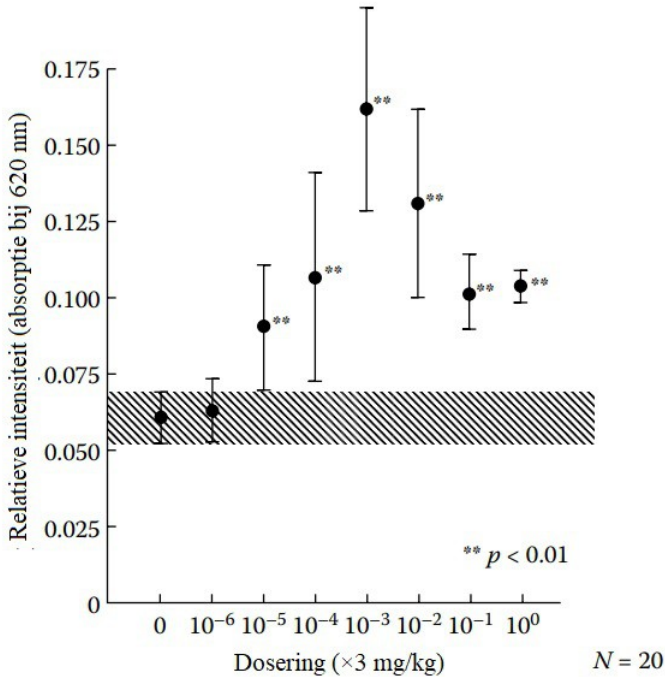


FIGUUR 4.1 *Dosis-respons kromme*

[046] Allergie is een overgevoelige reactie van in het immuunsysteem. CS is een overgevoelige reactie die zich concentreert op een zenuwstelsel. Het zenuwstelsel werkt nauw samen met het immuunsysteem. De patiënt met CS lijdt vaak aan een allergische ziekte. Allergie is invloed van sporen – kleine hoeveelheden – chemische stoffen... Experimenten met hooikoorts tonen duidelijk aan dat een heel kleine hoeveelheid van een chemische stof een allergische reactie teweegbrengt. Als voorbeeld wordt het effect van een in water oplosbaar OP, trichloorfon, bij experimentele allergische bindvliesontsteking getoond in (**Figuur 4.2**). De allergische reactie werd versterkt door een zeer kleine hoeveelheid, 30 ng/kg lichaamsgewicht [2].

Toen de hoeveelheid verder verhoogd werd, nam de allergische reactie echter af. Als gevolg hiervan vertoont de reactie een klokvormige curve. [047] Tot nu toe konden we een soortgelijke reactiekromme tekenen voor onkruidverdelgers,

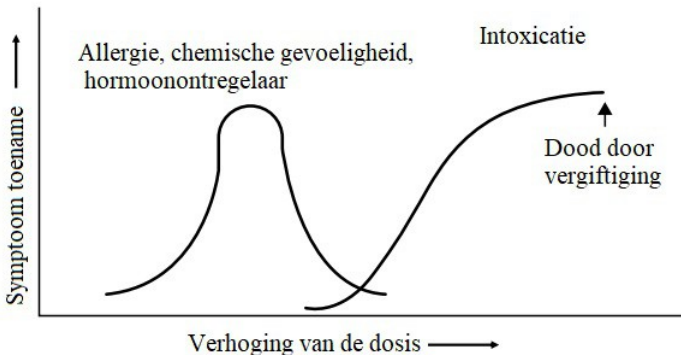
trihalomethaan, paradichloorbenzeen [3], synthetische voedselkleurstoffen, geraffineerde suiker, enzovoort. Ook voor hormoonontregelaars is een klokvormige curve waargenomen.



FIGUUR 4.2 *Reactiekromme van trichlorfon bij experimentele allergische conjunctivitis.*

Als deze relatiecurve overlapt wordt met de dosis-respons kromme van een eerdere intoxicatie, kan een sleutelkaart (**Figuur 4.3**) getoond worden.

Het is duidelijk dat het gebruikelijk is dat een CS patiënt reageert op een zeer kleine hoeveelheid van een veelvormige chemische stof.



FIGUUR 4.3 Grafiek die de overlapping laat zien van een klassieke dosis-respons curve bij intoxicatie als sigmoïde curve en bij hyperactivatie voor sporenchemicaliën als klokvormige curve.

4.4 ONDERZOEK NAAR HET MECHANISME VAN CS

Waarom heeft CS niet op alle maar op sommige leden van een bevolking invloed. De invloed van omgevingschemicaliën op individuen wordt door verschillende factoren bepaald: (1) erfelijke en individuele biochemische verschillen, (2) beladingsdosering van het hele lichaam, (3) leeftijd en geslacht, (4) onderliggende ziekte, (5) voeding, enzovoort. Verschillen in deze factoren vormen de "individualiteit" die een van de groundbegrippen van CS is. Bij onderzoek naar de werking van een chemische (xenobiotische) stof in het lichaam waarbij de endocriene functie verstoord wordt, verliep de werking van bisfenol A niet volgens het patroon van een monotone dosis-respons curve die bij klassieke vergiftiging gezien wordt. Een zeer kleine hoeveelheid van een che-

mische stof vertoont een geheel andere, polytonische, dosis-respons kromme [4].

Algemeen wordt erkend dat de symptomen van CS in veel gevallen ontstaan door blootstelling aan een chemische stof, en dat er een gevoeligheidsreactie van het zenuwstelsel optreedt. In deze sectie bekijken we de mechanismen van ontgiftiging van een chemische stof en het ontstaan van een gevoeligheidsreactie bij CS.

4.4.1 Ontgiftiging

De ontleding van een xenobiotische stof in het menselijk lichaam wordt ruwweg in twee reactiestappen verdeeld. In de eerste stap ondergaat een chemische stof een reactie zoals oxidatie, reductie, een hydrolyse- of een conjugatiereactie. Het stofwisselingsproduct van deze eerste enzymatische reactie veroorzaakt oxidatieve stress. Daarom wordt het snel overgebracht naar de enzymreactie van de tweede stap, die een conjugatiereactie is met glutathion, glucuronzuur, zwavelzuur, aminozuren. [048] Veel lipofiele chemische stoffen verwerven daardoor wateroplosbaarheid en kunnen gemakkelijk uit het lichaam worden vrijgemaakt. P-450 (CYP) is de belangrijkste groep enzymen die betrokken zijn bij de eerste stap van de afbraak van een chemische stof. Cytochroom

P-450 is een enzymengroep die wijd verspreid in het lichaam voorkomt. Hoewel de mens sinds de industriële revolutie aan talloze chemische stoffen is blootgesteld, heeft hij daar meestal redelijk goed op gereageerd omdat de CYP fa-

milie, bestaande uit CYP1, CYP2, CYP3, en CYP4, verschillende chemische stoffen in het milieu metaboliseerden. Genetisch polymorfisme wordt in deze CYP's waargenomen.

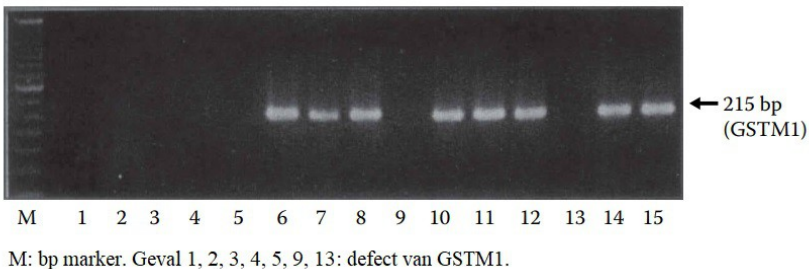
Prang heeft gemeld dat hoge niveaus van CYP1A2 en 2D6 aanwezig zijn bij patiënten met CS. Dit onderzoek geeft belangrijke inzichten door aan te tonen dat de tussenmetaboliëte overbodig is in de expressie van CYP1A2 en 2D6 [5]. Deze patiënten worden geacht in een overbodige oxidatieve stress toestand te verkeren.

Neurotoxisch esterase (NTE) is een ander belangrijk enzym dat in verband met OP verbindingen beschouwd moet worden. Meer dan de helft van de CS gevallen zou door OP veroorzaakt worden. Muizen met een lage NTE activiteit vertoonden hyperactiviteit veroorzaakt door een kleine hoeveelheid OP, vergeleken met normale muizen [6]. De systemische verstoring van het zenuwstelsel van patiënten met CS lijkt op het Golfsyndroom bij soldaten die vochten in de Perzische Golfoorlog die in 1990 uitbrak. Soldaten met zenuwstelselaandoeningen worden ervan verdacht een geschiedenis van blootstelling aan OP pesticiden te hebben. De NTE activiteit bleek bij deze soldaten verminderd te zijn en werd toegeschreven aan contact met zenuwgas [7-10]. Er zijn ook individuele genetische verschillen aangetoond in paraoxonase (PON) wat de ontgifting van OP betreft [11,12].

Vele enzymen, zoals glutathion-S-transferase, glutathion

peroxidase, glucuronosyltransferase en N-acetyltransferase, worden in de tweede stap betrokken.

Glutathion-S-transferase (GST) katalyseert de glutathion-conjugatie. Prang meldde ook het genpolymorfisme van GST bij patiënten met CS en poneerde dat dit enzym een lage erfelijkheidsgraad heeft of een trage reactiesnelheid [5]. Het tekort van het gen GSTM1 bij sommige patiënten werd aangetoond bij onze 15 patiënten [13]. Alle patiënten werden zeer zorgvuldig geselecteerd en met CS gediagnosticeerd in het Kitasato Universiteitsziekenhuis (**Figuur 4.4**).



FIGUUR 4.4 *Glutathion S-transferase bij patiënten met CS.*

De Luca [14] meldde geen verschil in genotype van de ontgiftiging, zoals glucuronosyl transferase, en cytochroom P-450. Bij patiënten met CS waren echter de gehalten aan catalase in rode bloedlichaampjes en glutathion S-transferase laag, terwijl de gehalten aan glutathion peroxidase hoog waren. [049] Geoxideerde en gereduceerde glutathiongehalten daalden en de gehalten aan salpeterzuur en een salpeterzuurverbinding stegen. De vetzuren neigden naar verzadigde vetzuren. De ontstekingsbevorderende cytokinen waren ver-

hoogd. Deze resultaten komen goed overeen met klinische ervaringen.

4.4.2 Verwerving van zenuwgevoeligheid

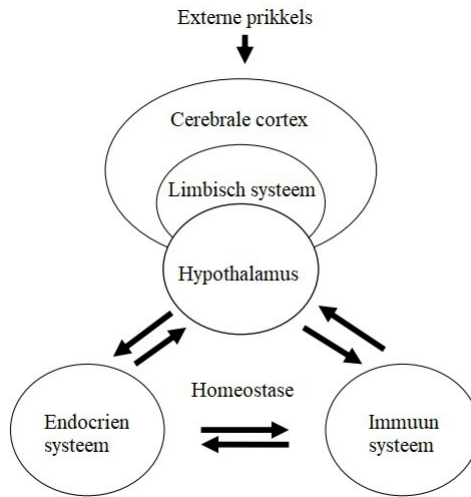
Er vindt communicatie plaats tussen het zenuwstelsel, het endocriene stelsel en het immuunsysteem (Figuur 4.5).

Het limbisch systeem, dat onder de kleine hersenen ligt, bestaat uit verschillende corticale en subcorticale structuren en ondersteunt talrijke functies die essentieel zijn voor het leven, waaronder emotionele reacties en motivatie. Het limbisch systeem beïnvloedt het endocriene systeem, waaronder de hypothalamus-hypofyse-bijnier as, die het centrum is van de stressreactie. Veel ziekten kunnen dit systeem beïnvloeden, zoals chemische gevoeligheid, fibromyalgie, chronisch vermoeidheidssyndroom, organische fosforvergiftiging, Golfoorlogsyndroom, allergie, en organische chloorvergiftiging. Milieuvervuiling wordt ook geacht bij te dragen tot het anafylactische enteritisyndroom en de ontwikkelingsstoornis.

Tot nu toe is het mechanisme van CS vooral besproken in de context van effecten van chemische stoffen op het limbisch systeem en hun betrokkenheid bij het aanmaakverschijnsel [15].

In het limbisch systeem wordt externe zintuiglijke informatie via twee routes doorgegeven: de frontale associatiezone en de hippocampus via het Papez circuit en de amygdala via

het Yakovlev circuit. De hippocampus is een centrum van geheugen en emotie en de amygdala is het centrum van reuk. De Papez en Yakovlev circuits werken op elkaar in. De hippocampus wordt beschouwd als een brandpunt voor CS.



FIGUUR 4.5 *Het zenuwstelsel, het endocriene stelsel en het immuunsysteem vormen de functionele as van de homeostase.*

[050] Bij het aanmaakverschijnsel begint een zenuw bij herhaling te reageren op een zwakke prikkel, wat niet zou gebeuren als reactie op een enkele prikkel [16].

De prikkelversterking is aanwezig in een perifere sensorische zenuw. Als het ongemyeliniseerde zenuwvezel (C vezel) uiteinde van de zintuigzenuw in het membraan van de ademhalingswegen en elders gestimuleerd wordt door een

chemische stof, wordt de prikkel naar een centrum geleid. Tegelijk, nadat de prikkel de richting van de transmissie in een andere tak van het neuron verandert, wordt hij omgezet naar een punt en wordt tachykinine afgescheiden. Substantie P is, naast andere neuropeptiden, een lid van de tachykinine familie. Het induceert het vrijkomen van histamine uit mestcellen en het veroorzaakt activering van immuuncellen, zoals lymfocyten, macrofagen, neutrofielen en eosinofielen. Bovendien veroorzaakt tachykinine een toename van de vertakkingen van het zenuwuiteinde van C-vezels. Zo veroorzaakt een chemische stof een toename van neurogene ontstekingen, waardoor een vicieuze cirkel ontstaat. Als een chemische stof herhaaldelijk via het reukslijmvlies en de reukzenuw prikkelt, kan in het limbisch systeem een ontstekingsverschijnsel opgewekt worden, waarvan gedacht wordt dat het gevolgen heeft voor de mentale toestand en de werking van het zenuwstelsel. Deze verschijnselen zijn aangetoond in dierproeven [17,18].

EINDNOTEN

1. Miyata M, Imai H, Ishikawa S. 1973. Electroretinographic study of the rat after fenthion intoxication. *Jpn J Ophthalmol* 17:335–343.
2. Namba T, Honma K, Horiuchi, K, Tujisawa I, Miyata M, Ishikawa S. 1993. Participation of environmental chemicals in experimental allergic conjunctivitis. *Acta Soc Ophthalmol Jpn* 97:297–303.
3. Li G, Hanai Y, Miyata M, Ishikawa S. 1994. Aggravating effects of chloroform and p-dichlorobenzene on experimental allergic conjunctivitis. *Folia Ophthalmol Jpn* 45:475–480.
4. Jenkins S, Wang J, Eltoum I, Desmond R. 2011. Chronic oral exposure to bisphenol A results in a nonmonotonic dose response in mammary carcinogenesis and metastasis in MMTV-erbB2 mice. *Environ Health Perspect* 119:1604–1609.
5. Prang NS, von Baehr V, Bieger WP. 2001. Genetische Suszeptibilität gegenüber Umweltgiften. *Z Umweltmedizin* 9:38.
6. Winrow CJ, Hemming ML, Allen DM. 2003. Loss of neuropathy target esterase in mice links organophosphosphate exposure to hyperactivity. *Nat Genet* 33:477–485.
7. Ashford N, Miller C. 1998. Gulf War exposure, chemical exposure, low levels and high stakes, pp. 246–249. New York: John Wiley & Sons.
8. Mutch E, Blain PG, Williams FM. 1992. Interindividual variations in enzymes controlling organophosphate toxicity in man. *Hum Exp Toxicol* 11:109–116.

9. Colomba BA. 2008. Acetylcholinesterase inhibitors and Gulf War illnesses. *Prog Natl Acad Sci USA* 105:4296–300.
10. Casida JE, Quistad GB. 2004. Organophosphate toxicology: Safety aspects of nonacetylcholinesterase secondary targets. *Chem Res Toxicol* 17:983–998.
11. McKeown-Eyssen G, Baines C, Cole DE et al. 2004. Case control study of genotypes in multiple chemical sensitivity: CYP2D6, NAT1, NAT2, PON1, PON 2 and MTHFR. *Int J Epidemiol* 33:971–978.
12. Costa LG, Cole TB, Furlong CE. 2003. Polymorphisms of paraoxonase (PON1) and their significance in clinical toxicology of organophosphates. *J Toxicol Clin Toxicol* 41:37–45.
13. Sakabe K, Miyata M, Ishikawa S. 2003. Thinking on chemical sensitivity. *Neuroophthalmol Jpn* 20:350–354.
14. De Luca C, Scordo MG, Cesareo E et al. 2010. Biological definition of multiple chemical sensitivity from redox state and cytokine profiling and not from polymorphisms of xenobiotic-metabolizing enzymes. *Toxicol Appl Pharmacol* 248:285–292.
15. Tran MT, Arendt-Nielsen L, Kupers R et al. 2013. Multiple chemical sensitivity: On the scent of central sensitization. *Int J Hyg Environ Health* 216:202–210.
16. Gilbert ME. 2001. Does the kindling model of epilepsy contribute to our understanding of multiple chemical sensitivity. *Ann NY Acad Sci* 933:68–91.
17. Adamec R, Young B. 2000. Neuroplasticity in specific limbic system circuits may mediate specific kindling induced changes in animal affect-implications for understanding anxiety association with epilepsy. *Neurosci Biobehav Rev* 24:705–723.

18. Botterill JJ, Fournier NM, Guskjolen AJ et al. 2014. Amygdala kindling disrupts trace and delay fear conditioning with parallel changes in Fos protein. *Neuroscience* 265:158–171.

5 Diagnose

Satoshi Ishikawa, PhD, MD, Professor Emeritus Kitasato Universiteit

Mikio Miyata, PhD, MD, Professor Emeritus Kitasato Universiteit

5.1 GEDETAILEERD EN ZORGVULDIG INTERVIEW

De eerste stap in de diagnose van het '*sick houses*' syndroom (SHS) en chemische gevoeligheid (CS) begint met het vaststellen van de etiologische factor. Voordat ze een patiënt onderzoeken, sturen de artsen in de kliniek van de Kitasato Universiteit een vragenlijst met 11 bladzijden van de Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (QEESI®) van C. S. Miller [1]. De vragenlijst omvat de geschiedenis van plaatselijke en systematische allergie, medische behandeling bij tandheelkundige ingrepen, beroep, geboorteplaats, verhuizing en wederopbouw/verbouwing, leefomgeving, de gebruikte geneesmiddelen, voedsel, luxegoederen, enzovoort. Ishikawa wijzigde deze vragenlijst gedeeltelijk in de Japanse taal en onderzocht CS gevallen. Die onderzoeken toonden vergelijkbare resultaten in de symptomen tussen Amerikaanse en Japanse patiënten [2].

Hoewel Randolph in de jaren 1960 CS vaststelde, werden zijn uitspraken genegeerd [3,4].

In de Verenigde Staten werd in 1999 een CS geval gediagnosticeerd volgens zes overeengekomen factoren bij de diagnose van CS [5]:

1. "De symptomen zijn reproduceerbaar bij herhaalde blootstelling aan chemische stoffen".
2. "De aandoening is chronisch".
3. "Blootstelling op een laag niveau, lager dan voorheen of gewoonlijk getolereerd wordt, leidt tot manifestaties van het syndroom."
4. "Wanneer de incitanten verwijderd worden, verbeteren de symptomen of lossen ze op."
5. "Reactie treedt op bij meerdere chemisch ongerelateerde stoffen."
6. [Toegevoegd in 1999]: "Symptomen betrekken meerdere orgaansystemen".

In Japan zijn (neuro)-oogonderzoek samen met gewone poliklinische klinische onderzoeken opgenomen in de diagnostische criteria van CS (**Tabel 5.1**) [6].

5.2 NEURO-OPHTHALMOLOGISCHE – oog – EN NEUROLOGISCHE ONDERZOEKEN IN COMBINATIE MET GEWONE KLINISCHE ONDERZOEKEN IN JAPAN

Sommige van de volgende neurologische onderzoeken zijn de diagnostische procedures die de auteur in de jaren 1980 ontwikkelde. Delen van die onderzoeksmethoden zijn vooral in de Verenigde Staten gebruikt door verschillende pioniers: als K. H. Kilburn [7].

TABEL 5.1 Diagnostische criteria voor chemische overgevoeligheid in Japan

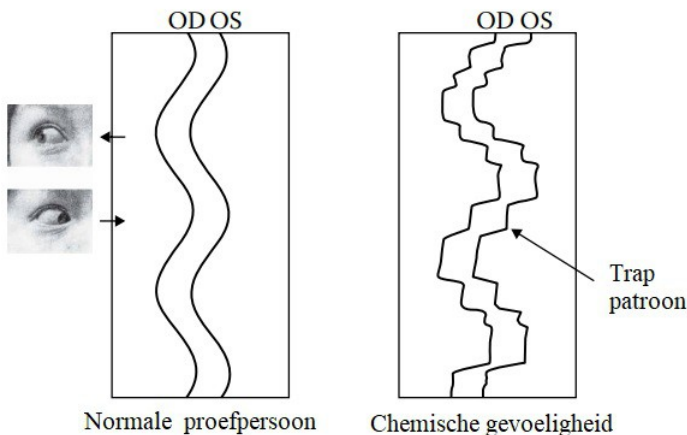
- A. **Kardinale symptomen:** Hoofdpijn, spierpijn, vermoeidheid, loomheid
- B. **Subsymptomen:** Keelpijn, lichte koorts, diarree, constipatie, verblinding, afname van denkvermogen en concentratie, emotionele instabiliteit, opwinding, slapeloosheid, vergeetachtigheid, jeuk, de afwijkingen in het gevoel, onregelmatige menstruatie
- C. **Positieve laboratoriumbevindingen:** Pupilreactie, afname van de visuele zintuiglijke gevoeligheid, afwijkingen in de oogbeweging, en functionele achteruitgang van de hersenschors

5.2.1 'Zoekend' oogbewegingsonderzoek

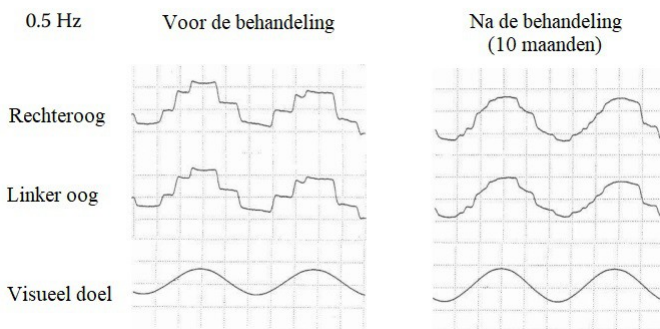
[054] Een tracerend oogbewegingsonderzoek met inbegrip van soepele achtervolging en saccadische oogbewegingen wordt uitgevoerd om stoornissen in de oogbeweging vast te stellen. Bij CS patiënten wordt vaak een defecte soepele oogbeweging gezien; als voorbeeld wordt zo'n afwijking vaak gezien bij chronische intoxicatie met een organofosfor (OP) insecticide. Een bekwaam arts kan de soepele achtervolgingsbeweging met het blote oog beoordelen.

Figuur 5.1 toont een voorbeeld van vloeiende achtervolgingsbeweging bij een gezonde persoon (links) en bij een patiënt met CS (rechts). De beweging van de ogen van de CS patiënt is niet vloeiend zoals die van de ogen van een niet-aangedane persoon. De oogbeweging is beschadigd bij ongeveer 70% tot 80% van de CS patiënten.²

² Erg herkenbaar “Moeite om op een monitorscherm de tekstlijn vast te houden. Vandaar elke boektekst om zetten naar A5/14 – met regelmatig een spatie



FIGUUR 5.1 Vloeiende oogbeweging bij een normale persoon en bij een patiënt met CS. De ogen bewegen horizontaal naar de OD (rechteroog) en OS (linkeroog). De beweging van beide ogen wordt geregistreerd.



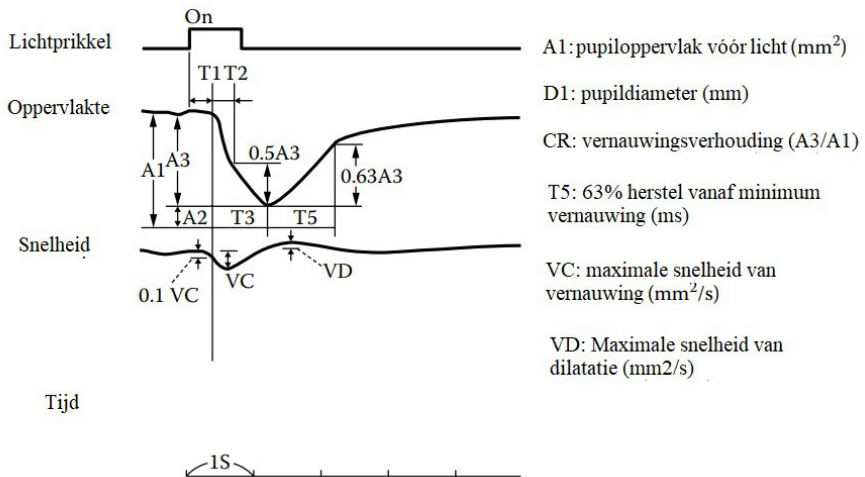
FIGUUR 5.2 Vloeiende achtervolging verticale oogbewegingen van 0,5-Hz belasting verbeterde 10 maanden na de behandeling van CS. Abnormale trapachtervolging van de oogbewegingen was duidelijk verbeterd.

[055] Vloeiende achtervolgingsbeweging van een 21-jarige vrouwelijke patiënte met CS die verbeterde met medische behandeling zie je in **Figuur 5.2**. De gebreken in de vloeiende achtervolging vóór de therapie (links, met gemarkeerde traptrajecten) zijn na de therapie goed hersteld (rechts, met normale achtervolging).

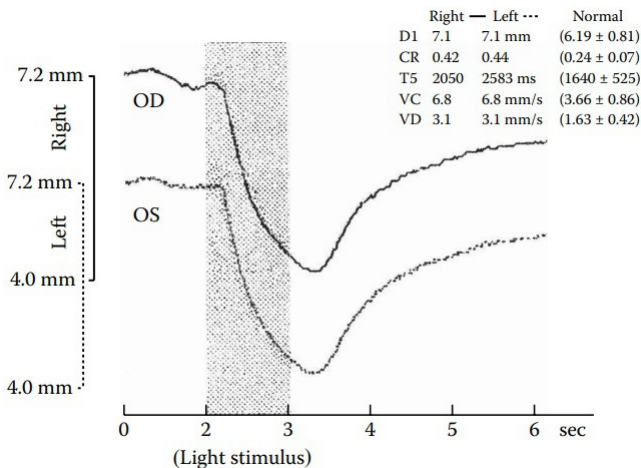
5.2.2 Pupilfunctie

CS patiënten ondervinden zowel een disfunctie van het centrale als van het autonome zenuwstelsel. Deze afwijking van het automatische zenuwstelsel kan goed gediagnosticeerd worden door de pupilreactie op lichtstimuli te onderzoeken. Een patiënt gaat in een donkere kamer om zijn pupil te laten verwijden door pre-donker adaptatie. Ongeveer 10 minuten pre-donker adaptatie is nodig om de pupil volledig te laten verwijden. De verwijde pupil vernauwt zich als er licht in de pupil komt. Nadat de lichtprikkel is uitgeschakeld, verwijderen de pupillen zich opnieuw in een donkere kamer. De vernauwingsreactie wordt gestuurd door de parasympatische zenuw en de verwijding door het sympatische zenuwstelsel. De verandering van de pupil wordt getoond in **Figuur 5.3**.

[056] Veel gebruikte klinische beoordelingen zijn de pupil horizontale diameter; D1, vernauwingssnelheid; VC, snelheid van vernauwing; VD, snelheid van verwijding; en T5, de tijd dat de vernauwde pupil terugkeert tot 63% van de oorspronkelijke grootte.



FIGUUR 5.3 Schematische tekening van de lichtreactie: Pupilreactie en verschillende variabelen tijdens vernauwing en verwijding.



FIGUUR 5.4 Werkelijke trajecten van pupilreacties bij een patiënt met CS. OD (rechteroog) en OS (linkeroog)

Werkelijke opnamen, verkregen van een 37-jarige man die symptomen vertoonde van CS door de luchtverontreiniging binnenshuis in het bedrijf waar hij tewerkgesteld was, staan in **Figuur 5.4**. Het rechter (bovenste pupillogram) en het linker oog (het onderste pupillogram) worden getoond. Het gearceerde gebied is de duur van de lichtprikkel. Elke gemeten waarde is aangegeven in het kader rechtsboven. De waarde van de metingen, zelfs bij een normale pupilreactie, verschilt naar geslacht en leeftijd en moet dus beoordeeld worden aan de hand van de normale waarden die bij de proefpersonen verkregen zijn. In het dossier van deze patiënt overschrijden de CR, T5, VC en VD waarden het bereik van de normale waarden. Een stoornis van het cholinerge type werd bevestigd.

Het onderzoek kan verschillende pupilafwijkingen aan het licht brengen: een sympatisch zenuwspanningstype, een parasympatisch zenuwspanningstype, een sympatisch zenuwonderdrukkingstype, en een parasympatisch zenuwonderdrukkingstype. Er zijn ook complexe typen die niet te classificeren zijn en het pupil onrust type, d.w.z. het instabiele type [8].

Autonome onevenwichtigheid wordt bij 65% van de CS patiënten ontdekt bij pupilonderzoeken, die een hoge objectiviteit hebben. Het herstel van autonome onevenwichtigheid bij CS patiënten verloopt langzaam.

5.2.3 Staand vermogen

We gebruiken de zwaartepunt-fluctuatiemeter als een van de tests van het lichaams-evenwichtsvermogen. Een patiënt staat 1 minuut op een zwaartepuntmeter met de ogen open, gevolgd door 1 minuut met de ogen dicht. Het sta-vermogen van patiënten met CS is vaak gestoord [9].

5.2.4 Contrastgevoeligheid Onderzoek van de hogere Visuele Centra

[057] Visuele contrastgevoeligheid is een hogere-orde functie van het cerebrale zien, verschillend van gezichtsscherpte. Een rasterpatroon van zwart en wit, waarin de grens tussen zwart en wit onduidelijk is, wordt bij een werkelijk onderzoek gebruikt.

Zelfs CS patiënten met een goed gezichtsvermogen zeggen vaak dat het moeilijk is om te zien. Bij 85% van de CS patiënten wordt een achteruitgang in contrastgevoeligheid vastgesteld [10].

5.2.5 Accommodatie-onderzoek van de ogen

De accommodatieve functie kan bij CS patiënten afnemen. Een visueel voorwerp beweegt van ver naar dichtbij na een beweging van dichtbij naar veraf. De accommodatie van de ogen wordt dan geregistreerd. Bij 65% van de CS patiënten is een of andere accommodatiestoornis vast te stellen [11]. Het nadeel van deze methode is dat ze niet bruikbaar is bij

oudere patiënten.

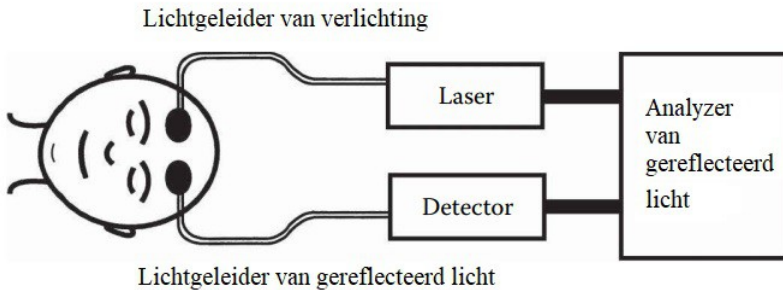
5.2.6 Onderzoek van de hersenfunctie

Om functionele hersenaandoeningen van CS patiënten te bevestigen zijn single-photon emissie computertomografie (SPECT), positron emissie tomografie (PET), functionele magnetische resonantie beeldvorming (fMRI), en andere beeldvormende modaliteiten gebruikt en zijn stoornissen van de hersenfunctie en bloedstroom obstructie gerapporteerd [12,13]. Nabij-infrarood spectroscopie (NIRS) wordt in Japan vaak gebruikt.

Bij NIRS wordt laserlicht van de nabij-infrarode golflengte op het frontale gebied van de hersenen bestraald. Het meeste licht wordt geabsorbeerd, zoals in zuurstofrijk hemoglobine. Een kleine hoeveelheid licht wordt als reflectie van het hoofd uitgezonden. NIRS meet de sterkte van het zwakke licht dat gereflecteerd werd (**figuur 5.5**).

We maten de verandering in bloedstroom in de hersenen van patiënten met chemische gevoeligheid met eenkanaals NIRS. Er werd een tendens tot verandering van de cerebrale doorbloeding waargenomen [9]. Een recente Japanse studie met een meerkanaals NIRS meldde dat na blootstelling aan geurstoffen, patiënten met CS een significant verhoogde doorbloeding vertoonden in de prefrontale cortex, vergeleken met de controles. De prefrontale cortex speelt een sleutelrol bij veel zintuiglijke en motorische functies.

De geldigheid van deze methoden, zoals het vinden van warme en koude foci in een brein door middel van SPECT, is gerapporteerd [14]. Met SPECT hebben we ook afwijkingen gevonden bij 58% van de CS patiënten [15].



FIGUUR 5.5 Nabij-infrarood spectroscopie (NIRS).

5.2.7 Immuunonderzoek

[058] Het zenuwstelsel en het immuunsysteem hebben een interrelatie. Onlangs werd een sterk verhoogd pro-inflammatoir cytokine, interleukine-1-beta, -2, -4, en -6, in het plasma van CS patiënten gerapporteerd. Tumor necrosis factor-alfa was significant verhoogd. Interleukine-13 was beduidend verlaagd [14]. Een toekomstig aanvullend onderzoek is nodig. Verwacht wordt dat abnormale bevindingen in het immuunsysteem zullen helpen bij de diagnose, evenals abnormale bevindingen in het zenuwstelsel.

5.2.8 Ademhalingsfunctie

Weinig CS patiënten vertonen afwijkingen van een val van

V50 en V25 [16]. Ook Bascom constateerde problemen met de ademhalingsfunctie bij CS patiënten' [17].

5.2.9 Perifere veneuze zuurstofconcentratie in het bloed

Een hoge partiële druk van zuurstof in het perifere veneuze bloed kan gezien worden bij patiënten met CS, zoals opgemerkt door W. Rea [18]. Volgens hem wordt bij CS patiënten het vermogen om zuurstof te gebruiken, dat gepaard gaat met een respiratoire functieverbetering van een cel, verbeterd door zuurstofinhalatie. Dit concept is in de klinische praktijk volkomen juist.

5.3 PROEVEN MET CHEMISCHE BELASTING

5.3.1 Gebruik van een 'Clean Room'

Voor een chemische stoffen-belastingstest, zoals bij het anti-geen-belastingonderzoek bij allergie, is verwijdering van de maskering gewenst. Dit betekent opheffing van de gewenning aan een omgevingsverontreiniging van een chemische stof. De patiënt moet in een stabiele schone ruimte verblijven, zonder chemische verontreiniging, gedurende een bepaalde periode om de acclimatisatietoestand te kunnen opheffen. In de *Clean Room* zijn de vloer, de wanden, het plafond, de thermische isolatie, de armaturen, enzovoort zo geconstrueerd dat emissie van een luchtverontreinigende stof moeilijk wordt. Een airconditioner die zuivere lucht naar binnen stuurt is vereist.

Een HEPA (high-efficiency particulate arrestance) filter en een actief koolfilter zorgen voor zuivere lucht binnenshuis. De ingang en binnenkant van een echte Clean Room zijn te zien in **Figuur 5.6**.



FIGUUR 5.6 *Ingang van een 'Clean Room' voor CS patiënten met positieve luchtdrukregeling om het binnendringen van chemische verontreiniging van buitenaf te voorkomen. De ruimte is ook afgeschermd tegen elektromagnetische golven.*

5.3.2. Bepaling van de veroorzakende stoffen (Challenge Test)

Een challenge test wordt kwantitatief uitgevoerd. Er moet

een speciale aparte ruimte voor de belading worden ingericht.

Een door het Ministerie van Milieu Japan gesteund formaldehyde-belasting-onderzoek werd uitgevoerd bij 37 CS patiënten. De belasting met formaldehyde gas was 40 en 8 ppb, en de richtwaarde voor kamerluchtverontreiniging in Japan is 80 ppb. Hoewel de belastingsproef dubbelblind werd uitgevoerd, kwamen er verschillende problemen naar voren. Zowel door de formaldehyde- als de placebo-belasting werd duidelijk dat de patiënten in een buitensporige spannings-toestand verkeerden. [059] De maximale bloeddruk daalde aan het eind van de belastingproef bij zowel formaldehyde als een placebo. De mate van herstel van de maximale bloeddruk was na formaldehyde groter dan na placebo. Dit betekent dat de door formaldehyde veroorzaakte belasting groter is dan die door placebo. Veranderingen van de subjectieve symptomen bij deze 38 personen staan in **Tabel 5.2**.

Als objectieve studie werd de pupilreactietest ter evaluatie van het autonome zenuwstelsel (**Tabel 5.3**) onderzocht. Zie figuur 5.3 voor de aangegeven variabelen. Een aantal gevallen in de tabel vertoonde een significante verandering in de variabelen.

[059]

TABEL 5.2**Subjectieve reactie op belastingstest**

Juiste Reactie	Onjuiste Reactie	Moeilijk te beoordelen
21 personen	7 personen	10 personen

TABEL 5.3**Variabelen Verandering na Uitdagingstest (N = 37)**

Placebo						8 ppb						40 ppb					
A1	A3	CR	T5	VC	VD	A1	A3	CR	T5	VC	VD	A1	A3	CR	T5	VC	VD
6	5	6	0	1	0	11	10	8	7	9	6	8	8	9	8	6	6

[060] Formaldehyde-belasting heeft een duidelijke invloed op het autonome zenuwstelsel. Er werd een significant verschil in T5 gezien tussen placebo en de 8 en 40 ppb ladingen. Er was geen significant verschil tussen placebo en formaldehyde in andere parameters [10].

Een onderzoek naar de belasting met chemische stoffen is een effectieve methode. Maar zelfs als een reactie op een chemische stof bewezen is, is het moeilijk vast te stellen dat die stof de werkelijke oorzaak is van het begin van de ziekte. Bovendien worden de symptomen bij sommige patiënten ernstiger na een belastingsonderzoek.

EINDNOTEN

1. Miller CS, Prihoda TJ. 1999. The environmental exposure and sensitivity inventory (EESI). A standardized approach for measuring chemical intolerances for research and clinical application. *Toxicol Indust Health* 15:370–385.
2. Hojo S, Yoshino H, Kumano H, Kakuta K, Miyata M, Ishikawa S et al. 2005. Use of QEESI Questionnaire for screening study in Japan. *Toxicol Indust Health* 21:113–124.
3. Randolph TG. 1961 Human ecology and susceptibility to the chemical environment, parts I and II. *Ann Allergy* 19:516–540.
4. Randolph TG. 1964 The ecologic unit. Part 1. *Hosp Manage* 97:45–47.
5. Multiple chemical sensitivity: A 1999 consensus. 1999. *Arch Environ Health* 54:147–149.
6. Ishikawa S. 1998. Chemical sensitivity; diagnostic criteria. *Jpn Med J* 3857:25–29.
7. Kilburn, KH. 1998. Chemical brain injury, pp. 6–91. New York: Van Nostrand Reinhold.
8. Ministry of the Environment Japan, Japan Public Health Association. 2001. Research report of idiopathic multiple chemical sensitivity for the 2000 financial year.
9. Research report of Multiple chemical sensitivity in 2000 financial year. 2001. Japan Public Health Association sponsored by Ministry of Environment Japan.
10. Miyata M, Namba T. 1996. Clinical aspects of multiple chemical sensitivity. *Auton Nerv Syst* 33:257–261.
11. Kikuchi H, Ichibe Y, Namba T, Miyata M, Ishikawa S. 2000. Neurologicalophthalmological findings of patients

- with chemical sensitivity. *Jpn J Clin Ecol* 9:22–27.
12. Andersson L, Claesson AS, Nyberg L et al. 2014. Brain responses to olfactory and trigeminal exposure in idiopathic environmental illness (IEI) attributed to smells-an fMRI study. *J Psychosomatic Res* 77:401–408.
 13. Hillert L, Jovanovic H, Ash F et al. 2013. Women with multiple chemical sensitivity have increased harm avoidance and reduced 5-HT (IA) receptor binding potential in the anterior cingulate and amygdala. *PLOS ONE [Electric Resonance]* 8: e54781.
 14. Dantoft TM, Elberling J, Brix S, Szecsi PB, Vesterhauge S, Skovbjerg S. 2014. An elevated pro-inflammatory cytokine profile in multiple chemical sensitivity. *Psychoneuroendocrinology* 40:140–150.
 15. Simon TR. 1991. Single photon emission computed tomography of the brain in patients with chemical sensitivities. *Toxicol Indust Health* 10:542.
 16. Ministry of the Environment Japan, Japan Public Health Association. 2003. Research report of idiopathic multiple chemical sensitivity for the 2002 financial year.
 17. Bascom R. 1992. Multiple chemical sensitivity: A respiratory disorder. *Toxicol Indust Health* 8:221–228.
 18. Rea WJ. 1992. Chemical sensitivity, Vol. 4, pp. 2554–2563, Ririe, ID: Lewis Publishing.

HOOFDSTUK – 6

Behandeling van patiënten met chemische overgevoeligheid

Mikio Miyata, PhD, MD, emeritus hoogleraar Kitasato Universiteit

Satoshi Ishikawa, PhD, MD, Professor Emeritus Kitasato Universiteit

Er zijn veel medische behandelingsmethoden voor chemische gevoeligheid (CS) voorgesteld die nog niet voldoende wetenschappelijk bewezen zijn. Behandelaars promoten behandelingen op basis van hun eigen voorkeuren en percepties, en er zijn enkele verschillen tussen hen. De grondbeginselen van de medische behandeling zijn ten eerste het verminderen van de hoeveelheid van de chemische (xenobiotische) stof in het lichaam; ten tweede het opheffen van de bijwerkingen die xenobiotische stoffen veroorzaken; en ten derde het zorgen voor mentale stabiliteit.

6.1 VERMIJDEN VAN CHEMISCHE STOFFEN

Het is het belangrijkste om instroom van de chemische stof in het lichaam te voorkomen. Bovendien is gelijktijdige vermindering van de totale stressoren, waaronder fysische (temperatuur, geluid, trillingen, licht, elektromagnetische golven) en biologische stressoren, vereist.

6.1.1 Voedsel

Levensmiddelenadditieven zijn alomtegenwoordig. De hoeveelheid voedseladditieven die een mens dagelijks binnenkrijgt zou niet minder dan 20 g bedragen [1]. In het huidige leven is het onmogelijk om een kunstmatig voedseladditief helemaal te verwijderen.

6.1.2 Water

Een levend organisme is een elektrisch verschijnsel in water. De verontreiniging van het basiselement van het leven wordt steeds erger. De trihalomethanen die bij het chloreren van water ontstaan verergeren niet alleen CS maar ook allergieën. Als iemand met atopische dermatitis en iemand met astma in het zwembad van een hotel zwemmen, zullen hun aandoeningen binnen een uur verergeren. De menselijke huid geeft een in lipiden oplosbare chemische stof gemakkelijk door naar het inwendige van het lichaam. Proeven met cavia's bewezen dat een heel kleine hoeveelheid trihalomethaan allergieën verergert [2].

Voor typische CS patiënten is een waterzuiveraar onontbeerlijk. Sommige CS patiënten reageren echter op de stoffen in het water uit een waterzuiveraar, en sommige CS patiënten kunnen geen flessenwater drinken, omdat ze blijkaar reageren op de elutiestof uit een dop, enzovoort. [062] Om in het water aanwezige chemische stoffen te vermijden, drinken sommige mensen gedistilleerd water dat met glazen apparatuur bereid is.

6.1.3 Lucht

Een volwassene ademt op een dag ongeveer 20 kg lucht in. Chemische stoffen in voedsel en drank worden opgenomen en door de lever geleid, die als barrière en doorgeefluik voor ontgifting fungeert. Omgekeerd komen uit de lucht ingeademde chemische stoffen direct, zonder barrière, in het bloed terecht. Bovendien reist de chemische stof die aan het membraan van de neusholte blijft kleven langs de reukzenuw en bereikt rechtstreeks de hersenen. Daarom veroorzaken chemische stoffen in luchtverontreiniging ernstige schade aan het lichaam en dragen ze in belangrijke mate bij tot de CS symptomen.

Veel chemische stoffen in luchtverontreiniging hebben een soortelijk gewicht dat hoger is dan dat van lucht. Daarom verzamelen ze zich gemakkelijk op lagere hoogten. Een kind kan dus gemakkelijk een in luchtverontreiniging aanwezige chemische stof inademen. Bovendien zijn er veel luchtopnames per gewicht bij kinderen, en is het ontgiftingsvermogen van kinderen gering. Verder hebben veel scholen geen airconditioning. Volgens Dr. Rapp van de Universiteit van New York maakt de luchtverontreiniging van een school een *sick school* [3]. Er moet ook aandacht besteed worden aan de vluchtige stoffen uit de akoestische isolatie van een muzieklokaal, het trillingsisolerende materiaal van de vloer van een gymnastieklokaal, de apparatuur van een computerlokaal, de vluchtige stoffen van een kunstlokaal, enzovoort in een school.

Er moet altijd een afzuigende ventilator gebruikt worden. Het interieur van een lokaal staat dan onder onderdruk en de ventilator kan een chemische verontreiniging van de onderkant van een vloer en de achterkant van een muur opzuigen. Tegelijkertijd moet de luchtstroom in stand gehouden worden. Ook vluchtige chemische stoffen uit meubels, gordijnen en vloerwas zijn omvangrijk. Stikstofoxide zit in het uitlaatgas van een kerosinekachel. De lucht in een nieuwe auto is gevuld met vluchtige chemische stoffen. De hoeveelheid chemische stoffen in de luchtverontreiniging neemt sterk toe met een stijging van de temperatuur.

6.1.3.1 Gebruik van een luchtzuiveraar

Er zijn drie soorten luchtzuiveraars: actieve houtskool, katalysator, en ozon. Elke methode heeft voor- en nadelen.

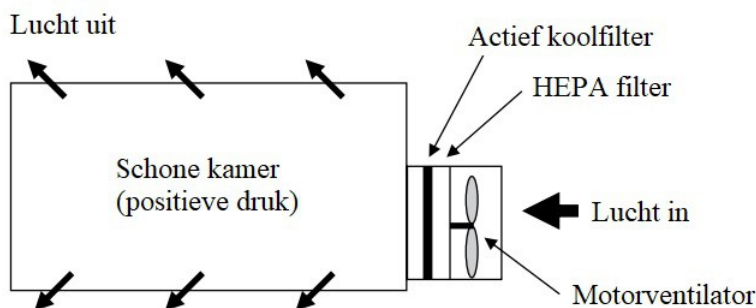
Het actieve houtskool systeem moet de actieve kool regelmatig vervangen worden en brengt onderhoudskosten met zich mee. Sommige mensen hebben een reactie op de geur van actieve houtskool. Bovendien vermindert de activiteit van actieve kool in vochtige omstandigheden.

Het katalysatorsysteem heeft lage onderhoudskosten. Er is echter geen garantie dat een chemische verontreiniging door de katalysator volledig wordt ontbonden in water en kooldioxide.

Zowel in een ozonoxidatiesysteem als in een katalysator kan de tussenmetaboliet midden in de ontleding uitstromen. Bo-

vendien moet ook rekening gehouden worden met het gevaar van ozon zelf.

Als een luchtreiniger gebruikt wordt in het interieur van een volledig afgesloten ruimte, zal de chemische stof in een luchtreiniger die niet voor reiniging bestemd is, zich ophopen. Schone lucht in de kamer blazen is effectief, zoals in **figuur 6.1**.



FIGUUR 6.1 Het inblazen van schone lucht in een kamer.

[063] De typische luchtreiniger is een gerecycleerde vorm van binnenlucht. Dit type is ingesteld omdat het interieur van een kamer een positieve druk houdt. Zo kan instroom van verontreinigde buitenlucht voorkomen worden. Ook de luchtverontreiniging van motoren kan worden geabsorbeerd. De kosten stijgen echter.

6.1.4 Kleren

Kleren adsorberen vaak omringende chemische stoffen uit de lucht en kunnen een bron van CS zijn. Daarom kunnen

mensen met CS misschien geen kleren dragen die aan een verontreinigde omgeving blootgesteld zijn. Voorlichting over opbergen zonder insecticide en gebruik van veilige wasmiddelen is ook nodig. Fundamenteel is een natuurlijke vezel het veiligste materiaal voor ondergoed. Bovendien reageert een gevoelige patiënt ook op het stiksel van ondergoed. Ondergoed binnenstebuiten keren is in zulke situaties aan te bevelen.

6.1.5 Medicijnen

Zeventig procent of meer van de CS patiënten hebben een voorgeschiedenis van een allergie [4]. Veel patiënten hebben ook geneesmiddelenallergieën. In het geneesmiddel zitten naast het werkzame bestanddeel chemische stoffen, waaronder verschillende verdunningsbasen, antioxidanten, antibacteriële chemicaliën, kunstmatige zoetstoffen, kunstmatige kleurstoffen, enzovoort. Zelfs als een patiënt geen ongewenste reactie op het actieve bestanddeel heeft, kan hij of zij toch op een geneesmiddel blijken te reageren als reactie op de verschillende toevoegingen. Bovendien zijn er, hoewel de discussie voortduurt, ook enkele berichten dat de werking van het ontgiftingsenzym van een patiënt traag is. De dosering van medicijnen moet zorgvuldig in de gaten gehouden worden. Medicatie voor een psychiatrische ziekte kan soms de toestand juist verergeren. De arts kan dan denken dat de dosering onvoldoende is en ze verhogen, waardoor de toestand van de patiënt verergert. Wanneer een aandoening als depressie echter ernstig is, worden psychiatrische medicijnen gebruikt. Bovendien is een antibioticum

soms onmisbaar na tandverzorging en chirurgie. Medicijnen moeten niet roekeloos worden voorgeschreven, maar ook niet noodzakelijk worden ontzegd.

6.2 ONTGIFTING

Ontgiftiging is van het grootste belang bij een medische behandeling.

6.2.1 Kuuroord, warmwaterbron, bad, sauna met lage temperatuur

[064] Thermotherapie is doeltreffend bij ontgiftiging. Maar omdat veel CS patiënten last hebben van autonome onevenwichtigheid, moet heet baden vermeden worden. Een iets lauwer lang bad wordt aanbevolen. Een heupbad en een voetbad zijn ook effectief bij autonome onevenwichtigheid.

Een sauna met hoge temperatuur wekt stress op en daarom verdient een sauna met lage temperatuur de voorkeur. Een rotsbad, porseleinen plaatbad, zandbad, enzovoort kunnen evenzo gebruikt worden.

6.2.2 Medicijnen behandeling

Chemische stoffen in het lichaam worden *xenobiotica* genoemd. Deze gaan langs verschillende banen en worden naar de buitenkant van het lichaam afgevoerd als reactie op een structurele verandering. Het beroemde Hubbard Regime is een methode voor de behandeling van xenobiotica.

De ontgiftingskuur bestaat uit twee fasen. De eerste fase omvat oxidatie, hydrolyse, en reductie. De tweede fase omvat conjugatie, acetylering, en methylering. Hoewel de ontgiftiging vanuit fase I in het algemeen naar fase II vordert, is er ook een verloop waarin dit niet gebeurt. De werking van glutathion S-transferase en N-acetyltransferase bij CS patiënten zou erfelijk traag zijn, maar de discussie gaat door. Een effectief fase II proces is de basis van ontgiftiging.

6.2.2.1 Conjugatie ?

Glucuronaat: Glucuronzuur tabletten worden gebruikt om de glucuronzuur conjugatie te bevorderen. Gewoonlijk wordt driemaal daags 1 g glucuronzuur na de maaltijd ingenomen, voor een totale dagdosis van 3 g.

Glutathion: Hoewel het menselijk lichaam van nature glutathion aanmaakt, wordt het aan patiënten voorgeschreven om de ontgiftiging te bevorderen. 100 mg glutathion wordt driemaal daags na de maaltijd ingenomen, voor een totale dagelijkse dosis van 300 mg. Bij het voorschrijven van glutathion via een intraveneus infuus wordt meestal 200 mg gebruikt. Natuurlijk glutathion, gewonnen uit een plant en gist, wordt gebruikt voor patiënten die een gevoelige reactie op gesynthetiseerd glutathion vertonen. Acetylcysteïne wordt voor een soortgelijk doel gebruikt.

Taurine: Taurine wordt gebruikt voor de conjugatie van aminozuren. Het wordt driemaal daags ingenomen voor een totale dagdosis van 3 g.

6.2.2.2 Vitaminen

Vitamine C: Vitamine C heeft vele werkingen. Omdat het ook gebruikt wordt voor de synthese van steroïden, kan het helpen bij het wegwerken van stress. Het heeft een hoofdrol bij de ontgiftiging. Vitamine C is een opruimer van superoxide [1]. Superoxide wordt geproduceerd bij de afbraak van xenobiotica [2]. Bovendien is in de stresstoestand een uitgebreide inname van vitamine C nodig [3].

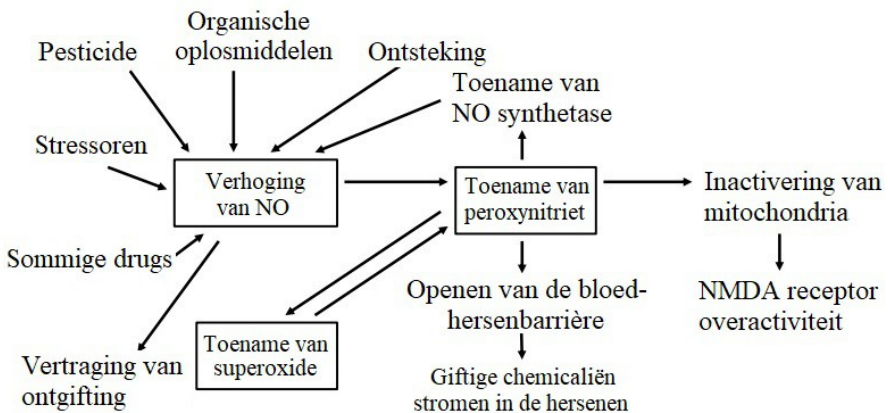
Een gram vitamine C wordt na elke maaltijd ingenomen, voor een totale dagelijkse dosis van 3 g. Als vitamine C vóór het eten wordt ingenomen, zal de bloedconcentratie sterk stijgen, en de overtollige vitamine wordt zonder gebruik in grote hoeveelheden in de urine afgevoerd. [065] Omdat vitamine C zuur is, moet het ook na de maaltijd worden ingenomen om de maagwand te beschermen. Er is een bovengrens aan de absorptie van vitamine C uit het darmkanaal, en de eerder genoemde hoeveelheid is passend. In een aantal gevallen wordt een intraveneus infuus gebruikt. Bij het voorschrijven van vitamine C via een intraveneus infuus wordt 10 tot 15 g gebruikt.

Bij gevoelige patiënten wordt vitamine C uit rozenbottels of sagopalm aangeraden in plaats van gesynthetiseerde vitamine C.

Vitamine E: Vitamine E is in lipiden oplosbaar en gaat gemakkelijk door het celmembraan. Vitamine C is in water oplosbaar en kan moeilijk een cel binnendringen. Vitamine C

vermindert de geoxideerde vitamine E die een cel verlaat. Gelijktijdige medicatie met vitamine C en E is effectief in het verwijderen van oxidatieve stress [5].

Vitamine B12, foliumzuur, multivitaminen: Vitamine B12 en foliumzuur zijn experimenteel gebruikt voor de medische behandeling van CS. Pall ontwikkelde een proces van het genereren van peroxynitriet en superoxide na blootstelling aan chemische stoffen en presenteerde een redenering voor de geldigheid van het gebruik van deze geneesmiddelen [6 geen artikel van Pall !!]. **Figuur 6.2** toont een vereenvoudigde versie van het Pall mechanisme.



FIGUUR 6.2 Schematische afbeelding van het mechanisme van CS.

Inname van vitamine B12 van het co-enzymtype wordt aanbevolen voor verwijdering van peroxynitriet. We schrijven **500 µg methylcobalamine** voor na elke maaltijd. Foliumzuur wordt op soortgelijke wijze gebruikt. Het doel van de medische behandeling van CS is verbetering van de toe-

stand. Vanzelfsprekend wordt ook een multivitamine aangeraden. Co-enzym Q10 en alfa-liponzuur worden gebruikt om de celwerking te verbeteren.

6.2.2.3 Symptomatische therapie

Hypnotica en kalmerende middelen, indien nodig, moeten zorgvuldig voorgeschreven worden.

6.2.2.4 Mineralen

Haaranalyse spoort vaak schadelijke mineralen zoals kwik, lood, cadmium en arseen in hoge concentratie op. De goede mineralen zijn in een touwtrekkerij verwickeld met de schadelijke.

[066]

Magnesium moet toegevoegd worden om overactiviteit van de N-methyl-daspartaat receptor te voorkomen. Bovendien heeft magnesium vele farmacologische werkingen, zoals ontspanning van de spieren. Magnesium is werkzaam tegen spierstijfheid of pijn en verbetert de doorbloeding.

Zink is nodig voor de verwijdering van superoxiden. Zink kan echter de alvelesklier aantasten. Wanneer zink wordt toegediend, moet periodiek de serum amylase gemeten worden.

Selenium is nodig voor het glutathion metabolisme. Het veiligheidsbereik is echter zeer smal en het gebruik van seleni-

um vereist voorzichtigheid om overmedicatie te voorkomen.

TABLE 6.1

ADH en ODA van vitamines en mineralen (volwassenen)*

	RDA	ODA
B ₁	1.2–1.4 mg	25–300 mg
B ₆	1.2–1.4 mg	25–300 mg
B ₁₂	2 µg	25–300 µg
Folic acid	150–200 µg	400–1200 µg
C	60 mg	500–5000 mg
E	8–10 IU	200–800 IU
Ca	1200 mg	1500 mg
Mg	280–350 mg	500–700 mg
Zn	12–18 mg	25–50 mg
Se	13–18 µg	50–400 µg

* ADH (aanbevolen dagelijkse hoeveelheid) ODA (optimale dagelijkse hoeveelheid).

De Aanbevolen Dagelijkse Hoeveelheid en Optimale Dagelijkse Hoeveelheid van de belangrijkste vitamines en mineralen staan in **tabel 6.1**.

Deze waarden moeten worden aangepast aan gewicht, gezondheidstoestand en lichamelijke gesteldheid.

6.2.2.5 EDTA, penicillamine, PAM, en andere

Afhankelijk van de chemische verontreiniging is het gebruik van een specifiek tegengif doeltreffend. Bij besmetting met zware metalen moet ook gedacht worden aan een chelaatvormer zoals EDTA (ethyleendiaminetetraazijnzuur) of D-penicillamine.

Organofosforverbindingen zijn belangrijk als veroorzakers bij het ontstaan van CS. Intraveneuze injectie of infuusmedicatie van het specifieke tegengif pralidoxime-methiodide (PAM) 1000 mg is een effectieve behandeling. Atropine wordt gebruikt om een cholinerge toestand op te lossen.

6.3 ALTERNATIEVE THERAPIE

6.3.1 Gebed en meditatie in het zenboeddhisme

Fundamenteel bevorderen gebed, meditatie in het zenboeddhisme, en yoga de buikademhaling. Regelmatige buikademhaling zal alfa golven in de hersenen opwekken, zoals blijkt uit EEG's [6], en mentale rust is het gevolg. [067] Mentale rust is heel belangrijk en wordt ook in verband gebracht met enkele mooie christelijke tradities. Bovendien veroorzaakt een lied ook een buikademhaling. Omdat een lied zich ontwikkelt uit een gebed, is dit een natuurlijk inzicht. De rug wordt rechtgetrokken en een robuust lied wordt uitgesproken. Ook het bespelen van een muziekinstrument bevordert de buikademhaling.

6.3.2 Oosterse geneeskunde en alternatieve

Geneeswijzen Alternatieve geneeswijzen, zoals Chinese geneeskunde, acupunctuur, en vingerdrukbehandeling moeten ook geprobeerd worden als ze geschikt zijn. De westerse geneeskunde is zeer effectief voor een snelle verlichting van de symptomen. Maar als het gaat om de behandeling van de oorzaak van een chronische ziekte, is ze niet altijd effectief. Alternatieve geneeskunde kan gebruikt worden om de sub-

jectieve symptomen van een patiënt te behandelen. Als de "yin en yang" uit balans zijn, kan de Chinese geneeskunde genezend werken. "Chi kung" was bij sommige patiënten in onze kliniek effectief. Autogene training en een zelfversterkende methode kunnen ook effectief zijn.

Het lijkt er echter op dat er ook individuele verschillen zijn in de reacties op alternatieve geneeswijzen.

Zoals in hoofdstuk 4 opgemerkt, wordt de hippocampus beschouwd als een brandpunt voor CS.

De hippocampus is het centrum van geheugen en emotie. Veranderingen in de doorbloeding van de hippocampus zijn aangetoond met single-photon emissie computertomografie (SPECT) bij de belasting met chemische stoffen [7]. De zenuwcel van de hippocampus is een unieke cel in de hersenen. Een zenuwcel wordt in de hippocampus vernieuwd [7]. Bovendien wordt het netwerk van de zenuwen van de hippocampus bevorderd door oestrogeen [4]. Bovendien is de hippocampus rijk aan corticoïde receptoren. De neuronen van een hippocampus raken uitgeput als de corticoïde receptoren voortdurend belast worden. Als de herinnering aan een chemische stof via de neus wordt ingeprent, zal die herinnering altijd aanwezig blijven. Het is nodig om aangename nieuwe herinneringen in een zo groot mogelijke hoeveelheid in de hersenen te gieten en oude onaangename herinneringen te verdrijven. Zich opsluiten in een kamer en voortdurend oude herinneringen herzien die in de hippocampus opgeslagen liggen, moet vermeden worden. Ook al wordt iets

niet helemaal gezond gevonden, toch is het beter voor een mens om ervan te genieten en er op uit te gaan naar een favoriete plek.

6.4 VOEDINGSINSTRUCTIE

De basis van het herstel van de gezondheid is voeding uit een maaltijd. Een gezuiverde stof, supplement genoemd, vertoont soms dezelfde werking als een chemische stof. In het eerder beschreven allergie-experiment verergerde onge raffineerde suiker de allergie weliswaar niet, maar geraffineerde suiker wel. Hoewel mononatriumglutamaat voedsel lekkerder maakt, wordt gezuiverd mononatriumglutamaat in verband gebracht met het Chinese restaurantsyndroom.

Er zijn talrijke publicaties beschikbaar die informatie geven over voedselbronnen van vitaminen en mineralen. Vitaminen en mineralen zijn overvloedig aanwezig in biologisch geteelde groenten.

Hier geef ik een korte beschrijving van fytochemicaliën. "Phyto" betekent een plant in het Grieks. Een fytochemische stof is een chemisch bestanddeel dat in zeer kleine hoeveelheden aanwezig is en werkzaam is bij het behoud van de gezondheid van het spijsverteringsstelsel. In verschillende fytochemicaliën zitten veel verschillende stoffen. Zwavelhoudende verbindingen activeren ontgiftingsenzymen. Veel fytochemicaliën hebben een antioxiderende werking.

[068] Omega-3 vetzuur, zink, selenium, magnesium, vitami-

ne D, en vitaminen uit de B-groep, waaronder B12, kunnen uit voedsel worden opgenomen.

EINDNOTEN – 6

1. Ishiwata H. 2009. Daily intake of food additives in Japanese and its estimation methods. *Journal of Cookery Science of Japan* 42:198–203.
2. Li G, Hanai Y, Miyata M et al. 1994. Aggravating effects of chloroform and p-dichlorobenzene on experimental allergic conjunctivitis. *Folio Ophtholmol Jpn* 45:475–480.
3. Rapp DJ. 1997. *Is this your child's world?: How you can fix the schools and homes that are making your children sick.* Bantan Books.
4. Oono K, Miyata M. 1999. Multiple chemical sensitivity. *Allergology and Immunology* 6:990–998.
5. Ishikawa S. 1998. Chemical sensitivity; diagnostic criteria. *Japan Medical J* 3857:25–29.
6. Arambula P, Peper E, Kawakmi M et al. 2001. The physiological correlates of Kundalini Yoga meditation: A study of a yoga master. *Appl Psychophys Biof* 26:147–153.
7. Frank Land PW, Josselyn SA. 2016. Hippocampol neurogenesis and memory clearance [Review]. *Neuropyschopharmacology* 41:382–383.

HOOFDSTUK – 7

Chemische gevoeligheid bij kinderen

*Kazuhiko Kakuta, PhD, MD, directeur Kakuta
Pediatrische Kliniek*

7.1 ALGEMENE SYMPTOMEN

Ik beschrijf hier een onderzoek van 23 kinderen met het sick-building of sick-house syndroom, 15 jongens en 8 meisjes, met een gemiddelde leeftijd van 8,9 jaar, die in 14 huishoudens woonden. Ze werden geobserveerd voor en na een verhuizing naar een gezond huis. De chemische stoffen in de binnenlucht [1] werden gemeten van 1 maand tot 7 jaar en 2 maanden na de verhuizing. De ontdekte symptomen waren allergische reacties, waaronder 20 gevallen van bronchiale astma, 17 van atopische dermatitis, 20 van neusallergie, 7 van allergische bindvliesontsteking, 2 van netelroos, 1 van anafylaxie, en diverse neurologische symptomen. Er werd een follow-up evaluatie van de luchtkwaliteit binnenshuis gemaakt.

De duur van de symptomen werd in drie groepen verdeeld:

1. Voortdurende verergering: De verergering van de symptomen gaat door of er verschijnt een nieuwe ziekte binnen 3 jaar na de verhuizing en duurt 3 maanden.
2. Tijdelijke verergering: De verergering van de symptomen houdt aan of er verschijnt een nieuwe ziekte binnen 1 jaar

na de verhuizing en duurt minder dan 3 maanden.

3. Geen verandering: Gevallen die niet onder de vorige twee groepen vallen.

Binnenshuis werden de totale vluchtige organische stoffen (TVOC's) en aldehyden gemeten [2,3]. Om de invloed van organofosfor (OP) pesticide op het zenuwstelsel te bepalen, werd de acetylcholinesterase activiteit van rode cellen gemeten.

7.1.1 Formaldehydeconcentratie en symptomen

In 12 van de 23 gevallen werd "voortdurende verergering" waargenomen. "Tijdelijke verergering" werd in 6 gevallen waargenomen. In de "voortdurende verergering" gevallen waren de formaldehyde concentraties maximaal 0.31 ppm en minstens 0.04 ppm. De gemiddelde waarde was 0.21 ppm. In 6 gevallen van "tijdelijke verergering" was de concentratie maximaal 0.31 ppm, minstens 0.06 ppm, en het gemiddelde was 0.15 ppm. In 5 gevallen van "geen verandering" was de waarde maximaal 0.20 ppm, minstens 0.04 ppm, en het gemiddelde was 0.12 ppm. Bij de jongere kinderen werden ademhalingsymptomen waargenomen op het moment dat ze naar een *sick-house* verhuisden.

[070]

7.1.2 TVOC Concentratie en Symptomen

Vijf kinderen met een hoge TVOC concentratie vertoonden verergering van de symptomen van de ademhalingswegen.

De TVOC concentraties van vier van de vijf gevallen waren hoger dan $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en worden ingedeeld in de groep voortdurende verergering van de symptomen van de ademhalingswegen. Eén van hen vertoonde het sick-building syndrome.

7.1.3 Cholinesterase van de rode cel

In 8 van de 17 gevallen was de rode cel cholinesterase (RChE) 1.5 eenheden of minder, wat een verlaging betekent. Blootstelling aan een OP bestrijdingsmiddel wordt als oorzaak van deze verlaging beschouwd. Het is bekend dat acetylcholine receptor bestaat in een lymfocyttaire leukocyt (thymus-afgeleide T lymfocyt) [4]. OP verbindingen hebben waarschijnlijk een grote invloed op zowel het immuunsysteem als het zenuwstelsel.

De laatste jaren neemt het aantal kinderen met allergieën voortdurend toe. Men gelooft dat milieuchemicaliën behalve het ademhalingssysteem ook het immuunsysteem, het zenuwstelsel en het endocriene systeem beïnvloeden [1,2,5].

Bij een jongere groep werden de voornaamste symptomen waargenomen in het slijmvlies van de luchtwegen en de huid. Verschijnselen van het zenuwstelsel, voornamelijk bestaande uit hoofdpijn, misselijkheid, braken, licht gevoel in het hoofd en duizeligheid, namen toe met de leeftijd [5]. Sakamoto en anderen hebben een toename van luchtwegsecreties gerapporteerd die sterk samenviel met het inademen van formaldehyde [1,6], dat een hoest induceert. Het neuroepti-

de substantie P wordt afgescheiden uit het C-vezel uiteinde. Het stimuleert de mestcellen en er kan een allergie opgewekt worden. Sakamoto en anderen hebben gemeld dat tolu-een ook deze toestand veroorzaakt [7]. Bovendien was in een experiment waarin murine mestcellen en murine superieure cervicale ganglia cellen gecocultiveerd werden, de transmissie van een neurale opwinding en een opwinding van een mestcel bidirectioneel. Men rapporteert dat de transmissie van prikkeling naar een mestcel vanuit een neuron gemedieerd wordt door stof P [8]. Een prikkeling van het sensorische neuron van het slijmvlies wekt een allergie op en een allergische reactie wekt een neurale prikkeling op, waardoor mogelijk een vicieuze cirkel ontstaat [9,10]. De voortdurende verergering van een symptoom zoals hoest of astma die optrad nadat kinderen naar een nieuwe woning verhuisden, kan berusten op zo'n vicieuze cyclus in het slijmvlies van de luchtwegen. Er is een sterke overeenkomst tussen de symptomen van deze kinderen en die van een syndroom als de astma die Millqvist en anderen bij volwassenen rapporteerden [11].

Veel aandacht moet besteed worden aan zuigelingen. In een studie van Ruda e.a. werd vastgesteld dat, nadat de voetzolen van pasgeboren ratten aan een sterke ontstekingsprikkel waren onderworpen, de overgevoeligheid voor pijn ook na de groei bleef bestaan [12]. Dit experimentele resultaat wijst op een waarschijnlijkheid van het opwekken van CS uit overgevoeligheid van het zenuwstelsel na de groei, na blootstelling aan een sterke chemische stimulus uit de omgeving in de kindertijd.

Men heeft waargenomen dat verergering van allergie en versnelling van antilichamenproductie door formaldehyde worden opgewekt [13]. Omdat de effecten van sporenchemicaliën in het milieu veel met elkaar te maken hebben, moeten we in het dagelijks leven voorzichtig zijn.

[071]

7.2 EFFECTEN VAN CHEMISCHE STOFFEN BINNENSHUIS OP DE INTELLIGENTIE EN COGNITIEVE FUNCTIE VAN KINDEREN

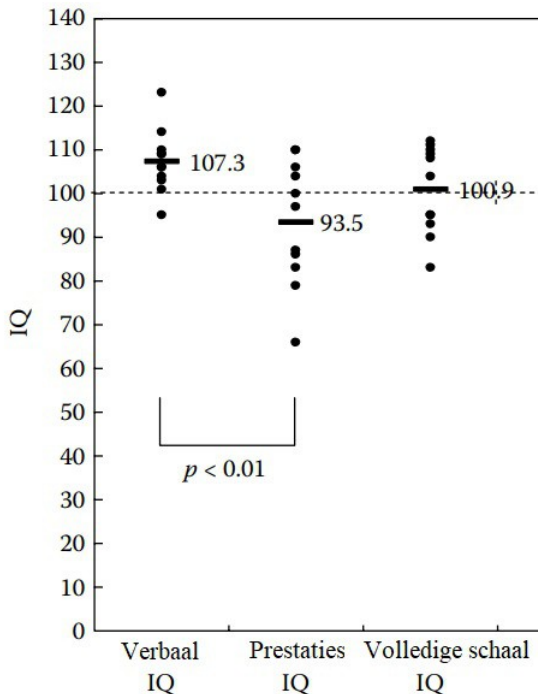
Ik heb gerapporteerd dat chemische stoffen binnenshuis de cerebrale doorbloeding kunnen veranderen, en dat die veranderingen verband kunnen houden met een neuropeptide of serotonine [14-17]. Binnenhuischemicaliën kunnen de neurale prikkelbaarheid veranderen en de hersenontwikkeling van zuigelingen beïnvloeden.

Elf kinderen met het sick-house syndroom en hun broers en zussen werden onderzocht. Ze verhuisden van het *sick houses* naar een nieuwe woning na de diagnose van het *sick houses-syndroom*. Drie van hen waren na de verhuizing geboren en de andere acht varieerden in leeftijd van 2 jaar 11 maanden tot 12 jaar op het moment van de verhuizing.

Er was geen probleem bij de aanpassing aan hun schoolleven. Hun leefgedrag was passend voor hun leeftijd. Maar vijf van de zes kinderen in de hogere klassen van de lagere school hadden enige problemen met het schrijven van Chinese karakters, de geletterdheid van Chinese karakters, de Engelse spelling, en kaartlezen.

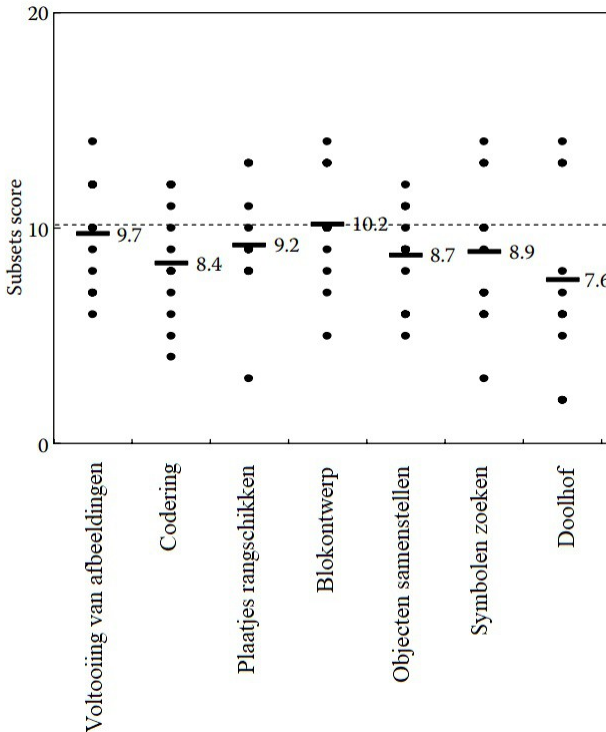
7.2.1 Evaluatie van intelligentie

De Wechsler Intelligentieschaal voor Kinderen-Derde Editie (WISC-III) werd gebruikt voor de evaluatie van intelligentie. WISC-III is een intelligentietest voor kinderen van 5 jaar 0 maanden oud tot 16 jaar 11 maanden oud. De test omvat de toetsen Verbale Intelligentie Quotiënt (VIQ), Prestatie Intelligentie Quotiënt (PIQ), en FullScale Intelligentie Quotiënt (FIQ). Het gemiddelde intelligentiequotiënt voor elke leeftijd werd op 100 gesteld, en de standaardafwijking bedroeg 15.



FIGUUR 7.1 Intelligentie-evaluatie. VIQ, PIQ, en FIQ.

Het VIQ was 107.3 ± 6.9 en alle proefpersonen lagen binnen het normale bereik. Anderzijds was het PIQ $93,5 \pm 13,6$. Er werd een statistisch significant verschil waargenomen tussen het PIQ gemiddelde en het VIQ gemiddelde (t-test, $p < 0.01$) (**Figuur 7.1**).



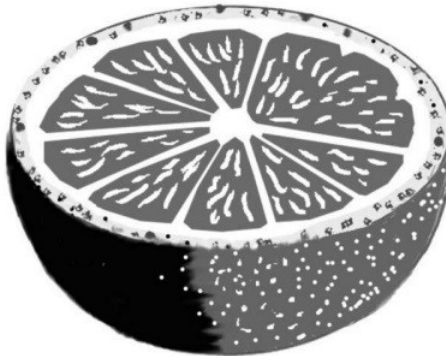
FIGUUR 7.2 Subset scores van PIQ.

Er is sprake van een leerstoornis als het verschil tussen VIQ en PIQ ($VIQ - PIQ$) 15 punten of meer is. Bij vijf kinderen waren de verschillen respectievelijk 18, 20, 26, 31 en 35, en bij hen werd een leerstoornis vastgesteld. Omdat het prestatie-IQ lager was dan de norm, werden de subtests ervan gea-

nalyseerd.

De subtest items met lage scores op de PIQ waren Coderen (gemiddeld $8,4 \pm$ standaardafwijking $2,6$), Voorwerpen samenstellen ($8,7 \pm 2,2$), Symbolen zoeken ($8,9 \pm 3,3$), en Doolhoven ($7,6 \pm 4,2$), zoals te zien is in **Figuur 7.2**. Bij de andere subtest-items lagen de scores binnen de normale grenzen.

Bij een plaatjes voltooiingstest kijkt een proefpersoon naar een plaatjeskaart en beantwoordt vragen over het gebied dat in het plaatje ontbreekt, door te wijzen of te spreken. Deze keer werd een kaart met een sinaasappel gebruikt (**figuur 7.3**).

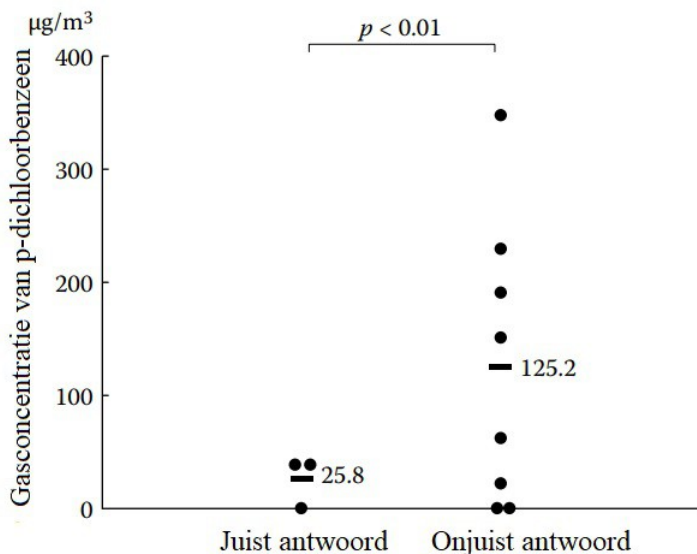


FIGUUR 7.3 In een sinaasappel ontbreken de verdelingen van drie segmenten. Dit is een nabootsing van een figuur in de WISC-III test.

Een grote vermindering van het gemiddelde werd niet gevonden. Het aantal juiste antwoorden bij de vraagplaten "sinaasappel" was echter slechts 3 bij 11 personen.

7.2.2 WISC-III testresultaten en de concentratie van chemische stoffen binnenshuis

Er werd een omgekeerde correlatie waargenomen tussen het juiste antwoord op de "oranje" en de p-dichloorbenzeen concentratie binnenshuis. [072] In de juist beantwoorde gevallen was de p-dichloorbenzeen concentratie op een lage waarde, en in de onjuist beantwoorde gevallen op een hoge waarde (**figuur 7.4**). Bovendien werd een significant verband waargenomen tussen PIQ en de p-dichloorbenzeenconcentratie binnenshuis en de formaldehydeconcentratie ($p <$

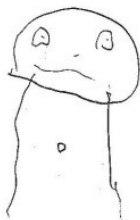


FIGUUR 7.4 Juist en onjuist antwoord voor de "oranje" figuur en gasconcentratie van p-dichloorbenzeen.

7.2.3 Ontwikkeling van het Sick-House Syndroom

[073] Het proefpersoon was geboren in een nieuw gebouwd huis waar een OP bestrijdingsmiddel onder de vloer was gebruikt om termieten uit te roeien. Hoest en piepende ademhaling begonnen 2 maanden na de geboorte op te treden, en verbetering werd niet waargenomen. Metingen van de luchtverontreiniging binnenshuis toonden een zeer hoog gehalte aan TVOC's, 6043,5 $\mu\text{g/mL}$, en aan p-dichloorbenzeen, 663 $\mu\text{g/mL}$. RChE daalde tot 1,4 eenheden (normale waarde, 1,8 tot 2,2 eenheden) en ook OP blootstelling werd vermoed. Zijn VIQ was een normale 101 op 5 jaar en 2 maanden.

5 jaar 3 maanden oud



Onmogelijk menselijke
figuur te tekenen

5 jaar 11 maanden oud



Bijna gelijkwaardig
gelijk aan 5 jaar oud

7 jaar 3 maanden oud



Bijna gelijkwaardig aan
aan 7 jaar oud

FIGUUR 7.5 Tekeningen van een menselijke figuur.

Zijn PIQ daalde tot 66, en hij was niet in staat een tekening van een persoon te maken op een manier die typisch is voor zijn leeftijd. Zowel na medische behandeling als na de milieuverbetering van het huis verbeterden de symptomen. De PIQ werd genormaliseerd op 97, en op 7-jarige leeftijd kon

hij het beeld beschrijven van een persoon wiens foto hij te zien kreeg (**Figuur 7.5**).

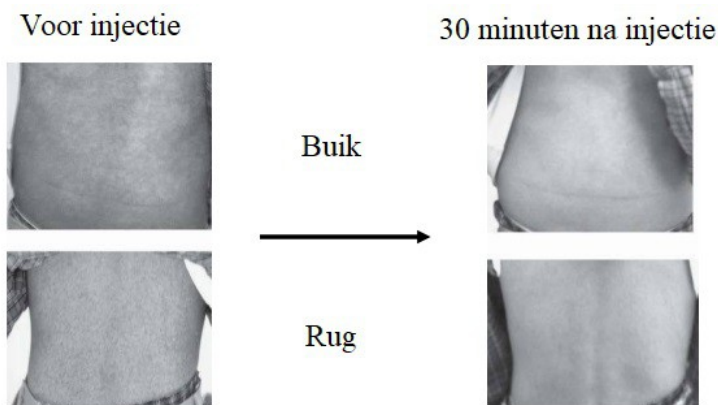
[074] In het huidige onderzoek hadden chemische stoffen binnenshuis een sterke neiging om de PIQ op de WISC-III te beïnvloeden.

Er zijn verschillende soorten chronische toxiciteit van organochloorverbindingen en OP's bekend. Een organochloor pesticide zoals dichloordifenyiltrichloorethaan wekt een verstoring op van het natriumkanal dat in het neurale membraan bestaat, waardoor een voortdurende prikkeling van de zenuw ontstaat [18]. p-Dichloorbenzeen is ook een organochloorverbinding en lijkt hetzelfde effect te hebben [19,20]. Guillette en anderen onderzochten kleuters van de zone van de Yaqui Vallei in Mexico. Ze vergeleken de aan pesticiden blootgestelde groep die in de buurt van een boerderij woonde met een andere, niet blootgestelde, groep die op grote afstand van een boerderij woonde. **De aan pesticiden blootgestelde groep presteerde slecht op tekenen of visueel geheugen** [21]. Er moet veel aandacht besteed worden aan de verontreinigde chemicaliën in de lucht omdat ze kinderen beïnvloeden.

7.3 GEVALSBESCHRIJVING VAN CS BIJ EEN JONGE JONGEN DIE BEHANDELD WAS MET SUMATRIPTAN SUCCINAAT EN SELECTIEVE SEROTONINE HEROPNAME REMMERS

Een patiënt in mijn kliniek, een 9-jarige jongen leed aan een

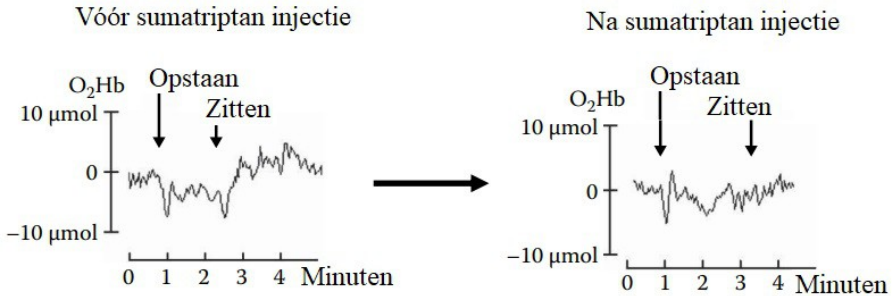
OP dat gebruikt wordt om termieten uit te roeien. Onmiddellijk na zijn intrek in het huis verschenen neurologische verschijnselen, hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid, en een gevoel dat lijkt op intoxicatie. RChE was laag 1.5 (normale waarde 1.8 tot 2.2 eenheden). Een infrarode pupillometer test, toonde een beduidend kleine pupiloppervlakte, wat wijst op parasympatische zenuwoverwicht veroorzaakt door OP-verbindingen die gebruikt worden om termieten uit te roeien. Na ventilatie van de woonomgeving en dieettherapie verbeterden de symptomen enigszins.



FIGUUR 7.6 De huiduitslag werd 30 minuten na toediening van sumatriptan minder.

Op 14-jarige leeftijd kreeg de proefpersoon symptomen die in verband gebracht worden met chemische blootstelling, waaronder kloppende hoofdpijn, misselijkheid, licht gevoel in het hoofd, en huiduitslag. Onderhuidse injectie met sumatriptan (Imigran®) (serotonine receptor stimulerend middel) verminderde zijn hoofdpijn en de huiduitslag nam binnen 30 minuten af, zoals te zien is in **Figuur 7.6**. Men dacht dat ab-

normale uitzetting van bloedvaten in de hersenen en de huid geïnduceerd zou kunnen worden. Het vasoconstrictieve effect van sumatriptan zou de symptomen van het zenuwstelsel en de huid kunnen doen afnemen [075]



FIGUUR 7.7 Zuurstofhoudend hemoglobine in het frontale gebied van de hersenen gemeten met NIRS. Fluctuatie van de cerebrale bloedstroom is te zien bij opstaan en zittende bewegingen, die stabiel werd na injectie met sumatriptan

Dezelfde symptomen verschenen later. Een onderzoek met behulp van nabij-infrarood spectroscopie (NIRS) werd uitgevoerd. De cerebrale doorbloeding van patiënten met CS is gewoonlijk onstabiel en schommelt bij gasinhalatie of een rechtopstaande houding (zie NIRS in [hoofdstuk 5](#)) [16,22]. Verergering van de cerebrale doorbloeding die optrad bij de proef met rechtop staan werd verbeterd met sumatriptan injectie en daarna verdwenen de symptomen (**Figuur 7.7**). Selectieve serotonine heropname remmers (SSRI's) remmen de serotonine heropname in een zenuwcel, waardoor de serotonine concentratie in de extracellulaire vloeistof toeneemt. Van SSRI's werd verwacht dat ze hetzelfde effect zouden

hebben als sumatriptan. Een NIRS onderzoek in de staande houding na toediening van een SSRI (fluvoxamine maleaat) gedurende ongeveer 2 maanden toonde duidelijke verbetering.

EINDNOTEN – 7

1. Kakuta K et al. 2004. The influence that the indoor chemical substance pollution gives to an onset and development of an allergic disease. *Jpn J Clin Ecol* 13:26–34.
2. Yoshino H et al. 2002. Field study for sick house: Relation between Indoor air qualities and occupants' health conditions. *Neuro-ophthalmol Jpn* 19:188–200.
3. Iida N et al. 2002. Field study about residential environment and health condition in sick house. *Jpn J Clin Ecol* 11:77–87.
4. Toyabe S, Iiai T, Fukada M et al. 1997. Identification of nicotinic acetylcholine receptors on lymphocytes in the periphery as well as thymus in mice. *Immunology* 92:201–205.
5. Ito K et al. 1996. Role of tachykinin and bradykinin receptors and mast cells in gaseous formaldehyde-induced airway microvascular leakage in rats. *Eur J Pharmacol* 307:291–298.
6. Sakamoto T, Miyake M. 2010. Health effects of formaldehyde, as an indoor air pollutant. *Kaibogaku Zasshi* 85:35–41.
7. Sakamoto T, Miyake M, Ito A et al. 2000. The effect of single dose inhalation of toluene on the permeability of vessels of air way. *Jpn J Allergol* 49:984.
8. Suzuki R, Furuno T, McKay DM et al. 1999. Direct neurite-mast cell communication in vitro occurs via the neuropeptide substance P. *J Immunol* 163:2410–2415.
9. Meggs WJ. 1999. Mechanisms of allergy and chemical sensitivity. *Toxicol Indust Health* 15:331–338.
10. Bascom R, Meggs WJ, Frampton M et al. 1997. Neuroge-

- nic inflammation: With additional discussion of central and perceptual integration of nonneurogenic inflammation. *Environ Health Perspect* 105:531–537.
11. Millqvist E, Bende M, Lowhagen O. 1998. Sensory hyperreactivity—A possible mechanism underlying cough and asthma-like symptoms. *Allergy* 53:1208–1212.
 12. Ruda MA, Ling QD, Hohmann AG et al. 2000. Altered nociceptive neuronal circuits after neonatal peripheral inflammation. *Science* 289:628–630.
 13. Tarkowski M, Gorski P. 1995. Increased IgE anti-ovalbumin level in mice exposed to formaldehyde. *Int Arch Allergy Immunol* 106:422–424.
 14. Kakuta K. 2003. Sick house syndrome and sick school syndrome: From the view point of pediatrician. *Allergy Immunol* 10:1595–1604.
 15. Kakuta K, Yoshino H, Amano K et al. 2004. Sick house syndrome in child hood. *Jpn J Clin Ecol* 13:85–92.
 16. Kakuta K, Yoshino H, Amano K et al. 2003. A chemical gas short time inhalation examination and an orthostatic stress test before and after gas inhalation using near infrared spectroscopy in order to diagnosis of sick house syndrome. *Jpn J Clin Ecol* 12:15–26.
 17. Kakuta K, Hojo S, Yoshino H et al. 2002. Influence of chemical materials on adolescent children with allergic diseases. *Neuro-ophtholmo Jpn* 19:176–187.
 18. Vijverberg HPM, van der Zalm JM, van den Bercken J. 1982. Similar mode of action of pyrethroids and DDT on sodium channel gating in myelinated nerves. *Nature* 295:601–603.
 19. Coats JR. 1990. Mechanisms of toxic action and structure-activity relationships for organochlorine and synthetic pyrethroid insecticides. *Environ Health Perspect* 87:255–

262.

20. Narahashi T. 1996. Neuronal ion channels as the target sites of insecticides. *Pharmacol Toxicol* 79:1–14.
21. Guillette EA, Meza MM, Aquilar MG, Garcia IE. 1998. An anthropological approach to the evaluation of pre-school children exposed to pesticides in Mexico. *Environm Health Perspect* 106(6):347–353.
22. Kamiyama M, Kakuta K, Yoshino H, Hojo S, Ishikawa S. 2003–2005 fiscal year summed report. Proceedings of 2003–2005, Committee on Sick House Syndrome, Chairman Ishikawa S, supported by Ministry of Health, Labor and Welfare, Japan.

HOOFDSTUK 8

Meervoudige Chemische Sensitiviteit- Medische Aspecten uit Duitsland

Klaus-Dietrich Runow, MD, directeur Diagnostisch en Therapie Centrum, Instituut voor Functionele en Milieugeneeskunde (IFU), Duitsland

Sinds 8 september 2009 zijn 50 miljoen chemische stoffen geregistreerd bij de Chemical Abstracts Service (CAS), die een onderdeel is van de American Chemical Society. De CAS registreert dagelijks 3.000 nieuwe stoffen. Hoewel dit alleen geregistreerde chemische stoffen zijn, wordt een mens in het moderne leven dagelijks met 80.000 chemische stoffen geconfronteerd. Een groeiend aantal mensen kan deze hoeveelheid chemische stoffen niet verdragen en ontwikkelt allergieën en meervoudige chemische gevoeligheid (MCS), die plotseling kunnen optreden (hoge dosis geïnitieerd) of na blootstelling aan kleine hoeveelheden chemische stoffen, geneesmiddelen, geuren, enzovoort over een lange tijd (lage dosis geïnitieerd).

Het eind "product" van chemische blootstelling is kanker - een metafoor van onze overprikkelde beschaving. Kanker is de nummer één milieuziekte. Een Scandinavische studie analyseerde 44.786 paren tweelingen in Zweden, Denemar-

ken en Finland. De onderzoekers onderzochten kanker op 20 plaatsen, waaronder maag, dikke darm, long, borst en prostaat. De conclusie: "De bevinding wijst erop dat de omgeving de voornaamste rol speelt in het veroorzaken van sporadische kanker" (bijna 70%) [1].

Als tweede van de kankers veroorzaakt wordt door milieufactoren, dan hebben we de keus om de milieu-aanvallen op onze genen te veranderen. We moeten nadenken over het voedsel dat we eten, welke dagelijkse chemicaliën we gebruiken, welke materialen we kiezen om een huis te bouwen, enzovoort. Natuurlijk heeft de meerderheid van de mensen op aarde geen keus: ze moeten werken in giftige kantoren en industriële installaties. Daarom is het een primaire taak voor personen in leidinggevende posities, zoals managers, artsen, politici, enzovoort, om preventieve beslissingen te nemen. De huidige produktiemethoden en leefwijzen dragen een te hoge prijs, want ze zullen de hersenen en het immuunsysteem van hele generaties vernietigen.

In China bestaan zogenaamde "kankerdorpen" in de buurt van industriële installaties. Dit is een reden tot grote bezorgdheid, want dit bericht kwam van de officiële regering! We zullen in de toekomst echter ook in andere gebieden een toenemend aantal kankergevallen waarnemen, niet alleen in het extreem vervuilde land China.

Verwacht wordt dat in Europa elke tweede (!) man en 43% van de vrouwen tijdens hun leven de diagnose kanker zullen krijgen [2,3].

8.1 CHEMISCHE GEVOELIGHEID

[078] Onze wetenschap kijkt naar een stof-voor-stof blootstelling en houdt geen rekening met de veelheid van blootstellingen die we in het dagelijks leven ervaren. Als we dat wel zouden doen, zou dat ons risicoparadigma kunnen veranderen. De mogelijke risico's van extreem geringe blootstelling kunnen onderschat of helemaal gemist worden.

Heather Logan

Canadese Kanker Vereniging

Mensen die aan C.S. lijden reageren op zeer kleine hoeveelheden van veel veelgebruikte giftige chemische stoffen. Veel chemische stoffen hebben de potentie om als toxische stof te werken bij het ontstaan van CS [4]:

Verontreinigende stoffen in gebouwen (nieuw: nanodeeltjes)

Verontreinigende stoffen in auto's (nevelstoffen)

Emissies van plastic materialen

Oplosmiddelen

Parfum

Cosmetica

Waspoeder

Rook (van sigaretten en schoorstenen)

Inhaleermiddelen (pollen)

Voedsel

Geneesmiddelen

Mainstream artsen beweren vaak, "Patiënten die aan CS lijden zijn alleen maar bang voor chemicaliën en verontreini-

gende stoffen". Ze leggen aan CS patiënten uit: "CS kan bestaan. Maar je hebt het niet. Je symptomen zijn psychosomatisch."

Functionele geneeskunde, dat is toegepaste milieu- en voedingsgeneeskunde, gaat van een ziektegerichte naar een patiëntgerichte benadering [5]. Sir William Osler verklaarde: "Het is veel belangrijker te weten wat voor soort patiënt een ziekte heeft dan wat voor soort ziekte een patiënt heeft" [5]. Probeer te begrijpen hoe de gezondheid en het leven van je patiënt waren vóór het begin van de huidige ziekte.

8.2 BIOCHEMISCHE INDIVIDUALITEIT CS

CS patiënten hebben een individuele biochemische samenstelling met individuele triggers en/of mediators die geleid hebben tot chronische ontsteking die *brand* in lichaam en hersenen veroorzaakt. Eenmaal geactiveerd kan chronische ontsteking leiden tot een immuunactivering van onze gliacellen in de hersenen - de zogenaamde bloed-hersenbarrière. Omdat gliacellen geassocieerd zijn met de immuuncellen in de darmen, kunnen we de gevolgen van chronische spijsverteringsstoornissen in de hersenen begrijpen: stemmings- en gedragsstoornissen, epilepsie, migraine, hyperactiviteit, depressie, enzovoort. De oorzaken van ontstekingen in de darm en het spijsverteringsstelsel kunnen de inname van geneesmiddelen, chemicaliën, oplosmiddelen, zware metalen, infecties, en verborgen voedselallergieën zijn.³⁾

3 De benadering van het boek [Darm en Psyche](#) van Natasha Campbell-McBride

TABLE 8.1 Maagdarmfunctie profiel

Ziekteverwekkers			
Bacteriële Ziekteverwekkers	Resultaat	Genotype	Verwacht
<i>Campylobacter</i>	Negative		Neg
<i>C. difficile</i> Toxin A	Negative		Neg
<i>C. difficile</i> Toxin B	Negative		Neg
<i>E. coli</i> O157	Negative		Neg
Enterotoxigenic <i>E. coli</i> LT	Negative		Neg
Enterotoxigenic <i>E. coli</i> ST	Negative		Neg
Shiga-like Toxin <i>E. coli</i> stx1	Negative		Neg
Shiga-like Toxin <i>E. coli</i> stx2	Negative		Neg
Salmonella	Positive		Neg
Shigella	Negative		Neg
Vibrio cholera	Negative		Neg
Yersinia enterocolitica	Negative		Neg
Parasitic Ziekteverwekkers			
<i>Cryptosporidium</i>	Negative		Neg
<i>Entamoeba histolytica</i>	Negative		Neg
Giardia	Negative		Neg
Virale Ziekteverwekkers			
Adenovirus 40	Positive		Neg
Adenovirus 41	Positive		Neg
Norovirus GI	Negative		Neg
Norovirus GII	Negative		Neg
Rotavirus A	Negative		Neg
H. pylori			
<i>Helicobacter pylori</i>	4.03 E7	High	<7.0 E3
Virulence Factor, cagA	Positive		Neg
Virulence Factor, vacA	Negative		Neg
Normale bacteriënfloora			
<i>Bacteroides fragilis</i> grp	6.2 E7		5.0 E5–3.2 E9
<i>Bifidobacter</i>	9.5 E7	Low	>8.9 E9
<i>Enterococcus</i>	2.0 E7	High	1.2 E4–3.1 E6
<i>E. coli</i>	4.2 E8	High	1.0 E4–7.6 E7
<i>Lactobacillus</i>	4.4 E5		1.0 E6–5.8 E9
Opportunistische Bacteriën			
Potentiele auto-immuun triggers			
<i>Citrobacter</i> spp.	8.1 E6	High	<1.0 E4
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	4.2 E3		<7.2 E3
<i>Proteus</i> spp.	1.2 E3		<6.2 E3
<i>Proteus mirabilis</i>	1.7 E3		<1.0 E3
<i>Yersinia enterocolytica</i> (from pg 1)	Negative		Neg

TABLE 8.1 (VERVOLG)

Maagdarmfunctie profiel

Bacteriële ziekteverwekkers	Resultaat	Genotype	Verwacht
Bijkomende Dysbiotic/Overgrowth Bacteria			
<i>Morganella morganii</i>	8.0 E2		<1.0 E3
<i>Pseudomonas</i> spp.	1.2 E3		<2.5 E3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.3 E8	High	<1.0 E3
<i>Staphylococcus</i> spp.	9.2 E3		<1.0 E4
<i>Streptococcus</i> spp.	4.2 E2		<1.0 E3
Parasieten			
<i>Blastocystis hominis</i>	9.1 E5	High	0.00
<i>Dientamoeba fragilis</i>	Negative		Neg
<i>Endolimax nana</i>	Negative		Neg
<i>Entamoeba coli</i>	Negative		Neg
<i>Chilomastix mesnelli</i>	Negative		Neg
<i>Pentatrichomonas hominis</i>	Negative		Neg
<i>Microsporidia</i> spp.	Negative		Neg
Schimmels/gisten			
<i>Candida albicans</i>	8.7 E7	High	>5.0 E3
<i>Candida</i> spp.	Negative		Neg
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Negative		Neg
<i>Geotricum</i> spp.	<1000 cfu/g	Low	Neg
<i>Trichosporon</i> spp.	Negative		Neg
Aanvullende Tests			
SIgA	458	High	510–2040 ug/mL
Anti-gliadin	0.8		0.0–1.1 ug/g
Elastase I	102	Low	>175 mcg/g
Lactoferrin	3.8		0.0–7.2 ug/mL
Occult blood	Negative		neg
Antibiotica Resistentie Genen			
	Phenotype	Genotype	Verwacht
Salmonella			
Sulfonamides	Negative	Positive	Neg
Trimethoprim	Negative	Negative	Neg
Fluoroquinolones	Negative	Negative	Neg
Macrolides	Negative	Negative	Neg
Pseudomonas			
Sulfonamides	Negative	Positive	Neg
Trimethoprim	Negative	Negative	Neg

Figuur 8-1 2 tabellen met resultaten van een ontlasting onderzoek.

Een recente dierstudie toonde aan dat mediators die vrijkomen uit mastcellen in weefsel genomen van patiënten met het prikkelbare darm syndroom leidden tot een verhoogd *vuren* van visceraalnociceptieve sensorische neuronen (pijn-triggerende neuronen) bij ratten [6,8]. Wat dit betekent is dat ontstekingsmediators het zenuwstelsel beïnvloeden. [080] Bovendien is er een verband tussen de hypothalamus-hypofyse-bijnier (HPA) as en het darm-immuunsysteem. Chronische stress ⁴⁾ met chronisch hoge gehalten adrenocorticotrop hormoon en cortisol veroorzaken het vrijkomen van de pro-inflammatoire cytokines interleukine-6 (IL-6) en interleukine-8 (IL-8).

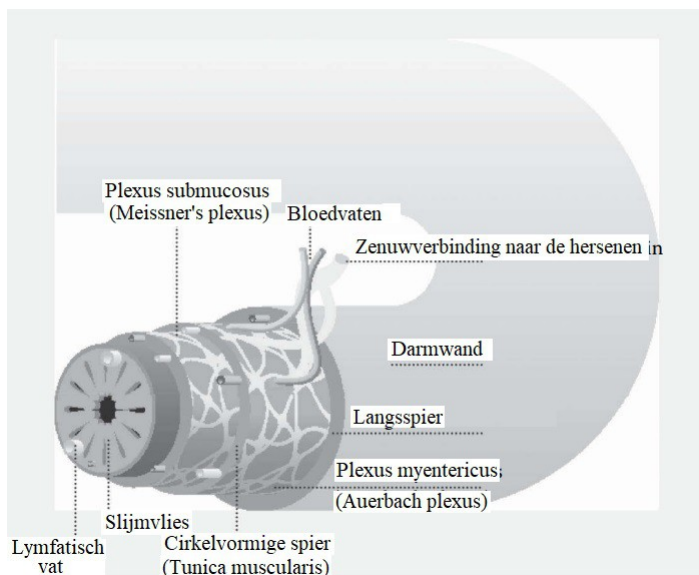
Omdat chemische stoffen ontstekingsprocessen in het lichaam en ook in de hersenen kunnen opjagen, moeten beide oorsprongen van ontsteking bij CS patiënten geanalyseerd worden.

[081] Gezien de centrale immunologische en neurologische rol van onze darmen, hebben we besloten de nieuwste technologie voor ontlastingstesten aan te bevelen. DNA analyse is de nieuwe gouden standaard voor de identificatie van bacteriën in de klinische microbiologie en heeft de identificatie en classificatie van de samenstelling van de intestinale microbiota sterk vergemakkelijkt [7-17].

Een van mijn patiënten die aan CS leed, vertoonde de resultaten van de ontlastingstest die in **Tabel 8.1** staan. Intestina-

4 In de medische wereld is 'stress' niet alleen iets tussen de oren maar ook een ziekte of 'ongemak'.....zie vervolg tekst.

le dysbiose, namelijk overgroei van gist (Candida), Parasieten (Blastocystis), *Helicobacter pylori* en bacteriën die in verband gebracht worden met ontstekings- en auto-immuun-ziekten, werd herkend.



FIGUUR 8.1 De darmwand bevat 100 miljoen zenuwcellen. Negentig procent van de zenuwcellen gaan omhoog naar de hersenen; slechts 10% van de zenuwcellen leiden vanuit de hersenen naar beneden.

Meer dan 100 miljoen zenuwen van de *enterische plexus* leiden rechtstreeks naar de hersenen. Negentig procent van de zenuwvezels gaan de hersenen in - slechts 10% leidt van de hersenen naar de darmen (**Figuur 8.1**). Op basis van deze kennis moeten we onderzoeken of CS patiënten chronische ontstekingsprocessen in hun lichaam ontwikkeld hebben - een voortdurend *vuur*, veroorzaakt door toxische of biologische triggers en mediators.

Chemische stoffen zoals ingenomen zware metalen verstoren het spijsverteringssysteem door bijvoorbeeld enzymen zoals peptidase, die verantwoordelijk is voor de vertering van eiwitten in ons voedsel, te blokkeren. Als deze enzymen ontbreken, produceren de darmbacteriën putrefactieve kortketenige vetzuren die ernstige symptomen kunnen veroorzaken in de darm en ook in andere weefsels.

8.3 RANDOLPH'S SPECIFIEK AANPASSINGSSYNDROOM ALS REACTIE OP OMGEVINGSSTRESSOREN

De term "stress" werd voor het eerst gebruikt door psychologen voordat de endocrinoloog Hans Selye hem in de jaren 1930 aannam. Hij verbreedde en populariseerde later het begrip tot de reactie van het lichaam op elke vraag. [082] In Selye's terminologie verwijst "stress" naar een toestand en "stressor" naar de inwendige reactie die stress veroorzaakt.

Stress omvat een enorm scala van verschijnselen, van milde irritatie tot het soort ernstige problemen die tot een echte ineenstorting van de gezondheid kunnen leiden. Teken van stress (ook van chemische stressoren) kunnen cognitief, emotioneel, lichamelijk, of gedragsmatig zijn. Ze omvatten een slecht beoordelingsvermogen; een over het algemeen negatieve kijk op de dingen; overmatig piekeren, humeurigheid, prikkelbaarheid, gejaagdheid en onvermogen om te ontspannen; zich eenzaam of geïsoleerd voelen; depressie; pijnen en pijnlijke; diarree of constipatie; misselijkheid; duizeligheid; pijn op de borst; snelle hartslag; te veel of te wei-

nig eten; te veel of te weinig slapen; zich terugtrekken van anderen; verantwoordelijkheden uitstellen of verwaarlozen; alcohol, sigaretten of drugs gebruiken om te ontspannen; en nerveuze gewoonten (b.v. nagelbijten of ijsberen).

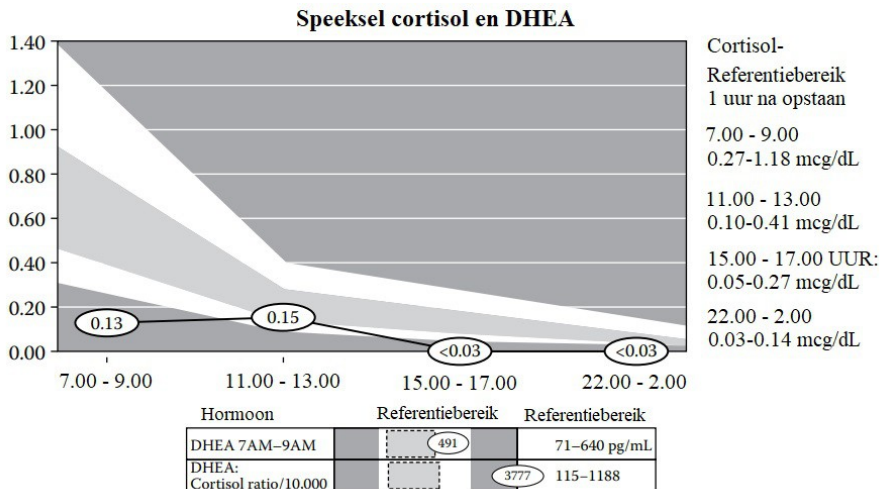
Selye stelde ratten en andere dieren bloot aan onaangename of schadelijke stimuli en ontdekte drie stadia van aanpassing:

1. Alarm
2. Weerstand .
3. Uitputting

Er zijn steeds dezelfde stress-responspatronen (activering van de HPA as, productie van cortisol, enzovoort) op verschillende stressoren, die Selye het algemeen adaptatiesyndroom (GAS) noemde. Na een fase van schijnbare aanpassing (fase 2), bijvoorbeeld aan chemicaliën, voedsel, fysieke stress, enzovoort bereikt de mens een toestand van uitputting: een afbraak van biochemische systemen in het lichaam. De ratten in Selye's proef (blootgesteld aan de stressor kou) stierven aan bijnier hypofunctie - de bijnieren waren in fase 3 volledig vernietigd.

In vergelijking met Selye's GAS beschreef de milieu-arts Prof. [083] Theron Randolph (een internist en psychiater) het specifieke aanpassingssyndroom (SAS). Hij ontdekte dat zijn CS patiënten een individueel lange periode van een schijnbaar (niet echt!) aanpassingsfase (weerstandsfase 2) zonder symptomen doormaakten, ondanks de chemische blootstelling. Aan het eind, in fase 3 (uitputting) ontwikkelt

de persoon ernstige acute en chronische reacties zoals CS.



FIGUUR 8.2 *Bijnier hypoactiviteit (cortisol "burnout").*

De fase van uitputting kan beschreven worden als het "burnout syndroom": Patiënten vertonen lichamelijke en neurologische symptomen, zelfs na contact met lage doses chemicaliën, drugs, parfum, en ook natuurlijke stoffen (b.v. terpenen). Zoals in figuur 8.2 te zien is, wordt hormonale uitputting ontdekt – een gevaarlijke situatie. Het gebrek aan cortisol maakt deze persoon uiterst kwetsbaar. Een gewone griepvraag kan tot de dood leiden omdat de persoon niet in staat is via cortisol bescherming tegen stress op te wekken.

8.4 OORZAKEN: VUUR IN HET LICHAAM EN DE HERSENEN

We bespreken hier drie factoren die een rol spelen bij de veroorzaking van CS: precipiterende gebeurtenissen - uitlok-

kende gebeurtenissen – , triggers, en mediators.

1. ***Uitlokkende gebeurtenissen***: Een reactieve artritis na een amebische infectie (parasieten) wordt een precipiterende gebeurtenis genoemd. Bij CS patiënten kan chemische overmatige blootstelling (aan oplosmiddelen/verf, pesticiden, antibiotica, zware metalen enz.) de precipiterende gebeurtenis zijn.
2. ***Triggers***: Parasieten, pathogene bacteriën, gist en schimmels, voedselantigenen, en ingenomen gifstoffen kunnen als voortdurende triggers van ontstekingen zoals chronische colitis en spijsverteringsstoornissen werken. Ze moeten gediagnosticeerd en geëlimineerd worden. Bij CS patiënten zijn de triggers verschillende chemische stoffen zoals oplosmiddelen, plastic materialen, parfum, farmaceutische producten, en ook voedingsmiddelen en voedseladditieven. Ze moeten gediagnosticeerd en geëlimineerd worden.
3. ***Mediators***: Mediators zijn tussenproducten/metabolieten die bijdragen tot de manifestaties van ziekte. Evenals triggers veroorzaken mediators op zichzelf geen ziekte. Mediators variëren in vorm en substantie; ze kunnen biochemisch zijn (cytokinen, prostanoïden), ionisch (b.v. waterstof-ionen), sociaal (b.v. positieve bekrachtiging om ziek te blijven), psychologisch (b.v. angst), of cultureel (b.v. overtuigingen over de aard van ziekte). Veel voorkomende mediators van ziekte zijn hormonen (bijnier hypofunctie, onevenwichtigheid van melatonine, progesteron enz.), vrije radicalen, angst voor pijn of verlies, slechte zelfwaardering, aangeleerde hulpeloosheid, en gebrek aan relevante gezondheidsinformatie. Het opvallende kenmerk van alle mediators is hun gebrek aan ziektespecificiteit.

8.5 DIAGNOSTISCH PROGRAMMA AANBEVOLEN VOOR CS PATIËNTEN

8.5.1 Metabolische en voedingsstatus (Organische Zuurprofielen), Toxinen

Het meest productieve gebied in het biochemisch onderzoek van de laatste jaren is het opsporen en isoleren van biochemische ziekte-mediators. Naast de gebruikelijke medische analyses, waaronder toxicologische tests, kan de nieuwe urinetest-organische zurenanalyse (Organix Profiel)- helpen bij het ontdekken van triggers en mediators bij CS patiënten. [084] De originele Comprehensive Organix Test (patent in aanvraag) geeft een kijk in de cellulaire stofwisselingsprocessen van het lichaam en de efficiëntie van de stofwisselingsfunctie. Het opsporen van metabole blokkades of problemen met ontgiftiging, darmdysbiose, of oxidatieve stress die met voeding behandeld kunnen worden, stelt ons in staat interventies op maat te maken. Een gerichte behandeling kan helpen de respons van de patiënt te maximaliseren en tot betere resultaten leiden.

Patiënten met CS vertonen vaak mitochondriale verstoringen die een gebrek aan energie (ATP) productie veroorzaken. Omdat het lichaam ongeveer 80% van de energie nodig heeft voor ontgiftigingsdoeleinden, leidt mitochondriale disfunctie direct tot een onvoldoende eliminatie van gifstoffen. Stoffen als glutathion, alfa-liponzuur, en co-enzym Q10 (ubiquinon) kunnen de mitochondria helpen ondersteunen, waardoor het energieniveau en de ontgiftingscapaciteit toenemen.

8.5.2 Giftige metalen

Sommige elementen kunnen zich in weefsels ophopen en daar toxische effecten veroorzaken. Metaaltoxiciteit is een belangrijk milieu-gerelateerd gezondheidsprobleem. Een toxische belasting met aluminium, lood, cadmium, kwik, of arsenicum kan aanzienlijke schade toebrengen aan de hersenen en het zenuwstelsel, vooral bij kinderen. Giftige elementen veroorzaken hun vele negatieve effecten via verschillende mechanismen.

Eén mechanisme, onomkeerbare enzymremming, wordt geïllustreerd door de bloedarmoede die ontstaat wanneer lood zich bindt aan enzymen in de hemoglobinesyntheseroute. Kwik veroorzaakt enzymenvergiftiging. Lood en kwik verminderen glutathion en veroorzaken **een tekort aan vitamine B12 (methyl-B12)**.

Het kanker veroorzakende effect van arseen schijnt te wijten te zijn aan een remming van DNA reparatie. Genotoxiciteit, waarbij chromosomen beschadigd worden, hangt samen met de vrije radicalen genererende capaciteiten van cadmium, lood, en nikkel. Voedende en toxische elementen kunnen gemeten worden in bloed, urine en haar.

Haar heeft een lange geschiedenis van succesvol gebruik bij het opsporen van chronische blootstelling aan giftige metalen in menselijke en dierlijke modellen, omdat haar zware metalen concentreert die enkele honderden malen hoger zijn dan de concentraties die in bloed worden gevonden. Wanneer een van de giftige zware metalen in haar verhoogd is, is

er reden om de oorsprong van de blootstelling te onderzoeken. Hoge concentraties in het haar kunnen wijzen op een vroege chronische blootstelling voordat andere tekenen en symptomen verschijnen. Artsen maken zich steeds meer zorgen over de giftigheid van aluminium, dat in veel producten in ons dagelijks leven gebruikt wordt, bijvoorbeeld deodorant (antitranspiratiemiddelen), vaccinaties, maagzuurremmers, en producten om drinkwater te filtreren. Aluminium wordt beschouwd als een kankerverwekkend en neurotoxisch element (waardoor het aantal gevallen van de ziekte van Alzheimer en andere neurodegeneratieve aandoeningen toeneemt). Naar mijn mening moeten we aluminium onmiddellijk uit ons dagelijks leven bannen. De Universiteit van Wenen gebruikt aluminium om allerlei soorten allergieën bij dieren op te wekken voor onderzoek. Dit feit toont aan dat aluminium als uitlokker van een breed spectrum van allergieën een van de oorzaken is van het stijgende aantal allergieën en ook neurologische symptomen zoals aandachtstekortstoornis met hyperactiviteit (**ADHD**) in onze samenleving. In Duitsland publiceerde de verzekeringsmaatschappij Allgemeine Ortskrankenkasse (AOK) in februari 2013 de bevinding dat het aantal ADHD kinderen in slechts twee jaar tijd verdubbeld is!

Een ander diagnostisch hulpmiddel is de analyse van porfyrynes.⁵⁾ Het porfyryneprofiel kan helpen de ernst van zware metaaltoxiciteit of organische chemische blootstelling bij

5 **Porfyrie is een stofwisselingsziekte** die ontstaat doordat een bepaald enzym (een bepaald soort eiwit) in de lever niet (voldoende) aangemaakt wordt. Dit enzym regelt de productie van hemoglobine. Hemoglobine is rode bloedkleurstof in onze rode bloedcellen.

patiënten vast te stellen. [085] Blootstelling aan chemische stoffen en een zware toxische belasting kunnen fysiologische effecten hebben die een verstoorde stofwisseling en cellulaire functie tot gevolg hebben. Porfyrine-onderzoek in de urine helpt ook om de doeltreffendheid van de behandeling te controleren bij patiënten die aan MCS en neurologische symptomen lijden.

8.5.3 Ftalaten en parabenen profiel

Het ftalaten en parabenen profiel kan helpen bij het opsporen van dagelijkse blootstelling aan toxines door het gebruik van voorwerpen als persoonlijke verzorgingsproducten en plastic voedselverpakkingen. Milieu-toxines moeten geëvalueerd worden als een "eerste stap" om patiënten weer op de weg naar welzijn te helpen.

8.5.3.1 Waarom ftalaat- en parabeenniveaus beoordelen?

Blootstelling aan ftalaten en parabenen komt vaker voor dan men zich realiseert. Ftalaten en parabenen worden vaak geclassificeerd als xeno-oestrogenen, lichaamsvreemde verbindingen die als hormoonontregelaars werken door zich specifiek aan oestrogeenreceptoren te binden.

Hormoonontregelaars worden in verband gebracht met aandoeningen als

- Endometriose
- Onvruchtbaarheid
- Borstkanker

- Eierstokkanker
- Prostaatkanker
- Teelbalkanker
- Verminderd aantal zaadcellen

Andere gezondheidsproblemen in verband met dagelijkse blootstelling zijn

- Leververgiftiging
- Immuuneffecten zoals allergieën en astma
- Giftigheid voor de voortplanting
- Puberteitsontwikkeling

8.5.3.2 Waar worden ftalaten en parabenen gevonden?

Ftalaten, ook wel "weekmakers" genoemd, komen voor in tal van alledaagse producten, zoals

- Kinderspeelgoed
- Cosmetica
- Schoonmaakmiddelen
- Luchtverfrissers
- Parfums
- Meubels
- Vinyl vloerbekleding
- Plastic voedselverpakkingen
- Medische producten

[086] Di-(2-ethylhexyl) ftalaat ester (DEHP) is een veelgebruikt additief aan polyvinylchloride (PVC). Dit additief helpt PVC zacht en buigzaam te maken zodat het in ooglopende vormen kan worden gegoten. PVC producten zijn ge-

merkt met de plastic identificatiecode 3. De in dit profiel gemeten analyten zijn metabolieten van DEHP. In parfums en luchtverfrissers worden ftalaten vaak vermeld als "geurstof".

8.5.4 Bisfenol A

Bisfenol A (BPA) is al meer dan 50 jaar in gebruik en behoort tot de groep van hormoonontregelende chemische stoffen. Het is een fenolische chemische stof die gebruikt wordt bij de fabricage van polycarbonaat kunststoffen en epoxyharsen. Hoewel lucht, stof en water mogelijke bronnen van blootstelling zijn, vormt BPA in voedsel- en drankverpakkingen het grootste deel van de dagelijkse blootstelling van de mens. Het wordt goed oraal geabsorbeerd. BPA lekt in voedsel uit via de verpakking en tijdens de landbouwproductie. Bewaartemperaturen zijn een primaire invloed op de mate waarin BPA uit polycarbonaat flessen lekt. In een onderzoek van de consumptiegegevens van de National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) van 2005-2006 werden schoollunches en maaltijden buitenshuis statistisch in verband gebracht met hogere BPA niveaus in de urine. Onderzoek vond ook verhoogde BPA in ingeblikte groenten, terwijl de BPA concentraties niet varieerden naar consumptie van verse groenten en fruit, ingeblikt fruit, of in de winkel gekochte verse en diepvriesvis [18-20]. "Er zijn sterke aanwijzingen voor nadelige voortplantingsresultaten (onvruchtbaarheid, kanker, misvormingen) door blootstelling aan hormoonontregelende chemische stoffen, en er zijn steeds meer aanwijzingen voor effecten op andere endocriene systemen, waaronder de schildklier, neuro-endocriene

systemen, obesitas en metabolisme, en insuline en glucose homeostase" [21].

8.5.5 Verborgen voedselallergieën

CS patiënten lijden heel vaak aan voedselallergieën. IgG4 antilichamen worden in verband gebracht met niet-atopische of "vertraagde" voedselreacties die veel verschillende gezondheidsproblemen kunnen verergeren of ertoe bijdragen. Deze reacties worden beschouwd als de meest voorkomende vorm van immunologisch gemedieerde voedselintolerantie. Een IgG4 reactie op voedsel komt eigenlijk vaker voor dan de IgE reactie, die een onmiddellijke reactie veroorzaakt. IgG4 werkt als een blokkerend antilichaam en beschermt het individu tegen mogelijk fatale IgE reacties. Deze reacties zijn moeilijker op te merken omdat ze uren of zelfs dagen na de consumptie van een beledigend voedingsmiddel kunnen optreden. In sommige gevallen kan iemands reactie op een voedingsmiddel pas enkele dagen na het eten van het beledigende voedingsmiddel optreden en herkent hij of zij misschien geen verband tussen het voedingsmiddel en zijn of haar symptomen. Deze "verborgene" voedselallergieën worden veroorzaakt door verhoogde bloedspiegels van IgG4 antilichamen als reactie op specifieke voedingsmiddelen. Dankzij een nieuwe IgG4 assay, waarvoor patent is aangevraagd, vertoont onze test minder vals-positieve uitslagen, wat leidt tot een betere therapietrouw van de patiënt. Naast de antilichaamtesten bevelen we de lymfocytentransformatie test (LTT) op voedselantigenen aan.



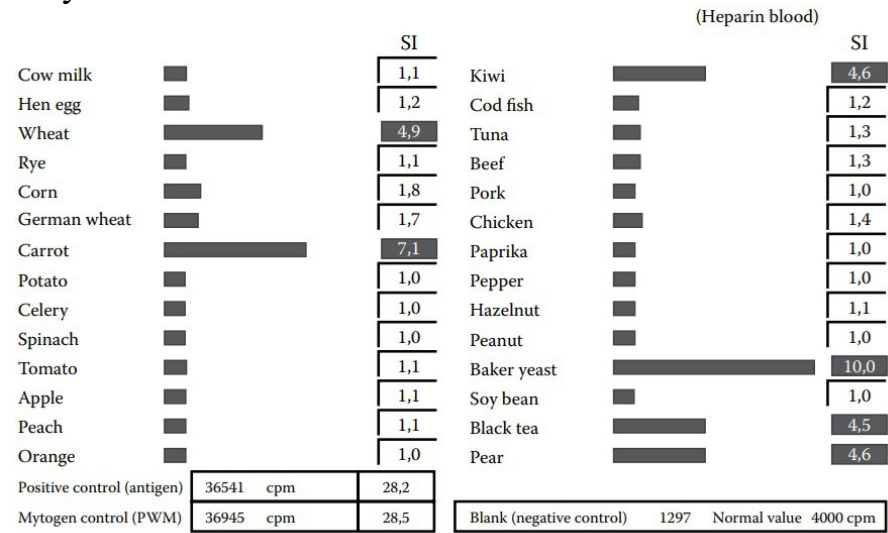
TABLE 8.2

Toxische Effecten Kern (Chemisch Voorkomen en Verwante Blootstelling)

Category	Alkylphenols	Organochlorines	Organophosphates	Plasticizer/Preservatives	Polychlorinated Biphenyls (PCBs) (Special Organochlorine Group)	Volatile Organic Compounds (VOCs)
Individual Test Profile Name	Bisphenol A	Chlorinated Pesticides	Organophosphates	Phthalates and Parabens	Polychlorinated Biphenyls (PCBs)	Volatile Solvents
All Compounds Tested For In The Complete Toxic Effects CORE Profile	BPA Triclosan 4-Nonylphenol	DDE DDT Dieldrin Heptachlor Epoxide Hexachlorbenzene Mirex Oxychlorlone Trans-Nonachlor Endosulfan Sulfate	DMP DMTP DMDTP DEP DFTP DEDTP Atrazine mercapturate	Phthalates MEHP MFHP MEHHP MFOHP Parabens ButylparabenEthylparaben Methylparaben Propylparaben	Dioxin-Like PCB 77 PCB 118 PCB 126 PCB 156 PCB 169 Non-Dioxin-Like PCB 74 PCB 138 PCB 153 PCB 180	Benzene Ethylbenzene Xylene Styrene Toluene N-Hexane 2-methyl-pentane 3-methyl-pentane

Tabel 8.2 toont ons nieuwe panel van giftige chemische stoffen van Genova Diagnostics/USA, waaronder oplosmiddelen, BPA, ftalaten, en parabenen en pesticiden.

Levende witte bloedcellen worden in contact gebracht met een groep van 25 van de meest voorkomende voedselantigenen. Een door voedsel veroorzaakte hoge celstimulatie vertoont ontsteking-een late immunologische reactie. Dit betekent dat de patiënten niet onmiddellijk reageren nadat ze het specifieke voedsel gegeten hebben. [088] De symptomen kunnen uren of dagen na inname optreden. Daarom is het belangrijk de vertraagde vorm van voedselgevoeligheid te analyseren.



Results are positive if the SI (Stimulation Index) is over 3. The Control is made with Tetanus, Candida and Influenza Antigen.

FIGUUR 8.3 *Lymfocytenanttransformatie test (LTT) op voedsel. De test vertoont positieve reacties (vertraagde reactie) op Wheat (tarwe), Carrot (wortel), kiwi, Baker yeast (gist), zwarte thee, en peer.*

Figuur 8.3 *toont het resultaat van een LTT. Prikkeling groter dan*

drievoudig is een positieve reactie. Patiënten moeten deze voedingsmiddelen gedurende ongeveer 2 tot 3 maanden vermijden. Na deze periode kunnen ze proberen het voedingsmiddel in hun dieetplan op te nemen in een 4-daagse rotatie, wat betekent dat de persoon dit voedingsmiddel elke derde of vierde dag kan eten.

8.5.5.1 Glutengevoeligheid kan neurologische en auto-immuunziekten veroorzaken

[088] Een groeiend probleem in Europa is glutengevoeligheid, die niet verward moet worden met coeliakie. Glutengevoeligheid kan leiden tot ernstige neurologische reacties en hersenbeschadiging. Na een chemische overbelasting, bijvoorbeeld na de inname van antibiotica, chemicaliën of medicijnen, kan de slijmvliesbeschermende laag vernietigd worden en reageert het enterisch immunosysteem op onverteerd voedsel. Als onverteerd gluten in contact komt met het oppervlak van het slijmvlies wordt een stof, zonuline genaamd (ontdekt door Alessio Fasano en zijn team aan de Universiteit van Maryland School of Medicine), vrijgemaakt uit de darmcellen, waardoor de strakke verbindingen tussen de slijmvliescellen open gaan staan, wat een toestand veroorzaakt die bekend staat als lekkende darm [22]. Het gevolg is verhoogde ontsteking met systemische reacties. We meten routinematig zonuline en andere gluten-gerelateerde antilichamen bij patiënten die lijden aan chronische chemische gevoeligheid.

8.5.6 Analyse van ontlasting en spijsvertering

[089] De nieuwe ontlastingstest maakt gebruik van DNA

analyse om microbiota te identificeren, waaronder anaeroben, een voorheen onmeetbaar gebied van het darmmilieu. DNA-bepaling is specifiek en nauwkeurig, vermijdt de valkuilen van monstertransport, rapporteert de resultaten als specifieke getallen, en is gevoeliger dan klassieke laboratoriummethoden. De ontlasting analyse detecteert zo weinig als vijf cellen per gram - een 5000-voudige toename in gevoeligheid ten opzichte van microscopie voor het opsporen van parasieten.

8.5.6.1 Waarom een ontlastinganalyse gebruiken?

De werking van het maag-darmkanaal is belangrijk voor de algemene gezondheid. Het darmkanaal bevat aanzienlijke hoeveelheden bacteriën - sommige heilzaam, sommige neutraal, en sommige schadelijk. Het in evenwicht brengen van de gunstige microbiële flora in de darmen is de sleutel tot een goede spijsvertering, een efficiënt gebruik van voedingsstoffen, en het ontdoen van het lichaam van afvalstoffen en ziekteverwekkers. Slechte spijsvertering en malabsorptie kunnen leiden tot immuundisfunctie, voedingsgebreken, mentaal/ emotionele stoornissen, en auto-immuunziekten.

8.6 THERAPIE: HET DNA CONCEPT

Ik heb onze therapeutische strategie samengevat als het zogenaamde DNA-concept, gebaseerd op drie "pijlers": (1) ontgiftiging, (2) voedingstherapie, en (3) anti-stressmanagement. De strategie omvat

- Schone omgeving + Ontgiftig
- Orthomoleculaire supplementen (vitaminen, mineralen)
- Anti-stress programma: Fysieke therapie met sauna, massages, sport, enzovoort
- Individuele coaching: Persoonlijke medische vorming van de "grondbeginselen" van milieu- en functionele geneeskunde

Het doel is

1. Vergroten van het ontgiftingsvermogen
2. Anti-inflammatoir (het vuur in lichaam en hersenen stoppen)
3. Fysieke en mentale stabiliteit

8.7 HEPAR-TOX ONTGIFTING

In ons ontgiftingsprogramma, dat de HEPAR-TOX therapie heet, geven we infusen (I.V. therapie) met vitaminen, mineralen, en zwavelhoudende chelerende stoffen die van nature in het lichaam aanwezig zijn, zoals glutathion en alfa-liponzuur. We gebruiken geen synthetische chelators zoals ethyleendiaminetetraazijnzuur (EDTA) of 2,3-dimercapto 1-propanesulfonzuur (DMPS).

Op basis van de bovengenoemde medische analyse maken we een individueel geneesmiddel op maat om de nutriënt-afhankelijke stofwisselingsfuncties te normaliseren.

De volgende supplementen zijn belangrijke hulpmiddelen bij onze ontgiftingstherapie:

- Glutathion

- Alfa-liponzuur
- Co-enzym Q10 (ubiquinon)
- Carnitine [090]
- Vitamine B-complex (o.a. niacine, pyridoxaal-5-fosfaat + methyl B12)
- Vitamine D3
- Broccoli extract (sulforaphan)
- Polyfenolen, groene thee (epigallocatechine gallaat [EGCG])
- Curcumine (kurkuma)
- Antioxidanten (hooggedoseerde vitamine C, vitamine E)
- Mineralen en sporenelementen: Magnesium, zink, selenium
- Glycine

8.8 ECOLOGISCHE ARCHITECTUUR EN MILIEU-GENEESKUNDE

Mensen die aan CS lijden moeten in een veilige omgeving behandeld worden.

In 1989 besloot ik het Instituut voor Milieuziekten te bouwen, met toepassing van de nieuwste kennis van ecologische architectuur in een klein kuuroord in Noord-Hessia in het centrum van Duitsland. De kalkmortel die voor het bepleisteren van de muren gebruikt wordt en de minerale pigmenten met open poriën in de verf hebben het vermogen giftige stoffen te filteren, te binden en te neutraliseren. Weinig vocht en een korte droogtijd, en goede isolerende kwaliteiten waren belangrijke criteria bij de keuze van deze

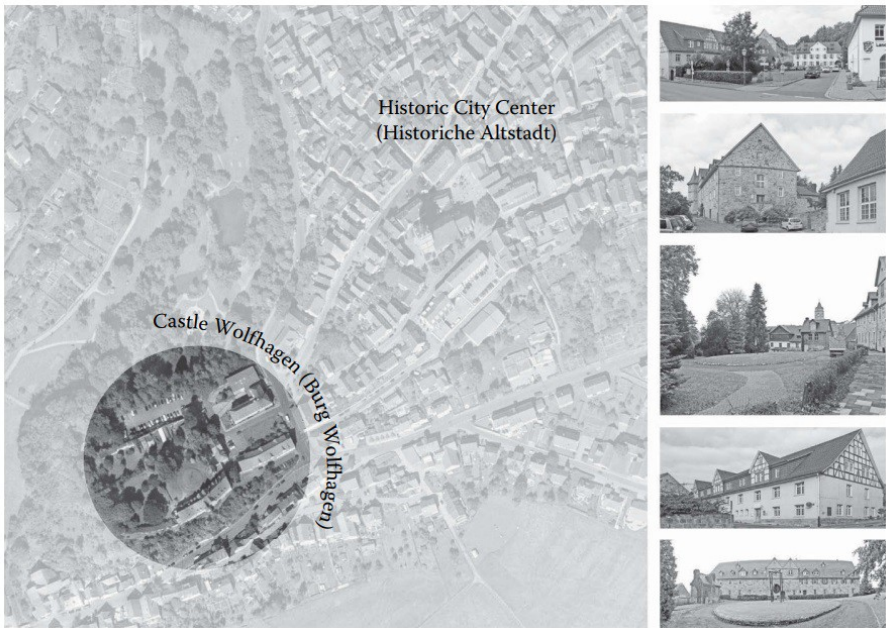
bouwmaterialen. We eisten van onze leveranciers en aannemers het bewijs dat de geleverde materialen geen straling, giftige dampen of geurstoffen bevatten (emissie-arme producten). Voor de behandeling van de houten onderdelen werden terpeenvrije natuurlijke lakken en speciaal ontwikkelde was voor gevoelige patiënten gebruikt.

Ter vermindering van elektromagnetische velden hebben we afgeschermd kabels gebruikt. Om oscillerende velden veroorzaakt door ingeplugde elektrische apparaten te vermijden, zijn alle stroomkringen voorzien van circuitschakelaars, die elektronisch alle stroom in de leidingen onderbreken wanneer de apparaten uitgeschakeld worden. De bedrading van de stroomkringen is stervormig aangelegd.

8.8.1 Nieuwe projecten in Wolfhagen - de historische stad in het land van de gebroeders Grimm

Op dit moment plannen we, samen met de stad Wolfhagen, Duitsland, een nieuw ecologisch project: Eco-Hotel Kasteel Wolfhagen (Wolfhager Burg). Wolfhagen is de historische stad van vakwerkhuisen in het sprookjesland van de gebroeders Grimm. Een van de gebroeders Grimm, Ludwig Emil Grimm, woonde in Wolfhagen. Hij schilderde talrijke afbeeldingen voor de beroemde verzameling sprookjes die door zijn broers Jacob en Wilhelm Grimm geschreven werden. De stad werd in het jaar 1231 gesticht door landgraaf Conrad van Thüringen. Dicht bij de Edertalsperre (Edelvallei barrière) en ten westen van de oude kurhessischen (Hessische keurvorstelijke) hoofdstad Kassel met zijn rijkdom

aan monumenten, is het een van de mooiste delen van het Midden-Duitse Uplands gebied.



FIGUUR 8.4 *Ontwerp: Milieu-resort, Wolfhagen Burg. Bron: ANP Planbureau, Kassel, Duitsland.*

[092] Het aantal mensen dat aan CS lijdt neemt voortdurend toe. Deze personen, die steeds meer sociaal geïsoleerd raken, hebben behoefte aan veilige plaatsen waar ze kunnen verblijven, ontspannen, vakantie houden, of voor medische behandeling gaan.

Daarom is het dringend nodig huizen, ziekenhuizen en hotels te bouwen op basis van de kennis van ecologische architectuur en toegepaste milieugeneeskunde.

We zijn bevoorrecht met de steun van de plaatselijke overheid - vooral van onze burgemeester de heer Reinhard Schaake, die onze projecten van harte steunt onder het motto: Milieutechnologie ontmoet Milieugeneeskunde. Zijn streven was ook energieproductie uit 100% regeneratieve bronnen tegen het jaar 2015. Wölfhagen kreeg van de federale regering de onderscheiding "Energievriendelijke stad".

Het duurde lang, maar in februari 2013 slaagden we er eindelijk in onze projectplannen te voltooien. **Figuur 8.4** toont een ontwerp van ons Milieu-resort, dat een centrum voor genezing, ontspanning en onderwijs wordt - een eiland voor mensen die lijden aan CS en meervoudige allergieën. Het restaurant zal een volledig spectrum van lokaal biologisch en ook internationaal voedsel leveren dat door mensen met voedselallergieën verdragen kan worden. Momenteel zijn we op zoek naar partners en investeerders, die er zeker van kunnen zijn dat ze de volledige steun van onze burgemeester en de districtsautoriteiten zullen krijgen.

EINDNOTEN – 8

1. Lichtenstein P, Holm NV, Verkasalo PK et al. 2000. Environmental and heritable factors in the causation of cancer —Analysis of cohorts of twins from Sweden, Denmark and Finland. *N Engl J Med* 343(2):78–85.
2. Rick O, Kalusche EM, Dauelsberg T, König V, Korsukéwitz C, Seifart U. 2012. Reintegrating cancer patients into the workplace. *Dtsch. Ärztebl Int (Journal of the German Medical Association)* 109(42):702–708.
3. Runow K-D. 2013. Krebs – Eine Umweltkrankheit? (Cancer—An environmental disease?). Munich: Südwest-Verlag.
4. Rea WJ. 1994. Chemical sensitivity, Vols. 1–4. Ririe, ID: Lewis Publishing.
5. Jones DS, Quinn S. 2005. Textbook of Functional Medicine, Gig Harbor, WA: Institute for Functional Medicine.
6. Barbara G, Wang B, Stanghellini V et al. 2007. Mast cell-dependent excitation of visceral-nociceptive sensory neurons in irritable bowel syndrome. *Gastroenterology* 132:26–37.
7. Lord RD, Bralley JA. 2008. Laboratory evaluations for integrative and functional medicine, 2nd ed., Duluth, GA: Metamatrix Institute.
8. Galland L, Lafferty H. 2008. Gastrointestinal dysfunction: Connections to chronic disease. A Functional Medicine Monograph. Gig Harbour, WA: The Institute for Functional Medicine.
9. Runow K-D. 2009. Wenn Gifte auf die Nerven gehen, 2nd ed. (If toxic chemicals attack the nervous system: How we can protect our brain and nerves by detoxification). Mu-

- nich: Südwest-Verlag/Random House Verlagsgruppe.
10. Runow K-D. 2011. *Der Darm denkt mit*, 6th ed. (The gut-brain connection; How bacteria, yeast and allergies attack the nervous system). Munich: Südwest-Verlag/Random House Verlagsgruppe.
 11. Alschuler LN, Gazella KA. 2010. *The definitive guide to cancer: An integrative approach to prevention, treatment, and healing*. New York: Crown Publishing Group.
 12. Metamatrix Institute. 2009. Documented limitations of culture based stool assessment, www.metamatrix.com.
 13. Clarridge JE, 3rd. 2004. Impact of 16S rRNA gene sequence analysis for identification of bacteria on clinical microbiology and infectious diseases. *Clin Microbiol Rev* 17(4):840–862.
 14. Ghosh S, Debnath A, Sil A, De S, Chattopadhyay DJ, Das P. 2000. PCR detection of *Giardia lamblia* in stool: Targeting intergenic spacer region of multicopy rRNA gene. *Mol Cell Probes* 14(3):181–189.
 15. Langendijk PS, Schut F, Jansen GJ et al. 1995. Quantitative fluorescence in situ hybridization of *Bifidobacterium* spp. with genus-specific 16S rRNA-targeted probes and its application in fecal samples. *Appl Environ Microbiol* 61(8):3069–3075.
 16. Welling GW, Elfferich P, Raangs GC, Wildeboer-Veloo AC, Jansen GJ, Degener JE. 1997. 16S ribosomal RNA-targeted oligonucleotide probes for monitoring of intestinal tract bacteria. *Scand J Gastroenterol Suppl* 222:17–19.
 17. Delgado S, Suarez A, Mayo B. 2006. Identification of dominant bacteria in feces and colonic mucosa from healthy Spanish adults by culturing and by 16S rDNA sequence analysis. *Dig Dis Sci* 51(4):744–751.
 18. Lakind JS, Naiman DQ. 2010. Daily intake of bisphenol A

- and potential sources of exposure: 2005–2006 National Health and Nutrition Examination Survey. *J Exp Sci Environ Epidemiol* 21(3):272–279.
19. Braun JM, Kalkbrenner AE, Calafat AM et al. 2011. Variability and predictors of urinary bisphenol A concentrations during pregnancy. *Environ Health Perspect* 119(1):131–137.
 20. Metamatrix Clinical Laboratory. 2011. Bisphenol A profile guide. Duluth, GA: Metamatrix Institute, www.metamatrix.com.
 21. Genova Diagnostics. 2012. Toxic effects: CORE. Interpretive guide. Asheville, NC: Genova Diagnostics, www.gdx.net.
 22. Fasano A, Flaherty S. 2014. *Gluten freedom*. New York: Wiley General Trade.

HOOFDSTUK 9

Emissiesnelheid van chemische verbindingen in bouwproducten en -materialen

Shin-ichi Tanabe, PhD, Professor¹⁾ en Voorzitter²⁾

1) Departement Architectuur, Waseda Universiteit

2) ISO/TC146/SC6 voor Binnenlucht

9.1 INLEIDING

In woongebouwen in Japan wordt om energie te besparen gebruik gemaakt van luchtdichte gebouwschilden. Zonder een adequaat ventilatiesysteem is er echter een vermindering van de buitenluchtinname. Bovendien wordt tegenwoordig in gebouwen gebruik gemaakt van moderne bouwmaterialen om de kosten te drukken en de bouwprocedures te vereenvoudigen. Deze producten bevatten verschillende chemische stoffen die in Japan het zogenaamde sick-building syndrome (SBS) veroorzaken [1].

Het is erg belangrijk om SBS, dat veroorzaakt wordt door het gassenafgifte van chemische stoffen, te voorkomen door emissie-arme materialen te gebruiken en voldoende te blijven ventileren. Om een lage chemische concentratie in de lucht te bereiken, kunnen materialen met lage chemische uitstoot gebruikt worden. De Japanse regering heeft in juli 2003 een nieuwe bouwcode ingevoerd. De code beperkt ge-

bieden waar *formaldehyde* uitstotende materialen worden gebruikt, verbiedt het gebruik van *chloorpyrifos*, en schrijft een minimum ventilatievoud voor met behulp van een mechanisch systeem. Deze code beschrijft metingen en evaluatiemethoden voor de uitstoot van chemische stoffen. Om chemische vervuiling te voorkomen is verhoging van de ventilatiegraad gunstig, het gebruik van emissiearme materialen heeft een hogere prioriteit. Behalve de bouwmaterialen stoten ook meubels, elektrische apparaten en schoonmaakmiddelen chemische stoffen uit.

9.2 CATEGORIEËN VAN CHEMISCHE STOFFEN

Tabel 9.1 geeft een overzicht van de categorieën van chemische stoffen binnenshuis. Chemische stoffen worden aangeduid met hun kookpunt.

TABLE 9.1
Chemische stoffen voor gebruik binnenshuis

Categorie	Beschrijving	Afkorting	Kookpunt Punt Bereik (°C) ^a	Bemonsteringsmethoden Typisch gebruikt in veld Studies
1	Zeer vluchtige (gasvormige) organische verbindingen	VVOC	<0 to 50–100	Batchbemonstering; adsorptie aan houtskool
2	Vluchtige organische verbindingen	VOC	50–100 to 240–260	Adsorptie op Tenax, moleculair zwart van koolstof of houtskool
3	Half vluchtige organische verbindingen	SVOC	240–260 to 380–400	Adsorptie op polyurethaanschuim of XAD-2
4	Organische verbindingen geassocieerd met zwevende deeltjes of organische stofdeeltjes	POM	>380	Opvang op filters

^a Polaire verbindingen verschijnen aan het hogere eind van het gamma.

Er kunnen verschillende methoden gebruikt worden om de uitstoot van chemische stoffen te meten, waaronder de kleine kamer, de grote kamer, de Field and Laboratory Emission Cell (FLEC), de emissiecel, de exsiccator, en de microkamer. Zowel de kamermethode als de FLEC methode worden dynamische headspace methoden genoemd, waarbij verse lucht in een kamer gepompt wordt, en [094] de luchtconcentratie bij de uitlaat vanuit een andere kamer gemeten wordt. Met de kamermethode kunnen zowel VOC's als SVOC's gemeten worden. SVOC's zijn echter moeilijk te meten met een gewone kamer, zodat de microkamermethode gebruikt moet worden. Bovendien zijn er methoden die geen ventilatie gebruiken. Formaldehyde wordt gemeten met een 20-L glazen droogstoof, en wordt in een schaalpje geabsorbeerd door gedestilleerd water. De concentratie in het water wordt dan geanalyseerd met de absorptiespectrum methode.

De emissiekamermethode is ook een dynamische headspace methode die een normale kamer simuleert en zo metingen van hoge kwaliteit mogelijk maakt. De 20-L-kamermethode wordt in Japan veel gebruikt.

9.3 BOUWPRODUCTEN EN -MATERIALEN

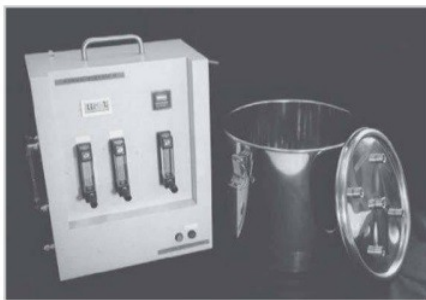
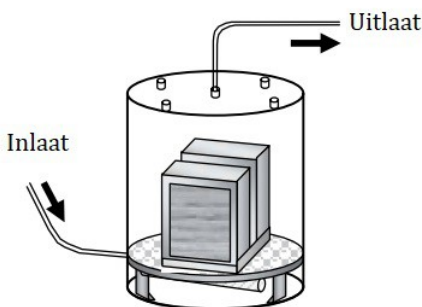
Typische bouwproducten en -materialen zijn onder meer houten materialen, behang, thermische isolatie, kleefstoffen en meubilair. Ongeverfd glas en metalen materialen hebben gewoonlijk lage-emissie-eigenschappen. Het grootste deel van de emissies binnenshuis is meestal afkomstig van oppervlakken binnenshuis, zoals plafonds, muren en vloeren.

Lijm wordt echter vaak gebruikt op de contactoppervlakken van bouwmaterialen, en deze kunnen relatief grote hoeveelheden VOC uitstoten. Bovendien kunnen VOC door het oppervlak heen uitgestoten worden via diffusie.

9.4 EMISSIEPROEVEN MET EEN KAMER

9.4.1 Methode met een kleine kamer

De Japanse Industrienorm (JIS) A 1901 [2] beschrijft de kleine-kamer meetmethode voor een kamerinhoud van 20 tot 1000 L. Kleine-kamerinstallaties worden [095] veel gebruikt in Japan, de Verenigde Staten en Europa [3,4]. In Japan wordt gewoonlijk een 20-L kamer gebruikt (**figuur 9.1**), die bestaat uit een SUS304 kamer, een luchtzuiveringsapparaat, een luchtregelapparaat en een mengkamer. De SUS304 kamer is geïnstalleerd in een kamer met constante temperatuur.



FIGUUR 9.1 20-L systeem met kleine kamer (ADPAC).

De bouwstoffen worden geprepareerd tot een grootte van

165 mm × 165 mm in een verzegelde doos om emissie te voorkomen. Gezuiverde lucht wordt toegevoerd met een snelheid van 167 mL/min (luchtverversingssnelheid van 0,5 l/h). De uitlaatlucht uit de kamer wordt opgevangen met een Tenax® TA sorptiebuis. De metingen worden 1, 3 en 7 dagen na het begin van de test gedaan. Gaschromatografie (GC)/GM wordt gebruikt voor chemische analyse om de hoeveelheid aldehyden en VOC's te meten. Een sorbentbuisje wordt meestal geanalyseerd met thermische desorptie via gaschromatografie-massaspectrometrie (GC-MS), een gaschromatografie-vlamionisatiedetector (GC-FID), of hoge prestatie vloeistofchromatografie (HPLC). Deze proef bepaalt de emissiefactor, die berekend wordt aan de hand van de uitlaatconcentratie van de emissiekamer, de ventilatiesnelheid en het oppervlak van de VOC, formaldehyde, en andere carbonylverbindingen die uit bouwmaterialen vrijkomen.

De emissiesnelheid van de beoogde chemische stof wordt beschreven in Vergelijking 9.1.

$$EF = \frac{(C_t - C_{tb,t}) \times Q}{S} \quad (9.1)$$

waarin

EF = Emissiesnelheid per oppervlakte-eenheid [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]

C_t = Kamerconcentratie op tijdstip t [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

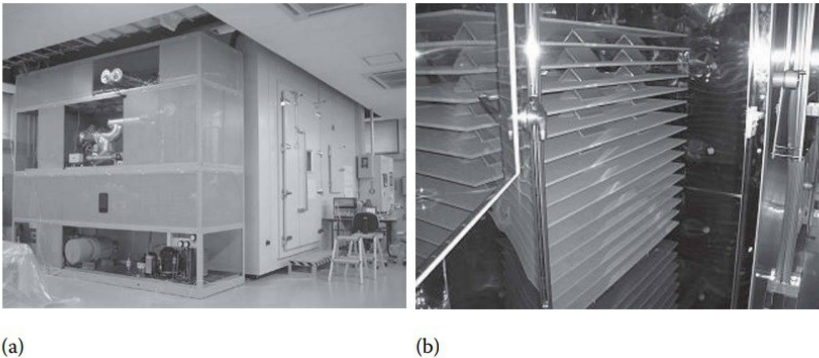
C_{tb,t} = Reisblanco concentratie op tijdstip t [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Q = Ventilatiesnelheid [m^3/h]

S = Oppervlakte van het materiaal [m^2]

9.4.2 Grote-Kamermethode

Grote bouwmaterialen, meubels, "systeemkeukens", en elektrische toestellen kunnen gemeten worden zonder materiaal te verwijderen. In Japan wordt een grote kamer gedefinieerd als een kamer met een volume tussen 1 m^3 en 80 m^3 . Het meetprincipe is hetzelfde als dat van de kleine-kamer-methode, waarbij de emissiesnelheid verkregen wordt met Vergelijking 9.1 [5,6]. De resultaten worden vaak beschreven met de maat $[\mu\text{g}/(\text{eenheid} \cdot \text{h})]$ in plaats van de hoeveelheid per oppervlakte per tijdseenheid. In **figuur 9.2** zie je een voorbeeld van een grote kamer.

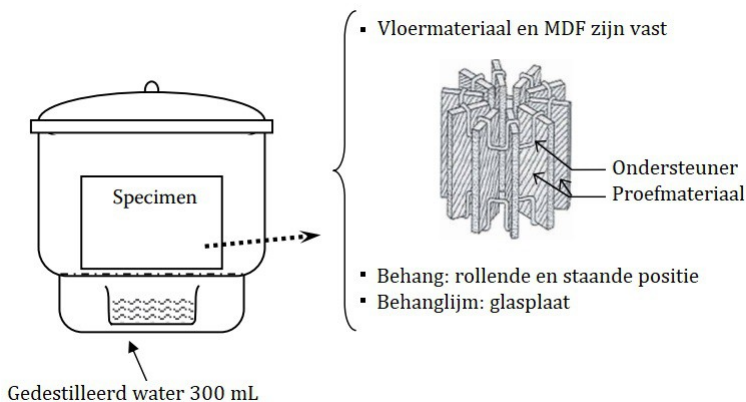


FIGUUR 9.2 Grote kamer. (a) Buitenaanzicht van de kamer. (b) Emissietest (met MDF).

9.4.3 Desiccator – droog – methode

[096] Formaldehyde-emissie uit houten produkten, behang en voor behang gebruikte kleefstoffen wordt vaak gemeten met de desiccator-methode; deze is veel eenvoudiger dan de

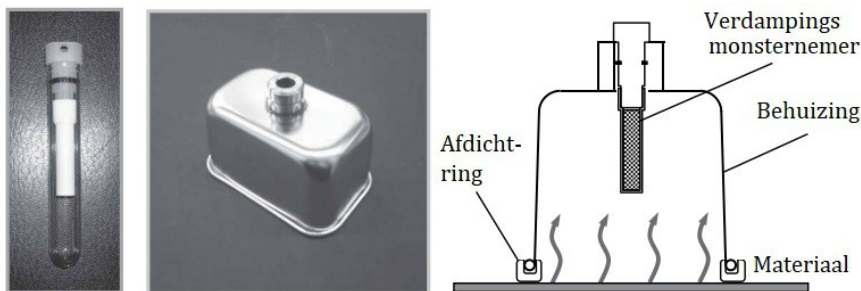
kleine-kamer-methode. Zowel de Japanse Landbouwnorm (JAS) als JIS A 1460 [7] worden veel toegepast. Op bouwmaterialen die binnenshuis worden gebruikt moet een etiket met de formaldehyde-emissie worden aangebracht. In **figuur 9.3** zie je de desiccator methode. Voor speciale houten materialen wordt soms een acryl desiccator gebruikt.



FIGUUR 9.3 Methode met glazen droogstoof van 20-L.

9.4.4 Passieve methode

Een *Advanced Diffusive Sampling Emission Cell* (ADSEC) is een apparaat met een diffusieve monsternemer voor het meten van VOC-emissies uit bouwmaterialen. Een aluminium kelder verzekert de luchtdichte werking van de ADSEC. **Figuur 9.4** toont de opstelling van de ADSEC. [097] Hij meet bouwmaterialen die gesneden zijn tot een afmeting van 165 mm × 165 mm, wat de reglementaire maat is in JIS A 1903 [8]. Een ADSEC bestaat uit een SUS304 roestvast stalen cel (lengte: 59 mm, breedte: 97,5 mm, hoogte: 56 mm, volume: 300 mL).



FIGUUR 9.4 Emissie kleine cel

De emissiesnelheid wordt berekend door de verzamelde hoeveelheid VOC van het testoppervlak (0,00494 m²) te delen door de bemonsteringstijd (24 uur), zoals in Vergelijking 9.2. VOC-SD werd vaak gebruikt als de diffusieve monsternemer, die ook in **figuur 9.4** te zien is. De VOC-SD werd met GC-MS geanalyseerd na oplosmiddeldesorptie en thermische desorptie.

$$J_A = \frac{M}{S_{ad} \times t} \quad (9.2)$$

waarin

J_A = Emissiesnelheid (passieve methode) [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]

M = Totale hoeveelheid opgevangen stoffen [μg]

S_{ad} = Bedekt oppervlak [m^2]

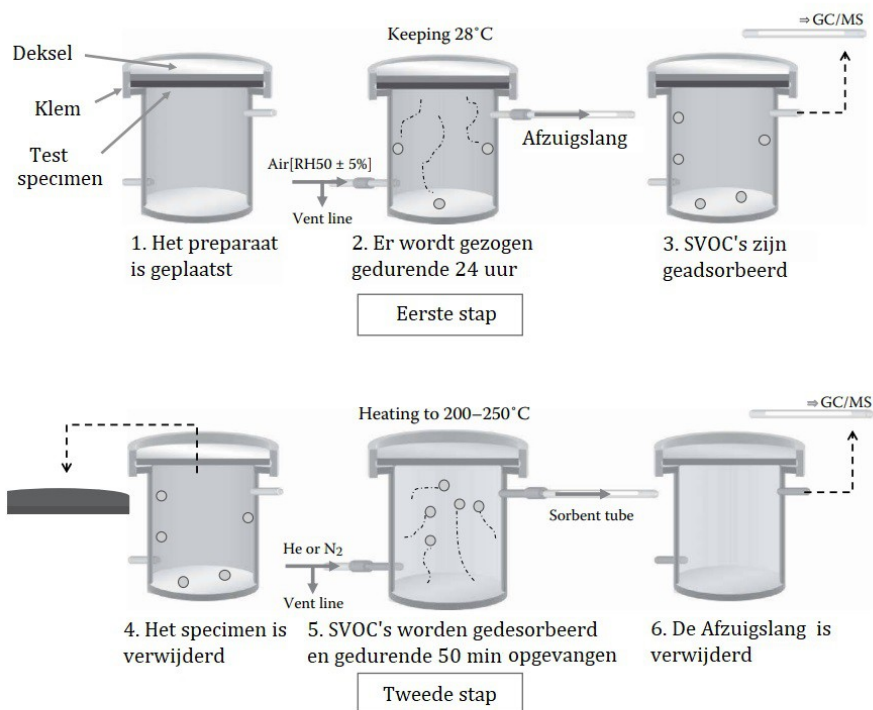
t = Testduur [h]

9.4.5 Microkamer methode voor SVOC's

Het principe van de proef is het bepalen van de gebiedsspecifieke emissiewaarden van SVOC's die van het oppervlak van een proefstuk van een product worden uitgestoten [9].



FIGUUR 9.5 Microkamer voor SVOC meting.



FIGUUR 9.6 Twee-staps meting.

Hoewel SVOC's in de microkamer worden uitgestoten, wordt het grootste deel van deze uitstoot in de kamer geadsorbeerd bij temperaturen van 40°C of lager. Daarom wordt in deze test de gebiedsspecifieke uitstoot van SVOC's uit een bouw materiaal bepaald uit de in de eerste en tweede stap verzamelde massa. Het resultaat van de proef is de gemiddelde uitstoot van SVOC's uit het produkt over een periode van 24 uur. Voor specifieke doeleinden kan de emissie over een andere periode bepaald worden met dezelfde procedure, maar met een andere duur van de eerste stap. **Figuur 9.5** toont een microkamer voor SVOC-meting.

De verzamelde massa in de controletest (veldblanco) met een schone microchamber moet minder dan 10% zijn ten opzichte van de totale massa van de beoogde SVOC. De controletest bevestigt het terugvindingspercentage. Deze methode vereist geen direct contact tussen het proefstuk en de binnenwanden van de microchamber, zoals getoond in **figuur 9.6**. [098] Tijdens de eerste stap van de test worden de concentratiemetingen uitgevoerd op vooraf bepaalde bemonsteringstijden, meestal om de 24 uur. Afhankelijk van het doel van de test kan het zinvol zijn de lucht op extra tijdstippen te bemonsteren. De duur van de lucht bemonstering voor de concentratiemetingen hangt af van de analysemethoden. Tijdens de lucht bemonstering in de emissieproef wordt bevochtigde schone lucht (50% RV) aangevoerd.

[099] Tijdens de desorptieproef (de tweede stap van de test) wordt het proefstuk uit de microchamber gehaald en de microchamber verwarmd. Voor dit deel van de test wordt een

andere geconditioneerde sorptiebuis gebruikt. Er wordt inert gas toegevoerd en dan verwarmd tot 200°C of hoger.

De bemonstering en de ventilatie van de microkamer moeten gelijktijdig beginnen. De bemonsteringstijd bedraagt 40 min tot de desorptie voltooid is.

Bereken de gebiedsspecifieke emissiesnelheid van het proefstuk met Vergelijking 9.3:

$$EF = \left(\frac{m_n}{Q \cdot t} \cdot \frac{Q}{S} \right) + \frac{m_d}{S \cdot t} = \frac{m_n + m_d}{S \cdot t} \quad (9.3)$$

EF = Emissiesnelheid [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]

m_n = Verzamelde hoeveelheid tijdens de eerste teststap [μg]

m_d = Verzamelde hoeveelheid tijdens de tweede teststap [μg]

Q = Ventilatiesnelheid van de kamer [m^3/h]

S = Blootgesteld oppervlak van het proefstuk [m^2]

t = Totale tijd tijdens de eerste teststap (gewoonlijk 24 h) [h]

9.5 LABELING

De nieuwe eisen van de gewijzigde Bouwnormenwet over SBS zijn alleen van kracht voor gebouwen waarvan de bouw begon op of na 1 juli 2003. De bouwmaterialen die onder de wet vallen worden opgesomd door het Ministerie van Land, Infrastructuur, Vervoer en Toerisme, 2002 [10]. Dus ook inbouwmeubels, keukenkasten, en andere producten die als bouwmaterialen voor het interieur ontworpen zijn en een chemische, kennisgeving vereisen, vallen onder de wet. Bij het gebruik van materialen voor binnenhuisafwerking die kennisgeving vereisen, moeten deze materialen

worden ingedeeld naar hun klasse (graad) van formaldehyde-emissie. Materialen waarvoor geen kennisgeving vereist is, zoals stenen en metalen, kunnen zonder beperking gebruikt worden als materialen voor binnenafwerking in bewoonbare ruimten, omdat deze materialen een lage formaldehyde-emissie hebben.

9.5.1 Formaldehyde

Tabel 9.2 geeft een overzicht van de nieuwe normen voor de formaldehyde-emissie van houten bouwmaterialen, zoals bepaald volgens de desiccator-methode van het Ministerie van Landbouw, Bosbouw en Visserij. Het geeft de sortering die ervoor zorgt dat gebouwen compatibel zijn met de kleine kamer methode en JIS A 1901.

De symbolen voor de indeling in formaldehyde-emissies zijn als volgt: F☆☆☆☆ staat voor bouwmaterialen waarvoor geen beperkingen gelden en die een lage formaldehyde-uitstoot hebben, en F☆☆ tot en met F☆☆ staan voor materialen waarvoor beperkingen gelden.

Bouwmaterialen waarvoor voorschriften gelden zijn onder meer bekledingsmaterialen, zoals isolatiemateriaal (o.a. triplex, houten vloeren, spaanplaat, vezelplaat met gemiddelde dichtheid [MDF], enz.), behang, formaldehyde, lijm, verf, en houten afwerking.

9.5.2 VOC

[100] Hoewel het Ministerie van Gezondheid en Welzijn richtwaarden publiceerde voor 13 chemische stoffen zijn de emissiewaarden van bouwproducten momenteel niet gereguleerd voor andere chemische stoffen dan formaldehyde.

TABLE 9.2

Etikettering van formaldehyde-emissies in Japan

Symbool (Categorie)	Bouwbesluit			
	Kamer methode	Desiccator methode		Beperking voor binnen Gebruik
		Gemiddeld	Max	
F☆☆☆☆	Onder 5 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	0.3 mg/L	0.4 mg/L	Geen beperking
F☆☆☆	5–20 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	0.5 mg/L	0.7 mg/L	Beperkt binnen gebruik
F☆☆	20–120 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	1.5 mg/L	2.1 mg/L	
F☆	Boven 120 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	5.0 mg/L	7.0 mg/L	Binnenshuis verboden

9.5.2.1 Voor VOC-norm

Naar aanleiding van de vaststelling van de kleine-kamer methode door JIS A 1901 zijn eisen vastgesteld voor de dissipatie van VOC-emissies uit bouwmaterialen [11]. Fabrikanten van bouwmaterialen kunnen dan de kwaliteitscontrole van hun materialen volgens deze gemeenschappelijke methode laten beginnen.

Tabel 9.3 geeft een overzicht van de op vrijwilligheid gebaseerde grenswaarden voor VOC-emissies. Jammer genoeg is TVOC na uitvoerig overleg met de industrie in Japan niet

gedefinieerd. Aangenomen wordt dat de meetresultaten op de zevende dag volgens de kamer methode de TVOC-emissie opleveren.

TABLE 9.3
Streefwaarde VOC en Emissiewaarde

VOC	Symbool	Grenswaarde Emissiesnelheid [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]	Richtwaarde [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Toluene	T	38	260
Xylene	X	120	870
Ethylbenzene	E	550	3800
Styrene	S	32	220

Bron: Japans Testcentrum voor Bouwmaterialen. 2008. Norm voor VOS-emissie van bouwmaterialen. (in het Japans)

Verder namen we bij de berekening van de referentiewaarde voor het emissietempo aan dat de omstandigheden dezelfde waren als de basis van de technische normen voor SHS-metingen in gebouwen van de Building Standard Law: een ventilatiesnelheid van 0,5 1/h en een temperatuur van 28°C.

EINDNOTEN

1. Tanabe SI. 1998. Chemical pollution. Tokyo: Kodansha. (in Japanese)
2. Japanese Industrial Standards Committee, JIS A 1901. 2015. Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products: Small chamber method.
3. ISO, ISO 16000-9. 2006. Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing: Emission test chamber method.
4. Wolkoff P, Clausen PA, Nielsen PA, Gustafsson H, Jonsson B, Rasmussen E. 1991. Field and laboratory emission cell: Proc. of FLEC-IAQ 91 healthy buildings, pp. 160–165.
5. Japanese Industrial Standards Committee, JIS A 1911. 2015. Determination of the emission of formaldehyde for building materials and building related products: Large chamber method.
6. Japanese Industrial Standards Committee, JIS A 1912. 2015. Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes without formaldehyde for building materials and building related products: Large chamber method.
7. Japanese Industrial Standards Committee, JIS A 1460. 2015. Building boards determination of formaldehyde emission: Desiccator method.
8. Japanese Industrial Standards Committee, JIS A 1903. 2015. Determination of the emission of volatile organic compounds (VOC) for building products: Passive method.

9. Japanese Industrial Standards Committee, JIS A 1904. 2015. Determination of the emission of semi volatile organic compounds by building products: Micro chamber method.
10. Ministry of Land, Transport and Infrastructure. 2003. Manual for sick house syndrome, Building code and housing performance indication system. (in Japanese)
11. Japan Testing Center for Construction Materials. 2008. Standard for VOCs emission from building materials. (in Japanese)

HOOFDSTUK 10

Ventilatiestrategieën voor elk soort gebouw en wettelijke voorschriften

Haruki Osawa, PhD, Senior Onderzoeker Departement Milieuhygiëne, Nationaal Instituut voor Volksgezondheid (NIPH)

Masaki Tajima, PhD, Associate Professor School of System Engineering, Kochi University of Technology

Ongeacht hun eigendom of de schaal waarop ze gebruikt worden, zijn gebouwen belangrijke componenten als sociaal kapitaal dat het leven van mensen en industriële activiteit ondersteunt. In Japan werd de Building Standard Law uitvaardigd om het leven, de gezondheid en de eigendommen van mensen te beschermen door minimumnormen vast te stellen voor de plaats, de constructie en het gebruik van gebouwen. In het kader van de Building Standard Law werd een strenge regeling ontworpen om te voorkomen dat er gebouwd wordt zonder toestemming (d.w.z. bouwcertificaat) na een inspectie ter plaatse door de bouwambtenaar van de plaatselijke overheid of het aangewezen instituut. Bovendien werd, overeenkomstig een wijziging van de Wet op de Bouwnormen (toevoeging van artikel 28:2: "Sanitaire maatregelen ter voorkoming van nadelige gevolgen van het vrijkomen van chemische stoffen in bewoonbare ruimten" en afkondiging van daarmee verband houdende overheidsver-

ordeningen en -mededelingen), vanaf juli 2003 het gebruik van bouwmaterialen die chloorpyrifos bevatten verboden, terwijl het gebruik van bouwmaterialen die formaldehyde bevatten aan banden werd gelegd. Bovendien werd het verplicht ventilatieapparatuur te installeren in alle bewoonbare kamers, met andere woorden, in alle bouwruimten die mensen voortdurend gebruiken of waarin ze verblijven.

Naast de regelgevende maatregelen van de Bouwnormenwet zorgen twee andere wetten voor normen voor de luchtkwaliteit binnenshuis door de bevordering van veelzijdige tegenmaatregelen, die ook enkele inductieve maatregelen combineren. Ten eerste geeft de Wet op de Kwaliteitsbewaking van woningen richtlijnen voor evaluatie, regelaanpassing en verbetering van de systemen voor prestatie-indicatoren van de luchtkwaliteit. Ten tweede schrijft de Wet op de instandhouding van de hygiëne in gebouwen een goedkeuring voor van de initiële luchtkwaliteit in gebouwen van openbaar belang.

Na een bespreking van de technische achtergrond en de geschiedenis van de binnenmilieuproblematiek in Japan worden de hoofdlijnen en relevante passages beschreven van de Building Standard Law, de Housing Quality Assurance Act, en de Law for Maintenance of Sanitation in Buildings die betrekking hebben op ventilatie en luchtkwaliteit. Daarna worden de huidige herzieningen in deze wetten toegelicht.

10.1 HISTORIE EN ACHTERGROND VAN DE MAAT- REGELEN BINNEN LUCHTVERONTREINIGING IN JAPAN

10.1.1 Vóór de dag van de maatregelen tegen Sick houses

[104] Binnenluchtverontreiniging wordt veroorzaakt door de stagnatie van materie in gebouwen die schadelijk is voor de menselijke gezondheid. Bijgevolg zijn er, zonder rekening te houden met de effecten van absorptie of ontbinding, slechts twee basismaatregelen: de instroom van verontreinigende stoffen stoppen of afzwakken en de uitstroom versnellen. In werkelijkheid is de procedure op concrete plaatsen echter niet zo eenvoudig. Vroeger had de traditionele milieutechniek atmosferische verontreiniging, uitlaatlucht van verbranding, of het menselijk lichaam als belangrijkste bron van binnenluchtverontreiniging erkend; de Bouwnormenwet had daarom een mechanisch of natuurlijk ventilatiesysteem aanbevolen. De moderne architectuur gebruikt veel chemicaliën en chemische producten om verlijmbaarheid, plasticiteit, insectenwering, conservering, schimmelwering, brandwering, enz. te bewerkstelligen. Zulke chemische producten zijn tegenwoordig onmisbaar om tegen betaalbare kosten efficiënte en comfortabele gebouwen te ontwerpen of te bouwen. Terwijl een extreme vermindering van de ventilatie vanaf de jaren '80 gericht was op energiebesparing, leidde dit in ontwikkelde landen tot gezondheidseffecten die het "sick-building syndrome" (SBS) worden genoemd. In Japanse gebouwen namen de niveaus van schadelijke deeltjes of gassen toe en werden in de jaren 1990 door onder-

zoekers ontdekt, terwijl het roken afnam. Japanse gebouwen ontsnapten echter aan ernstige schade dankzij de richtlijnen over de concentratie van kooldioxide in de wet op de sanering van gebouwen en de wet op de bouwnormen. Aan de andere kant kregen de bewoners van Japanse woningen gezondheidsproblemen door SBS, dat niet onder beschermende voorschriften viel en de gebouwen gemakkelijk luchtdicht gemaakt werden. In Japanse woningen werd, met het oog op het thermisch rendement en het voorkomen van verborgen condensatie in constructies, na de oliecrisis het gebruik van damp- en luchtschermen sterk aanbevolen. Deze verandering van het lagenontwerp leidde tot een snelle opwaardering van de luchtdichtheid en vermindering van de natuurlijke ventilatie. Bovendien kunnen sociale veranderingen in Japan, zoals een afname van de gezinsgrootte per huishouden, een toename van tweeverdieners, een verandering van dagindeling, verloedering van de buitenomgeving, enzovoort de gewoonte om te luchten verminderd hebben. Veel onderzoekers verduidelijkten in detail het synergetische effect van de vermindering van de luchtverversing en de toename van de chemische uitstoot in woningen. In die tijd waren er echter veel problemen die een rationele planning en uitvoering van concrete tegenmaatregelen in de weg stonden, zoals de volgende.

1. Onontwikkelde criteria voor evaluatie en meting (waarvoor het moeilijk was een rationele norm vast te stellen)
2. Ontoereikende technieken voor meting en analyse (waarvoor moeilijk greep te krijgen op concentratie en emissiesnelheid)

3. Ongefundeerd mechanisme van verontreinigingsverspreiding (waardoor praktisch bewijs voor het verplaatsen van verontreiniging ontbreekt)

Bij deze voornaamste hindernissen kwamen nog andere problemen die zich uitstrekten tot de architectuur, de scheikunde, de werktuigbouwkunde en de medische wetenschap.

[105] Om aan deze moeilijke situatie het hoofd te bieden begon het Ministerie van Land, Infrastructuur, Vervoer en Toerisme, Ministerie van Bouw (MLIT; destijds gebruikte naam) te werken aan kennisvergaring door samenwerking met het Ministerie van Internationale Handel en Industrie, Bosbouwbureau, Ministerie van Gezondheid en Welzijn, Bosbouwbureau (destijds gebruikte namen), relevante organisaties, en de academische wereld. Daarna, door het organiseren van het Onderzoeksconsortium voor Gezonde Huisvesting vanaf 1996 en de Onderzoekscommissie voor Maatregelen voor Binnenlucht vanaf 2000, vorderden de studies en verzamelden zich geleidelijk gegevens.

10.1.2 Ontwerpveronderstelling en strategie van maatregelen tegen het probleem van de luchtverontreiniging binnenshuis

Voordat zulke strenge maatregelen als wettelijke voorschriften worden opgelegd, is het van essentieel belang dat er doeltreffende tegenmaatregelen worden genomen op basis van een nauwkeurig overzicht van het emissie- en verspreidingsmechanisme van verontreinigende stoffen en de geva-

ren ervan. Een andere cruciale verplichting tijdens dergelijke administratieve procedures is het uitleggen van de gevolgen en de noodzaak van dergelijke maatregelen aan de burgers, die uiteindelijk voor de kosten en de nadelen zullen opdraaien. Behalve van de inherente giftigheid van de bovengenoemde stoffen, hangt de schade die door binnenluchtverontreiniging ontstaat echter ook af van andere factoren, zoals de concentratie van de stof, de blootstellingstijd, en de gevoeligheid van het menselijk lichaam voor verschillende stoffen. Met andere woorden, zelfs als er evenveel van een giftige stof in de lucht zit, zijn er, afhankelijk van de concentratie en de duur ervan, gevallen waarin geen gezondheidsklachten kunnen ontstaan. Risico-evaluatie en de vorming van samenhangende tegenmaatregelen blijven dus moeilijk.

Bij het ontwerpen van de formaldehydeverordening zoals bepaald in de Bouwnormenwet, en bij het beschouwen van de oorzaken van gezondheidsrisico's voor bewoners, werd rekening gehouden met vier variabelen als de belangrijkste factoren die de concentratie van binnenluchtverontreiniging beïnvloeden: (1) Emissie, (2) Uitlaat, (3) Adsorptie en Desorptie, en (4) Volume van de ruimte. Van de vier werden Adsorptie en Desorptie en Ruimtevolume als onafhankelijke variabelen genomen bij de formulering van regelgevende maatregelen betreffende Emissie en Uitlaat. Omdat er verschillende technologische ontwikkelingen op het gebied van Adsorptie en Desorptie worden verwacht, wordt ervan uitgegaan dat de invoering van een ministerieel goedkeuringsstelsel die technologische ontwikkelingseffecten kan sti-

muleren. Wat het volume van de kamers betreft, worden de normen voor het aantal ventilatie-apparaten versoepeld in geval van kamers met hoge plafonds, omdat het volume van de binnenlucht daar groter is.

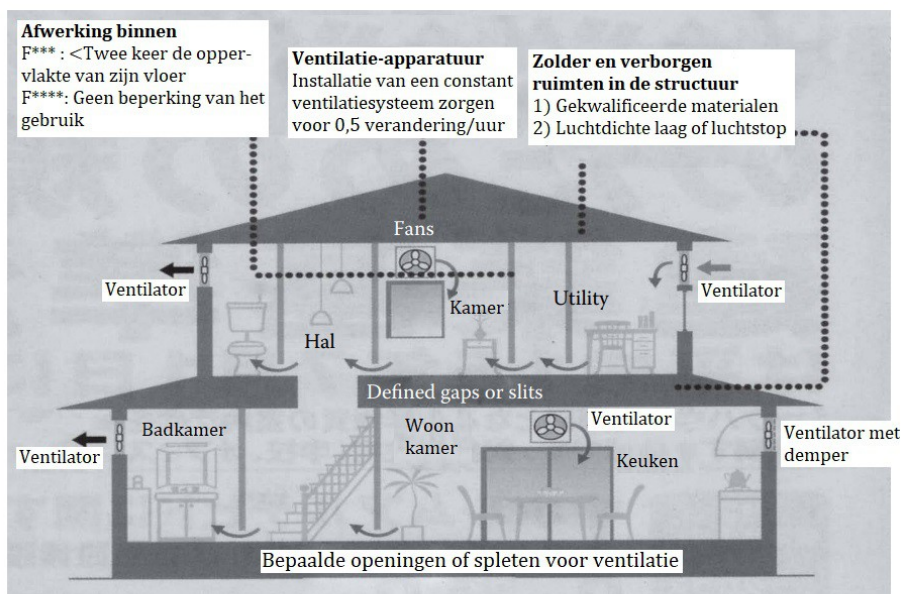
In dit verband zijn de normen echter afhankelijk van de emissie- en verspreidingsmechanismen. Als de fysische eigenschap of de giftigheid zou veranderen, moet met andere verhoudingen rekening worden gehouden.

Zoals eerder gezegd, is de concentratie van verontreiniging binnenshuis vooral gebaseerd op de percentages uitgestoten en uitgeputte verontreiniging. Bovendien hangen de emissiesnelheden af van de diffusiesnelheid/oppervlakte van de emissiebron en de luchtinstroom uit aangrenzende ruimten. De afzuigsnelheid wordt beïnvloed door de ventilatiesnelheid en het opvangrendement.

Zoveel is duidelijk: Er bestaan verschillende benaderingen bij het formuleren van tegenmaatregelen om de schadelijke effecten van formaldehyde te verminderen, maar slechts twee zijn door de Bouwnormenwet afgedwongen. [106] Beperkingen op het gebruik van bepaalde bouwmaterialen beogen de hoeveelheid emissies te verminderen, terwijl de verplichte installatie van ventilatie-apparatuur een gestage afvoerstroom moet garanderen en zo een bevredigende luchtkwaliteit binnenshuis moet verzekeren.

Op basis van deze veronderstellingen zijn deze twee strategieën aangenomen als basis van de voorschriften in de

Bouwnormenwet, om de luchtinstroom uit aangrenzende verborgen ruimten (b.v. van zolderruimten) te beperken door aanvullende adsorptiemaatregelen (b.v. panelen, schilderen, of coaten) om de totale uitstoot te verminderen. Omdat de wet rekening houdt met luchtinstroom van binnen het gebouwkader (zoals uit zolderholtes of verborgen ruimten binnenin de muren), en voorschriften heeft die specifiek betrekking hebben op mierenwerende middelen, is ze uniek voor Japan zonder precedenten elders in de wereld.



FIGUUR 10.1 Samenvatting van de huisvestingsvoorschriften voor door het ministerie van Land, Infrastructuur, en Overdracht.

Ondanks de tweezijdige strategie die zowel de emissiebron als het ventilatiedeel van het probleem aanpakt, zijn er tegenargumenten geweest die vroegen: "Kun je niet slechts één kant van het probleem aanpakken?" Maar zelfs de he-

dendaagse medische en chemische technologie kan de giftigheid van alle bouwmaterialen niet volledig specificeren, laat staan dat ze er perfecte vervangers voor kan vinden of problematische bouwmaterialen volledig kan uitsluiten.

Ook al zijn de mensen zich nog steeds niet bewust van de mogelijke schade van langdurige blootstelling aan lage concentraties binnenluchtverontreiniging, toch kan men niet zeggen dat het realistisch is te verwachten dat potentiële risico's alleen door een grotere ventilatie vermeden zullen worden. Dergelijke maatregelen zouden het thermische binnenklimaat kunnen schaden of zelfs de airconditioningsapparatuur nog meer kunnen belasten. Bij een zorgvuldige afweging van de effecten van alternatieve stoffen, bouwmaterialen, en functies is er behoefte aan een alomvattende en evenwichtige discussie over de Bouwnormenwet, de risico's, de doeltreffendheid en de betrouwbaarheid ervan als systeem. De voorschriften van het Ministerie van Land, Infrastructuur en Overdracht zijn samengevat in Figuur 10.1.

10.2 WETTELIJKE VOORSCHRIFTEN VOOR DE LUCHTKWALITEIT BINNENSHUIS

10.2.1 Technische normen in de gewijzigde Bouwnormenwet

[107] Hieronder volgt een samenvatting van de "Gedeeltelijke Wijziging van de Bouwnormenwet (Wet No. 85/2002)," in het bijzonder het artikel dat verwijst naar "Sanitaire maatregelen ter voorkoming van nadelige gevolgen van de uit-

stoot van chemische stoffen in bewoonbare ruimten", van kracht geworden op 1 juli 2003:

1. Chemische stoffen die door het besluit geregeld moeten worden zijn chloorpyrifos en formaldehyde.
2. Er zijn voorschriften opgenomen over het gebruik van bouwmaterialen die chloorpyrifos bevatten.
3. Het gebruik van bouwmaterialen die chloorpyrifos bevatten is verboden. (Bouwmaterialen die al meer dan 5 jaar deel uitmaken van een gebouw zijn echter vrijgesteld van dit voorschrift).

10.2.2 Voorschriften voor het gebruik van bouwmaterialen die formaldehyde bevatten en de installatie van ventilatie

10.2.2.1 Beperkingen op de binnenaafwerking

Bij het afwerken van het interieur van bewoonbare ruimten (met inbegrip van delen van het gebouw, zoals gangen, waar de ventilatie zal worden gedeeld tussen die ruimte en de bewoonbare ruimte door het aanbrengen van een permanente opening, zoals deuronderbrekingen), moet de bruikbare oppervlakte voor bouwmaterialen die formaldehyde bevatten, worden bepaald op basis van de emissie van het materiaal onder de aangegeven omstandigheden. Bouwmaterialen worden ingedeeld als verboden (type 1) of beperkt (type 2, type 3) op basis van het type bewoonbare ruimte en de ventilatievoud. Voor de materialen waarvoor beperkingen gelden, wordt de bruikbare oppervlakte berekend met een bepaalde formule die is aangewezen om aan de concentratie in

de richtlijn te voldoen.

10.2.2.2 Verplichte installatie van ventilatie

In principe is, ook als geen formaldehyde uitstotende bouwmaterialen worden gebruikt, voor alle gebouwen installatie van ventilatieapparatuur vereist om de emissies van meubilair aan te pakken. Het vereiste effectieve ventilatievolume (of de hoeveelheid effectieve omzetting in gevallen waarin de apparatuur een luchtzuiverende functie heeft) is gebaseerd op het soort ventilatieapparatuur.

Toch gelden vrijstellingen van deze eisen in gevallen waarin voldaan is aan voorwaarden in verband met luchtdichtheid (meer dan $15 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ aan Equivalent Lekruimte [ELA], de hoeveelheid gelijkwaardig open oppervlak per vloeroppervlak van het gebouw) en constructieve eisen (gebouwen van "shinkabe" [traditionele houtconstructie met pleisterwand] constructie waarin geen triplex of soortgelijk plaatvormig bouw materiaal gebruikt wordt voor buitenmuren, plafonds en vloeren), en de gebouwen geacht worden een luchtverversingssnelheid van minstens 0,5 maal/h te hebben. Ook de vereiste hoeveelheid ventilatieapparatuur wordt verminderd voor ruimten met hoge plafonds. **[108]** Bovendien kunnen ruimten waarin mensen naar verwachting regelmatig actief zijn en die in staat worden geacht de formaldehydeconcentratie het hele jaar door onder de $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ te houden, een certificaat van de Minister van Land, Infrastructuur en Vervoer krijgen. Dergelijke bewoonbare ruimten zijn ook vrijgesteld van de voorschriften voor bouwmaterialen.

10.2.2.3 Beperkingen voor zolders en aangrenzende verborgen ruimten

Wanneer mechanische ventilatieapparatuur of een centraal geregelde airconditioning geïnstalleerd is, moet, om de instroom van formaldehyde in bewoonbare ruimten vanuit zolders of andere aangrenzende verborgen ruimten te beperken, een van de volgende maatregelen genomen worden:

1. Voor bekledingsmaterialen, thermische isolatiematerialen en plaatachtige materialen mogen de volgende bouwmaterialen niet gebruikt worden:
 - a) Formaldehyde-emitterende bouwmaterialen van type 1
 - b) Formaldehyde-emitterende bouwmaterialen van type 2
 - c) Bouwmaterialen die door de Minister van Land, Infrastructuur en Vervoer zijn goedgekeurd overeenkomstig de bepalingen van artikel 20-5, lid 2 van het Besluit (bouwmaterialen die geacht worden gelijkwaardig te zijn aan formaldehyde-uitstotende bouwmaterialen van type 2).
2. Breng een luchtdichte laag aan om luchtcirculatie en instroom van formaldehyde in bewoonbare ruimten tegen te gaan.
3. Installeer ventilatieapparatuur die de luchtdruk van bewoonbare ruimten hoger houdt dan de luchtdruk van aangrenzende ruimten en zo de instroom van formaldehyde in bewoonbare ruimten tegengaat door luchtdrukregeling.

10.2.3 Technische normen in de Wet Kwaliteitsbewaking Huisvesting

Het doel van de Wet Kwaliteitsbewaking Huisvesting is de eerlijke aankoop en het gebruik van woningen voor de consument te bevorderen door het vaststellen van objectieve normen voor de prestaties van woningen en daarop gebaseerde evaluatiesystemen.

In tegenstelling tot de eerder genoemde Building Standard Law, die werd uitgevaardigd om het leven, de gezondheid en de eigendommen van mensen te beschermen door minimumnormen vast te stellen betreffende de plaats, de constructie en het gebruik van gebouwen, is de Housing Quality Assurance Act een inductief systeem dat informatie verstrekt en de consument beschermt (inclusief systemen van aansprakelijkheidsbepaling voor garanties tegen gebreken).

Naast bepalingen over structurele veiligheid, brandveiligheid, duurzaamheid, laag energieverbruik, en aandacht voor ouderen, zijn er bepalingen over prestatie-evaluatie en etikettering van luchtomgevingen gegeven onder de volgende rubrieken: Formaldehyde Tegenmaatregelen Classificatie, Ventilatiemaatregelen, en Concentratie van Chemische Stoffen in de Binnenlucht. Nog steeds bepaalt de bepaling over Concentratie van Chemische Stoffen in de Binnenlucht de methoden voor het meten en analyseren van de concentratie binnenshuis van de doelstoffen (formaldehyde, tolueen, xyleen, ethylbenzeen, en styreen) na voltooiing van de bouw. Omdat deze bepaling gebaseerd is op numerieke gegevens wordt ze hier weggelaten.

10.2.4 Technische normen van de Wet op het onderhoud van de sanitaire voorzieningen in gebouwen

[109] De Wet op het Onderhoud van Sanitaire Voorzieningen in Gebouwen beschermt de milieuhygiëne vanuit het oogpunt van onderhoud en exploitatie, en werd in 1970 uitgevaardigd om de openbare sanitaire voorzieningen te handhaven en te bevorderen (**figuur 10.2**). Daarom is het onderwerp van deze wetgeving beperkt tot het gebruiks- en exploitatieaspect van gebouwen die voor algemeen publiek gebruik bestemd zijn.

Omdat het geen beleid is dat rechtstreeks ingrijpt in kwesties van gezondheid en leefmilieu van personen, grijpt het in principe ook niet rechtstreeks in, noch in kwesties van ontwerp en/of uitvoering bij de bouw, noch in kwesties van afvalverwijdering bij de sloop. Bij de exploitatie van gebouwen zijn er echter enkele problemen met de ontwerp- en exploitatiemethode die moeilijk op te lossen zijn, zodat men van oordeel is dat het gezondheidscentrum de exploitatie moet begeleiden.

Om de coördinatie tussen de Wet op het Onderhoud van Sanitaire Gebouwen en de herzieningen van de Bouwnormenwet te bevorderen, is vanaf april 2003 het meten van de formaldehydeconcentratie (certificering) verplicht tijdens de eerste zomer na de oplevering van het gebouw. Sinds enige tijd zijn normen voor het beheer van de sanitaire voorzieningen vastgesteld, en metingen van de luchtomgeving worden eens, of vaker, om de 2 maanden uitgevoerd (exclusief for-

maldehyde metingen). Het gevolg is dat het vereiste onderhoud van de airconditioning apparatuur niet toelaat de ventilatiehoeveelheid te verminderen. Deze regeling is een belangrijke factor bij de verklaring waarom Japan het ernstige SBS probleem dat in andere landen opdook kon vermijden. De formaldehyde meetmethode en de beheersnormen zijn gemodelleerd naar de Building Standard Law. De richtlijnen voor het sanitatiebeheer staan in tabel 10.1.

1945 [vóór WO2]: acute infectie-chronische infectie

(van een hoog geboorte- en hoog sterftcijfer naar een hoog geboorte- en laag sterftcijfer) Verbetering van preventieve voorzieningen, inrichting en voeding

1945-60 [na WO2]: naoorlogse infectie-wederopbouw-babyboom

Wederopbouw van medisch, farmaceutisch, sociaal zekerheids stelsel en basis van de volksgezondheid

- Omschakeling van beroep op overheidsmacht ter verdediging van de sociale orde, naar steun voor het levensonderhoud

1960-88 [periode van ontwikkeling]: komst van laag geboortecijfer en laag sterftcijfer,

toename van ziekten door levensstijl Neiging tot de openbare ziektekostenverzekering, bejaardenzorg voor de hele natie en maatregelen tegen kanker

- **1970 [Wet op het onderhoud van sanitaire voorzieningen in gebouwen] 2003 [belangrijke wijziging]**

1988 [periode van rijpheid]: aanpak van de post-leefstijlziekte, gezondheidsbevordering

Maatregelen voor ouderen in een laat stadium, medische en verpleegkundige zorg, pandemie en thuiszorg

FIGUUR 10.2 Achtergrond en huidige stand van de sanitatie van gebouwen in Japan.

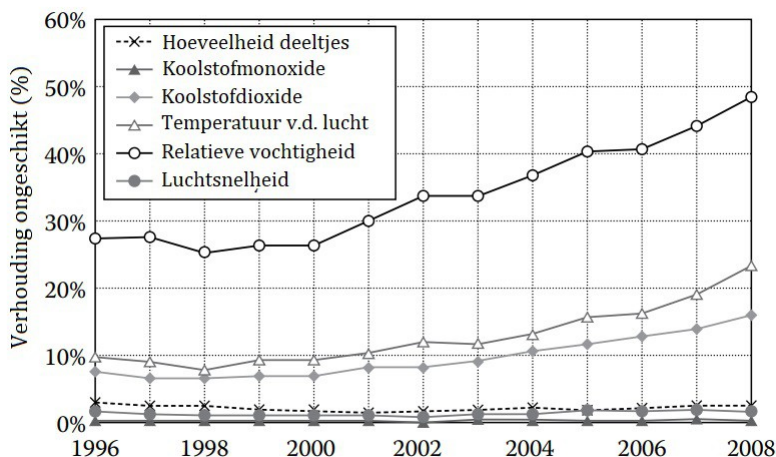
TABLE 10.1**Richtlijnen voor Sanitair Beheer**

Binnenmilieu	Standaard Niveau
Zwevende deeltjes	$<0.15 \text{ mg/m}^3$
CO	$<10 \text{ ppm}$
CO ₂	$<1000 \text{ ppm}$
Temperatuur	• $17^\circ\text{C} < t < 28^\circ\text{C}$ • Wanneer de binnentemperatuur lager is dan de omgevingstemperatuur moet het verschil matig zijn
Relatieve vochtigheid	$40\% < \text{RH} < 70\%$
Luchtsnelheid	$<0.5 \text{ m/s}$
Formaldehyde	$<0.1 \text{ mg/m}^3$ ($<0.08 \text{ ppm}$)

[110] Zoals eerder aangetoond, doorstaat het gebouw, als het voorzien is van een centraal gespecificeerd airconditioning-systeem, controles, zoals de voorschriften voor emissiebronnen. Daardoor wordt de werkelijke prestatie door dit voorschrift gegarandeerd. In onderzoek van de laatste jaren kan men echter gevallen tegenkomen waarin de resultaten van de luchtmilieumetingen onverenigbaar waren met de normen voor het sanitatiebeheer. **Figuur 10.3** toont de geaggregeerde resultaten (samengevat door het Ministerie van Volksgezondheid, Arbeid en Welzijn) van inspecties ter plaatse die van 1996 tot 2008 in gespecificeerde aangewezen gebouwen zijn uitgevoerd. Om specifiek te zijn,

Figuur 10.3 toont het chronologisch overzicht van de veranderingen in het percentage gebouwen dat ontoereikend werd

geacht (hierna ontoereikendheidspercentage genoemd) naar aanleiding van de periodieke metingen van de luchtomgeving die door de Wet op de instandhouding van de hygiëne in gebouwen worden voorgeschreven.



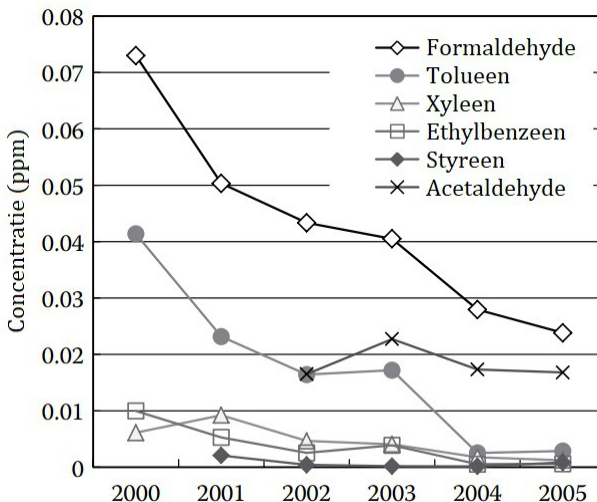
FIGUUR 10.3 Trend van het ongeschiktheidspercentage in gespecificeerde gebouwen naar milieufactoren uit een nationale gegevensbank.

Zoals te zien is in **figuur 10.3**, is de ongeschiktheidsgraad van relatieve vochtigheid, temperatuur en kooldioxide concentratie hoger dan die van andere factoren. [111] Vooral de ontoereikendheid van de relatieve vochtigheid is opmerkelijk, met een percentage van meer dan 40% in de laatste jaren.

10.2.5 Binnenluchtverontreiniging na de wijziging van de Bouwnormenwet in 2003

Na het onderzoek in 2000, om de toestand van en veranderingen in de binnenluchtverontreiniging door vluchtige or-

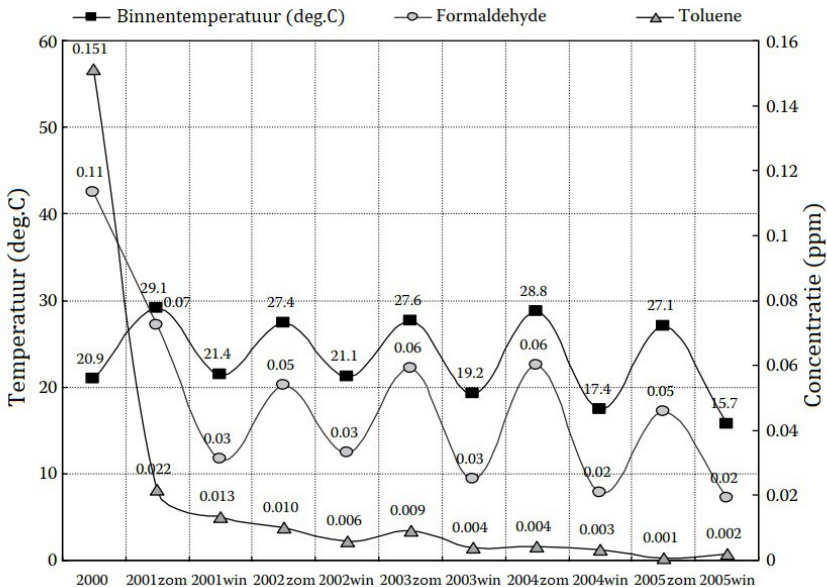
ganische stoffen (VOC) in woningen in Japan te achterhalen en het effect van de wijziging van de Bouwnormenwet te bevestigen, werden de metingen van VOC-concentraties binnenshuis en onderzoek naar de werkelijke omstandigheden in de woonomgeving voortgezet. Deze onderzoeken bestreken in totaal meer dan 10.000 nieuw gebouwde huizen gedurende 6 jaar (van 2000 tot 2005) onder leiding van MLIT. De VOC die aanvankelijk werden gemeten waren formaldehyde, toluen, xyleen en ethylbenzeen, en later werden ook styreen en acetaldehyde in de metingen opgenomen.



FIGUUR 10.4 Trend van de concentraties in woningen na de wijziging van de Bouwnormenwet.

Figuur 10.4 toont de verandering in de gemiddelde concentratie van formaldehyde gedurende de looptijd van de enquête. De gemiddelde concentratie in 2000 was vergelijk-

baar met de richtwaarde (0,08 ppm) die het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn van Japan vaststelde, terwijl de gemeten waarden in 27% van de huizen deze richtwaarde overschreden. Evenzo overschreed de gemiddelde concentratie toluen in 2000 het richtniveau (0,07 ppm) in 12% van de onderzochte huizen; ze vertoonde echter een tendens tot daling.



FIGUUR 10.5 Verandering van de concentraties van binnenverontreinigende stoffen met temperaturen vergeleken met richtwaarden.

Hoewel de vermindering van de gehalten van deze twee verontreinigende stoffen kleiner was in 2003, toen de gewijzigde Bouwnormenwet van kracht werd, daalden de gehalten van beide verbindingen aanzienlijk na 2004, en bereikten ze dezelfde verminderingcurven als die vóór 2003.

Zoals in **figuur 10.5** te zien is, stijgen deze concentraties van binnenverontreinigende stoffen elke zomer, afhankelijk van de temperatuurverandering.

10.3 SOORTEN EN KENMERKEN VAN VENTILATIESYSTEMEN

10.3.1 Soorten ventilatie

[112] Ventilatiemethoden kunnen in twee soorten worden verdeeld: natuurlijke en mechanische ventilatie. Natuurlijke ventilatie maakt gebruik van buitenwind of een schoorsteen-effect, terwijl mechanische ventilatie gebruik maakt van elektrische energie.

TABLE 10.2

Soorten mechanische ventilatie

	Toevoerlucht	Afvoerlucht	Interne druk	Toelichting
Gebalanceerd ventilatie	Mechanisch ventilator	Mechanisch ventilator	Controleerbaar	Geplande ventilatie kan worden uitgevoerd door gebruik te maken van het saldo van mechanische ventilatoren
Alleen toevoer ventilatie	Mechanisch ventilator	Natuurlijk	Positieve druk	Verontreinigingen kunnen niet uit volgende zones binnendringen door de positieve druk.
Alleen afzuigend ventilatie	Natuurlijk	Mechanisch ventilator	Negatieve druk	Over het algemeen wordt dit type gebruikt als plaatselijke ventilatie.

Mechanische ventilatiesystemen zijn doeltreffend voor het afzuigen van plaatselijk uitgestoten verontreinigingen of voor de continue ventilatie van het hele gebouw. **Tabel 10.2** beschrijft de drie soorten mechanische ventilatie op basis

van de functie van de gebruikte ventilatoren.

TABEL 10.2 Soorten mechanische ventilatie

TABEL 10.3 Soorten Hybride Ventilatie

[113] Anderzijds kunnen ook natuurlijke ventilatiemethoden doeltreffend zijn voor goed geplande ventilatie van hele gebouwen. Natuurlijke ventilatie, met inbegrip van een hybride ventilatiesysteem dat gebruik maakt van mechanische ventilatie wanneer de natuurlijk aangedreven bronnen niet gebruikt kunnen worden, is belangrijk uit het oogpunt van energiebesparing. Hybride ventilatiesystemen kunnen op grond van de ventilatieprincipes in verschillende typen worden ingedeeld, zoals aangegeven in **tabel 10.3**.

TABLE 10.3
Soorten Hybride Ventilatie

	Natuurlijk Ventilatie	Mechanisch Ventilatie	
Natuurlijk en mechanisch ventilatie	Onafhankelijk	Onafhankelijk	Dit principe is gebaseerd op twee volledig autonome systemen, waarbij de regelstrategie ofwel tussen de twee systemen schakelt, ofwel het ene systeem voor sommige taken gebruikt en het andere voor andere taken.
Door ventilatoren ondersteunde natuurlijke ventilatie	Hoofd	Assist	Dit principe is gebaseerd op een natuurlijk ventilatiesysteem gecombineerd met een afzuig- of toevoerventilator
Stapel en door de wind ondersteunde mechanische ventilatie	Hoofd	Assist	Dit principe is gebaseerd op een mechanisch ventilatiesysteem dat optimaal gebruik maakt van natuurlijke aandrijfkrachten.

Bron: Per Heiselberg: Principes van Hybride Ventilatie

10.3.2 Methoden voor de keuze van een mechanisch ventilatiesysteem

Voor mechanische ventilatie worden verschillende soorten ventilatoren gebruikt, dus is het belangrijk een keuze te maken op grond van de plaats van opstelling of het doel.

1. Gewone ventilatoren. Deze soorten ventilatoren zijn representatief en worden op veel plaatsen gebruikt als afzuigventilatoren. Het zijn meestal propellerventilatoren. In het algemeen produceren ze luchtstromen met groot volume en lage druk. Daarom worden ze in veel gevallen gecombineerd met korte kanalen, en worden ze vooral geïnstalleerd aan muren die direct naar buiten gericht zijn.
2. Ventilatoren voor kanaalventilatie. Deze types maken vooral gebruik van meerbladige ventilatoren, en in vergelijking met propellerventilatoren produceren ze luchtstromen met hogere druk. Ze worden vooral gebruikt in gebouwen van gemiddelde en hoge hoogte, zoals een flatgebouw. Ze worden ook op grote schaal gebruikt in eengezinswoningen.
3. Afzuigkappen. Deze soorten ventilatoren worden algemeen gebruikt voor plaatselijke ventilatie in keukens en worden vlak boven ovens of fornuizen geïnstalleerd. Ze gebruiken ventilatoren met meerdere bladen, die luchtstromen met hoge druk leveren.
4. Ventilatoren die gebruikt worden in verwarmings-, ventilatie-, en airconditioningsystemen (HVAC). Dit zijn systemen die bestaan uit een ventilatieventilator en verwarmings- of koelingsinstallaties. Ze maken meestal gebruik van een warmtewisselingselement dat de warmteterugwinning tussen de afvoerlucht en de toevoerlucht uitvoert.

10.4 TRENDS IN TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING EN ENERGIEBESPARENDE PRESTATIES

De laatste jaren werd het, door de opwarming van de aarde en het toenemende milieubeschermingsbewustzijn, noodzakelijk het energieverbruik in huishoudens (vooral voor verwarming en koeling) te verminderen. Gebouwen zijn luchtdichter, beter geïsoleerd en geluiddichter geworden, zodat het binnenklimaat het hele jaar door onaangetast blijft door de omstandigheden buiten. Er is echter gezegd dat door de vermindering van de luchtinfiltratie problemen van luchtverontreiniging binnenshuis ontstonden, die te maken hadden met de uitstoot van VOC en formaldehyde, uitgestoten door nieuwe bouwmaterialen. Dit was de reden waarom herzieningen van de Bouwnormenwet van Japan vanaf juli 2003 de installatie van ventilatieapparatuur verplicht stelden.

Tegen deze achtergrond steeg het energieverbruik voor de werking van ventilatiesystemen voor hele gebouwen. Ook al is de energie die nodig is voor de werking van ventilatiesystemen niet zo groot in vergelijking met die in andere installaties, toch is, ervan uitgaande dat het ventilatiesysteem 24 uur per dag en 365 dagen per jaar in werking is, een energiebesparingsplan belangrijker geworden.

10.4.1 Mechanisch ventilatiesysteem met motoren met laag vermogen

In het algemeen vragen ventilatiesystemen die een borstello-

ze gelijkstroommotor (EC) gebruiken minder opgenomen vermogen dan ventilatiesystemen die wisselstroommotoren gebruiken, en maken daardoor verminderingen mogelijk van de energie die nodig is voor hun werking. Uit de berekende resultaten van het Specifiek Ventilator Vermogen (SFP) met behulp van speciatiegegevens van twee verschillende residentiële warmte-uitwisseling gebalanceerde ventilatiesystemen op specificaties, kan door het gebruik van een gelijkstroommotor ongeveer 40% tot 50% van het opgenomen vermogen worden verminderd. Niettemin is de algemene efficiëntie van systemen met wisselstroommotoren de laatste jaren ook verbeterd en vertoont ze een vergelijkbare tendens naar energiebesparing.

10.4.2 Vraaggestuurde ventilatie

Dit type is gericht op energiebesparing, met andere woorden op het verminderen van verwarmings- of koelingsenergie door de toevoer- of afvoerlucht naar behoefte te verminderen. Dit systeem maakt gebruik van verschillende sensoren (bijvoorbeeld kooldioxide, koolmonoxide, sensoren voor andere gassen, en sensoren voor menselijke aanwezigheid) om de vraag naar ventilatie te bepalen. De hoeveelheid bespaarde energie varieert naar gelang van de omstandigheden binnenshuis.

10.4.3 Mechanische ventilatiesystemen met een warmtewisselaar

Het gebalanceerd ventilatiesysteem met een warmtewisse-

laar kan een energiebesparend systeem zijn, omdat het de ventilatiebelasting kan verminderen, vooral tijdens verwarmen of koelen. [115] Dit type wordt gebruikt in woningen, omdat het de tocht kan verminderen door de toevoerlucht in het stookseizoen voor te verwarmen. Wanneer er echter geen behoefte is aan airconditioning, noch aan warmtewisseling, of om een grote hoeveelheid verse lucht aan te zuigen, zoals bij een "nachtspoeling", is het aan te bevelen een systeem te kiezen met een bypass-kanaal of een eenzijdige werking van de ventilator, om de voor de werking benodigde energie en het drukverlies op het warmtewisselings-element te beperken. Ook dit kan tot een zekere energiebesparing leiden.

10.4.4 Hybride ventilatiesysteem

Er zijn vele soorten hybride ventilatiesystemen die een schoorsteeneffect of externe winddruk gebruiken als stuwende krachten voor natuurlijke ventilatie. Typisch in de winter kunnen hybride ventilatiesystemen die gebruik maken van een schoorsteeneffect de aandrijfkraft voor ventilatie verminderen. Volgens theoretische berekeningsresultaten kan het schoorsteeneffect in de winterperiode in Tokio 10% tot 20% van de tijd voor ventilatie gebruikt worden zonder de hulp van mechanische ventilatoren. Hybride ventilatiesystemen die gebruik maken van externe winddruk kunnen ook het hele jaar door gebruikt worden. Dit soort hybride ventilatiesystemen kan bijvoorbeeld in flatgebouwen 50% van de tijd werken zonder de hulp van mechanische ventilatie. Bovendien zijn stortkokers nodig om te

voorkomen dat bij sterke wind een te hoog ventilatiedebiet ontstaat.

10.5 BELANGRIJKE PUNTEN VOOR PLANNING EN WERKING VAN VENTILATIESYSTEMEN

10.5.1 Planning van de ventilatieweg

Bij het plannen van de ventilatie is het nodig de indeling van de ventilatieweg te overwegen en te plannen, want afhankelijk van de plaats van de verontreiniging zal het nodig zijn de binnenluchtdruk tussen zones te veranderen in positief of negatief. Bijvoorbeeld, in zones zoals een badkamer waar verontreinigende stoffen (geur/vocht) kunnen ontstaan, moet de luchtdruk negatief gehouden worden om te voorkomen dat de verontreinigende stof naar andere zones stroomt. Anderzijds moet in zones waar geen specifieke verontreinigingsbronnen zijn, de luchtdruk positief gehouden worden om te voorkomen dat verontreinigde lucht uit omliggende zones binnenstroomt. Bij een systeem met alleen toevoer-ventilatie moet echter voorkomen worden dat er vocht in de buitenmuren komt om condensatie te voorkomen. Aanwijzingen voor de planning van de ventilatieweg staan in de volgende punten.

1. Ventilatiepad voor het hele gebouw Het is nodig de ventilatiepaden in het hele gebouw te beschouwen door zones te plannen als schone zones (woonkamer, slaapkamer, studeerkamer, enz.) en vuile zones (keuken, toilet, badkamer), en de lucht van de schone zones naar de vuile zones te laten stromen.

2. Plan de ventilatieweg in elke kamer

a) *Woonkamers, slaapkamers, en soortgelijke bewoonbare ruimten*

- Afvoerterminals moeten gescheiden zijn van toevoerterminals om kortsluitingsproblemen te verminderen. [116]
- Toevoerterminals en luchtinlaat moeten bij voorkeur dicht bij verwarmingsapparatuur, in kasten, geïnstalleerd worden.
- In ruimten met veel vervuilende uitstoot moeten plaatselijke afzuigventilatoren worden geïnstalleerd, die de lucht rechtstreeks naar buiten afvoeren.

b) *Toiletruimten*

- Wanneer een plaatselijke afzuigventilator wordt gebruikt, moet de luchtstroom uit andere bewoonbare ruimten door de onderste delen van de deur naar binnen worden gebracht en de afgevoerde lucht naar buiten worden geleid.

c) *Keukens*

- Geuren, dampen en verbrandingslucht worden met tussenpozen uitgestoten in keukens. Daarom wordt een plaatselijke afzuigventilator gebruikt om in korte tijd een groot ventilatievolume te garanderen. Niettemin moeten overwegingen gemaakt worden om de gevolgen voor de ventilatie van het hele gebouw tot een minimum te beperken. In recente luchtdichte woningen kan het binnenmilieu verstoord worden door een te grote onderdruk, veroorzaakt door een gebrek aan bedoelde compensatielucht. Om dergelijke gevallen te vermijden is een gelijktijdige toe- en afvoer van lucht binnen dezelfde

de zone noodzakelijk. Bovendien is er behoefte aan verbeteringen in plaats en vorm van de eindinrichtingen voor de toevoerlucht, en aan verbeteringen die de verstoring van het thermische binnenklimaat tegengaan.

d) *Badkamers en doucheruimten*

- Omdat een grote hoeveelheid damp/stoom wordt uitgestoten, is het gunstig afzuigventilatoren met een speciaal kanaal te installeren.

10.5.2 Opmerkingen voor het berekenen van drukdalingen

Wanneer een ventilatiesysteem van het kanaalttype gekozen wordt, moet een ventilator gekozen worden door de drukverliezen van het hele kanaalwerk inclusief eindtoestellen te berekenen. In dat geval zou, als een te hoge veiligheidsfactor zou worden ingesteld, ook het luchtstroomvolume te groot worden. Het is dus nodig meetresultaten te gebruiken die gebaseerd zijn op betrouwbare meetmethoden wat betreft drukval en luchtstroomsnelheid van onderdelen van het ventilatiesysteem.

10.5.3 Opmerkingen over de constructie

Bij het gebruik van flexibele buizen komen vaak enkele bochten voor, die niet bedoeld zijn maar tijdens de constructie gemaakt zijn, veroorzaakt door de goede verwerkbaarheid.

Stap 1: Overweeg welk ventilatiesysteem je moet kiezen

- 1) Bevestig de levensstijl van de bewoners, de planning van het huis, de luchtdichtheid van het huis, en de methode die voor verwarming en koeling wordt gebruikt.
- 2) Bedenk soorten ventilatiesysteem en ventilatiepaden



Stap 2: Plan de plaats van de ventilatie-elementen

- 1) Overweeg de plaatsing van de buiten- en binnenaansluitingen en houd daarbij rekening met de regelmatige reiniging.
- 2) Overweeg de plaatsing van het hoofdtoestel van het ventilatiesysteem, terwijl je rekening houdt met de regelmatige reiniging.
- 3) Overweeg de plaatsing van het kanaal, terwijl je rekening houdt met de structuur van het huis.



Stap 3: Bevestiging van de prestaties van het ventilatiesysteem, rekening houdend met energiebesparing

- 1) Bepaal de ontwerp-luchtstroomsnelheid.
- 2) Overweeg manieren om drukverlies bij kanalen te minimaliseren en voer drukverliesberekeningen uit.
- 3) Kies energiezuinige ventilatoren, rekening houdend met hun stroomverbruik.



Stap 4: Bevestiging voor onder/na de bouw

- 1) Bevestig of onderhoud al dan niet mogelijk is en breng verbeteringen aan. Overweeg de meting van de luchtstroomsnelheid uit te voeren.
- 3) Overweeg de aanpassing van de luchtstroomsnelheid uit te voeren.

FIGUUR 10.6 Een voorbeeld van stappen voor ventilatieplanning. (Met dank aan Building Research Institute, Nationaal Instituut voor Land- en Infrastructuurbeheer, Instituut voor Bouwmilieu en Energiebesparing: Design Guideline for Low Energy Housing with Validated

Effectiveness, 2010.)

Bij het streven naar de geplande luchtstroomsnelheid van ventilatiesystemen moet daarom vermeden worden dat door dergelijke problemen grotere drukverliezen op de kanalen ontstaan.

10.5.4 Opmerkingen over regelmatig onderhoud

Alle onderdelen van ventilatieapparatuur moeten geïnstalleerd worden op plaatsen van waaruit de luchtstroomsnelheid gemakkelijk gemeten en schoongemaakt kan worden. Schoonmaken is een vitaal onderdeel van regelmatig onderhoud omdat het de energie-efficiëntie van ventilatieventilatoren kan verhogen. [117] Het specifieke ventilatorvermogen en de luchtstroomsnelheid werden gemeten voor en na reiniging van een alleen uitlaten ventilatiesysteem dat 2 jaar niet was schoongemaakt. Men ontdekte dat het specifieke ventilatorvermogen dat werd aangegeven voor het vermogen dat nodig is om de effectieve lucht te vervoeren $1 \text{ m}^3/\text{h}$ was. De waarde vóór de reiniging was 1,3 maal hoger dan de waarde na de reiniging. Het luchtdebiet was $107 \text{ m}^3/\text{h}$ en $137 \text{ m}^3/\text{h}$ voor en na de reiniging, respectievelijk. Er is ook een geval waarin het specifieke ventilatorvermogen in een gebalanceerd ventilatiesysteem ongeveer driemaal zo hoog werd, vergeleken met dat na 6 maanden werking zonder reiniging.

10.5.5 Stappen voor ventilatieplanning

Figuur 10.6 toont concrete stappen voor ventilatieplanning

in woningen. Behalve overwegingen voor verwarming en koeling houden de stappen ook rekening met de noodzaak van regelmatige reiniging door de bewoners.

10.6 VENTILATIE-APPARATUUR IN GROTE GEBOUWEN

10.6.1 Ventilatie in aangewezen gebouwen

Zoals beschreven in paragraaf 10.2 schrijft de Wet op het Onderhoud van de Sanitatie in Gebouwen een verplichte periodieke meting van de luchtomgeving in grote gebouwen voor, en zorgt zo voor regelmatig onderhoud. Deze periodieke metingen zijn gericht op de toe- en afvoerventilatoren van de ventilatiesystemen die in de centraal geregelde HVAC-systemen worden gebruikt. [118] Omdat de niveaus van temperatuur, vochtigheid en ventilatiewerking door de periodieke metingen beheerst werden, is Japan erin geslaagd ernstige SBS problemen te voorkomen.

TABLE 10.4
Oorzaken van het Sick-Building Syndrome

- Onvoldoende ventilatie
- Chemische verontreinigingen uit bronnen binnenshuis
- Chemische verontreinigingen uit bronnen buitenshuis
- Biologische verontreinigingen

Bron: EPA: Indoor Air Facts No. 4 (herzien): SickBuilding Syndrome. Washington, DC: United
Amerikaans Bureau voor Milieubescherming.

Het United States Environmental Protection Agency geeft de oorzaken van het sick-building syndrome (**tabel 10.4**) en omschrijft het sick-building syndrome als volgt: "De term 'sick-building syndrome' (SBS) wordt gebruikt om situaties te beschrijven waarin bewoners van gebouwen acute gezondheids- en comforteffecten ondervinden die verband lijken te houden met de tijd die ze in een gebouw doorbrengen, maar waarbij geen specifieke ziekte of oorzaak kan worden vastgesteld. De klachten kunnen gelokaliseerd zijn in een bepaalde ruimte of zone, of zich over het hele gebouw verspreiden".

In de tabel worden verschillende oorzaken opgesomd, maar samengevat kan het sick-building syndrome toegeschreven worden aan verontreinigende stoffen die het gevolg zijn van een gebrek aan geplande ventilatie. Door de handhaving van wetten en voorschriften, zoals de Wet op het Onderhoud van

de Hygiëne in Gebouwen, kunnen enkele tegenmaatregelen genomen worden door gebruik te maken van de resultaten van periodieke metingen van de binnenluchtkwaliteit.

10.6.2 Ventilatiesystemen behalve die in centraal geregelde HVAC-systemen

Volgens de Bouwnormenwet omvatten ventilatiesystemen, behalve die welke in centraal geregelde HVAC-systemen worden gebruikt, natuurlijke ventilatiesystemen (zoals bepaald in artikel 129:2, afdeling 6, paragraaf 1 van het Besluit) en mechanische ventilatiesystemen (zoals bepaald in artikel 129:2, afdeling 6, paragraaf 2 van het Besluit). Mechanische ventilatie is echter verplicht voor bewoonbare ruimten en er kunnen luchtzuiveringssystemen worden gebruikt. Voor deze mechanische ventilaties moet het effectieve luchtdebiet berekend worden met de volgende formule:

$$V = 20 A_f \div N \quad (10.1)$$

waarbij

V = Effectief luchtdebiet

A_f = Vloeroppervlak van de doelruimte

N = Substantieel vloeroppervlak voor een bewoner

[119] De effectieve luchtstroomsnelheid voor toestellen met luchtzuivering wordt berekend aan de hand van de formaldehydeconcentratie vóór en na de zuivering (zoals bepaald in artikel 20:8 van het Besluit). Bovendien moet, als een enkel mechanisch ventilatiesysteem de ventilatie voor twee of meer bewoonbare ruimten verzorgt, het vereiste effectieve

luchtdebiet hoger zijn dan de som van het effectieve luchtdebiet dat voor elke ruimte afzonderlijk berekend wordt.

EINDNOTEN

1. Osawa H, Hayashi M. 2009. Status of the indoor air chemical pollution in Japanese houses based on the nationwide field survey from 2000 to 2005. *Build Environ* 44:1330–1336.
2. Hayashi M, Osawa H. 2008. The influence of the concealed pollution sources upon the indoor air quality in houses. *Build Environ* 43:329–336.
3. Heiselberg P. 2002. Principles of hybrid ventilation. Aalborg, Denmark: Aalborg University.
4. Building Research Institute, National Institute for Land and Infrastructure Management, Institute for Building Environment and Energy Conservation. Design guideline for low energy housing with validated effectiveness, 2010.
5. United States Environmental Protection Agency. 1991. Indoor Air Facts No. 4 (revised). Sick Building Syndrome. Air and Radiation (6609J). Research and Development (MD-56).
6. Sawachi T, Osawa H et al. 2004. Airtightness of the envelope of wooden detached houses in Kanto area and the estimation of air leakage. *J Environ Engng (Transactions of AIJ)* 580:45–51. (In Japanese)

HOOFDSTUK 11

Ventilatie, luchtdichtheid, en luchtverontreiniging

Hiroshi Yoshino, Dr. van Ingenieur, Professor Emeritus en President Benoemd Buitengewoon Hoogleraar Tohoku Universiteit

Rie Takaki, PhD, Associate Professor Afdeling Levensontwerp voor Veiligheid en Amenity, Faculteit Levensontwerp, Tohoku Instituut voor Technologie

Luchtdichtheid van huizen in Japan is een efficiënt middel geworden om vermindering van de airco-belasting te bevorderen en energie te besparen. Het is gemakkelijk in te schatten dat huizen met een hoge luchtdichtheid zonder voldoende ventilatieluchtstroom meer vervuiling van chemische stoffen in de binnenlucht veroorzaken. Daarom voerden we een meetonderzoek uit naar de concentraties van chemische stoffen in de binnenlucht, luchtdichtheid, en luchtverversingssnelheid om de verontreiniging van de binnenlucht door chemische stoffen te bepalen in reële huizen, vooral die waar het *sickhouse-syndroom* voorkwam [1].

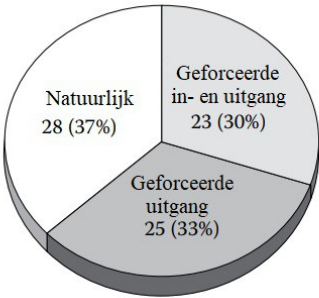
11.1 OPZET VAN HET MEETONDERZOEK

11.1.1 Onderzoekperiode en onderzochte huizen

We voerden het meetonderzoek naar concentraties van chemische stoffen, luchtverversingssnelheid, en luchtdichtheid uit in 76 houten vrijstaande huizen van de Tohoku regio van 2001 tot 2008.

TABLE 11.1
Onderzoeksperiode en aantal huizen

Meetjaar	Aantal huizen	Aantal huizen bij elk meetpunt			
		Lucht dichtheid	Ventilatiesnelheid (Luchtstroomsnelheid bij een geforceerd ventilatiesysteem)	Concentraties chemische stoffen	
				HCHO	TVOC
2001	27	27	12	25	25
2002	14	14	5	11	11
2003	9	9	7	9	9
2004	9	9	7	7	7
2005	19	9	13	9	9
2006	16	7	13	16	14
2007	5	5	0	5	5
2008	9	4	5	4	4
Total (First data)	108 (76)	84 (54)	62 (39)	86 (62)	84 (60)



FIGUUR 11.1 Soorten ventilatiesystemen.

Tabel 11.1 toont de onderzoeksperiode en het aantal huizen. Het onderzoek naar luchtdichtheid werd uitgevoerd in 54

huizen en dat naar luchtverversing in 39 huizen met een mechanisch ventilatiesysteem. In sommige huizen werden de enquêtes meer dan eens over verschillende jaren uitgevoerd. **Figuur 11.1** toont de soorten ventilatiesystemen. Geforceerde toe- en afvoersystemen waren geïnstalleerd in 23 huizen (30%), geforceerde afvoersystemen in 25 huizen (33%), en 28 huizen (37%) pasten natuurlijke ventilatie toe.

11.1.2 Onderzoekspunten en meetmethode

Er werd gemeten aan ventilatie-luchtdebieten, luchtdichtheid, en concentraties chemische stoffen. **Tabel 11.2** toont de methode om de concentraties chemische stoffen te meten. Carbonylverbindingen en vluchtige organische stoffen (VOC's) werden gemeten door in twee of drie kamers van elk huis de binnenlucht te bemonsteren.

TABLE 11.2		
Meetmethode voor concentraties chemische stoffen		
Stoffen	Carbonylverbindingen (HCHO en Acetaldehyde)	VOC's (28 stoffen)
Sampler	DNPH ^a patroon (Sep-Pak XPOSure, Waters Co.)	Houtskoolabsorptie (Jumbo Type, Sibata Scientific Tech. Ltd.)
Sampling methode	Passieve bemonstering (24 uur) ^b	Actieve bemonstering (300 mL/min, 24 uur)
Bemonsteringspunt	1,2 m boven de vloer in 3 typische kamers (woonkamer, slaapkamer, enz.)	
Analysemethode	HPLC	GC-MS

^a 2,4-Di-Nitro-Phenyl-Hydrazin.
^b Er werd actief bemonsterd in 2008 (100 ml/min., 24 uur).

Ramen en deuren van de kamers werden tijdens de [123] bemonstering gedurende 24 uur zo veel mogelijk gesloten. Temperatuur en relatieve vochtigheid werden gemeten met een kleine datalogger met sensoren (T&D, TR-72U).



FIGUUR 11.2 Apparaat om de luchtdichtheid te meten.



FIGUUR 11.3 Luchtstroommeter

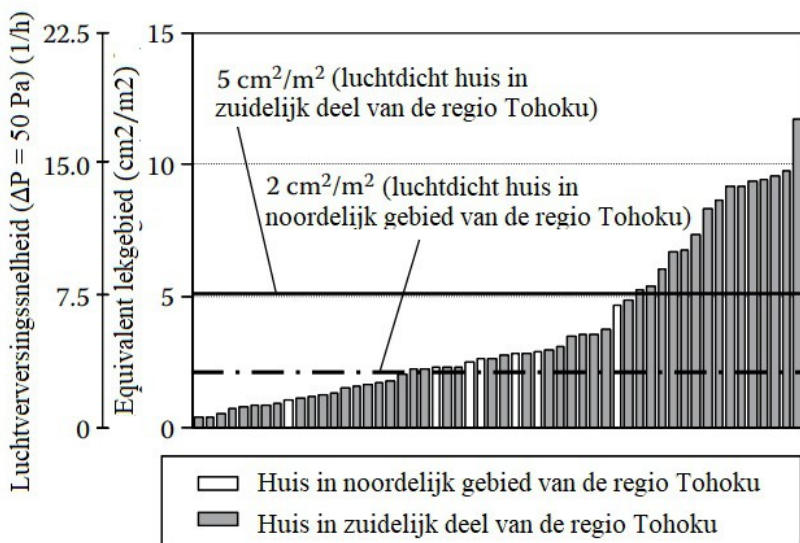
De luchtdichtheid werd gemeten volgens de drukloze methode met een luchtdichtheidsmeetinstrument (Kona Sapporo Co., KNS-400; **Figuur 11.2**). De luchtstroommeter (Kona

Sapporo Co., Swema Flow 65; **Figuur 11.3**) werd gebruikt om de luchtstroomsnelheid bij inlaat/uitlaat van de onderzochte huizen met het geïnstalleerde geforceerde ventilatiesysteem te meten. De luchtstroomsnelheid werd gedefinieerd als de totale hoeveelheid lucht die bij de uitlaten stroomt, gedeeld door het totale volume van de kamers.

11.2 MEETRESULTATEN

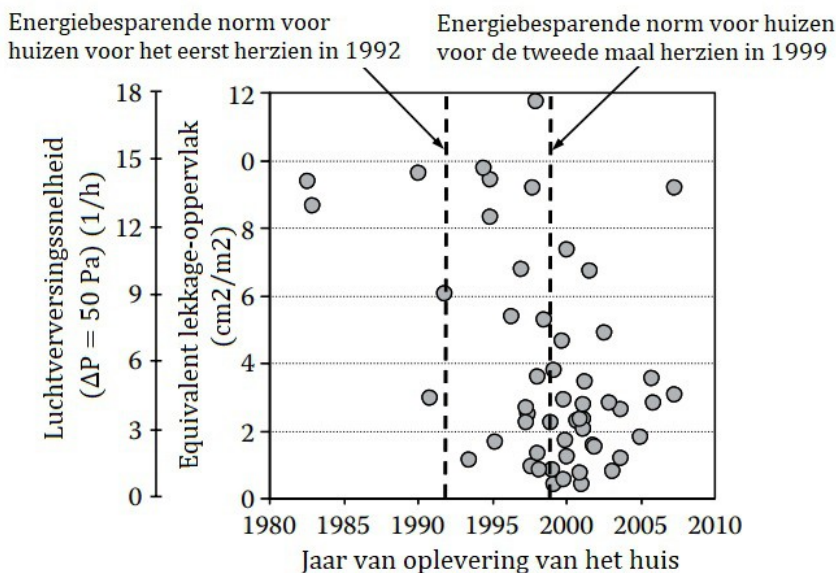
11.2.1 Luchtdichtheid van huizen

Figuur 11.4 toont de luchtdichtheid van 54 onderzochte huizen. Voor sommige huizen met meerdere metingen worden de eerste meetgegevens overgenomen.



FIGUUR 11.4 Luchtdichtheid van huizen (54 huizen, eerste gegevens).

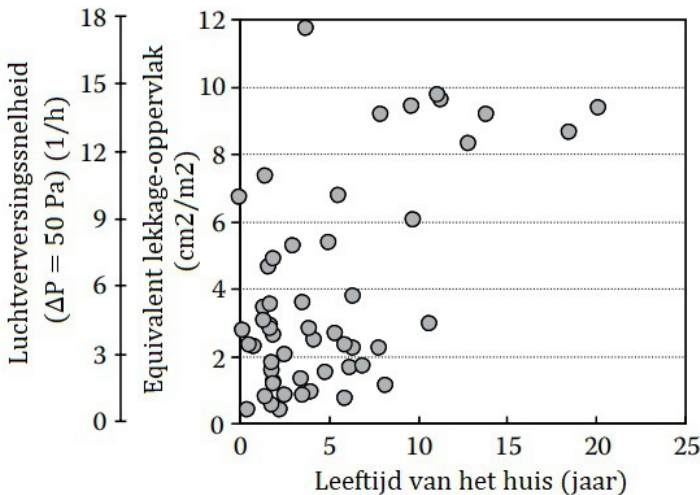
Het equivalent lekkage-oppervlak (hierna lekkage-oppervlak genoemd) per eenheid vloeroppervlak was verdeeld van 0,1 tot 12 cm^2/m^2 . Volgens de resultaten voldeden 43 huizen (72%) aan de Energiebesparingsnorm, die voorschrijft dat de lekkage-oppervlakte minder verdeeld moet zijn dan **[125]** $2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ in Hokkaido en drie noordelijke prefecturen van de regio Tohoku en minder dan $5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ in andere streken van Japan [2]. Men voorspelt dat er twee belangrijke oorzaken zijn voor verschillen in de mate van luchtdichtheid van de onderzochte huizen: de bouwjaren van de huizen en de leeftijd van de huizen.



FIGUUR 11.5 Verband tussen luchtdichtheidsgraad en jaar van oplevering van huizen (54 huizen, eerste gegevens).

Figuur 11.5 toont het verband tussen het luchtdichtheidsniveau en de jaren waarin de huizen voltooid werden. De on-

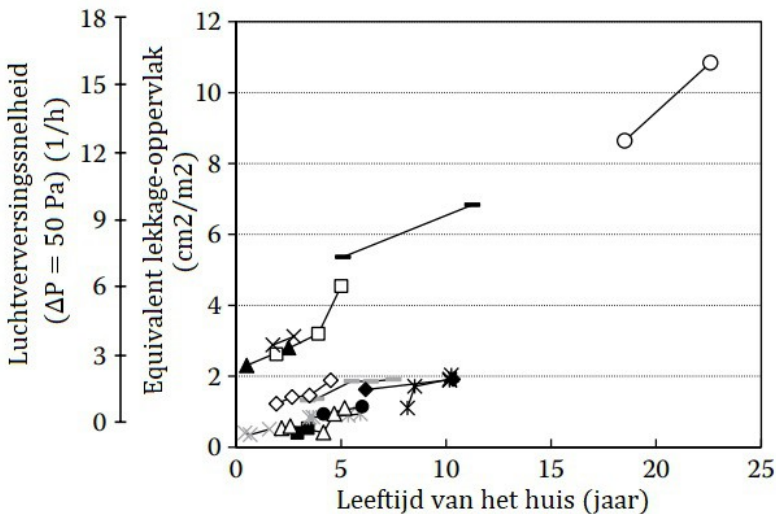
derzochte huizen werden gebouwd van 1982 tot 2007. De luchtdichtheid heeft de neiging hoger te zijn in nieuwere huizen, wat de vooruitgang in de luchtdichtheid van Japanse huizen weerspiegelt. **Figuur 11.6** toont het verband tussen luchtdichtheid en de leeftijd van de huizen. De leeftijd van de onderzochte huizen verdeelt zich ruim over 20 jaar.



FIGUUR 11.6 Verband tussen luchtdichtheid en leeftijd van de huizen (54 huizen, eerste gegevens)

De luchtdichtheid heeft de neiging lager te zijn in oudere huizen. De luchtdichtheidsmetingen werden in 14 huizen gedurende een paar opeenvolgende jaren herhaaldelijk uitgevoerd. **Figuur 11.7** toont de resultaten. De eerste meting werd uitgevoerd 5 maanden tot 18,5 jaar nadat de huizen gebouwd waren. [126] De huizen met een hoge luchtdichtheid blijven onveranderd. Er worden enkele andere gevallen gemeld waarin de luchtdichtheid een jaar na oplevering verdubbelde [3,4] en het lekkage-oppervlak in een jaar 100

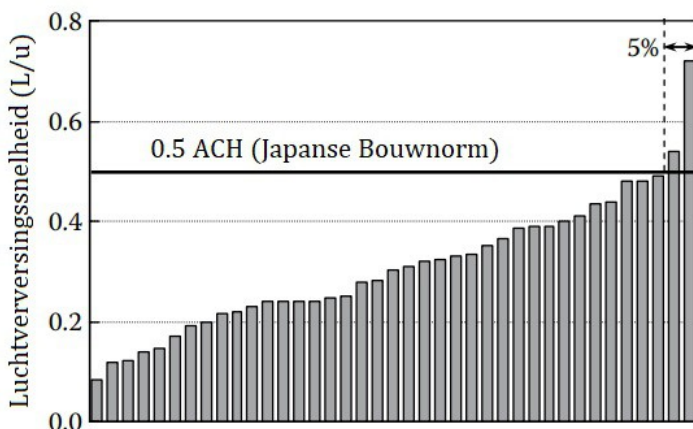
cm²/m² toenam [5].



FIGUUR 11.7 Veranderingen op lange termijn van de luchtdichtheid van huizen (54 huizen).

11.2.2 Ventilatiesnelheid van het ventilatiesysteem

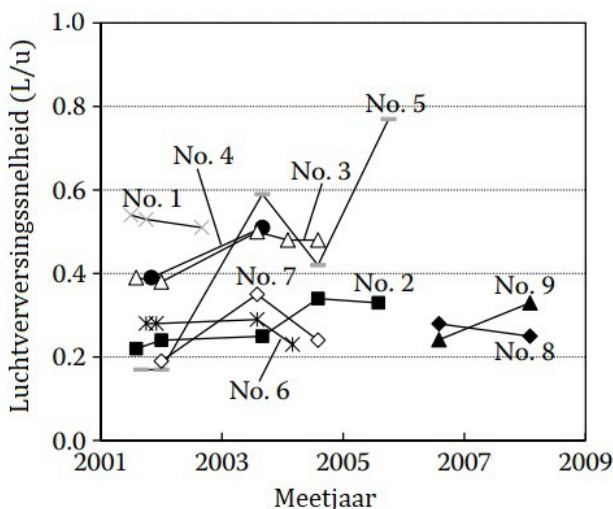
Figuur 11.8 toont de resultaten van de luchtverversingssnelheid van 39 huizen (de eerste meetgegevens), gemeten met een luchtstroommeter. Over het algemeen werd een luchtverversingssnelheid van 0,5 luchtverversing per uur (ACH) gebruikt als de aangewezen ventilatiesnelheid in veel huizen waar een mechanisch ventilatiesysteem geïnstalleerd was, zelfs gebouwd vóór 2003, het jaar van de Gewijzigde Bouwnormwet. Slechts twee (5%) van de onderzochte huizen konden echter voldoen aan de aangewezen ventilatiesnelheid van 0,5 ACH, en er wordt op gewezen dat de ventilatiesnelheid in veel huizen niet voldoende is.



FIGUUR 11.8 Luchtverversingssnelheid van huizen (39 huizen, eerste gegevens). (In luchtverversingen per uur)

In negen huizen werden verschillende keren metingen van de luchtverversingssnelheid uitgevoerd. **Figuur 11.9** toont de resultaten. In huis no. 5 neemt de derde meetsnelheid toe ten opzichte van de eerste en de tweede, en in huis no. 7 is de tweede hoger dan die van de eerste. [129] Dat komt omdat een nieuw ventilatiesysteem geïnstalleerd werd vóór de derde meting voor huis no. 5 en vóór de tweede meting voor huis no. 7. De luchtverversing in huis no. 5 steeg tot meer dan 0,5 ACH door de installatie van het nieuwe ventilatiesysteem. De luchtverversing van huizen no. 2, 3, en 4 nam toe na het veranderen van de rijmodus van "laag" in "hoog". De luchtverversingssnelheid daalde geleidelijk in huis no. 1 en bij de vijfde meting van huis no. 2; de tweede, vierde en vijfde van huis no. 3; de vierde van huis no. 5; en de derde van huis no. 7. Men ontdekte dat een van de oorzaken van het te lage ventilatievoud te wijten was aan het probleem met het onderhoud van het ventilatiesysteem, zoals verstik-

kende luchtfilters en door stof en insecten bedekte horren. Verder blijkt uit de resultaten van dit onderzoek dat de luchtverversingssnelheid afneemt als het interval voor het schoonmaken van een filter lang wordt, en dat de luchtverversingssnelheid de helft wordt als de ventilatiefilters een jaar lang niet schoongemaakt worden. De luchtverversingssnelheid van huis no. 5 nam sterk toe na het reinigen van de inlaat/uitlaat van het systeem.

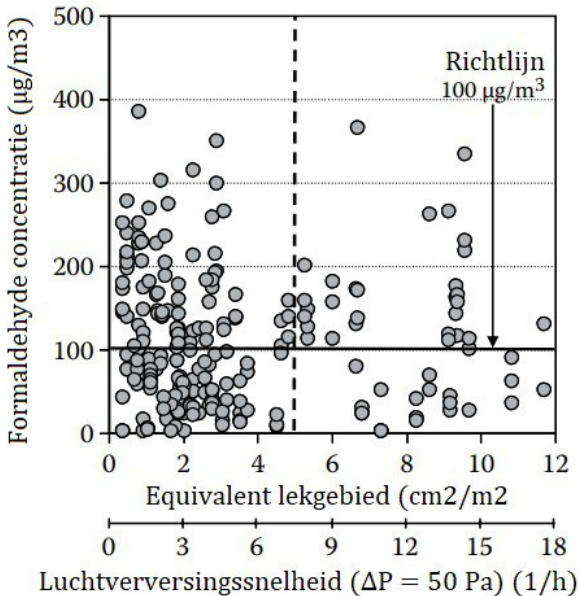


FIGUUR 11.9 Langdurige veranderingen van de luchtverversingssnelheid van huizen (9 huizen)

11.3 VERGELIJKING VAN LUCHTDICHTHEID, VENTILATIESYSTEEM, EN CONCENTRATIES VAN CHEMISCHE STOFFEN

11.3.1 Vergelijking van luchtdichtheid en concentraties van chemische stoffen

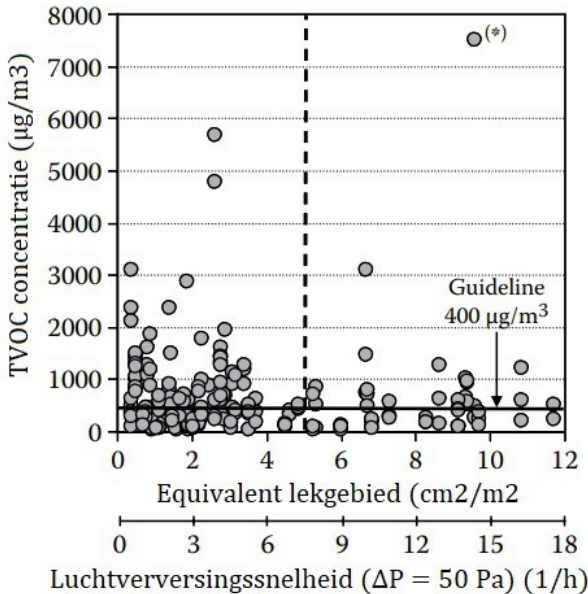
Figuur 11.10 toont het verband tussen luchtdichtheid en formaldehyde concentratie in 219 kamers van 77 huizen, en **Figuur 11.11** toont hetzelfde verband met de totale concentratie vluchtige organische stoffen (TVOC) in 214 kamers van 77 huizen.



FIGUUR 11.10 Verband tussen luchtdichtheid en formaldehydeconcentratie (219 kamers van 77 huizen)

In de figuren staat de waarde van de luchtdichtheid van een huis op de x-as en worden de concentraties van de chemische stoffen, gemeten op dezelfde termijn van elke kamer in dezelfde huizen, verschillende punten op de y-as uitgezet. Formaldehyde en TVOC concentraties neigen hoger te zijn in huizen met hoge luchtdichtheid. Het huis (*) in **figuur 11.11** [128] heeft echter een hoge TVOC concentratie ondanks lage luchtdichtheid en schijnt beïnvloed te zijn door

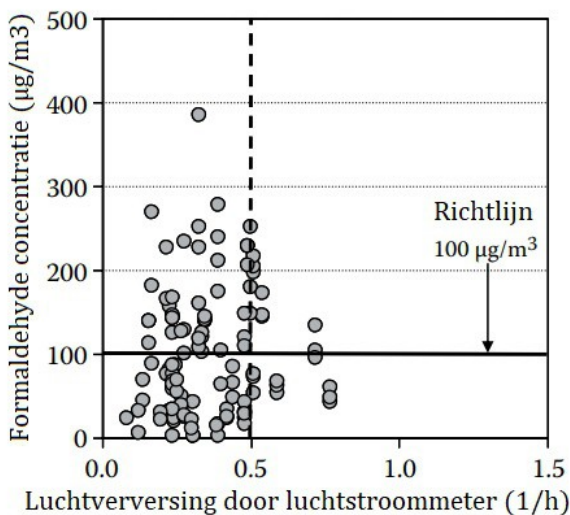
de uitstoot van p-dichloorbenzeen ($7365 \mu\text{g}/\text{m}^3$) uit mottenballen. [128] Anderzijds meent men dat ook de ventilatiesnelheid een van de invloedrijke factoren is.



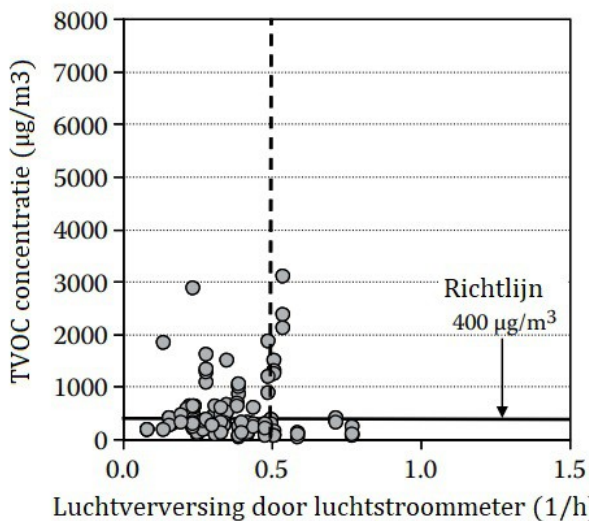
FIGUUR 11.11 Verband tussen luchtdichtheid en TVOC concentratie (214 kamers van 77 huizen).

11.3.2 Vergelijking van luchtverversingssnelheid en concentraties van chemische stoffen

Figuur 11.12 toont het verband tussen de luchtverversingssnelheid van 42 huizen met een mechanisch ventilatiesysteem en de formaldehyde concentratie in 110 kamers, en **Figuur 11.13** toont het verband tussen de luchtverversingssnelheid van 40 huizen met een mechanisch ventilatiesysteem en de TVOC concentratie in 109 kamers. [129]



FIGUUR 11.12 Verband tussen luchtverversingssnelheid en formaldehydeconcentratie (110 kamers van 42 huizen).



FIGUUR 11.13 Verband tussen luchtverversingssnelheid en TVOC-concentratie (109 kamers van 40 huizen).

De concentratie neigt hoger te zijn in de kamers waar de luchtverversingssnelheid minder dan 0,5 ACH bedraagt. De concentratie kan echter hoger zijn dan de richtwaarde, ondanks een hoge luchtverversingssnelheid, meer dan 0,5 ACH. We beschouwden dit als beïnvloed door verontreinigende bronnen.

11.4 CONCLUSIES

Het meetonderzoek bracht aan het licht dat de luchtdichtheid van de huizen verbetert, maar dat de ventilatie niet voldoende verzekerd is. Bevestigd werd dat de formaldehyde en TVOC concentratie hoger neigt te zijn in huizen met een hoge luchtdichtheid en in kamers met een ventilatiesysteem van minder dan 0,5 ACH.

EINDNOTEN -11

1. Yoshino H, Takaki R, Nakamura A, Ikeda K, Nozaki A, Kakuta K, Hojo S, Yoshino H, Amano K, Ishikawa S. Field Survey on Air-Tightness, Ventilation Rate and Indoor Air Quality of 77 Houses in Japan. In Proceedings of 30th Air Infiltration and Ventilation Centre Conference. Berlin, Germany. October 1–2, 2009.
2. The standard related air-tightness of house was deleted when the Energy Saving Standard was amended in 2009.
3. Elmroth A, Logdberg A. 1981. Airtight houses and energy consumption. Building research and practice 9(2):102–117.
4. O’Sullivan P, Jones PJ. 1982. The ventilation performance of houses: A case study. In Proceedings of 3rd Air Infiltration Centre Conference. London. September 20–23, 1982.
5. Irie Y, Fukushima A, Suzuki K, Ukita T, Konishi K. 1990. Air tightness of single detached houses in Hokkaido. In Summaries of Technical Papers of Annual Meeting of Architectural Institute of Japan. Hiroshima, Japan. October 1990. D:565–566 (In Japanese).

HOOFDSTUK – 12

Chemische kenmerken van binnenverontreinigende stoffen en de huidige regelgeving

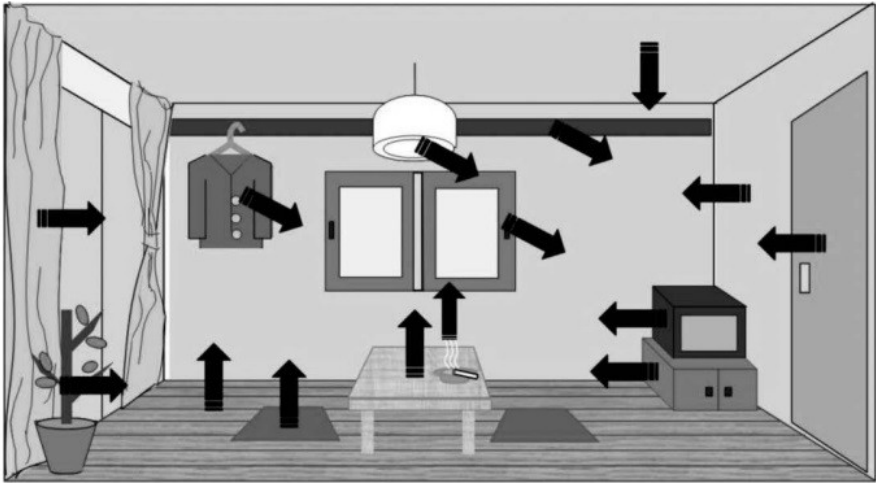
Naohide Shinohara, PhD, Senior Onderzoeker Nationaal Instituut voor Geavanceerde Industriële Wetenschap en Technologie

12.1 GEBRUIK EN BRONNEN VAN CHEMISCHE SOORTEN DIE IN BINNENMILIEUS WORDEN WAARGENOMEN

Veel kunstmatige chemische verbindingen zijn gebruikt in allerlei producten voor binnenshuis (**figuur 12.1**). Hoewel deze stoffen ons leven aangenaam maken, kunnen ze onze gezondheid schaden. Hier bespreken we de typische chemische stoffen die door materialen binnenshuis worden uitgestoten.

Enkele voorbeelden van meetgegevens over de emissie van hoeveelheden materialen binnenshuis, zoals meubels en bouwmaterialen, naar het binnenmilieu staan in **figuur 12.2**. De resultaten over de emissiehoeveelheden gemeten met een passieve flux sampler (PFS) of passieve emissie colorimetrische sampler (PECS) tonen aan dat er veel emissiebronnen van vele soorten chemische stoffen in het binnenmilieu zijn. De meetapparatuur, zoals PFS en PECS, wordt

toegelicht in hoofdstuk 13.



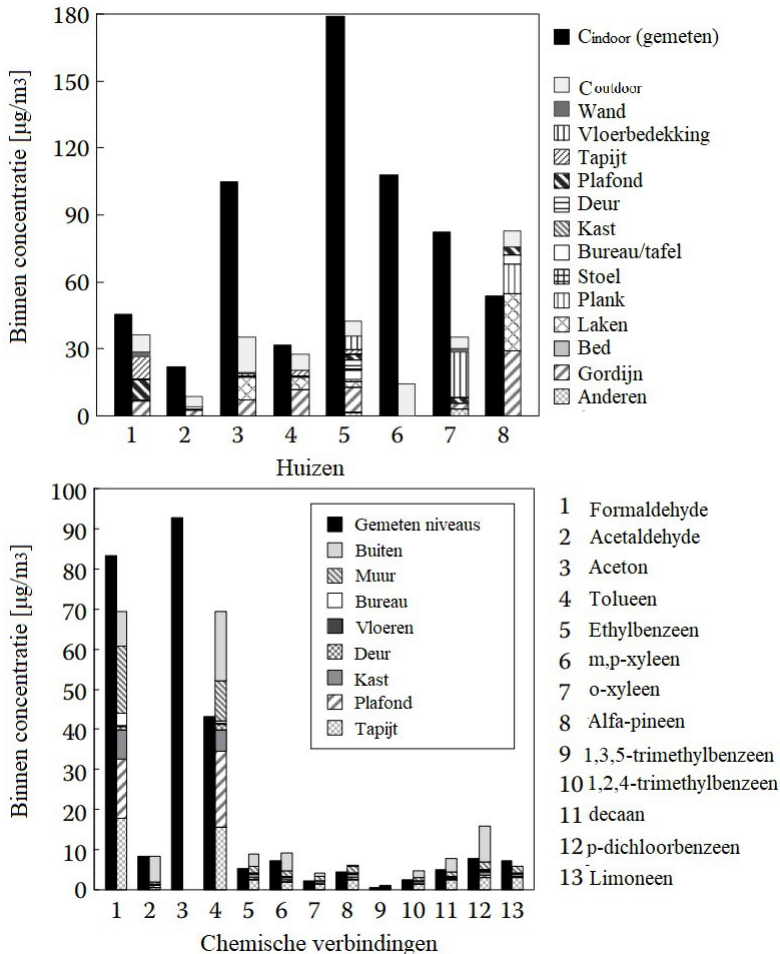
FIGUUR 12.1 *Verschillende chemische verbindingen worden uitgestoten door verschillende producten in het binnenmilieu.*

Gemeten binnenconcentraties worden vergeleken met geschatte binnenconcentraties volgens de emissiesnelheden en luchtuitwisselingssnelheden voor typische chemische stoffen in een kamer (a) en voor formaldehyde in verschillende huizen (b).

12.1.1 Kunstmatige houten platen en lijmen

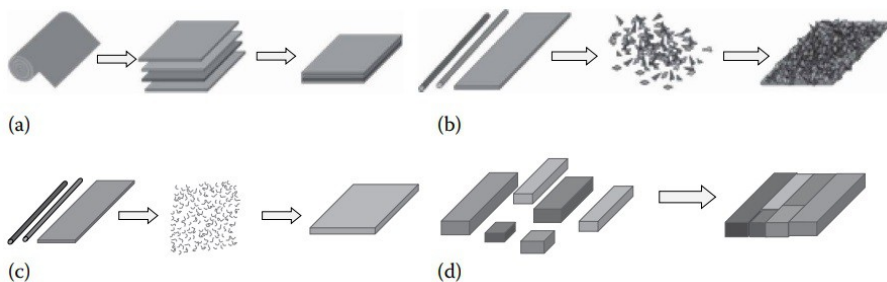
Kunstmatige houten platen, zoals triplex, spaanplaat, vezelplaat en gelamineerd timmerhout, zijn een van de meest gebruikte materialen als bouw materiaal en meubilair. Omdat bij het maken van een grote plank voor een muur of een deur met gewoon hout oude grote bomen moeten worden gebruikt, zijn de kosten vrij hoog en is massaproductie

moeilijk. Daarom werd een kunstmatige houten plaat ontwikkeld om veel grote planken tegen lage kosten te verkrijgen. Kunstmatige houten platen zoals triplex begonnen op grote schaal gebruikt te worden tijdens de snelle economische groei in Japan (jaren '60).



FIGUUR 12.2 Bijdrage van elke binnenbron aan de concentraties binnenshuis.

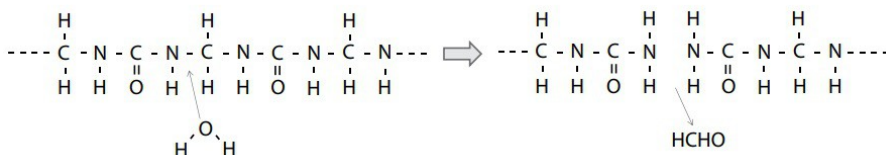
Triplex wordt vervaardigd door dunne, van hout afgeschraapte platen met lijm (hars) aan elkaar te lijmen (**figuur 12.3a**). Een spaanplaat wordt vervaardigd door houtdeeltjes of -schilfers samen met lijm te mengen en tot een plaat te vormen (**figuur 12.3b**). Vezelplaat wordt vervaardigd door houtvezels, gepulped (geëxtraheerd) uit houtspaanders met stoom onder druk, met lijm te mengen en tot een plank te vormen (**figuur 12.3c**). Gelamineerd timmerhout wordt vervaardigd door stukken hout, zoals afvalhout en eindmateriaal, met lijm aan elkaar te plakken (**figuur 12.3d**).



FIGUUR 12.3 Conceptueel schema van het fabricageproces van houten plaat. (a) Triplex, (b) spaanplaat, (c) vezelplaat, en (d) gelamineerd timmerhout.

Een van de voornaamste emissiebronnen van formaldehyde, dat aanvankelijk in het vizier kwam als de chemische stof die verantwoordelijk is voor het sick-house-syndroom, dat aan het eind van de jaren 1990 werd vastgesteld, waren de lijmen in houten materialen. Omdat formaldehyde de grondstof is van ureumhars en ureum melaminehars, enzovoort, kan het niet verwerkte formaldehyde in deze harsen achterblijven. Bovendien ontstaat formaldehyde door de hydrolyse van vocht binnenshuis met ureumhars (**figuur 12.4**). De be-

woners werden blootgesteld aan formaldehyde dat in het binnenmilieu uit kunsthout kwam. Naarmate de resthoeveelheid formaldehyde in de loop van de tijd afneemt, kan ook de emissiewaarde met de tijd afnemen. Maar ook uit oude houten platen wordt formaldehyde uitgestoten omdat de ureumhars door hydrolyse formaldehyde kan blijven voortbrengen zolang er hars en vocht bestaan. Omdat de uitstoot van formaldehyde uit de bouwmaterialen door de in 2003 herziene Bouwverordening geregeld werd, bevatten en stoten de meeste houten bouwmaterialen in Japan tegenwoordig zelden nog formaldehyde in hoge concentraties uit. Bouwmateriaal valt echter niet onder deze regelgeving. De hoge formaldehyde-emissie uit de bouwmaterialen kan dus de binnenlucht verontreinigen via de afvoer op de muur of de spouw van de muren [1]. Bovendien, hoewel de lijm die gebruikt wordt om behang op de muur te plakken ook een typische bron van het formaldehyde in het binnenmilieu was, bevat en emitteert lijm tegenwoordig nog maar zelden formaldehyde vanwege voorschriften als de herziene Bouwverordening.



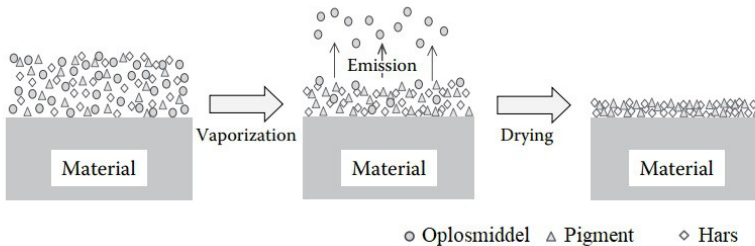
FIGUUR 12.4 *Hydrolyse van ureumhars. Formaldehyde ontstaat door de reactie van ureumhars van lijm met vocht binnenshuis. Omdat deze reactie doorgaat zolang de ureumhars aanwezig blijft, kan formaldehyde uit oud triplex emitteren.*

Ook wordt gemeld dat uit een houten plank of ruw hout zelf, natuurlijk geproduceerde chemische stoffen zoals terpenen (α -pineen, β -pineen, 3-careen, en een limoneen), aldehyden (formaldehyde, acetaldehyde, enz.), en alcoholen (ethanol, enz.) uitgestoten kunnen worden. Daarom overschrijdt de acetaldehyde concentratie in het binnenmilieu de richtwaarde van het Japanse Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn, in ongeveer 10% van de nieuwe huizen. Bovendien kunnen terpenen of alcoholen schadelijke nevenproducten in het binnenmilieu voortbrengen.

12.1.2 Verf

[134] Chemische stoffen in verfoplosmiddel kunnen afgeven op geverfde muren, plafonds, vloeren en meubels. Verf bestaat uit pigmenten die kleur geven, harsen die een oppervlaktelaag vormen, en vluchtige oplosmiddelen die pigment en hars oplossen. Na het schilderen, omdat het vluchtige oplosmiddel verdampt, vormen het pigment en de hars een vaste beschermende laag op het oppervlak (**Figuur 12.5**). Vluchtige organische oplosmiddelen zoals tolueen, xyleen, en ethylbenzeen, die als oplosmiddel gebruikt werden, werden tot ongeveer 10 jaar geleden uit verf uitgestoten. De mengverhouding van tolueen en xyleen werd veranderd naar gelang van de binnentemperatuur of de luchtvochtigheid voor gelijkmatig en glad schilderen door de verdampingsnelheid te regelen. Na de richtwaarde die het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn in 1997-2002 vaststelde, nam het gebruik van deze organische oplosmiddelen sterk af. De laatste tijd worden waterige en organische op-

losmiddelen die niet in de richtwaarde genoemd worden en esters zoals ethylacetaat en butylacetaat en alcoholen zoals ethanol bevatten, vaak als oplosmiddel gebruikt en via geverfde materialen naar het binnenmilieu uitgestoten.



FIGUUR 12.5 Principe van verf en verdamping van een oplosmiddel. Na het aanbrengen van verf die hars, pigment en oplosmiddel omvat, verdampt alleen het oplosmiddel en emitteert. Pigment en harslaag worden op het schilderonderwerp gevormd.

Wanneer een oplosmiddel volledig vervluchtigt, houdt de emissie op. Dit is anders dan de emissie van formaldehyde uit kleefstoffen. Verontreiniging binnenshuis door verfoplosmiddelen verdwijnt dan ook vaak pas 6 maanden tot 1 jaar nadat het schilderen voltooid is.

12.1.3 Schimmel, afweermiddelen, mottenballen, luchtverfrissers en ontsmettingsmiddelen

Hoewel traditionele Japanse huizen dakranden hebben die wijd opengaan en een goede luchtdoorlatendheid bieden, werd na het einde van de Tweede Wereldoorlog de structuur van de fundering in woonhuizen verplicht gesteld als tegenmaatregel tegen aardbevingen. Omdat in Japan hoge tempe-

raturen en hoge vochtigheid gemakkelijk kunnen doordringen tot de gesloten ruimten onder de dakranden, zijn conserveringsmiddelen, fungiciden en afweermiddelen gebruikt in bouwmaterialen, vooral in houten constructiematerialen om houtrot en termieten-schade te voorkomen. [135] Organochloorverbindingen, zoals *chloordaan*, en organofosforverbindingen, zoals *chloorpyrifos*, die ooit op grote schaal als termietenbestrijdingsmiddel gebruikt werden, werden respectievelijk in 1986 en 2003 verboden. Momenteel is de meest algemene termietenbestrijdingsmethode chemische infusie in hout onder verhoogde druk, zoals quaternaire ammoniumverbinding, koper-ammoniumverbinding, koperazoolverbinding, en metaalzout van vetzuur. Omdat deze chemische stoffen minder vluchtig zijn, zijn de concentraties binnenshuis en onder dakranden vrij laag [2]. Pyrethroïden, die een sterk afwerend effect hebben tegen termieten, en fenolen die op hout aangebracht of gespoten worden, kunnen het binnenmilieu verontreinigen.

In een binnenmilieu met hoge temperatuur en hoge vochtigheid zou condensatie kunnen ontstaan op de onderkant van tatami – mat op de vloer – en schimmel kunnen groeien. Volgens de Japanse Industriële Normen (JIS) [3] moet dus een geschikt insectenbestrijdingsmiddel op de onderkant van de tatami aangebracht worden om invasie door mijten en andere insecten te voorkomen. Er kan een insectenbestrijdingsvel gebruikt worden dat vluchtige chemische stoffen bevat, zoals pyrethroïden, organofosforverbindingen, en naftaleen. In zulke gevallen worden deze stoffen uitgestoten naar de binnenlucht, die daardoor verontreinigd kan raken.

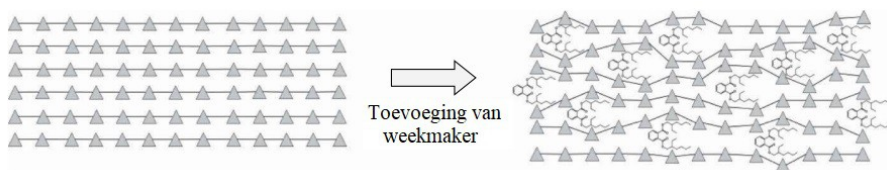
Alcoholen, aldehyden, imidazolen, enz. worden gebruikt als schimmelwerende middelen in bouwmaterialen. Hoewel tot in de jaren '90 formaldehyde in de lijm van triplex of behang schimmel tegenging, is een toename van schimmel in het binnenmilieu gerapporteerd nadat de regelgeving voor formaldehyde in het Bouwbesluit werd opgenomen.

In een gebied met hoge temperatuur en hoge luchtvochtigheid zoals Japan, is mottenwerend middel onmisbaar om kleren tegen insecten te beschermen. Motwerende middelen van het tablettype en van het kleeerhangertype worden gebruikt in stoffen opbergkisten en lades. Het motwerende kamfer, p-dichloorbenzenen, en naftalenen, die in de voorraadkisten naar de lucht verdampen en aan de kleren adsorberen, waren vaak gebruikt. Onlangs neemt het gebruik van pyrethroïd als motwerende stof toe, omdat deze chemische stof geen geur heeft.

12.1.4 Weekmakers en Vlamvertragers

Weekmakers zijn additieven die kunststoffen soepel maken door de regelmatige structuur van een hars te verstoren (**figuur 12.6**). Weekmakers worden aan veel soorten kunststoffen toegevoegd, zoals polyvinylchloride (PVC), en worden in het binnenmilieu gemeten. Ftalaten, zoals di-isononylfthalaat (DiNP) en diethylhexylfthalaat (DEHP), en fosfaten, zoals tricresylfosfaat (TCP), worden veel gebruikt als weekmakers voor kunststoffen. Deze chemische stoffen hebben een hoge dampdruk en zijn gemakkelijk te adsorberen aan het oppervlak van vloerbedekking en stof. [136] Deze che-

miscie stoffen zijn in een veel grotere overvloed aanwezig in huisstof dan in de binnenlucht.



FIGUUR 12.6 Principe van weekmakers. Omdat weekmakers in de harsstructuur doordringen en de structuur verstoren, wordt de hars week gemaakt.

Vlamvertragers zijn additieven die brandwerendheid geven aan consumptieartikelen zoals kunststoffen, rubber, vezels, papier, en hout. Hoewel anorganische oxiden het meest als vlamvertragers worden gebruikt, worden woonhuizen er zelden aan blootgesteld omdat ze niet verdampen. Broomverbindingen, zoals decabroomdifenylether, en fosfaten, zoals trifenylfosfaat, die de verbranding remmen door vrije radicalen vast te leggen en de zuurstoftoevoer te vertragen, kunnen verdampen en de binnenlucht verontreinigen.

12.1.5 Roken en verbrandingstoestellen

Het z.g. 'meeroken', de zijstroom van sigaretten is ook een grote bron van luchtverontreiniging binnenshuis. De zijstroom van sigaretten bevat vele soorten verontreinigende stoffen, zoals fijn stof, koolmonoxide, nicotine, acetaldehyde, formaldehyde, benzeen, nikkel en cadmium in hoge concentraties [4]. De concentraties van een groot aantal chemische stoffen zijn hoger in de zijstroom dan die in de hoofdstroom. In de rookruimte is er een sterke correlatie tussen de

concentratie van nicotine en die van de vluchtige organische stoffen (VOC's), zoals formaldehyde, acetaldehyde en benzeen [5].

Ook open type verbrandingstoestellen, die deeltjes, koolmonoxide, acetaldehyde, formaldehyde, benzeen, enz. kunnen uitstoten, veroorzaken luchtverontreiniging binnenshuis. Vooral in ontwikkelingslanden wordt in veel woningen binnenshuis biomassa-brandstof – o.a. hout en gedroogde mest – of steenkool gebruikt. Open verbranding van biomassa-brandstof en steenkool genereert deze chemische stoffen in veel hogere concentraties dan bij het verbranden in kachels, en veroorzaakt zo ernstige luchtverontreiniging binnenshuis. Zo waren de concentraties stikstofdioxide en koolmonoxide binnenshuis in de tijdelijke huizen na een grote aardbeving in het oosten van Japan in 2011 zeer hoog, vanwege de kleine afmetingen van de kamers en de geringe ventilatie [6].

12.1.6 Secundair gegenereerde verbindingen

De concentratie van formaldehyde en acetaldehyde stijgt door reacties van styreen en 4-vinylcyclohexaan, uitgestoten uit tapijten, met ozon [7]. De concentratie van aldehyden en zwevende deeltjes stijgt ook door de reactie van α -pineen en limoneen, uitgestoten uit ruw hout, met ozon [8]. De meeste ozon binnenshuis is afkomstig van de buitenlucht, en de ozonconcentratie binnenshuis is 20% tot 70% van die in de buitenlucht [9]. In het binnenmilieu kunnen sommige laserprinters en elektrostatische luchtreinigers ozon produceren [10].

Bovendien is het algemeen bekend dat 2-ethyl 1-hexanol ontstaat door de reactie van DEHP, dat het meest typische ftalaat is, met water binnenshuis. Vooral in gebouwen van gewapend beton reageert vocht in beton met DEHP in PVC vloerbedekking op de betonnen vloer en wordt 2-ethyl 1-hexanol in de binnenlucht uitgestoten [11].

12.1.7 Verontreinigingen in de buitenlucht

In huizen langs de weg en in buurten waar fabrieks- of verbrandingsinstallaties staan, kunnen verontreinigingen uit de buitenlucht via de ventilatie in het binnenmilieu terechtkomen. [137]

Hoewel de buitenluchtvervuiling in Japan de laatste jaren is afgenomen, is de buitenlucht in sommige ontwikkelingslanden ernstig vervuild.

Sommige chemische stoffen komen het binnenmilieu binnen door adsorptie aan kleding. In boerenhuizen wordt gemeld dat de concentratie organofosforpesticiden binnenshuis verhoogd is na het sproeien van pesticiden in buitenboerderijen. Dit zou het gevolg kunnen zijn van de adsorptie van het bestrijdingsmiddel aan kleren. Evenzo neemt de concentratie van organochloorverbindingen toe na het afhaken van kleren bij de stomerij.

12.1.8 Onbekende verontreinigende stoffen

Onlangs zijn de concentraties van typische aldehyden en VOC's binnenshuis gedaald door de vaststelling van de

richtwaarde voor luchtverontreinigende stoffen binnenshuis en de herziening van het Bouwbesluit. Anderzijds kunnen de concentraties van alternatieve chemische stoffen binnenshuis toenemen, hoewel sommige van die stoffen niet geïdentificeerd kunnen worden. Sommige chemische stoffen kunnen al bij lage concentraties in het binnenmilieu schadelijke effecten veroorzaken.

12.2 BEPALING VAN VERONTREINIGENDE STOFFEN UIT HET OOGPUNT VAN GEZONDHEIDSEFFECTEN

De nadelige gezondheidseffecten die door de binnenluchtverontreinigende stoffen worden veroorzaakt, worden als volgt toegelicht.

12.2.1 Beoogde gezondheidseffecten

12.2.1.1 'Sick-house' syndroom

Na de jaren '70 klaagden kantoorpersoneel over symptomen als slijmvliesirritatie, huidirritatie, vermoeidheid, hoofdpijn en verminderde concentratie in nieuw gebouwde luchtdichte kantoorgebouwen, en de aandoening werd *sick-building syndrome* (SBS) genoemd [12]. In Japan, waar de wet op de bouwadministratie voorschreef dat het kooldioxidegehalte 1000 ppm of minder moest zijn in gebouwen met 3000 m² of meer vloeroppervlak, was een hoge ventilatie gehandhaafd en kwam SBS niet voor in kantoorgebouwen. Na de tweede helft van de jaren '90 echter, toen de luchtdichtheid

van woonhuizen verbeterd werd om energie te besparen, klaagden veel bewoners over symptomen die op SBS leken in nieuwe woonhuizen, en het werd een sociaal probleem dat sick-house-syndrome (SHS) genoemd werd. Bovendien klaagden in klaslokalen van nieuw gebouwde scholen ook sommige leerlingen of leraren over deze symptomen.

De symptomen van SHS verschillen van mens tot mens, maar kenmerkende symptomen zijn slijmvliesirritatie, huidirritatie, vermoeidheid, hoofdpijn en verminderde concentratie. Formaldehyde, gebruikt in de lijmen, en toluen en xyleen, gebruikt als oplosmiddelen, waren de voornaamste veroorzakers van SHS. De concentraties van deze chemische verbindingen binnenshuis zijn sterk gedaald als gevolg van de richtwaarden voor 13 soorten chemische stoffen die door het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn zijn vastgesteld en de herziening van de bouwvoorschriften door het Ministerie van Land, Infrastructuur, Vervoer en Toerisme. Bijgevolg is het SHS probleem de laatste tijd afgenomen. [138] Er is echter melding gemaakt van SHS veroorzaakt door nieuwe alternatieve chemische stoffen zoals *l-methyl-2-pyrolidon en texanol in waterverf* [13].

12.2.1.2 Astma

Astma is een veel voorkomende allergische ontstekingsziekte in de luchtwegen, die veroorzaakt wordt door de afzetting van chemische verbindingen en deeltjes. Piepen, hoesten, benauwdheid op de borst en kortademigheid zijn de voornaamste symptomen van astma. In een binnenmilieu worden

stikstofdioxide, sommige chemische verbindingen, schimmel en mijten als de verantwoordelijke stoffen beschouwd. Onlangs hebben steeds meer rapporten erop gewezen dat de concentraties van ftalaatesters binnenshuis kunnen correleren met de incidentie van astma. In ontwikkelingslanden wordt astma in het binnenmilieu vaak veroorzaakt door de verbranding van biomassa-brandstof en steenkool.

12.2.1.3 Ontregeling van het endocriene – hormonale – stelsel

Sommige binnenchemicaliën kunnen door hun hormoonachtige werking de ontwikkeling van het endocriene systeem verstoren. Endocriene verstoring werd een populair onderwerp na de publicatie in 1996 van "*Our Stolen Future*" door Theo Colborn in 1997 [14]⁶. Omdat ftalaatesters, zoals diethylhexylftalaat (DEHP), dibutylftalaat (DBP), diisobutylftalaat (DiBP), en het benzylbutylftalaat (BBP), die vaak in het binnenmilieu werden aangetroffen, de hormoonontregelende stoffen zouden kunnen zijn, werd het gebruik van deze chemische stoffen in sommige landen zoals Denemarken beperkt. Anderzijds beweren veel rapporten dat ftalaatesters, zoals DEHP, weinig of geen hormoonontregelende werking hebben.

12.2.1.4 Kanker

In Japan is kanker verantwoordelijk voor meer dan 30% van alle sterfgevallen [15]. Een deel van de kankergevallen zou

6 Als PDFDrive versie in MAP Chemische Sensitivity – foto blz.

veroorzaakt kunnen worden door blootstelling aan chemische verbindingen. In het binnenmilieu zijn formaldehyde en benzeen kankerverwekkend en acetaldehyde, ethylbenzeen, en p-dichloorbenzeen zijn mogelijk kankerverwekkend. Formaldehyde wordt uitgestoten uit de eerder beschreven lijmen. Hoewel het meeste benzeen binnenshuis wordt uitgestoten door brandende apparatuur, zoals verwarmingstoestellen, of binnengebracht uit tabaksrook of buitenlucht in Japan (bijna geen emissiebron binnenshuis), wordt benzeen ook gebruikt als verfoplosmiddel in sommige landen, zoals China. Bovendien wordt verondersteld dat polycyclische aromatische (PAK's) die uit brandende apparaten vrijkomen waarschijnlijk ook kankerverwekkend zijn.

12.2.2 Veldonderzoek naar binnenvervuiling

Het Ministerie van Gezondheid en Welzijn (tegenwoordig: Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn) voerde in 1997 en 1998 in heel Japan een onderzoek uit om de binnenconcentraties van VOC in woonhuizen te meten (1997: 180 huizen; 1998: 205 huizen). De gemiddelde concentratie van toluen en p-dichloorbenzeen was verhoudingsgewijs hoog, respectievelijk 93,3 en 128,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1997 en 98,3 en 123,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1998 (Tabel 12.1) [16].

[139 -141] 3 x Tabel 12-1

TABLE 12.1

Concentraties van vluchtige chemische stoffen binnenshuis in Japan

Substantie	MHLW Survey (1999) [16]						NEDO Survey (2007) [17]					
	1997			1998			Zomer 2005			Herfst 2005		
	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Median [µg/m ³]
Formaldehyde	–	–	–	–	–	–	94.4	71.5	49.4	36.4	27.8	23.3
Acetaldehyde	–	–	–	–	–	–	47.5	31.1	37.9	29.2	43.1	29.8
<i>n</i> -Hexane	7.4	3.6	7.0	2.9	2.9	N.D.	2.09	N.D.	1.94	N.D.	10.8	4.66
						(0.21)				(<0.21)		
<i>n</i> -Heptane	7.7	2.0	7.8	2.5	2.5	5.30	5.30	2.33	5.67	2.81	6.73	2.01
<i>n</i> -Octane	11.5	1.6	12.7	1.8	1.8	2.75	2.75	1.08	4.64	1.30	5.98	t.r.
												(<0.85)
<i>n</i> -Nonane	20.9	3.3	20.8	4.8	4.8	8.52	8.52	2.71	12.8	3.44	13.0	1.70
<i>n</i> -Decane	23.1	4.2	21	7.4	7.4	24.3	24.3	22.2	12.4	8.59	4.53	N.D.
												(<0.22)
<i>n</i> -Undecane	14.6	2.9	13	4.6	4.6	11.9	11.9	4.19	8.13	3.52	16.0	6.18
<i>n</i> -Dodecane	9.5	2.6	10.2	4.8	4.8	13.5	13.5	5.32	7.27	N.D.	2.95	N.D.
												(<0.42)
<i>n</i> -Tridecane	7.3	1.9	13.1	5.7	5.7	–	–	–	–	–	–	–
<i>n</i> -Tetradecane	5.7	2.8	18.7	4.4	4.4	842	842	240	457	8.37	31.6	8.37
<i>n</i> -Pentadecane	2.0	0.5	5.3	1.4	1.4	–	–	–	–	–	–	–
<i>n</i> -Hexadecane	1.3	0.3	2.3	0.8	0.8	–	–	–	–	–	–	–
Benzene	5.9	3.1	7.2	2.6	2.6	1.71	1.71	1.58	2.90	2.46	3.60	2.92
Toluene	93.3	26.9	98.3	25.4	25.4	36.1	36.1	22.1	36.6	23.9	36.4	26.9

(Continued)

TABLE 12.1

Concentraties van vluchtige chemische stoffen binnenshuis in Japan

Substances	MHLW Survey (1999) [16]						NEDO Survey (2007) [17]					
	1997		1998		Zomer 2005		Herfst 2005		Winter 2006		Lente 2006	
	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]
Ethyl Benzene	21.6	6.8	22.5	6.8	11.9	7.41	11.0	8.75	7.42	5.67	19.2	7.24
<i>m,p</i> -Xylene, <i>m</i> -Xylene	26.7	9.6	24.3	10.2	24.8	15.7	24.7	19.1	22.9	12.8	17.7	13.3
<i>o</i> -Xylene	11.5	4.2	10	3.8	5.61	3.60	5.52	4.01	5.19	2.42	4.17	2.81
Styrene	4.5	0.6	4.9	0.2	t.r.	N.D.	t.r.	N.D.	N.D.	N.D.	2.67	N.D.
1,3,5-Trimethylbenzene	9.6	1.3	3.1	1.3	1.75	1.13	1.66	0.515	1.09	N.D.	1.16	t.r.
1,2,4-Trimethylbenzene	29	4.1	12.8	4.8	6.85	4.60	6.69	3.99	3.63	1.53	4.06	2.59
1,2,3-Trimethylbenzene	5.8	1.0	4.2	1.2	1.67	1.07	1.60	t.r.	1.08	N.D.	1.03	t.r.
alpha-Pinene	12.9	3.6	77.6	4.7	139	13.5	60.0	12.1	37.8	8.20	67.9	13.1
d-Limonene	26.5	6.1	42.1	12.8	32.9	17.6	25.3	16.2	12.7	7.40	49.6	12.5
Dichloromethane	7.5	2.6	—	—	206	1.15	161	2.39	95.9	1.81	44.1	1.50
Trichloroethylene	7.9	0.2	2.4	0.3	1.67	t.r.	3.42	2.26	2.89	2.12	1.45	1.11
Tetrachloroethylene	1.8	0.4	1.9	0.3	1.01	t.r.	1.11	t.r.	t.r.	t.r.	1.15	t.r.
Chloroform	2.1	0.4	1.0	0.3	0.831	0.831	N.D.	N.D.	t.r.	N.D.	1.60	1.00

(Continued)

TABLE 12.1
Concentraties van vluchtige chemische stoffen binnenshuis in Japan

Substances	MHLW Survey (1999) [16]				NEDO Survey (2007) [17]									
	1997		1998		Zomer 2005		Herfst 2005		Winter 2006		Lente 2006		Zomer 2006	
	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]	Mean [µg/m ³]	Median [µg/m ³]
1,2-Dichloropropane	1.1	0.2	0.5	0.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	tr.	N.D.	N.D.	N.D.
<i>p</i> -Dichlorobenzene	128.4	12.3	123.3	16.1	352	16.3	96.7	8.63	29.1	2.81	327.9	7.64	209.8	13.4
Tetrachloromethane	3.6	0.4	1.5	0.6	1.28	1.34	1.26	1.26	tr.	tr.	tr.	1.10	tr.	tr.
Chloro	5.3	0.2	2.0	0.2	tr.	N.D.	tr.	tr.	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
Dibromomethane					<1.1	<0.34	<1.1	<1.0	<1.1	<0.34	<1.1	<0.34	<1.1	<0.34
Ethyl acetate	9.0	3.8	11.9	3.7	29.2	6.41	24.5	17.8	15.8	9.48	19.3	tr.	16.6	8.74
Butyl acetate	10.3	2.1	11.7	1.9	22.3	2.84	5.09	1.85	2.14	1.30	5.00	2.77	5.76	2.23
Acetone	32.3	18.3	–	–	42.1	24.4	31.9	24.6	23.3	20.7	33.7	28.3	38.5	31.1
Methyl Ethyl Ketone	6.6	2.3	5.8	1.6	13.9	7.13	17.1	13.1	9.76	6.94	9.51	7.75	8.63	6.47
Methyl iso-Butyl Ketone	7.3	0.8	4.8	0.8	7.57	2.07	4.43	1.58	1.75	tr.	4.00	1.61	2.97	1.25
Ethanol	281.2	84.7	–	–	58.0	20.9	326	180	198	140	131	60.8	90.6	43.9
<i>t</i> -Butanol	–	–	–	–	1.27	N.D.	0.726	N.D.	tr.	N.D.	1.11	0.930	0.981	0.670
<i>n</i> -Butanol	5.1	1.9	6.8	1.4	4.03	2.37	1.60	<0.14	<0.47	<0.14	2.46	1.66	2.76	2.11
Nonanal	5.9	3.4	15.8	6.8	52.7	49.0	23.8	20.0	24.8	20.7	70.1	64.8	50.5	46.8

In het onderzoek dat de *New Energy and Industrial Technology Development Organization* (NEDO) van 2005 tot 2006 uitvoerde, waren de concentraties van de meeste chemische stoffen binnenshuis hoger in de zomer en lager in de winter (**tabel 12.1**) [17]. De binnenconcentraties van formaldehyde en toluen, die door de richtlijn en de herziene Bouwverordening in nieuwe huizen zijn gedaald, bleven hoog in sommige huizen die gebouwd waren voordat de richtlijn werd vastgesteld.

12.3 RISICO-EVALUATIE

12.3.1 Wat is risico-evaluatie?

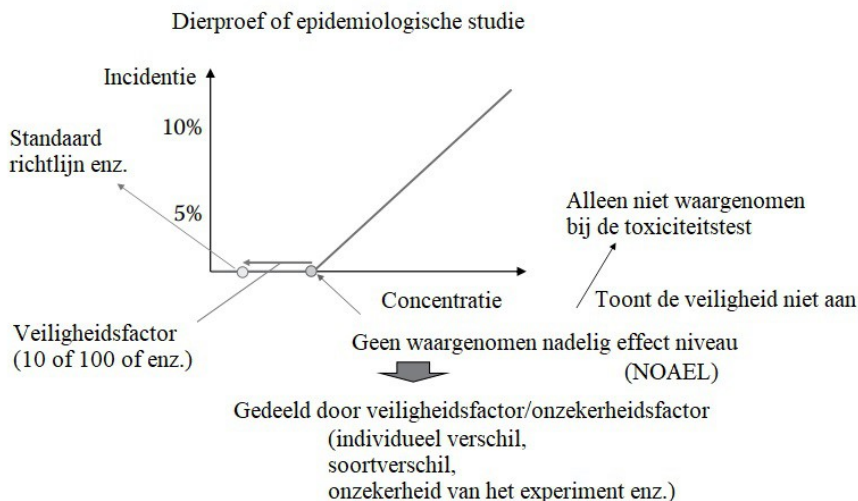
"Risico van chemische verbindingen" staat voor de mogelijkheid en de ernst van nadelige gevolgen voor de menselijke gezondheid of het milieu als gevolg van de chemische verbindingen. Op basis van de resultaten van de risico-evaluatie worden regelgeving en tegenmaatregelen vastgesteld of gekozen. Een risico wordt beoordeeld door de combinatie van gevaar en blootstelling. We kunnen zeer giftige stoffen gebruiken als de kans op en de hoeveelheid blootstelling vrij gering zijn en het voordeel vrij groot. Integendeel, zelfs als de giftigheid van de chemische verbinding niet zo hoog is, hoeven we de chemische stof niet te gebruiken als de blootstellingsniveaus vrij hoog zijn. Geen enkele chemische verbinding heeft een nul-risico; we staan een zekere mate van risico toe in verhouding tot het voordeel. Het aanvaardbare risico hangt dus af van de grootte van het voordeel. In het geval van medicijnen is de werkzaamheid van het genees-

middel het voordeel en de bijwerkingen het risico. Voor verkoudheidsmedicijnen is, omdat het voordeel niet zo groot is, alleen een kleine bijwerking zoals slaperigheid aanvaardbaar. Daarentegen kunnen zeer nadelige bijwerkingen voor antikankermedicijnen aanvaard worden omdat het voordeel groot is.

12.3.2 Beoordeling van gevaren

Gevarenbeoordeling gebeurt op basis van epidemiologisch onderzoek op mensen of dierproeven. De meeste chemische stoffen vertonen geen toxiciteit beneden een bepaald blootstellingsniveau, dat de drempel wordt genoemd (voor sommige ziekten, zoals bepaalde kankers, is er geen drempel). Omdat het moeilijk is de drempel zelf uit de epidemiologische studie of dierproef te halen, wordt het "no observed adverse effect level" (NOAEL), dat is het hoogste blootstellingsniveau zonder nadelige effecten, als toxicologische indicator gebruikt. NOAEL wordt geacht gelijk te zijn aan of lager te zijn dan de drempelwaarde. Rekening houdend met toxiciteitsverschillen tussen mens en dier en tussen individuen onderling en met de betrouwbaarheid van de tests, wordt de standaardwaarde of richtwaarde verkregen door het NOAEL te delen door de onzekerheidsfactor die met deze verschillen en betrouwbaarheden samenhangt, zoals getoond in **figuur 12.7**. Omdat er zelfs voor een bepaalde chemische stof vaak meerdere resultaten van verschillende toxiciteitstests zijn, behoort het laagste NOAEL tot de betrouwbare tests voor de beoordeling van gevaren.

De richtwaarden voor binnenshuis die door het Ministerie van Volksgezondheid, Arbeid en Welzijn worden vastgesteld, zijn gebaseerd op de gevarenbeoordeling. Als voorbeeld van de gevarenbeoordeling worden de procedures voor de beoordeling van formaldehyde en p-dichloorbenzeen getoond in **Figuur 12.7**.



FIGUUR 12.7 Gevarenbeoordeling van chemische verbindingen.

[143] De richtwaarde voor formaldehyde binnenshuis wordt berekend op basis van het resultaat van de nasofaryngeale slijmvliesirritatietest bij mensen. Er kan geschat worden dat proefpersonen geen irritatie ondervonden bij blootstelling aan maximaal $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ formaldehyde gedurende 30 minuten, en dat is NOAEL voor mensen. Omdat in dit geval de test bij mensen werd uitgevoerd en de bijwerkingen niet ernstig waren, werd geen onzekerheidsfactor gebruikt en werd de richtwaarde voor formaldehyde bij 30 minuten

blootstelling op $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gesteld.

In het geval van p-dichloorbenzeen wordt, omdat er geen toxiciteitsgegevens over mensen zijn, de NOAEL uit dierproeven verkregen. In de eenjarige studie met herhaalde dosering (5 dagen/week) op *beagle honden* werden een toename van het levergewicht en hypertrofie van de hepatocyten waargenomen bij concentraties hoger dan $50 \text{ mg}/\text{kg}/\text{dag}$, terwijl geen nadelige effecten werden waargenomen bij $10 \text{ mg}/\text{kg}/\text{dag}$. Daarom werd het NOAEL van p-dichloorbenzeen geschat op $10 \text{ mg}/\text{kg}/\text{dag}$ bij beagles. Een correctie voor 7 dagen blootstelling en verschillen in lichaamsgewicht en ademhalingsvolume werd uitgevoerd voor het NOAEL. Het gecorrigeerde NOAEL werd gedeeld door de onzekerheidsfactor voor het soortverschil, 10, en het individuele verschil, 10, en daarna werd de richtwaarde vastgesteld op $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Richtwaarde = $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(= $10 \times 7/5 \times 50/15/100$)

NOAEL

Correctie van blootstelling duaratie

(5 dagen $\rightarrow$ 7 dagen)

Correctie van lichaamsgewicht

(per kg $\rightarrow$ 50 kg)

Correctie van ademhalingsvolume

(Mens: $15\text{m}^3/\text{dag}$)

Onzekerheidsfactor

(individueel verschil 10)

(soortverschil 10)

TABLE 12.2**Richtlijnen voor binnengebruik in Japan**

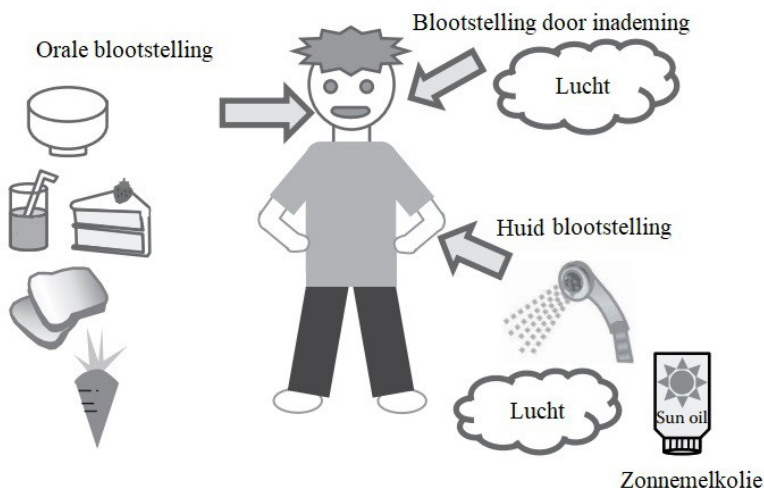
Datum	Chemische	Richtlijnen
June 1997	Formaldehyde	100 µg/m ³
June 2000	Toluene	260 µg/m ³
June 2000	Xylene	870 µg/m ³
June 2000	<i>p</i> -Dichlorobenzen	240 µg/m ³
Dec. 2000	Ethylbenzene	3800 µg/m ³
Dec. 2000	Styrene	220 µg/m ³
Dec. 2000	Chlorpyrifos	1 µg/m ³ Child: 0.1 µg/m ³
Dec. 2000	Di- <i>n</i> -butyl phthalate	220 µg/m ³
Dec. 2000	Total VOC (TVOC)	400 µg/m ³ [voorlopig]
July 2001	Tetradecan	330 µg/m ³
July 2001	Diethylhexyl phthalate	120 µg/m ³
July 2001	Diazinon	0.29 µg/m ³
Jan. 2002	Acetaldehyde	48 µg/m ³
Jan. 2002	Fenobucarb	33 µg/m ³

[144] Voor de andere vluchtige chemische stoffen werden de richtwaarden vastgesteld door de toxiciteitsbeoordeling, net als voor formaldehyde en *p*-dichloorbenzeen. Alleen voor totale VOC's werd, omdat we geen NOAEL konden verkrijgen, de tussentijdse streefwaarde, geen richtwaarde, op 400 µg/m³ gesteld, die op grond van de nationale enquête haalbaar werd geacht. De Japanse richtwaarden voor binnenshuis staan in **tabel 12.2** [18].

12.3.3 Beoordeling van de blootstelling

Blootstellingsschatting is het proces waarbij geschat/geme-

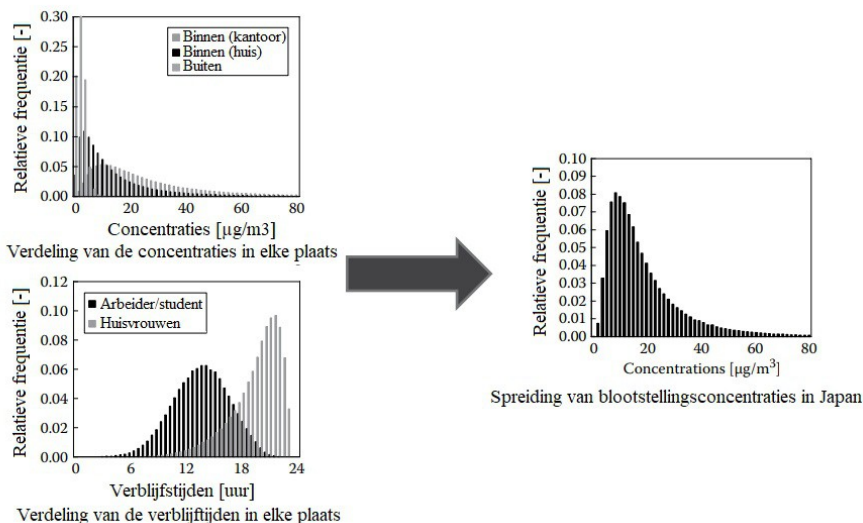
ten wordt hoeveel/op welk niveau en hoeveel mensen aan bepaalde chemische verbindingen worden blootgesteld. Mensen kunnen langs drie wegen aan chemische verbindingen worden blootgesteld: (1) inhalatieblootstelling, waarbij in de lucht zwevende chemische verbindingen tijdens de ademhaling via mond en neus door de luchtwegen en longen worden opgenomen; (2) orale blootstelling, waarbij voedsel, drank en stof door drinken en eten via de mond door het spijsverteringskanaal worden opgenomen; en (3) dermale blootstelling, waarbij in de lucht, in het water en in producten zwevende chemische verbindingen via de huid worden opgenomen (**figuur 12.8**).



FIGUUR 12.8 Drie blootstellingsroutes

Eerst moet besloten worden tot de doelgroep van de blootstellingsevaluatie, zoals alle Japanners of buurten waar een bepaald soort fabriek staat, enzovoort. Dan moeten de verdelingen van de blootstellingshoeveelheid (concentratie)

voor de groep geschat worden. Er zijn drie manieren om de blootstellingsverdeling te schatten: (1) op basis van de meting van de concentratie in elk medium, zoals lucht, water en voedsel; (2) op basis van de modelberekening om de concentratie in elk medium te schatten; en (3) op basis van bio-monitoring, wat een directe methode is om de opgenomen hoeveelheid te meten door de chemische verbindingen in bloed of urine te meten.



FIGUUR 12.9 Afleiding van de blootstellingsverdeling aan acetaldehyde in Japan. Rekenkundig gemiddelde: $20,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, standaardafwijking: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Geometrisch gemiddelde: $18,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, geometrische standaardafwijking: $2,7$ 95%iel: $49,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Overgenomen uit Shinohara N et al. 2007. Gedetailleerd risicobeoordelingsdocument 12. Acetaldehyde. Tokio: Maruzen [In het Japans].)

In het geval van (1) en (2) wordt de gemeten/geschatte verdeling van de concentraties met behulp van Monte Carlo si-

mulatie vermenigvuldigd met het ademhalingsvolume of het niet opgenomen volume. Een voorbeeld van een blootstellingsevaluatie, inhalatieblootstelling aan acetaldehyde, wordt getoond in **figuur 12.9**.

12.3.4 Risico-evaluatie

[146] Bij risico-evaluatie wordt beoordeeld hoeveel mensen en bevolkingsgroepen te maken krijgen met gezondheidseffecten en of er tegenmaatregelen genomen moeten worden, door de resultaten van de gevaren-evaluatie te vergelijken met de resultaten van de blootstellingsevaluatie. [147] Het beoordelen van het risico gebeurt vaak met behulp van het gevarenquotiënt (HQ) of de blootstellingsmarge (MOE). Bij gebruik van het HQ wordt het risico beoordeeld aan de hand van de vraag of de blootstellingsniveaus al dan niet hoger zijn dan de norm- of richtwaarde, volgens de volgende vergelijking:

$$HQ = \frac{(\text{Exposure level})}{(\text{Standard value or guideline value})}$$

Als het HQ hoger is dan 1, is het risico zorgwekkend en is een meer gedetailleerde schatting of overweging van tegenmaatregelen nodig. Anderzijds, wanneer het HQ lager is dan 1, is het risico niet zorgwekkend en zijn tegenmaatregelen niet nodig. Bij gebruik van de MOE wordt het risico beoordeeld door de verhouding tussen blootstellingsniveau en NOAEL te vergelijken met de onzekerheidsfactor:

$$MOE = \frac{(\text{NOAEL})}{(\text{Exposure level})}$$

Wanneer de MOE hoger is dan de onzekerheidsfactor, is het risico niet zorgwekkend en zijn tegenmaatregelen niet nodig. Anderzijds, wanneer de MOE onder de onzekerheidsfactor ligt, is het risico wel zorgwekkend en is een meer gedetailleerde schatting of overweging van tegenmaatregelen nodig.

De HQ en MOE zijn in principe dezelfde beoordelingsprincipes. De HQ is gemakkelijk te begrijpen in de beoordelingsresultaten, maar kan soms de resultaten op een arbitraire manier weergeven omdat de onzekerheidsfactor die gebruikt wordt om de norm- of richtwaarden af te leiden in een zwarte doos zit. Anderzijds zit de onzekerheidsfactor niet in een zwart vakje bij het oordeel met MOE.

De Japanse binnenrichtlijnen van het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn werden vastgesteld volgens de toxiciteitsbeoordeling waarbij alleen blootstelling aan de binnenlucht bij inademing werd verondersteld. Bij de risicoevaluatie moet voor bronchiale of pulmonale toxiciteit rekening gehouden worden met de inhalatieblootstelling in atmosferische en werkomgevingen. Bovendien moet met de andere blootstellingsroutes, zoals orale en dermale blootstelling, rekening worden gehouden voor toxiciteit aan andere organen. In de toekomst kan met deze blootstellingsroutes rekening worden gehouden bij de herziening van de binnenrichtlijnen.

Tot oktober 2016 werden de volgende risicobeoordelingen uitgevoerd: primaire risicobeoordeling uitgevoerd door het

Nationaal Instituut voor Technologie en Evaluatie (NITE) (167 stoffen) [19], primaire milieurisicobeoordeling uitgevoerd door het Ministerie van Milieu (339 stoffen) [20], gedetailleerde risicobeoordeling uitgevoerd door het Nationaal Instituut voor Geavanceerde Industriële Wetenschap en Technologie (AIST) (25 stoffen), en risicobeoordeling voor vervaardigde nanomaterialen uitgevoerd door AIST (3 stoffen). Azuma [21] voerde een risico-evaluatie uit van 93 chemische stoffen binnenshuis en stelde voor dat formaldehyde, acroleïne, p-dichloorbenzeen, benzeen, en benzo(a)pyreen een hoog risico hebben en actie vereisen.

12.4 HANDHAVING EN EFFECT VAN DE VERORDENINGEN

12.4.1 Tijdsverloop van de verordeningen

[147] Zoals eerder beschreven, stelde het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn (MHLW) in Japan van 1997 tot 2002 de richtwaarden voor 13 chemische stoffen binnenshuis vast als reactie op de verspreiding van het *sick-house probleem*. Vervolgens werden door verschillende ministeries verschillende verordeningen vastgesteld om het binnenmilieu te verbeteren.

In 1999 werd door het Ministerie van Land, Infrastructuur, Transport en Toerisme (MLIT) de Wet Kwaliteitsborging Huisvesting ingesteld om de prestaties van woningen te kunnen beoordelen en de etikettering ervan te kunnen tonen. Specifiek beoordelen deskundigen de negen prestatiepunten,

zoals stabiliteit van woonstructuren, brandveiligheid, energiebesparende prestaties, luchtkwaliteit binnenshuis, enzovoort, en verstrekken ze aan de consument. Of de bouwer van deze instelling gebruik maakt is weliswaar de keuze van de bouwer, maar de instelling maakt de informatie over de kwaliteit van de binnenlucht beschikbaar voor de consument en bevordert het aanbod van betere woningen. Formaldehyde-emissieclassificatie; ventilatieprestaties voor hele/gedeeltelijke woningen; en binnenconcentratie van vluchtige chemische stoffen, zoals formaldehyde, toluen, xyleen, ethylbenzeen, en styreen, worden weergegeven als binnenluchtkwaliteitspunten. Acetaldehyde werd in 2003 aan de lijst toegevoegd, maar in 2004 geschrapt omdat het uit natuurlijke houten materialen uitgestoten kan worden.

De bouwwet werd in 2003 door MLIT herzien om er drie punten voor de verbetering van de luchtkwaliteit binnenshuis aan toe te voegen: (1) verdrag over verbod op chloorpyrifos; (2) beperking van het gebruik van formaldehyde inclusief bouwmaterialen; en (3) verplichte instelling van een 24-uurs automatisch ventilatiesysteem. Omdat chloorpyrifos, dat onder vloeren wordt gebruikt om termieten te bestrijden, een sterke neurotoxiciteit heeft, werd het gebruik ervan verboden voor nieuw gebouwde woningen. Bouwmaterialen werden ingedeeld in vier klassen, F☆, F☆☆, F☆☆☆, en F☆☆☆☆, naar gelang van de formaldehyde-emissie, en afhankelijk van de emissieklasse werd het gebruik ervan beperkt (**tabel 12.3**) [22]. In nieuwbouwwoningen moet een 24-uurs automatisch ventilatiesysteem worden aangelegd, dat meer dan 0,5/u aan luchtverversing kan ventileren. Een

verversingssnelheid van 0,5/h lucht betekent dat de helft van de kamerlucht met de buitenlucht kan worden verversd.

TABLE 12.3

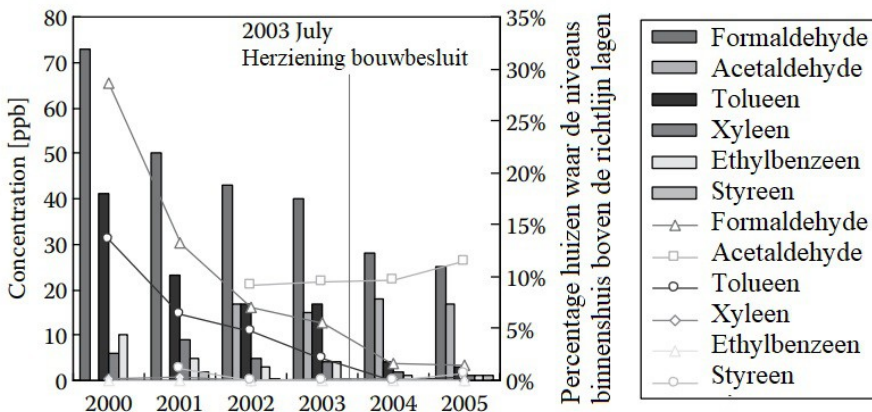
Categorisering en beperking van houtmateriaal op basis van de emissie Formaldehyde-emissiewaarden in de Herziene Bouwverordening

Emissiesnelheid (Kamer) [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]	Emissiesnelheid (Dessicator) [mg/L]		Categorie	Voorschrift
	Gemiddelde	Max.		
<5	<0.3	<0.4	F☆☆☆☆	Geen beperking
5–20	<0.5	<0.7	F☆☆☆	Beperkingen van het gebruiksgebied
20–120	<1.5	<2.1	F☆☆	
>120	<5.0	<7.0	F☆	Verbod op het gebruik

[148] De normen voor de gezondheid van het *schoolmilieu* werden door het Ministerie van Onderwijs, Cultuur, Sport, Wetenschap en Technologie in 2002 en 2004 herzien om actie te ondernemen tegen de *sick-school-problemen*. De norm schrijft met name voor dat de binnenconcentraties van formaldehyde en toluen in het klaslokaal elk jaar en bij de levering van nieuwe apparatuur worden gemeten. Als de concentratie binnenshuis de richtwaarde overschrijdt, wordt uitgegaan van handhaving van de ventilatie en vermindering van de emissie. Zo nodig moeten ook xyleen, ethylbenzeen, styreen en p-dichloorbenzeen gemeten worden.

12.4.2 Gevolgen van de regelgeving

Hoewel F☆☆ en F☆☆☆ in de herziene Bouwverordening voor beperkte gebieden kunnen worden gebruikt, is F☆☆☆☆ gebruikt in de meeste huizen die na de herziening van de Bouwverordening zijn gebouwd.



FIGUUR 12.10 Concentraties binnenshuis in nieuw gebouwde woonhuizen, onderzocht door het Ministerie van Land, Infrastructuur, Vervoer en Toerisme. Balkje toont de binnenconcentraties (linker verticale as) en de lijn toont de overschrijdingsverhouding van de richtwaarde (rechter verticale as).

MLIT voerde van 2000 tot 2005 elk jaar een onderzoek uit naar de concentraties van formaldehyde, acetaldehyde, toluen, ethylbenzeen, m/p-xyleen, en styreen binnenshuis in nieuw gebouwde woonhuizen. Behalve voor acetaldehyde daalden de concentraties van deze chemische stoffen binnenshuis drastisch na 2000 en er zijn maar weinig huizen waarin de concentraties van deze chemische stoffen binnenshuis de richtwaarde van 2005 overschrijden (**figuur 12.10**) [23].

EINDNOTEN

1. Shinohara N, Naya M, Naka Nishi J. 2007. Detailed risk assessment document 12. Acetaldehyde. Tokyo: Maruzen. (In Japanese)
2. Azuma M, Hikita Y. 2002. A study on the indoor air pollution due to the wood preservative: Survey on the under floor and indoor concentrations in newly built wooden house. In Proceedings of 2002 annual meeting of Japan Society of Home Economics 54:244. (In Japanese)
3. JIS A 5901. 2004. Straw TATAMIDOKO and straw sandwich TATAMIDOKO. [Japanese]
4. Ministry of Health, Labor and Welfare. 2002. Executive summary of report on judgment standardization of separation of smoking effect. (In Japanese)
5. Onuki A, Saito I, Tada T et al. 2008. Measurements of chemicals related to tobacco smoke in smoking rooms and non-smoking areas. *Indoor Environ* 14(1): 43–50. (In Japanese)
6. Shinohara N, Tokumura M, Kazama M et al. 2014. Indoor air quality and thermal comfort in temporary houses occupied after the Great East Japan Earthquake. *Indoor Air* 24: 425–437.
7. Wechsler CJ, Hodgson AT, Wooley JD. 1992. Indoor chemistry-ozone, volatile organic compounds, and carpets. *Environmental Science & Technology* 26: 2371–2377.
8. Ishizuka Y, Tokumura M, Mizukoshi A et al. 2010. Measurement of secondary products during oxidation reactions of terpenes and ozone based on the PTR-MS analysis: Effects of coexistent carbonyl compounds. *Int J Environ Res Public Health* 7: 3853–3870.

9. Weschler CJ, Shields HC. 2000. The influence of ventilation on reactions among indoor pollutants: Modeling and experimental observations. *Indoor Air* 10: 92–100.
10. Nozaki A, Iikura K, Ikeda K et al. 2002. A study on indoor air pollution by ozone (Part 3): Indoor ozone source and prediction of ozone concentration. In *Proceedings of annual meeting of Architectural Institute of Japan, Hokuriku*: 977–978. (In Japanese)
11. Follin T. 1996. Measurements during airing out pollutions from concrete slabs. In *Indoor Air'96 Proceedings* 3: 65–70. Nagoya (Japan).
12. World Health Organization. 1983. Indoor air pollutants: Exposure and health effects. EURO reports and studies No. 78, WHO Region Office for Europe, Copenhagen.
13. Kobayashi S, Takeuchi S, Kojima H et al. 2010. Indoor air pollution in a newly constructed elementary school caused by 1-methyl-2-pyrrolidone and Texanol emitted from water-based paints. *Indoor Environ* 13(1): 39–54. (In Japanese)
14. Colborn T. 1997. *Our Stolen Future: Are We Threatening Our Fertility, Intelligence, and Survival?* New York: Plume.
15. Ministry of Health, Labor and Welfare. 2009. 2008 Population Survey Report. (In Japanese)
16. Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan. 1999. Survey on volatile organic compounds in residential environment. (In Japanese). http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1112/h1214-1_13html.
17. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. 2007. Final Report on Comprehensive Chemical Substance Assessment and Management Program Funded by NEDO “Risk Assessment, Development of

Risk Assessment Methods and Analyses of Risk Reduction Effects of Risk Management Measures.”

18. Ministry of Health Labour, and Welfare, Japan. 1997–2002. Interim report of panel on sick house (indoor air pollution) problem, Environment Health Bureau, Planning Division: Tokyo.
19. National Institute of Technology and Evaluation. 2016. Chemical substances hazard assessment report, initial risk assessment report. http://www.nite.go.jp/en/chem/chrip/chrip_search/intSrhSpcLst?_e_trans=&slScNm=CI_02_001.
20. Ministry of Environment. 2016. Initial environment risk assessment of chemical substances. (In Japanese). <http://www.enr.go.jp/chem/risk/>.
21. Azuma K. 2007. A study on framework for risk assessment and management of indoor air pollutants in residential environment. Doctoral dissertation, Kyoto University. (In Japanese). http://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/123494/1/D_Azuma_Kenichi.pdf.
22. Ministry of Land Infrastructure, and Transport, Japan. 2003. Notice No. 1113 of the ministry of land infrastructure and transport, Japan Tokyo 2003.
23. Center for Housing Renovation and Dispute Settlement Support. 2005. The survey on the indoor concentrations of volatile chemicals in newly built houses. The Center for Housing Renovation and Dispute Settlement Support, Tokyo, Japan. (In Japanese). <http://www.chord.or.jp/tokei/index.html>

HOOFDSTUK – 13

Methoden voor het meten van binnenvervuiling

Atsushi Mizukoshi, PhD, assistent Professor Departement Milieugeneeskunde en Gedragswetenschappen, Faculteit Geneeskunde van de Kindai Universiteit

Verontreinigende stoffen die binnenshuis door bouwmaterialen en consumptiegoederen worden uitgestoten, worden naar binnenruimtes verspreid en door bewoners ingeademd. In elk stadium zijn er meetmethoden voor factoren als emissiesnelheid van bouwmaterialen, binnenconcentratie, en concentratie van persoonlijke blootstelling.

13.1 METHODEN VOOR HET METEN VAN DE CONCENTRATIE BINNENSHUIS

Om na te gaan of er schadelijke gezondheidseffecten zijn van verontreinigende stoffen in de binnenlucht, moet eerst de binnenconcentratie van verontreinigende stoffen gemeten worden. Gewoonlijk worden, om de samenstelling en concentraties van verontreinigende stoffen te kennen, de verontreinigende stoffen verzameld in een adsorptiemiddel en wordt een nauwkeurige analyse uitgevoerd met analytische instrumenten. Deze methode heet integratiemeting. De door

integratiemeting verkregen concentratie geeft een gemiddelde concentratie in de bemonsteringsperiode aan. Anderzijds zijn er real-time monitoren die de totale concentratie van verontreinigende stoffen onmiddellijk kunnen meten, hoewel de samenstelling van de verontreinigende stoffen niet bekend is. De meetmethode van zulke monitoren wordt instantmeting genoemd. De instant meetmethode heeft het voordeel dat de concentraties ter plaatse bekend kunnen zijn. Omdat de concentratie van de verontreinigende stoffen voortdurend kan worden gevolgd, kan bovendien de verandering in concentratie worden gekend. Apparaten die zowel de samenstelling als de concentraties van verontreinigende stoffen binnenshuis onmiddellijk kunnen meten zijn momenteel zeldzaam. Daarom moet gekozen worden voor integratiemeting of instantmeting, afhankelijk van het doel van de meting.

13.1.1 Integratiemeting

Omdat bij integratiemeting de bemonstering en de analyse gescheiden worden uitgevoerd, kunnen nauwkeurige analyses (b.v. de scheiding van chemische stoffen met een analytische kolom en de kwalitatieve en kwantitatieve analyse van elke verbinding met standaardverbindingen) in het laboratorium worden uitgevoerd. Daarom wordt de integratiemethode [152] de nauwkeurige meetmethode genoemd. De integratie-methode wordt gebruikt om de hoogste binnenconcentratie te meten onder de conditie dat alle ramen gesloten zijn of om de gemiddelde binnenconcentratie te meten onder omstandigheden van het dagelijks leven. In-

tegratiemeetmethoden worden op basis van de bemonsteringsmethode onderverdeeld in actieve en passieve methoden.

13.1.1.1 Actieve methode

De actieve methode omvat actieve bemonstering van chemische verbindingen door omgevingslucht met een pomp door een met adsorptiemiddel gevulde monsternemer te trekken [1]. De aan het adsorbens geadsorbeerde chemische verbindingen worden geëlueerd door oplosmiddel of thermisch gedesorbeerd en dan in een analyse-instrument, zoals een hogedruk vloeistofchromatograaf (HPLC) of gaschromatografie-massaspectrometer (GC-MS), gebracht. Omdat HPLC of GC-MS een chemisch bestanddeel kunnen scheiden met behulp van een analytische kolom, kunnen de samenstelling en concentraties van een chemische verbinding gekend worden.

Omdat het volume van de bemonsterde omgevingslucht met de actieve methode nauwkeurig gemeten wordt, kan de concentratie berekend worden door de hoeveelheid chemische verbindingen te delen door het bemonsteringsvolume. Maar omdat een pomp en een stroomvoorziening nodig zijn, is de actieve methode ingewikkelder dan de passieve methode.

De algemene bemonsteringstijd voor het meten van een binnenconcentratie is 30 minuten. De methode is geschikt om de hoogste concentratie in nieuwe woonhuizen te meten.

13.1.1.2 Passieve methode

De passieve methode omvat de passieve bemonstering van chemische verbindingen door een monsternemer met adsorberend middel bloot te stellen aan de omgevingslucht. De chemische verbindingen in de omgevingslucht worden naar het adsorbens opgevangen door moleculaire diffusie op basis van de *wet van Fick*. Omdat een pomp en stroomvoorziening overbodig zijn, is dit een handige methode in vergelijking met de actieve methode. Om de concentraties te berekenen is echter van tevoren de opnamesnelheid van elke chemische verbinding nodig. Een opnamesnelheid is een waarde die overeenkomt met de luchtstroomsnelheid van de pomp bij de actieve methode, en wordt verkregen door een gelijktijdige meting met zowel de actieve als de passieve methode. Omdat de opnamesnelheden kleiner zijn dan de stroomsnelheden van de pompen, is de passieve methode in het algemeen geschikt voor bemonstering over een bepaalde tijd. De algemene bemonsteringstijd is 24 uur. De passieve methode is doeltreffend bij een meting van de concentraties onder omstandigheden van het dagelijks leven.

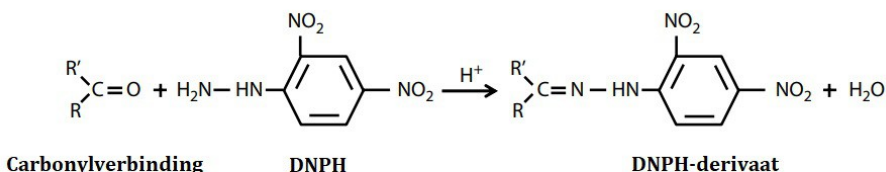
13.1.1.3 Onderwerp-verbindingen, carbonyl-verbindingen, VOC's, TVOC's, SVOC's

Typische binnenverontreinigende stoffen zijn carbonylverbindingen zoals formaldehyde en aceetaldehyde, vluchtige organische stoffen (VOC) zoals toluen, halfvluchtige organische stoffen (SVOC) zoals ftalaat en organofosfaat ester, enzovoort. Afhankelijk van de verontreinigende stoffen

moet een monsternemer en een analyse-instrument gekozen worden.

13.1.1.3.1 Carbonylverbindingen

Carbonylverbindingen (formaldehyde, acetaldehyde, aceton, butylaldehyde, enz.) worden verzameld in een monsternemer gevuld met kiezelzuurgel geïmpregneerd met 2,4-dinitrofenylhydrazine (DNPH). De carbonylverbindingen worden gederivatisiseerd door de reactie van de carboxylgroep met DNPH (**figuur 13.1**) en chemisch geadsorbeerd. De gederivatiseerde [153] carbonylverbindingen kunnen met een oplosmiddel (acetonitril) geëxtraheerd worden en gekwantificeerd door de extinctie bij een golflengte van 360 nm te meten met HPLC.



R: in het geval van keton, alkylgroep of aromatische groep en in het geval van aldehyde, waterstof
 R': alkylgroep of aromatische groep, in het geval van formaldehyde, waterstof

FIGUUR 13.1 Reactie van carbonylverbindingen en DNPH.

13.1.1.3.2 VOC's en TVOC's

VOC's worden verzameld op actieve koolstof of harsadsorptiemiddel (Tenax® TA). VOC's die op actieve koolstof verzameld worden, worden met een oplosmiddel (koolstofdisulfide) geëxtraheerd en met GC-MS geanalyseerd. VOC's die op hars-adsorptiemiddel verzameld worden, worden thermisch gedesorbeerd en met GC-MS geanalyseerd. Omdat binnenshuis verschillende VOC's voorkomen en het

moeilijk is ze allemaal te identificeren en te kwantificeren, werd het concept van totale vluchtige organische stoffen (TVOC's) voorgesteld om VOC's in een totaal uit te rekenen. Om de TVOC concentratie te berekenen, worden de oppervlakten van de pieken gedurende de retentietijd van hexaan tot hexadecaan op de GC allemaal geïntegreerd. Dan wordt de sommatie van de totale oppervlakte omgezet in concentratie met behulp van een toluen ijkcurve (toluëen omzetting). Het Japanse Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn definieerde de TVOC als de sommatie van VOC_{id} en VOC_{un}. VOC_{id} is de som van de concentraties van de verbindingen die geïdentificeerd kunnen worden met behulp van standaardverbindingen. VOC_{un} is de som van de concentratie van de verbindingen die niet geïdentificeerd kunnen worden. De concentratie van VOC_{un} wordt berekend door omzetting in toluen. Omdat bij de passieve methode de opnamesnelheden van alle in de TVOC's opgenomen VOC's niet bekend kunnen zijn, kan de TVOC-concentratie niet met de hierboven genoemde methode berekend worden.

13.1.1.3.3 SVOC's

Ftalaatverbindingen zoals di-n-butylftalaat (DBP) en di(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP) worden verzameld op een adsorbens (koolstofadsorbens of styreen-divinylbenzeen copolymeer, enz.), geëxtraheerd met oplosmiddelen (aceton of in het geval van koolstofadsorbens, dichloormethaan), en geanalyseerd met GC-MS na concentratie door het blazen van stikstofgas. Omdat ftalaat gemakkelijk door milieuverontreiniging kan worden aangetast, is het belangrijk aandacht te

besteden aan de scheikundige apparatuur en de experimentele procedure en verontreiniging zoveel mogelijk te beperken.

Chloorpyrifos wordt verzameld op een adsorbens (styreen-divinylbenzeen copolymeer of octadecyl-gesilyleerde silica-gels), geëxtraheerd met een oplosmiddel (aceton), en geanalyseerd met GC- MS na concentratie door het blazen van stikstofgas. GC-vlamfotometrische detectie (FPD) kan ook gebruikt worden. In nieuwe woonhuizen is bemonstering gedurende 2 uur met een debiet van 10 L/min nodig om een voldoende hoeveelheid te verzamelen voor vergelijking met een richtwaarde (zie [hoofdstuk 12](#)).

13.1.2 Onmiddellijke meting

[154] De laatste jaren zijn real-time monitors ontwikkeld die de concentratie van verontreinigende stoffen binnenshuis onmiddellijk kunnen meten. Door deze onmiddellijke meetmethode met behulp van deze real-time monitors kunnen de concentratie verontreinigende stoffen en de temporele verandering ervan ter plaatse gekend worden. Omdat een nauwkeurige analysetechniek overbodig is, kan de onmiddellijke meetmethode met behulp van een monitor de vereenvoudigde meetmethode genoemd worden.

13.1.2.1 Onderwerp-verbindingen, TVOC's, formaldehyde

Sommige real-time monitors zijn uitgerust met een halfgeleidersensor of fotoionisatiedetector (PID). Omdat deze mo-

nitoren geen scheidingsfunctie voor chemische samenstelling hebben, meten ze de TVOCs. Mølhavé et al. introduceerden real-time TVOC-monitoren [2] als direct afleesbare instrumenten. Anderzijds zijn er monitoren die specifieke chemische verbindingen kunnen meten, zoals formaldehyde [3].

13.1.2.2 Methode ter plaatse om de intensiteit van de bron en de ventilatiesnelheid te meten

Als toepassing van de instant meetmethode kunnen, door de temporele verandering van de binnenconcentratie in niet-vaste toestand te meten en de formule voor de verwachte concentratieverandering aan de temporele verandering aan te passen, ter plaatse bronintensiteit en ventilatiesnelheid geschat worden [4].

Bijvoorbeeld, door een differentiaalvergelijking van de massabalans op te lossen, uitgaande van de veronderstelling dat de aanvankelijke binnenconcentratie gelijk is aan de buitenconcentratie, wordt de binnenconcentratie aangegeven als in Vergelijking 13.1.

$$C(t) = C_o + E/F \times (1 - e^{-Ft/V}) \text{ (formule 13.1)}$$

waarin

$C(t)$ = binnenconcentratie op tijdstip t ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C_o = buitenconcentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

E = emissiesnelheid ($\mu\text{g}/\text{u}$)

F = ventilatiesnelheid (m^3/h)

t = tijd (uur)

V = volume van de ruimte (m^3)

Ventileer dus eerst voldoende door ramen te openen, maak de binnenconcentratie gelijk aan de buitenconcentratie, en sluit de ramen. Meet dan de toename van de binnenconcentratie met de moment-metmethode. Door *formule 13.1* aan de concentratietoename aan te passen, kunnen de emissiesnelheid van verontreinigende stoffen en de ventilatiesnelheid geschat worden.

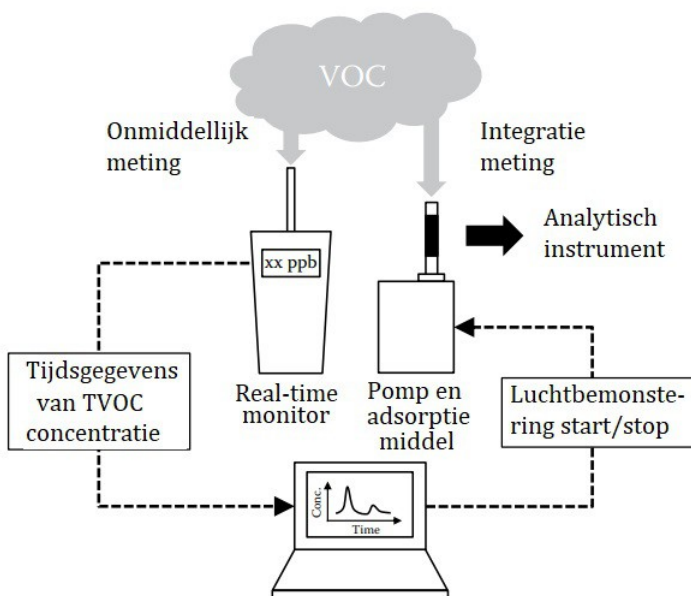
13.1.3 Gecombineerde toepassing van Integratiemeting en Ogenblikkelijke Meting

Hoewel het mogelijk is de samenstelling te analyseren door integratiemeting, is de meetwaarde een gemiddelde concentratie tijdens de bemonstering. Intussen kunnen we [155] de verandering van de concentratie ter plaatse kennen door instantmeting, maar de samenstelling is onbekend. Door deze methoden te combineren, wordt het mogelijk de voordelen van beide methoden te combineren.

13.1.3.1 Piekvangstmethode

De concentraties binnenshuis nemen toe of af door de activiteiten van de bewoners. Om de samenstelling en concentraties van verontreinigende stoffen te kennen op het moment dat de concentratie toeneemt, is het nodig op dat moment een integratiemeting uit te voeren. De concentratieverandering wordt gevolgd door een momentmeting en als een concentratieverhoging (piek) voorspeld wordt, worden de samenstelling en concentraties van verontreinigende stoffen op het moment van de concentratie gemeten door een inte-

gratiemeting uit te voeren. Deze methode wordt de piekvangmethode genoemd [5]. Een schema van een piekvangsysteem volgens deze methode wordt geïllustreerd in **Figuur 13.2**.

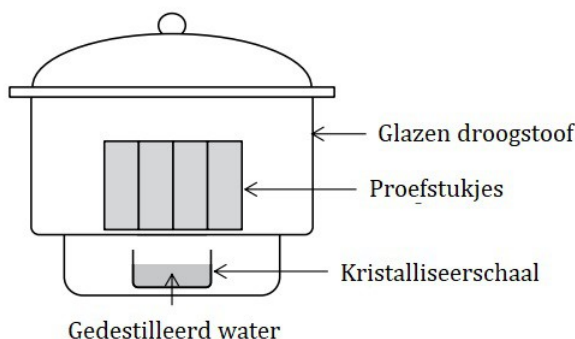


FIGUUR 13.2 Piekvangsysteem.

13.2 METHODEN OM DE EMISSIESNELHEID VAN BOUWMATERIALEN TE METEN

Methoden voor het meten van de emissiesnelheid zijn onder te verdelen in laboratoriummethoden (een desiccator- en een kamermethode) en methoden ter plaatse. Om de emissiesnelheid van bouwmaterialen vóór gebruik te bevestigen, kunnen de desiccator- en de kamermethode gebruikt worden. Om de emissiebron van verontreinigende stoffen in een

binnenmilieu te onderzoeken, kan ondertussen ter plaatse gemeten worden.



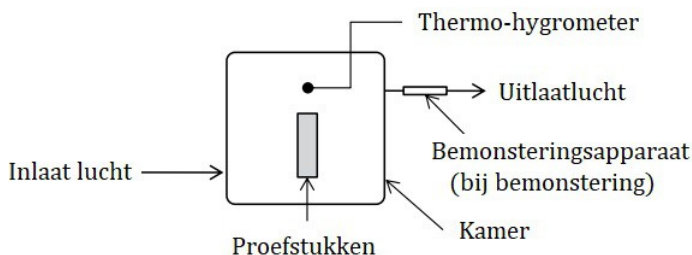
FIGUUR 13.3 Glazen desiccator methode.

13.2.1 Desiccator-methode

Met de desiccator-methode wordt de hoeveelheid formaldehyde gemeten die uit bouwmaterialen vrijkomt. De proefstukken en de met **[156]** gedestilleerd water gevulde kristalliseerschaal worden in een exsiccator gelegd en de exsiccator wordt gedurende 24 uur in een reservoir met constante temperatuur van 20°C gezet (**figuur 13.3**). Omdat uitgestoten formaldehyde uit proefstukjes in gedestilleerd water wordt geabsorbeerd, wordt de concentratie van formaldehyde in gedestilleerd water (mg/L) gedefinieerd als de hoeveelheid uitgestoten formaldehyde. De concentratie van formaldehyde in gedestilleerd water wordt gemeten met de acetylaceton absorptiometrische methode. Deze methode wordt gegeven in JIS A 1460: 2015 [6] door de Japanse Industriële Normen (JIS) en de Japanse Landbouwnormen (JAS).

13.2.2 Kamermethode

De kamermethode meet de emissiesnelheid van de chemische verbindingen die uit bouwmaterialen vrijkomen. Zoals in **figuur 13.4**, worden de proefstukken in een kleine kamer (20-1000 L) gelegd. Tijdens de testperiode wordt schone lucht in de kamer gebracht, waarin de ventilatiesnelheid, temperatuur en relatieve vochtigheid geregeld worden (bv. de ventilatiesnelheid is 0,5/h, de temperatuur is 23°C voor ISO en 28°C voor JIS, en de relatieve vochtigheid is 50%). De uitstoot van de chemische verbinding per oppervlakte-eenheid van een proefstuk kan berekend worden uit de concentratie van de chemische verbinding in de kamer, de ventilatiesnelheid, en de oppervlakte van een proefstuk [7,8].



FIGUUR 13.4 Kamermethode.

Om de emissiesnelheid van hele meubels of bouwmaterialen te meten, kunnen de methoden met grote kamers (1 tot 80 m³) gebruikt worden [9,10].

Om de emissie van SVOC's te meten, kan de microkamer methode gebruikt worden. Omdat SVOC adsorberen aan de

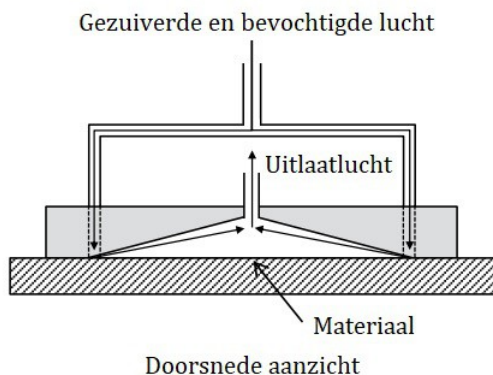
binnenwand van de kamer, kunnen niet alle uitgestoten stoffen in een monsternemer verzameld worden. Daarom worden in de microkamer-methode eerst de door proefstukjes uitgestoten SVOC's in een monsternemer verzameld. Vervolgens worden de proefstukjes uit de kamer gehaald en de in de kamer geadsorbeerde SVOC worden door verhitting van de kamer gedesorbeerd en in de andere monsternemer verzameld. De emissie van SVOC wordt berekend door de verzamelde hoeveelheid emissie en desorptie bij elkaar op te tellen [11,12].

13.2.3 Methode voor metingen ter plaatse

[157] Om de emissiesnelheid van de bouwmaterialen in een reële omgeving te meten met de desiccator- of de kamermethode, moeten proefstukken gemaakt worden door bouwmaterialen te snijden en die in een laboratorium te meten. Omdat de methode voor meting ter plaatse de uitgestoten chemische stoffen ter plaatse kan verzamelen en/of meten, kan de emissiesnelheid daarentegen niet-destructief gemeten worden. Methoden voor metingen ter plaatse worden ook verdeeld in actieve en passieve methoden op basis van de bemonsteringsmethode. Bemonsteringsapparatuur voor de actieve methode omvat de veld- en laboratoriumemissiecel (FLEC). Bemonsteringsapparatuur voor de passieve methode omvat de passieve emissie colorimetrische sensor (PECS), passieve flux sensor (PFS), en geavanceerde diffusieve bemonsteringsemissiecel (ADSEC).

13.2.3.1 Veld- en laboratoriumemissiecel

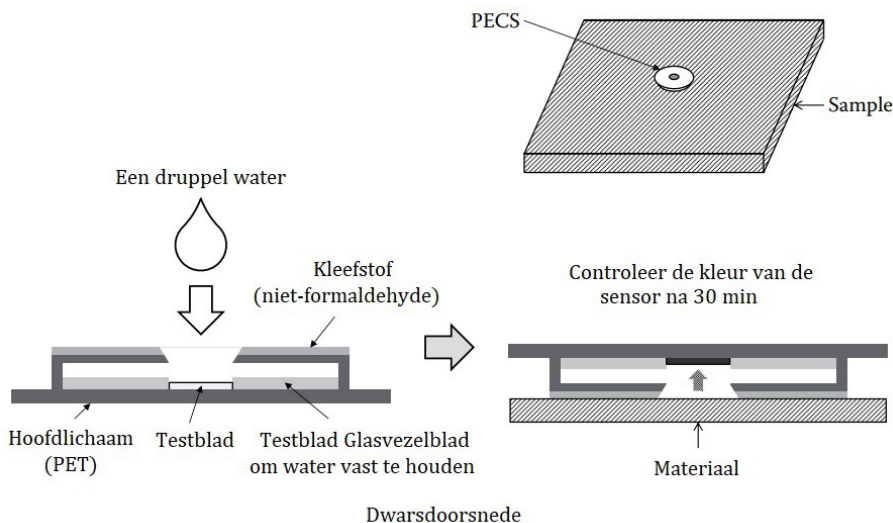
De FLEC is een instrument waarmee de emissiesnelheid van bouwmaterialen in het veld of in het laboratorium gemeten kan worden. De opvang van chemische verbindingen is gebaseerd op de actieve methode. De mini-testkamer is gemaakt van roestvast staal (met een volume van 35 mL) en wordt op oppervlakken van bouwmaterialen gezet. Schone, bevochtigde lucht wordt in de kamer gestroomd en chemische verbindingen worden opgevangen in een monsternemer uit de uitlaat van de kamer (**figuur 13.5**) [13]. Door het stromingssysteem kan FLEC het werkelijke binnenmilieu simuleren.



FIGUUR 13.5 *Veld- en laboratorium-emissiecel*

13.2.3.2 Passieve Emissie Colorimetrische Sensor

PECS, ook wel de Yanagisawa sensor genoemd, meet de hoeveelheid formaldehyde-emissie met behulp van een enzymreactie [14] (**figuur 13.6**).

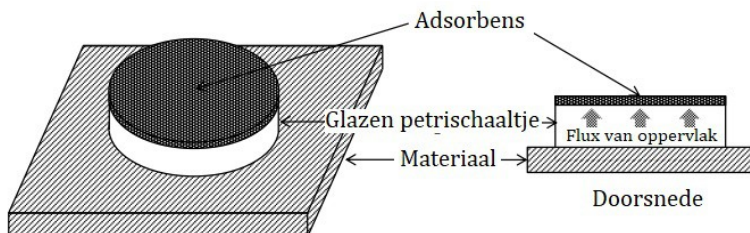


FIGUUR 13.6 *Passieve emissie colorimetrische sensor (Yanagisawa sensor).*

Formaldehyde dehydrogenase (FALDH), nicotinamide adenine dinucleotide (NAD⁺), en kleurstof zitten in een testplaatje in de sensor. Door een druppel water in het testvel van een sensor te druppelen en de sensor op het oppervlak van het materiaal te plaatsen, bereikt formaldehyde dat uit het materiaal komt het testvel. [158] Dan ontstaat formazan door een enzymreactie en de kleur van het testvel wordt rood naar gelang de hoeveelheid formaldehyde-emissie na 30 minuten na plaatsing van de sensor. De emissie-indeling kan aan de hand van deze kleursterkte visueel beoordeeld worden. Door de extinctie van het testvel met een reflectiefotometrie-apparaat te meten, kan bovendien de emissiehoeveelheid (mg/L) of de emissiesnelheid ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) uit een omrekeningsfactor berekend worden.

13.2.3.3 Passieve flux sampler

Een passieve flux sampler (PFS) kan de flux van testmaterialen meten volgens een passieve methode. Door een klein bakje inclusief absorberend middel op de testmaterialen te zetten, worden chemicaliën uit uitgestoten materialen passief op het adsorberende middel verzameld (**figuur 13.7**). De flux van chemische stoffen uit een materiaal kan berekend worden door de opgevangen hoeveelheid te delen door de bemonsteringstijd en het oppervlak van het adsorptiemiddel. De flux van verschillende chemische verbindingen kan gemeten worden door de soort van het adsorbens te veranderen.



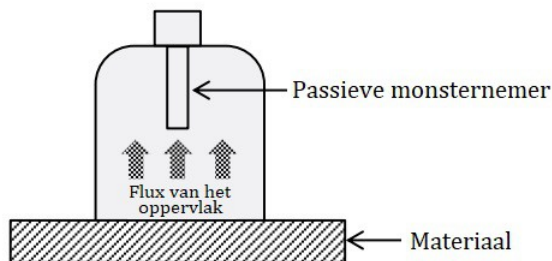
FIGUUR 13.7 Passieve flux sampler.

Met behulp van PFS worden emissiesnelheden gemeten van carbonylen en VOC's uit meerdere bronnen binnenshuis [15] en temperatuurafhankelijkheid van ftalaatesters uit plastic materialen [16].

13.2.3.4 Geavanceerde diffusieve emissie bemonstering

ADSEC is een apparaat dat de emissiesnelheid van bouwmaterialen volgens de passieve methode kan meten. Door de

kleine kamer op het materiaal te zetten, worden uitgestoten chemicaliën opgevangen in een passieve monsternemer die in de kamer is geplaatst (**figuur 13.8**). De verzameltijd bedraagt 24 uur. Dit apparaat voldoet aan JIS A 1903: 2015 [17].



FIGUUR 13.8 Geavanceerde diffusieve bemonsteringsemissiecel.

13.3 METHODEN OM DE HOEVEELHEID PERSOONLIJKE BLOOTSTELLING TE METEN

[159] Om het verband tussen chemische blootstelling en gezondheidseffecten te onderzoeken, is het wenselijk te meten hoeveel het individu aan de chemische verbindingen wordt blootgesteld. Bovendien kan de informatie over de persoonlijke blootstellingshoeveelheid gebruikt worden om tegenmaatregelen te nemen om de blootstelling aan chemische verbindingen te verminderen. Persoonlijke blootstelling aan binnenluchtverontreinigende stoffen kan worden gekend door chemische verbindingen te meten in de omgevingslucht of in biologische monsters zoals bloed, urine en uitgeademde lucht.

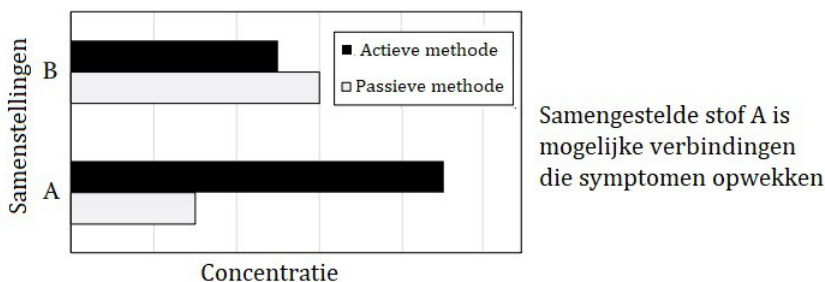
13.3.1 Actieve monsterneming-Passieve monsterneming methode

De AS-PS methode is een methode voor persoonlijke blootstellingsmeting die actieve monsterneming (AS) en passieve monsterneming (PS) combineert [18]. Een proefpersoon draagt een passieve monsterner en een met een actieve monsterner uitgeruste pomp. Wanneer een bepaalde chemische blootstelling wordt waargenomen, wordt door de proefpersoon een pomp gestart en wordt de chemische verbinding opgevangen naar een actieve monsterner. Vervolgens worden zowel de passieve als de actieve monsterner geanalyseerd. Uit het resultaat van de passieve monsterner kan de gemiddelde persoonlijke blootstellingsconcentratie gedurende de meetperiode gekend worden. Intussen kan uit het resultaat van de actieve monsterner de concentratie gekend worden waarbij de proefpersoon enige vorm van blootstelling waarnam. Door deze waarden te vergelijken zijn de chemische verbindingen met hogere concentraties bij actieve bemonstering mogelijke verbindingen waaraan de proefpersoon waarnam te zijn blootgesteld.

13.3.1.1 Zoeken naar de veroorzakende stof van chemische gevoeligheid

De hierboven beschreven AS-PS methode is toepasbaar om de oorzakelijke verbindingen te zoeken die de symptomen van chemische gevoeligheid (CS) uitlokken. Dat wil zeggen, een patiënt draagt het bemonsteringsapparaat van de AS-PS methode en wanneer chemische blootstelling wordt

waargenomen en het CS symptoom wordt uitgelokt, voert hij of zij actieve bemonstering uit. Als de concentratie van de verbinding in de actieve monsternemer hoger is dan die in de passieve monsternemer, [160] hebben de verbindingen de mogelijkheid CS symptomen op te wekken. Een voorbeeld van het resultaat van de AS-PS methode is te zien in **Figuur 13.9**. In dit geval denkt men dat verbinding A de symptomen van de patiënt veroorzaakt kan hebben.



FIGUUR 13.9 Resultaat van de AS-PS methode

13.3.2 Directe meetmethode

Bij onderzoek naar het verband tussen blootstelling aan een chemische verbinding en gezondheidseffecten, moet de meting met de juiste tijdschaal worden uitgevoerd om elke temporele verandering te kunnen waarnemen. Zo is instant meting nodig wanneer een bepaald symptoom onmiddellijk na blootstelling aan chemische verbindingen verschijnt.

13.3.2.1 TVOC's en HRV

Zoals in **paragraaf 13.1.2** vermeld, zijn er real-time monitors die onmiddellijk kunnen meten. Door met deze monitor rond te lopen, kunnen we weten wanneer, waar en hoeveel we aan VOC's blootgesteld worden. Tegelijk kunnen biologische effecten door VOC gekend worden door biologische informatie te monitoren. Als bewakingsapparaat van biologische informatie kan een Holter monitor elektrocardiogrammen opnemen. De functie van de autonome zenuwen kan gemeten worden door de hartslagvariabiliteit (HRV) te analyseren aan de hand van het opgenomen elektrocardiogram. Wanneer de onmiddellijke meting van TVOC en de bewaking van een elektrocardiogram parallel worden uitgevoerd, kan het verband tussen TVOC blootstelling en de functie van de autonome zenuwen in een hoge tijdsresolutie onderzocht worden [19,20].

EINDNOTEN

1. U.S. EPA. 1999. Compendium Method TO-17. Determination of volatile organic compounds in ambient air using active sampling onto sorbent tubes. In Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air, 2nd ed. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
2. Mølhave L, Clausen G, Berglund B et al. 1997. Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations. *Indoor Air* 7(4):225–240.
3. Hirst DVL, Gressel MG, Flanders WD. 2011. Short-term monitoring of formaldehyde: Comparison of two direct-reading instruments to a laboratory-based method. *J Occup Environ Hyg* 8(6):357–363.
4. Noguchi M, Mizukoshi A, Yanagisawa Y. 2011. Improvement method of indoor air quality at the new nursery: Evaluation of indoor air quality indicated by TVOC concentration. *AIJ Journal Technol Design* 17(36):577–582.
5. Oka K, Iizuka A, Inoue Y et al. 2010. Development of a combined real time monitoring and integration analysis system for volatile organic compounds (VOCs). *Int J Environ Res Public Health* (12):4100–4110.
6. JIS A 1460: 2015. Determination of the emission of formaldehyde from building boards: Desiccator method.
7. ISO 16000-9: 2006. Indoor air—Part 9: Indoor air. Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing: Emission test chamber method.
8. JIS A 1901: 2015. Determination of the emission of vola-

- tile organic compounds and aldehydes by building products: Small chamber method.
9. JIS A 1911: 2015. Determination of the emission of formaldehyde by building materials and building related products: Large chamber method.
 10. JIS A 1912: 2015. Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes without formaldehyde by building materials and building related products: Large chamber method.
 11. ISO 16000-25: 2011. Indoor air—Part 25: Determination of the emission of semivolatile organic compounds by building products: Micro-chamber method.
 12. JIS A 1904: 2015. Determination of the emission of semi volatile organic compounds by building products: Micro-chamber method.
 13. ISO 16000-10:2006. Indoor air—Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing: Emission test cell method.
 14. Shinohara N, Kajiwarra T, Ohnishi M et al. 2008. Passive emission colorimetric sensor (PECS) for measuring emission rates of formaldehyde based on an enzymatic reaction and reflectance photometry. *Environ Sci Technol* 42(12):4472–4477.
 15. Shinohara N, Kai Y, Mizukoshi A et al. 2009. On-site passive flux sampler measurement of emission rates of carbonyls and VOCs from multiple indoor sources. *Build Environ* 44(5):859–863.
 16. Fujii M, Shinohara N, Lim A et al. 2003. A study on emission of phthalate esters from plastic materials using a passive flux sampler. *Atmos Environ* 37(39–40):5495–5504.
 17. JIS A 1903: 2015. Determination of the emission of volatile organic compounds (VOC) by building products: Pas-

sive method.

18. Shinohara N, Mizukoshi A, Yanagisawa Y. 2004. Identification of responsible volatile chemicals that induce hypersensitive reactions to multiple chemical sensitivity patients. *J Expos Anal Environ Epidemiol* 14(1):84–91.
19. Mizukoshi A, Kumagai K, Yamamoto N et al. 2010. A novel methodology to evaluate health impacts caused by VOC exposures using real-time VOC and Holter monitors. *Int J Environ Res Public Health* 7(12):4127–4138.
20. Mizukoshi A, Kumagai K, Yamamoto N et al. 2015. In-situ real-time monitoring of volatile organic compound exposure and heart rate variability for patients with multiple chemical sensitivity. *Int J Environ Res Public Health* 12(10):12446–12465.

Hoofdstuk – 14

De huidige situatie en verschuiving in benaderingen van luchtverontreiniging binnenshuis

*Miyuki Noguchi, PhD, Onderzoekswetenschapper
Departement van Materialen en Levenswetenschappen,
Seikei Universiteit*

Sinds de lucht binnenshuis verontreinigd is door chemische verbindingen, en de daaruit voortvloeiende nadelige gevolgen voor de gezondheid bekend zijn geworden, zijn er verschillende maatregelen genomen, waaronder het uitvaardigen van wetten en verordeningen. Ook bedrijfsinspanningen en sociale initiatieven zoals energiebesparing hebben de situatie van de binnenluchtverontreiniging beïnvloed. In dit hoofdstuk wordt een bestuursstrategie met wetten, verordeningen, enzovoort en de gevolgen daarvan toegelicht. Bovendien worden de houding en perspectieven beschreven die voortaan nodig zijn voor de preventie en bestrijding van gezondheidseffecten zoals het sick-house syndrome (SHS).

14.1 KADER VAN WETTEN EN VOORSCHRIFTEN

Hieronder volgen de belangrijkste wetten en regelingen die in Japan worden uitgevoerd.

14.1.1 Wet op de kwaliteitsborging van woningen (zie tabel 14.1)

Een wet die kwaliteitsrichtlijnen voor woningen en andere gebouwen specificeert, werd in 2000 door het Ministerie van Land, Infrastructuur, Transport en Toerisme gehandhaafd. In deze regeling wordt informatie over het bestaan van tegenmaatregelen tegen formaldehyde, ventilatiesystemen, en de concentratie van chemische verbindingen vereist in het woningkwaliteitsbeoordelingsprogramma.

TABLE 14.1

Wet Kwaliteitsborging Huisvesting

Voorschrift inspectie-item	Regulation
De tegenmaatregel tegen een formaldehyde (gebouw, binnenafwerking en onder het dak materialen)	Class 1: F☆☆ (JIS.JAS) Class 2: F☆☆☆ (JIS.JAS) Class 3: F☆☆☆☆ (JIS.JAS)
Ventilatiesysteem	Mechanisch ventilatiesysteem (meer dan 0,5/u luchtverversing)
Concentratie van chemische verbindingen	Formaldehyde (essentieel) Acetaldehyde, Toluene, Xyleen, Ethyl-benzeen, Styreen (vrijwillig)

14.1.2 Wet gezondheid en veiligheid op scholen (zie tabel 14.2)

De norm voor de milieuhygiëne in scholen werd in 2002 door het Ministerie van Onderwijs, Cultuur Sport, Wetenschap en Technologie herzien. In deze norm worden regelmatige inspecties op formaldehyde, toluene en andere chemicaliën in een schoolomgeving voorgeschreven.

TABLE 14.2**Wet gezondheid en veiligheid op school**

Inspectie Punt	Standaard Waarde
Temperatuur	Winter: 18°C–20°C (>10°C) Zomer : 25°C–28°C (<30°C)
Vochtigheid	30–80%
Carbon dioxide (CO ₂)	Onder 1500 ppm
Carbon monoxide (CO)	Onder CO 10 ppm
Luchtsnelheid	Onder 0.5 m/s
Zwevende deeltjes (SPM)	Onder 0.1 mg/m ³
Ventilatiesnelheid	Kleuterschool en lagere school meer dan 2.2/u Junior high school: above 3.2/h High school: above 4.4/h
Formaldehyde	Onder 100 µg/m ³
Toluene	Onder 260 µg/m ³
Xylene	Onder 870 µg/m ³
<i>p</i> -Dichlorobenzene	Onder 240 µg/m ³

14.1.3 Wet op het onderhoud van de sanitaire voorzieningen in gebouwen (zie tabel 14.3)

De Wet op het onderhoud van sanitaire voorzieningen in gebouwen werd in 2002 herzien. Bij deze herziening werd naast de meting van SPM, CO en CO² ook meting van de formaldehydeconcentratie (controlecriteriumwaarde lager dan 0,1 mg/m³) in de binnenlucht in specifieke gebouwen (warenhuis, bibliotheek, kantoor, enz.) verplicht gesteld.

14.1.4 Herziene Bouwnormenwet (zie tabel 14.4)

Naast de Wet op de Bouwnormen, die gericht is op de plan-

ning van de veiligheid en gezondheid van gebouwen, werd in 2003 een herziening ingevoerd om het sick-house syndrome (SHS) te voorkomen.

TABLE 14.3

Wet op het onderhoud van de sanitaire voorzieningen in gebouwen

Inspectie Punt	Standaard Waarde
SPM	Onder 0.15 mg/m ³
CO	Onder 10 ppm
CO ₂	Onder 1000 ppm
Temperatuur	17°C < Temp. < 28°C
Vochtigheid	40% < Hum < 70%
Lucht snelheid	Onder 0.5 m/s
Formaldehyde	Onder 0.1 mg/m ³

TABLE 14.4

Herziene Wet op de Bouwnormen

Classificatie	Symbool	Emissiesnelheid (µg/m² ·h)	Gebruiksbeperking
Buiten de beperking	F☆☆☆☆	Onder de 5	Geen beperking
Derde-klasse materialen	F☆☆☆	5–20	Beperking van het gebruiksgebied
Tweedeklas materialen	F☆☆	20–120	
Eersteklas materialen	F☆	Boven 120	Gebruiksverbod

[165] Deze herziening stelt beperkingen aan het gebruik van hout voor binnenafwerking op basis van de mate van formaldehyde-emissie; een verplichting om een mechanisch ventilatiesysteem te installeren; en beperking in het gebruik van chloorpyrifos, een insecticide voor de bestrijding van termieten.

Naast voorschriften over formaldehyde wordt in andere lan-

den echter ook de etikettering van bouwmaterialen met twee of meer stoffen, zoals totale vluchtige organische stoffen (TVOC's), uitgevoerd, en evaluatie met meerdere stoffen is in eigen land gewenst.

Wat de regeling van de ventilatiesnelheid betreft, is de installatie van een mechanisch ventilatiesysteem vereist dat een luchtverversing van 0,5/u of meer in de woonkamer en 0,3/u of meer in de andere kamers van een woning kan garanderen.

14.1.5 Richtwaarde voor de dichtheid binnenshuis (zie tabel 14.5)

Het Ministerie van Volksgezondheid, Arbeid en Welzijn heeft een richtwaarde gegeven voor concentraties van vluchtige organische stoffen (VOC) binnenshuis die de gezondheid van de bewoners niet zal schaden, zelfs niet als de bewoners de stoffen een leven lang innemen. Deze richtwaarden zijn vastgesteld voor 13 verontreinigende stoffen binnenshuis van 1997 tot 2002, sinds het nationale onderzoek naar formaldehyde vanaf 1996 werd uitgevoerd. Bovendien werd ook de binnenconcentratie van TVOC's, die andere VOC's dan de 13 stoffen omvatten, bepaald als een tussentijdse gewenste waarde van 400 µg/m³. Deze waarde werd echter niet bepaald op grond van de toxicologische bevindingen, en werd vastgesteld op concentraties die zo laag waren als rationeel haalbaar was in normen voor de luchtkwaliteit binnenshuis.

[166]

TABLE 14.5**Richtwaarde voor binnenconcentratie**

VOC	Normwaarde van de binnenconcentratie	Insteljaar
Formaldehyde	100 µg/m ³	1997
Acetaldehyde	48 µg/m ³	2002
Toluene	260 µg/m ³	2000
Xylene	870 µg/m ³	2000
Ethylbenzene	3800 µg/m ³	2000
Styrene	220 µg/m ³	2000
<i>p</i> -Dichlorobenzene	240 µg/m ³	2000
Tetra decane	330 µg/m ³	2000
Chlorpyrifos	1 µg/m ³	2001
Fenobucarb	33 µg/m ³	2000
Diazinon	0.29 µg/m ³	2002
di- <i>n</i> -Butyl phthalate	220 µg/m ³	2001
di- <i>n</i> -Ethyl hexyl phthalate	120 µg/m ³	2000
TVOC	400 µg/m ³	2001

14.2 TRENDS NA BEPALING VAN RICHTWAARDEN

Volgens het overzicht van het Ministerie van Land, Infrastructuur, Vervoer en Toerisme zijn de concentraties binnenshuis van stoffen die onder het richtsnoer vallen elk jaar gedaald. Het resultaat van het fiscale jaar 2005 toonde echter aan dat het percentage mensen dat gezondheidseffecten ondervond van chemische stoffen niet veranderde terwijl ze 1 jaar in een nieuw gebouw woonden. Dit resultaat wijst op de beperkingen van de tegenmaatregel tegen bronbestrijding, gebaseerd op de richtstof, en heeft gesuggereerd dat niet alleen op de richtstoffen moet worden gereageerd, maar ook op VOC's die in het dagelijks leven ontstaan.

14.2.1 Voordeel van de etikettering van formaldehyde

De Herziene Bouwnormenwet van 2003 beperkt het gebruik van bouwmaterialen op basis van formaldehyde-etikettering, en verwoordde de verantwoordelijkheid van het instellen van mechanische ventilatiesystemen die 0,5/u luchtverversing kunnen realiseren en ook reageren op formaldehyde dat door meubels wordt uitgestoten.

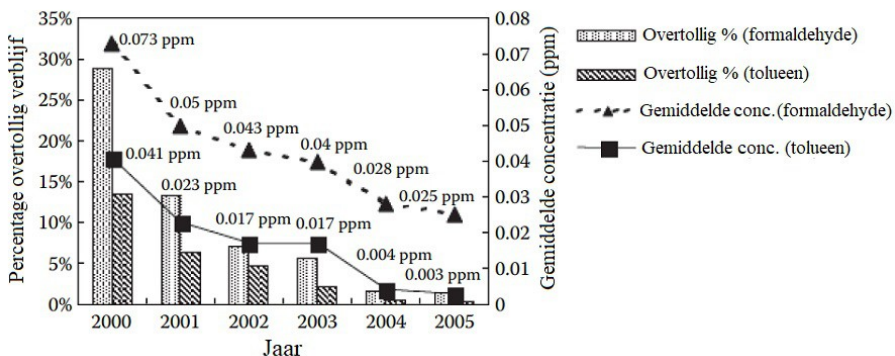
14.2.1.1 Formaldehydeconcentratie in nieuwe woonhuizen

Volgens de resultaten van het onderzoek van het Ministerie van Land, Infrastructuur, Vervoer en Toerisme van het fiscale jaar 2000 tot het fiscale jaar 2005, was de formaldehydeconcentratie bij nieuwe woonhuizen (na minder dan 1 jaar oplevering) aanzienlijk gedaald, en het percentage van de woningen dat de richtwaarde overschreed was 1,5% (18/1181) in het fiscale jaar 2005 (**figuur 14.1**).

14.2.2 Samenstelling van VOC

14.2.2.1 Aanzienlijke vermindering van de concentraties van richtsubstanties (zie tabel 14.6)

[167] De concentraties van richtstoffen zijn sinds de ontwikkeling van de richtwaarden aanzienlijk gedaald, zo blijkt uit de resultaten van de enquête van het Ministerie van Land, Infrastructuur, Vervoer en Trip.



FIGUUR 14.1 Enquête resultaten van nieuwe woonhuizen.

14.2.2.2 Stoffen met hoge concentratie (TVOC's, Acetaldehyde, Alifatische verbindingen, enz.)

Hoewel de chemische verbinding binnenshuis van belang is voor de bewoners, is het veiligheidsbewustzijn ten aanzien van chemische verbindingen die spontaan uit natuurlijke materialen ontstaan nog steeds hoog. Concentraties van pin-een en acetaldehyde, die uit houtmaterialen vrijkomen, en limoneen, dat naar citrus ruikt, worden binnenshuis vaak in hoge concentraties waargenomen vanwege de voorkeur van bewoners. Bovendien worden deze verbindingen door lucht-reinigers door middel van oxidatie afgebroken en ontstaan er soms oxiderende stoffen zoals formaldehyde en fijne deeltjes.

Anderzijds kunnen de concentraties van verschillende VOC die ontstaan als gevolg van de activiteiten van de bewoners, zoals koken, roken, voedingsgewoonten en gebruik van chemische producten, toenemen.



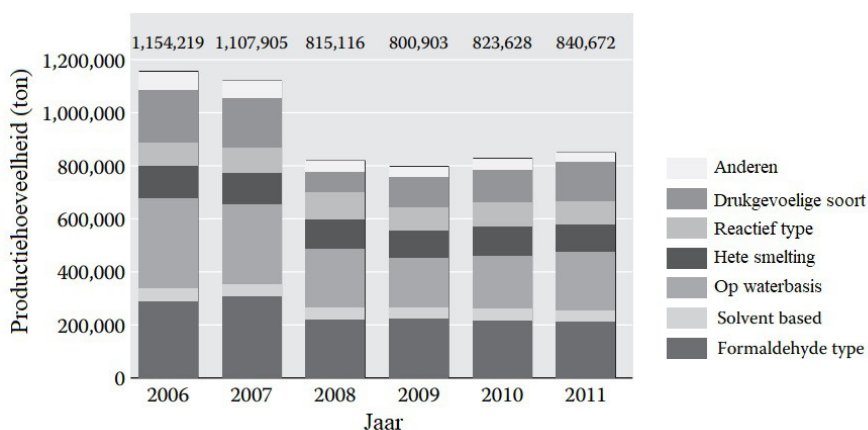
TABLE 14.6
Aanzienlijke concentratievermindering met richtnormen

		Gemiddelde ex. %				Niet geëquipteerd	
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Formaldehyde g.v. = 0,08 ppm	Gemiddelde ex. %	0,073 ppm 809/2815 28.7%	0,050 ppm 230/1726 13.3%	0,043 ppm 98/1390 7.1%	0,040 ppm 84/1491 5.6%	0,028 ppm 29/1780 1.6%	0,025 ppm 18/1181 1.5%
Toluene g.v. = 0,07 ppm	Gemiddelde ex. %	0,041 ppm 384/2816 13.6%	0,023 ppm 107/1680 6.4%	0,017 ppm 67/1390 4.8%	0,017 ppm 33/1491 2.2%	0,004 ppm 10/1780 0.6%	0,043 ppm 4/1181 0.3%
Xylene g.v. = 0,20 ppm	Gemiddelde ex. %	0,006 ppm 5/2816 0.2%	0,009 ppm 5/1680 7.1%	0,005 ppm 0/1390 N.D.	0,004 ppm 2/1491 0.1%	0,043 ppm 4/1780 0.2%	0,043 ppm 0/1181 N.D.
Ethylbenzene g.v. = 0,88 ppm	Gemiddelde ex. %	0,010 ppm 0/2816 N.D.	0,005 ppm 0/1680 N.D.	0,003 ppm 0/1390 N.D.	0,004 ppm 0/1491 N.D.	0,001 ppm 0/1780 N.D.	0,001 ppm 0/1181 N.D.
Styrene g.v. = 0,05 ppm	Gemiddelde ex. %	Niet geëquipteerd	0,002 ppm 18/1680 1.1%	0,001 ppm 0/1390 N.D.	0,000 ppm 1/1491 0.1%	0,000 ppm 1/1780 0.1%	0,043 ppm 7/1181 0.6%
Acetaldehyde g.v. = 0,03 ppm	Gemiddelde ex. %	Niet geëquipteerd	Niet geëquipteerd	0,017 ppm 128/1390 9.2%	0,015 ppm 141/1491 9.5%	0,018 ppm 172/1780 9.7%	0,043 ppm 137/1181 11.6%

Opmerking: ex. %: overschrijding%; g.v., richtwaarde.

14.2.3 Wijdverbreid gebruik van alternatieve stoffen

Verschillende chemische verbindingen zijn gebruikt als alternatieven voor de vermeden richtstoffen. In veel industrieën, zoals de verf- en drukindustrie, zijn oplosmiddelen op waterbasis en poedervormige verf ontwikkeld en gebruikt. Het is echter niet altijd waar dat oplosmiddelen op waterbasis veiliger zijn dan aromatische oplosmiddelen, waaronder verdunner. Verspreiding van juiste kennis naar zowel fabrikanten als consumenten is gewenst.



FIGUUR 14.2 Trends in de productie gerangschikt naar soort lijm.

14.2.3.1 Lijmen met lage formaldehyde-emissie

[169] Vezelplaat met gemiddelde dichtheid, spaanplaat en triplex, die als binnenmaterialen worden gebruikt, worden verlijmd met ureumharsen, melamineharsen en fenolharsen. Ongereageerd formaldehyde blijft echter in de harsen zitten, waardoor het na de bouw geleidelijk diffundeert en de bin-

nenlucht verontreinigt. Daarom worden gecontroleerde lijmen gebruikt om de formaldehyde-emissie te verminderen door de verhouding formaldehyde te verminderen of door een vangmiddel toe te voegen. Vinylacetaat-emulsies, polyurethanen en epoxy's worden ook gebruikt als formaldehydevrije lijmen, maar er kan emissie van andere chemische stoffen dan formaldehyde optreden, zoals te zien is in **Figuur 14.2**.

14.2.3.2 Verf en inkt op waterbasis

Verven en inkten met lage VOC-emissie worden ontwikkeld en geïntroduceerd om de emissies van verf en inkt te verminderen. Wat verf en inkt op waterbasis betreft, worden veel producten ontwikkeld en op de markt gebracht die oplosmiddelen van het alcoholtype gebruiken. Er is echter nog verder onderzoek en ontwikkeling nodig om de verwerkbaarheid, de kwaliteit van de produkten, enz. te verbeteren.

14.2.3.3 Toenemend gebruik van alifatische verbindingen

Alifatische koolwaterstoffen ontstaan vooral uit verbrandingsapparatuur binnenshuis. Volgens het rapport van het National Consumer Affairs Center van Japan overschrijden bij gebruik van een olie-ventilatorkachel binnenshuis de concentraties van alifatische verbindingen zoals nonaan en decaan de 100 µg/m³. De emissie van alifatische verbindingen met een hoog moleculair gewicht, zoals decaan en undecaan, die voorkomen in de was die als afwerkmiddel van vloermaterialen wordt gebruikt, wordt versneld door het

gebruik van een vloerverwarmer, en kan hoge concentraties bereiken. Bovendien moet opgemerkt worden dat alifatische verbindingen nauwelijks ontdekt worden, ook al is de concentratie hoog, door de lage gevoeligheid van vereenvoudigde TVOC monitors die gemakkelijk voor onderzoek van de binnenlucht gebruikt kunnen worden.

14.2.4 Temporele verandering van de TVOC-concentratie binnenshuis

[170] In recent gebouwde gebouwen, zelfs als ze nieuw zijn, zijn de niveaus van de richtstoffen lager dan de richtwaarde voor binnenlucht. De TVOC-concentratie ligt echter vaak ver boven de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als tussentijdse streefwaarde. Wanneer bouwmaterialen e.d. bronnen van VOC zijn, is, om de TVOC-concentratie vroegtijdig te verlagen, het uitvoeren van een bake-out die de kamertemperatuur verhoogt om de VOC-emissie te versnellen of positieve ventilatie met o.a. het openen van ramen effectief. In het geval van nieuwe gebouwen is het belangrijk, ook al is een 24-uurs mechanisch ventilatiesysteem geïnstalleerd volgens de Wet op de Herziene Bouwnormen, er niet alleen van afhankelijk te zijn, maar het openen van ramen en regionale ventilatie samen te gebruiken om de ventilatiesnelheid te verhogen. Wanneer een grote hoeveelheid VOC's zou ontstaan door de activiteiten van de bewoners, zoals het gebruik van chemische producten of voedingsgewoonten, kan een juist gebruik van regionale ventilatie de verspreiding van verontreinigende stoffen over de hele kamer voorkomen, en voor afnemende

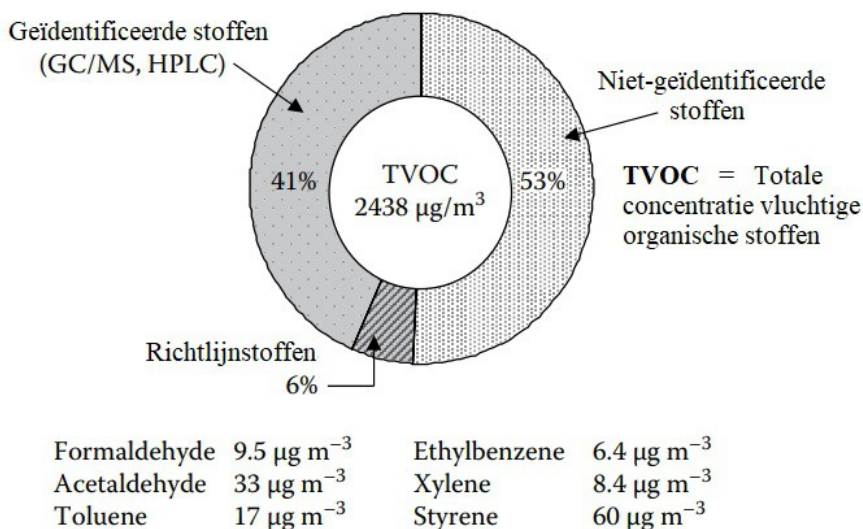
VOC concentraties zorgen.

14.2.5 Trends van maatschappelijke erkenningen voor binnenluchtverontreiniging: Nieuwe en verbouwde huizen

Verontreiniging van de binnenlucht werd voor het eerst in de Meiji-tijd beschouwd als een probleem dat voortkwam uit kooldioxide en koolmonoxide. In de jaren 1970, nadat in de Verenigde Staten melding was gemaakt van schadelijke gezondheidseffecten door formaldehyde, werd ook groot-schalig onderzoek gedaan, en werden verschillende soorten voorschriften, zoals de richtwaarden van VOC concentraties binnenshuis vastgesteld. Het duurde meer dan 30 jaar voor SHS erkend werd als een door chemische verbindingen veroorzaakt gezondheidseffect, en de behandeling ervan werd in 2004 goedgekeurd voor dekking van de tarieven voor medische behandeling. Daarna kwam de tegenmaatregel om de concentratie van chemische verbindingen te verminderen in volle gang, en in 2009 werd chemische gevoeligheid officieel als ziekte erkend. Maar hoewel het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn bepaalde richtstoffen specificerde, is de concentratie van totale chemische verbindingen zoals TVOC's niet gedaald door het gebruik van alternatieve stoffen en talrijke natuurlijke materialen. Bovendien is in nieuwe gebouwen waarin supergeïsoleerde systemen voor energiebesparing werden geïnstalleerd, de concentratie van chemische verbindingen daardoor hoog geworden.

14.2.5.1 Opleveringscontroles door de Wet Kwaliteitsbewaking Huisvesting

De Wet Kwaliteitsbewaking Huisvesting schrijft de meting voor van formaldehyde (verplicht), acetaldehyde (willekeurig), toluen (willekeurig), xyleen (willekeurig), ethylbenzeen (willekeurig), en styreen (willekeurig) als controle van de luchtkwaliteit wanneer aannemers huizen aan klanten opleveren. Wat ventilatie betreft is een mechanisch ventilatiesysteem vereist dat 0,5/u luchtverversing kan realiseren, maar meting van de ventilatiesnelheid is dat niet.



FIGUUR 14.3 Percentage VOC in de binnenlucht in een nieuwe kwekerij.

14.2.5.2 Wijdverbreide binnenluchtverontreiniging met niet-gereguleerde stoffen

Bij onderzoek naar de kwaliteit van de binnenlucht maken zes van de richtstoffen waarvoor meting door de Wet Kwaliteitsbewaking Huisvesting verplicht is, niet meer dan 6% van de TVOC-concentratie uit. **Figuur 14.3** toont de onderzoeksresultaten van een nieuw kinderdagverblijf dat met natuurlijke materialen gebouwd was en meubels met een lage VOC-emissie bevatte. Hoewel de concentraties van elke stof onder de richtwaarde lagen, overschreed de TVOC concentratie ruim $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de tussentijdse streefwaarde. [171] Er kon moeilijk gezegd worden dat het kinderdagverblijf een binnenluchtkwaliteit had die geen nadelige gezondheidseffecten zou veroorzaken. α -Pineen dat uit natuurlijke houtachtige materialen werd uitgestoten was een stof met een hoge concentratie onder de geïdentificeerde stoffen. Veelzeggend is dat niet-geïdentificeerde stoffen die niet met instrumentele analyse bepaald kunnen worden, meer dan 50% van de TVOCs uitmaken. Het is dus zeer ongepast dat de kwaliteit van de binnenlucht alleen wordt beoordeeld op basis van enkele stoffen waarvan werd vastgesteld dat ze gezondheidseffecten hebben. Wat ventilatie betreft, ook al is een mechanisch ventilatiesysteem geïnstalleerd en is 0.5/u luchtverversing bij het ontwerp verzekerd, dan nog zou een onbelemmerde luchtstroom van de toevoer- naar de afvoeropening niet gehandhaafd blijven door de plaats van de deur of het plafond, enzovoort, en een kamer met een afvoeropening krijgt onderdruk. Vandaar dat de werkelijke ventilatiesnelheid gemeten moet worden bij de oplevering.

14.2.5.3 Erkenning dat SHS opgelost is

Volgens een door het Ministerie van Land, Infrastructuur, Vervoer en Trip uitgevoerde enquête naar de feitelijke toestand van nieuwe woonhuizen, overschrijdt de concentratie van de richtstoffen zelden de richtwaarde. Veel huizenbouwers en consumenten denken dat SHS een reeds opgelost probleem is. Daarom is men bang dat, zelfs als er na het bewonen een gezondheidseffect optreedt, het gezondheidseffect niet wordt herkend als een probleem dat met chemische verbindingen te maken heeft en verder verergerd wordt. Zoals eerder gezegd, is het zinvol om in het huidige stadium de TVOC-concentratie als evaluatie-as van de binnenluchtkwaliteit te gebruiken, omdat de concentraties van andere VOC's dan de richtstoffen nog steeds hoog zijn.

14.2.6 Verandering in de maatschappelijke erkenning van binnenluchtverontreiniging: Routinematige tegenmaatregelen

De meest gebruikelijke tegenmaatregelen om binnenluchtverontreiniging te voorkomen zijn het kiezen van bouwmaterialen met een lage uitstoot van chemische stoffen en het installeren van meubels met alleen chemische stoffen met een lage uitstoot. Ook informatie over formaldehyde is gesystematiseerd. [172] Als de binnenlucht nog steeds verontreinigd is, worden tegenmaatregelen uitgevoerd die verontreinigende stoffen verwijderen door ventilatie, zoals fabrikanten van verwarmingsinstrumenten aanbevelen. De laatste jaren is ook het gebruik van luchtreinigers toegenomen, als

reactie op de vraag van de consument naar zuiverder lucht, waarbij er ook voor gezorgd wordt dat die geurvrij is.

14.2.6.1 Luchtreinigers

Eerdere luchtreinigers gebruikten stofverwijderende filters of actieve kool, enzovoort om verontreinigende stoffen te verwijderen. Deze luchtreinigers vereisten periodieke vervanging van de filters wegens desorptie en diffusie van verontreinigende stoffen uit een luchtreiniger nadat de adsorptie verzadigd was. Om niet alleen VOC maar ook allergenen, schimmels, enzovoort in perspectief te plaatsen, zijn onlangs luchtreinigers op de markt gekomen die chemische reactie door ozon en vrije radicalen gebruiken om verontreinigende stoffen af te breken en te verwijderen.

14.2.6.2 Oxidatieve afbraak

Onlangs zijn luchtreinigers ontwikkeld die gebruik maken van ozon, vrije radicalen, fotokatalysatoren, enzovoort, gericht op oxidatieve ontleding. Onvolledige oxidatieve ontledingsproducten worden echter in de binnenlucht verspreid, omdat er veel energie nodig is om VOC volledig in kooldioxide en water te ontleden. Deze producten hebben ook een geur door de zuurstof in de moleculaire structuur, en meer gezondheidseffecten dan ongebroken VOC's.

14.2.6.3 Secundaire verontreinigende stoffen

De stoffen die ontstaan bij onvolledige oxidatieve ontleding

worden secundaire verontreinigende stoffen genoemd. Ze omvatten gasvormige onvolledig oxidatief ontlede producten en fijne deeltjes (aerosol) die deel uitmaken van gecondenseerde gasvormige secundaire producten. Gezondheidseffecten veroorzaakt door fijne deeltjes worden onderzocht; fijne deeltjes die door oxidatieve ontleding ontstaan zijn van nano-grootte, en kunnen via de alveolus en het vasculaire systeem in het lichaam worden gebracht. Bovendien bereiken α -pineen, dat uitgestoten wordt uit houtachtige materialen, en limoneen, dat als deodorant gebruikt wordt, binnenshuis vaak hoge concentraties en secundaire producten ontstaan gemakkelijk door oxidatieve ontleding. Er wordt van uitgegaan dat waar de concentraties α -pineen en limoneen hoog zijn, de luchtkwaliteit binnenshuis verder kan verslechteren door het ontstaan van secundaire verontreinigende stoffen door oxidatieve ontleding van luchtreinigers.

14.3 VEREISTE OF AANBEVOLEN TEGENMAATREGELEN

Problemen met het binnenmilieu leiden tot andere problemen met het binnenmilieu, zoals bepaald door inzicht in de feitelijke toestand, het opstellen van voorschriften, en tegenmaatregelen. Het is nodig tegenmaatregelen te overwegen die ook toekomstige milieuproblemen in het vizier brengen.

14.3.1 Regelgeving voor de concentratie van TVOC's

Zoals beschreven in paragraaf 14.2.5 werden de richtstoffen bepaald als doelstoffen waarvan gedacht werd dat ze de ver-

oorzakers waren van binnenluchtverontreiniging met schadelijke gevolgen voor de gezondheid en moesten hun concentraties omlaag. [173] De concentraties van de richtstoffen daalden vervolgens aanzienlijk door de inspanningen van de leveranciers van bouwmaterialen en de huizenbouwers. De chemische stoffen zijn echter diverser en hoger in concentratie geworden door het gebruik van alternatieve materialen om het gebruik van richtstoffen te vermijden, het misverstand dat natuurlijke materialen niet schadelijk zijn, het gebruik van een nieuw soort luchtreiniger, en hoge luchtdichtheid om energie te besparen. TVOC is dus ook de meest geschikte marker om problemen binnenshuis voor de toekomst te evalueren.

14.3.1.1 Handhaving van de eliminatieperiode

De meeste mensen denken dat het niet meer nodig is bewust te ventileren sinds 24-uurs mechanische ventilatiesystemen verplicht zijn geworden. Anderzijds worden 24-uurs mechanische ventilatiesystemen vaak door bewoners tegengehouden uit energiebesparing en onverdraagzaamheid voor machinegeluiden tijdens het slapen. In nieuwe huizen kan de TVOC concentratie opmerkelijk hoog zijn vlak na de oplevering. Als de ventilatiesystemen gestopt worden, zouden de concentraties van verontreinigende stoffen in de binnenlucht onmiddellijk stijgen. Bewoners moeten zich altijd bewust zijn van de ventilatie, en het is nodig om positieve ventilatie uit te voeren, inclusief het openen van ramen in sommige gevallen. Daardoor kan de uitstoot van verontreinigende stoffen uit bouwmaterialen versneld worden, en kan in korte

tijd een binnenluchtkwaliteit met een lage verontreinigingsconcentratie gerealiseerd worden.

14.3.1.2 Informatie-uitwisseling tussen de betrokken partijen

Onderzoeksstudies over alternatieve materialen en het ontstaan van secundaire verbindingen uit luchtreinigers worden door onderzoekers afzonderlijk uitgevoerd. Het is een belangrijke stap in de technische ontwikkeling die kan inspeelen op toekomstige milieuveranderingen dat huizenbouwers en leveranciers van bouwmaterialen en luchtreinigers deze resultaten delen en gebruiken voor de verbetering van het binnenmilieu. Academische verenigingen en werkplaatsen van ministeries en overheidsdiensten spelen een grote rol als gebieden waar informatie wordt uitgewisseld.

14.3.2 Verzamelen van informatie van artsen

De chemische stoffen binnenshuis zijn veelzijdiger geworden, en het is moeilijk geworden ze afzonderlijk te identificeren en in verband te brengen met gezondheidseffecten. Het spreekt vanzelf dat onderzoek naar de gezondheidseffecten van binnenlucht en inspanningen om de oorzakelijke stoffen te elimineren noodzakelijk zijn. Daartoe is informatie van medici onontbeerlijk en is ook het opzetten van systemen om de informatie snel onder onderzoekers te verspreiden van belang.

14.3.2.1 Selectiemethode voor nieuwe richtsnoerstoffen

Om nieuwe richtsnoerstoffen te selecteren zijn screening-tests met behulp van de resultaten van dierproeven of biologische tests voor alternatieve chemische stoffen doeltreffend. De ontwikkeling van screeningmethoden voor de inschatting van gezondheidseffecten van chemische stoffen is een belangrijke onderzoeksinspanning geworden. Verder is, als oorzakelijke stoffen niet kunnen worden geïdentificeerd, informatie gewenst die de aandacht vestigt op de huidige toestand.

14.4 FORMULERING VAN ADVIES- OF VRAAGSYSTEMEN VOOR PATIËNTEN EN NIEUWE BEWONERS

[174] Zowel huizenbouwers als bewoners erkennen dat SHS veroorzaakt wordt door 13 chemische stoffen, zoals blijkt uit de richtwaarden voor de concentratie binnenshuis. Wanneer een gezondheidseffect optreedt hoewel de concentratie van de richtstoffen onder de richtwaarde ligt, wordt misschien niet herkend dat de chemische stoffen de oorzakelijke stoffen zijn. Om dergelijke situaties te verminderen is nauwkeurige kennis onontbeerlijk voor zowel leveranciers als bewoners. Er moet een systeem van informatie-uitwisseling tussen onderzoekers en leveranciers worden ontwikkeld om het mogelijk te maken de oorzaken van gezondheidseffecten vast te stellen.

HOOFDSTUK -15

Onderzoek van het binnenmilieu en de gezondheid van bewoners in '*Sick Houses*'

Hiroshi Yoshino, Dr. van Ingenieur, Professor Emeritus en President Benoemd Buitengewoon Hoogleraar Tohoku Universiteit

Sachiko Hojo, PhD, emeritus hoogleraar Shokei Gakuin Universiteit

Rie Takaki, PhD, Associate Professor Afdeling Levensontwerp voor Veiligheid en Amenity, Faculteit Levensontwerp, Tohoku Institute of Technology

Gedurende 9 jaar werd een langlopend onderzoek uitgevoerd waarbij ingenieurs, medische wetenschappers, en epidemiologische en psychologische deskundigen samenwerkten [1,2]. Het onderzoek richtte zich op bewoners met de diagnose sick-building syndrome, veroorzaakt door chemische stoffen, en hun huizen. Het onderzoek bestond uit metingen van de concentratie chemische stoffen en van de ventilatieprestaties en uit vragenlijsten over de gezondheid van de bewoners en het binnenmilieu.

15.1 VELDONDERZOEK NAAR DE LUCHTKWALITEIT BINNENSHUIS, DE PRESTATIES VAN HET GEBOUW EN DE GEZONDHEID VAN DE BEWONERS VAN 62 SICK HOUSES

15.1.1 Beschrijving van het onderzoek

15.1.1.1 Onderzochte huizen

De binnenluchtkwaliteiten van 62 huizen in de Japanse prefectuur Miyagi werden onderzocht in acht zomerseizoenen van 2000 tot 2007. De onderzoeksperiode en de onderzochte huizen staan in **tabel 15.1**. Bovendien werden in 28 huizen gedurende verschillende opeenvolgende of niet-opeenvolgende jaren, van 2001 tot 2007, metingen van het binnenmilieu verricht. [176]

TABLE 15.1

Enquêteperiode en onderwerp Huizen

Termijn	Aantal Huizen	Aantal Antwoorden	Responspercentage (%)
2000 May–Oct.	23	45	42
2001 June–Oct.	33	137	99
2002 July–Oct.	13	55	93
2003 Aug–Nov.	10	38	83
2004 Aug–Sept.	8	34	92
2005 Aug–Sept.	10	49	96
2006 Aug–Sept.	7	29	100
2007 Aug–Oct.	7	26	100
Totaal	114	413	84
	(Eerste gegevens: 62)	(Eerste gegevens: 234)	89

Opmerking: 30 van de 62 huizen werden enkele jaren lang on/continu onderzocht.
(Twee keer: 20, Drie keer: 5, Vier keer: 3, Zes keer: 2.)

De onderzochte woningen bestaan uit 52 eengezinswoningen (84%) en 10 meergezinswoningen (16%), en 46 ervan zijn van hout gebouwd (79%). Er zijn 35 (56%) nieuwe huizen die minder dan 3 jaar oud waren toen de eerste enquête werd gehouden, en de gemiddelde leeftijd van alle is 5 jaar.

Antwoorden op vragen over de perioden van oplevering van het gebouw tot bewoning waren als volgt: "bewoond vóór de oplevering," 1 (2%); "bewoond in minder dan 1 week," 36 (58%); "tussen 1 week en 1 maand," 5 (8%); "1 maand tot 2 maanden," is 9 (15%); "3 maanden of meer," 6 (10%). Vijf gezinnen (8%) verhuisden naar bestaande appartementen. Meer dan de helft van de bewoners begon binnen 1 week na de oplevering in de huizen te wonen. In deze huizen was de binnenlucht sterk vervuild door chemicaliën. Veertig procent (25 van de 64) van de huizen werd voortdurend geventileerd door mechanische ventilatie (behalve voor ventilatie onder de vloeren) met een toe- en afvoerventilator (13%) of alleen een afvoerventilator (27%).

15.1.1.2 Onderzoek van de gebouwprestaties en het binnenmilieu

15.1.1.2.1 Inhoud van de enquêtevragenlijst

[176] De vragenlijst bevatte informatie over het gebouw, zoals structuur, plattegrond, bouw materiaal, maar ook over de levensstijl, zoals het gebruik van insecticiden, manieren om het ventilatiesysteem te gebruiken, enzovoort.

15.1.1.2.2 Metingen van de concentratie chemische stoffen

Er werden carbonylverbindingen (formaldehyde en acetaldehyde) en vluchtige organische stoffen (VOC's; toluen, xyleen, p-dichloorbenzeen, enz., 28 soorten in totaal) gemeten. In sommige huizen werden ook organofosforverbindingen zoals chloorpyrifos en andere gemeten. Meetpunten voor carbonylverbindingen en VOC's waren buiten en drie

kamers, waaronder een woon- en een slaapkamer waar de bewoners verondersteld werden veel tijd door te brengen, en nog een kamer waarvan gemeld werd dat men er ziek van werd of dat er een sterke geur hing. Organofosfor en andere verbindingen werden vooral gemeten in een kamer in Japanse stijl met een tatami mat en verder een huiskamer. Ze werden ook gemeten op een punt ongeveer 1 meter binnen de opening van de ventilatie van een kruipruimte.

15.1.1.2.3 Meting van luchtdichtheid en luchtverversings-snelheid

De luchtdichtheid werd gemeten volgens de drukloze methode met een luchtdichtheidsmeetinstrument (Kona Sapporo Co). De luchtverversingssnelheid werd in 14 huizen gemeten met de constante concentratiemethode. De luchtstroomsnelheid van de toevoer- en afvoeropening werd gemeten in huizen met een mechanisch ventilatiesysteem met behulp van een luchtstroommeter (Kona Sapporo Co).

15.1.1.3 Enquêtevragenlijst over gezondheidstoestand

De herziene Japanse versie [3] van de Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (QEESI®) [4] werd aan de bewoners uitgedeeld. Ze werd gebruikt om inzicht te krijgen in de ernst van de symptomen en om de mogelijkheid van meervoudige chemische gevoeligheid (MCS) te evalueren. Vier items behalve "Maskeren" bestaan uit 10 vragen met scores van 1 tot 10, en de totaalscore (0-100) evalueert het niveau van "Chemische intolerantie" en "Ernst van de symptomen".



TABLE 15.2

Meetresultaten van de concentratie van chemische stoffen binnenshuis

Nationale overzichten voor 'gewone' woningen

Substance	Unit	Sick Houses ^a (2000-2007)				(2000) ^b			MLIT (2000) ^c			MHLW (1997-1998) ^d		
		Mean	Median	Max.	Over Richtlijn (%)	Mean	Over Richtlijn (%)	Mean	Over Richtlijn (%)	Mean	Over Richtlijn (%)	Mean	Over Richtlijn (%)	Richtlijn of MHLW
Formaldehyde	µg/m ³	137.5	130.9	339.4	64	113.5	32.2%	87.2	27.3%	-	-	-	-	100
Acetaldehyde	µg/m ³	125.8	110.1	369.7	51	-	-	30.6	9.2%	-	-	-	-	48
Toluene	µg/m ³	110.2	39.4	1753.3	9	-	-	143.2	12.3%	96.0	-	-	-	260
Ethylbenzene	µg/m ³	20.1	7.1	489.0	0	-	-	34.7	0.0%	22.1	-	-	-	3800
Xylene	µg/m ³	26.3	13.8	304.4	0	-	-	21.7	0.1%	36.1	-	-	-	870
<i>p</i> -Dichloro benzene	µg/m ³	263.2	36.5	8445.4	11	-	-	-	-	125.7	-	-	-	240
TVOC	µg/m ³	1240.5	511.9	8878.6	60	-	-	-	-	-	-	-	-	400

a 166 kamers in 62 huizen. De maximum waarde wordt gebruikt van alle metingen.

b "Onderzoek in Tohoku regio in Japan". Objecten van studie zijn 59 huizen.

c "Onderzoek door het Ministerie van Land, Infrastructuur en Transport (2000)" Eenheid wordt veranderd van "ppm" in "µg/m³" in toestand van 25°C. Objecten van studie zijn 4368 huizen, bestaande uit eengezinswoningen (67%) en huizen van een jaar oud of jonger (63%).

d "Survey by Ministry of Health, Labour and Welfare." Objecten van studie zijn 385 huizen.

15.1.2 Resultaten

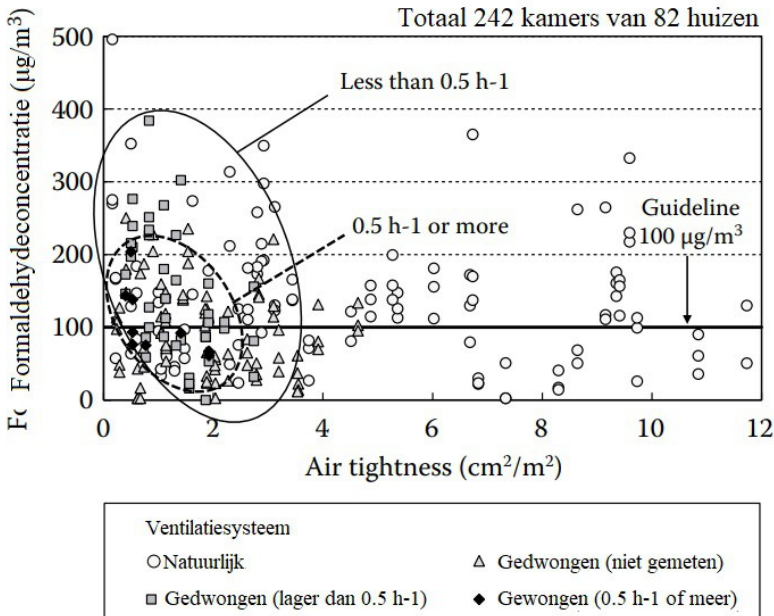
15.1.2.1 Resultaten van de metingen van de concentraties van chemische stoffen

De meetresultaten van typische concentraties van chemische stoffen binnenshuis staan in Tabel 15.2. In het geval van formaldehyde, acetaldehyde, en totale vluchtige organische stoffen (TVOC's) zijn de verhoudingen van de kamers die de richtlijnen overschrijden respectievelijk 64%, 51%, en 60%. Vergeleken met de resultaten van eerdere peilingen in bestaande normale huizen, zijn de te hoge verhoudingen voor deze chemische verbindingen in de onderzochte huizen aanzienlijk hoger. 90% van de huizen was echter gebouwd vóór de toepassing van de Gewijzigde Bouwnormenwet van Japan in 2003 om *sick houses* te voorkomen.

15.1.2.2 Verband tussen formaldehydeconcentratie en luchtdichtheidsmeting

Het verband tussen formaldehydeconcentratie en luchtdichtheidsgraad wordt getoond in figuur 15.1. De figuur omvat de resultaten die meer dan eens in verschillende jaren in hetzelfde huis gemeten zijn. De formaldehyde concentratie gemeten in verschillende kamers werd uitgezet tegen dezelfde waarde van luchtdichtheid van een huis (totaal 242 kamers van 82 huizen). De luchtdichtheid van 39 huizen (63%), uitgedrukt als een equivalent lekoppervlak per vloeroppervlak, ligt onder de waarde voor een luchtdicht huis van 5,0 cm²/m² die geldt voor de klimaatzone waar de onderzochte

huizen staan (Energy Conservation Standard herzien in 1999). De formaldehydeconcentratie is hoger in de kamers van luchtdichte huizen met een lage luchtverversingsgraad van minder dan 0,5/u lucht.

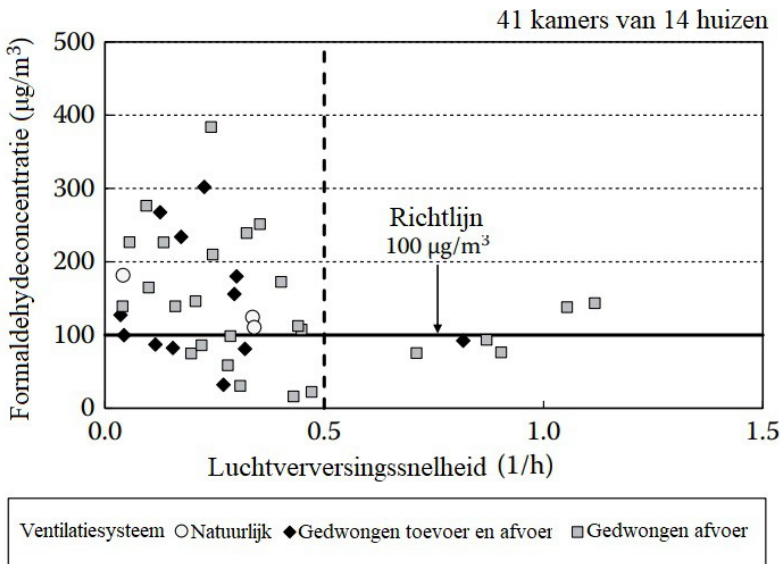


FIGUUR 15.1 Verband tussen formaldehydeconcentratie en luchtdichtheid

15.1.2.3 Verband tussen formaldehydeconcentratie en

[178] Luchtverversingssnelheid De luchtverversingssnelheid werd gemeten in 41 kamers van 14 van de 62 huizen. Figuur 15.2 toont het verband tussen de luchtverversingssnelheid van de kamers en de formaldehydeconcentratie. In sommige huizen werden de metingen verschillende keren uitgevoerd. De figuur toont de eerste meetresultaten. In

slechts 5 van de 14 huizen (36%) was de luchtverversings-snelheid hoger dan 0,5/h, wat de minimumwaarde is die in principe vereist is voor nieuwe huizen, geregeld in de Gewijzigde Bouwnormenwet van Japan. In 3 huizen was de luchtverversingsgraad minder dan 0.3/h. Eén huis had een waarde van meer dan 1/h. De kamers met een lagere luchtverversing, zoals minder dan 0,5/h, vertonen meestal een hogere formaldehydeconcentratie.



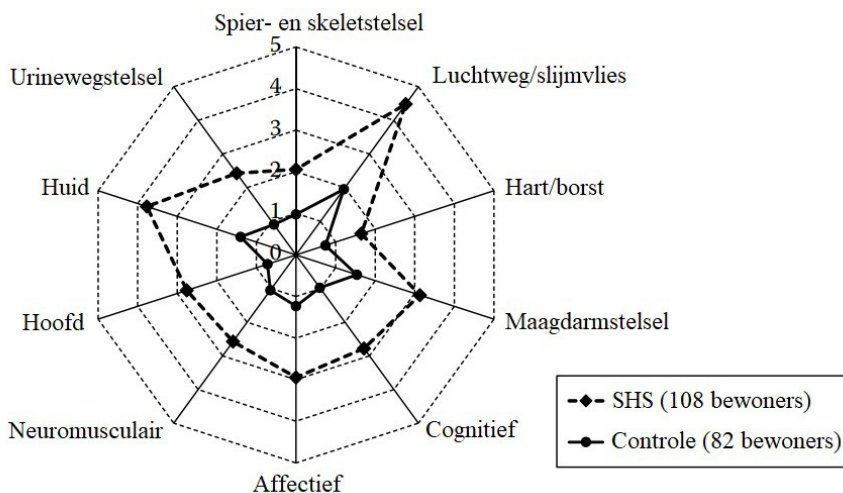
FIGUUR 15.2 Verband tussen formaldehydeconcentratie en luchtverversingssnelheid.

15.1.2.4 Sick-House-syndroom op basis van de QEESI® vragenlijst

15.1.2.4.1 Classificaties van bewoners

In totaal beantwoordden 234 bewoners de QEESI® vragen-

lijst. Uit de resultaten bleek dat 108 bewoners (46,2%) van de 234 verdacht werden van het sick-house syndrome (SHS), waarvan de symptomen begonnen of erger werden minder dan een jaar nadat ze in de nieuwe of gerenoveerde huizen waren gaan wonen. Vermoed werd dat de symptomen van 44 bewoners (18,8%) van de 234 geen verband hielden met het binnenmilieu van de huizen. De overige 82 bewoners (35%) bleken geen symptomen te hebben, en werden als controles gecategoriseerd.



FIGUUR 15.3 Resultaten van de vragenlijst (gemiddeld) betreffende 10 subjectieve symptomen van 105 SHS patiënten.

15.1.2.4.2 SHS Symptomen

[180] De resultaten van de vragenlijst voor 10 items betreffende subjectieve symptomen van de SHS (108 bewoners) groep en de controlegroep (82 bewoners) staan in **Figuur 15.3**. De items omvatten musculoskeletale, luchtwegen/

slijmvliezen, hart/borst-gerelateerde, gastro-intestinale, cognitieve, affectieve, neuromusculaire, hoofd-gerelateerde, huid-, en genito-urinaire symptomen. Hogere punten betekenen ernstiger symptomen. De ernst van de symptomen werd gediagnosticeerd met de QEESI®. Het gemiddelde van de SHS groep was voor alle symptomen hoger dan dat van de controlegroep. De gemiddelden voor luchtweg-/slijmstoornissen en huidirritatie zijn vooral hoger.

15.1.3 Concentratie van chemische stoffen en symptomen van de bewoners

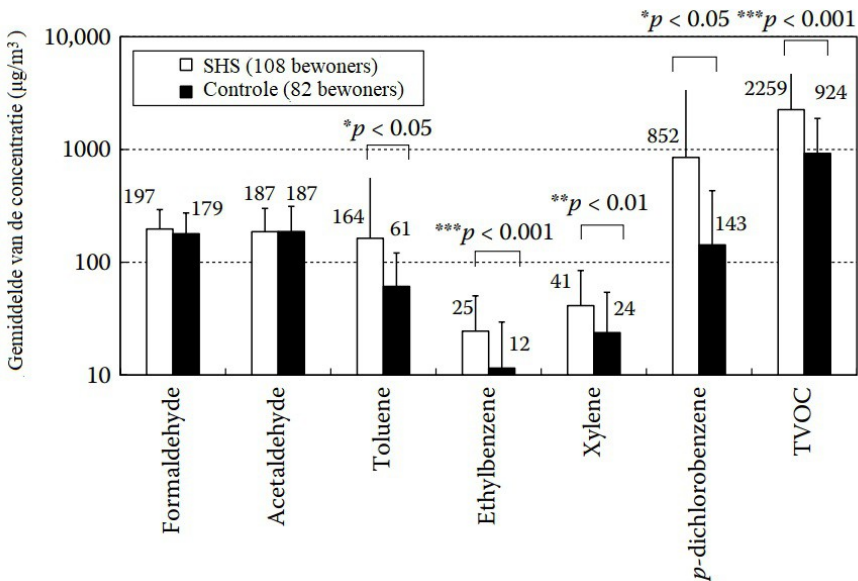
15.1.3.1 Verband tussen de concentratie van chemische stoffen en SHS

De resultaten van vergelijkende analyses van de chemische stofconcentratie tussen de SHS groep en de controlegroep staan in Figuur 15.4. Er werd gebruik gemaakt van een t-toets of een Wilcoxon rangsomtest. Alle concentraties van chemische stoffen, behalve die van acetaldehyde, zijn hoger in de SHS groep. De concentraties van toluen, ethylbenzeen, xyleen, p-dichloorbenzeen, en TVOC's in de SHS groep zijn hoger dan in de controlegroep ($p < 0.05$).

15.1.3.2 Verband tussen de concentratie van chemische stoffen en de ernst van de symptomen

[181] **Tabel 15.3** toont vergelijkende analyses van de concentratie chemische stoffen en de symptomen tussen twee groepen met behulp van een t-toets of Wilcoxon rank sum test.

Op basis van de ernst van de door QEESI® gediagnosticeerde symptomen werden de bewoners in twee groepen verdeeld: een groep bewoners met een nulscore en een groep met een score van meer dan 1. Zeven in de tabel getoonde symptomen hebben een significant verband met de concentratie van meer dan één chemische stof. Uit deze resultaten wordt gesuggereerd dat de concentratie van chemische stoffen de gezondheid van de bewoners beïnvloedt.



FIGUUR 15.4 *Vergelijkende analyses van de concentratie van chemische stoffen*

15.1.4 Conclusie

Op basis van een onderzoek van 62 huizen werd vastgesteld dat de ernst van luchtweg-, slijm- en huidsymptomen sterk is bij bewoners die verdacht worden van SHS. Veel huizen

hadden een luchtverversing van minder dan 0.5/u, ook al was een mechanisch ventilatiesysteem geïnstalleerd. In huizen met een hoge luchtdichtheid en een lage ventilatiesnelheid was de formaldehydeconcentratie vrij hoog. Er werd bevestigd dat niet alleen bouwcomponenten zoals het materiaal van de muur en het ventilatiesysteem, maar ook het gedrag van de bewoners, zoals de bediening van de ventilatie of het gebruik van chemicaliën in het dagelijks leven, een sterk verband hadden met de concentratie chemische stoffen.

15.2 LANGE LANGDURIGE OBSERVATIES VOOR 30 HUIZEN

In de Japanse prefectuur Miyagi werden langdurende observaties uitgevoerd voor 30 huizen die verdacht werden als *sick buildings*. De studie was bedoeld om het verloop van de gezondheid van de bewoners en de binnenluchtkwaliteit te observeren en ook om het verband te analyseren tussen de binnenluchtkwaliteit en het gedrag van de bewoners en de bouwmaterialen.

15.2.1 Onderzochte huizen

[183] De onderzochte huizen bestonden uit 25 eengezinswoningen en 5 meergezinswoningen. Het onderzoek werd twee keer of vaker uitgevoerd, voor een maximum van zes keer on/onderbroken van 2001 tot 2008, van mei tot september. Tweeëntwintig van de 30 huizen werden als *sick houses* gediagnosticeerd.



TABLE 15.3

Verband tussen concentratie van chemische stof en symptomen

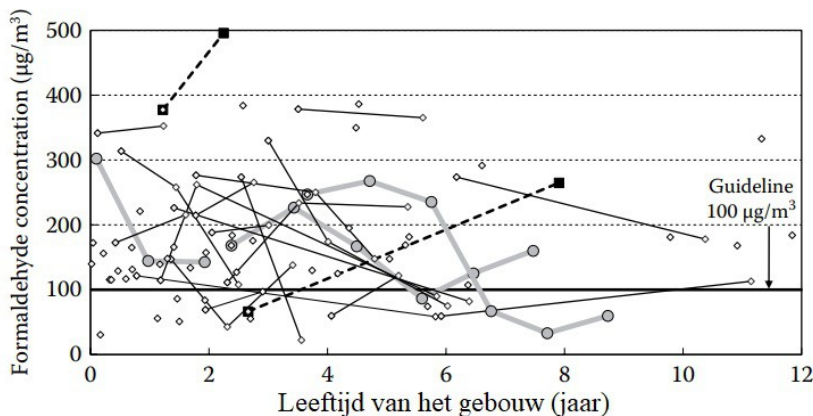
Symptoms	N	Formaldehyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Acetaldehyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ethylbenzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Xylene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	p-Dichloro- benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Luchtweg/ slijmvlies	No Yes	194 191	188 187	81 138	12** 21	24** 37	152* 717	1007** 1887
Hart/borst	No Yes	192 191	176 206	119† 124	16* 23	31 37	270* 1018	1198** 2345
Maagdarmkanaal	No Yes	204 184	195 182	78† 149	14** 22	28 36	146* 811	974*** 2051
Gevoel	No Yes	203 182	187 188	106 135	16 21	32 35	151* 910	1063** 2136
Affectief	No Yes	198 186	196 179	100* 140	16 21	33 34	343 736	1224* 1990
Neuromusculaire	No Yes	190 194	181 193	128 114	16 21	32 34	129* 991	1091* 2190
Huid	No Yes	185 196	192 184	77† 151	16 20	30 35	348 686	1302† 1846
Totaal	Genatigd tot intens	200 180	194 177	100 154	17 21	32 35	290† 946	1187** 2299

† $p < 0.1$ *; $p < 0.05$ **; $p < 0.01$ ***; $p < 0.001$.

15.2.2 Resultaten van het onderzoek

15.2.2.1 Verband tussen de concentratie van chemische stoffen en de ouderdom van het gebouw

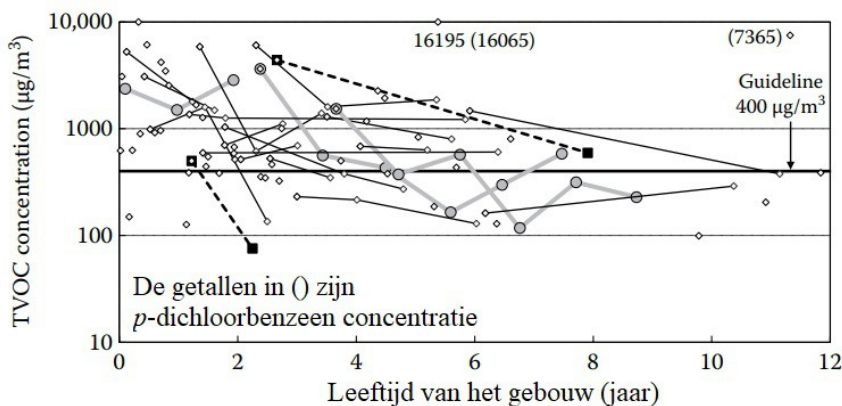
De verbanden tussen de ouderdom van het gebouw en de formaldehyde-concentratie en de TVOC-concentratie worden getoond in respectievelijk **Figuren 15.5 en 15.6**. Hetzelfde huis is met een lijn verbonden. De formaldehydeconcentratie vertoont een kleine afname naarmate de ouderdom van het gebouw toeneemt.



FIGUUR 15.5 Verband tussen de jaarlijkse verandering van de formaldehydeconcentratie en de ouderdom van het gebouw (of de jaren na de verbouwing).

De dikke lijn toont huizen waar in de waarnemingsperiode een tegenmaatregel voor een *sick houses* genomen werd, zoals verandering van ventilatiesysteem of vervanging van afwerkingsmaterialen. Na de renovatie nam de concentratie

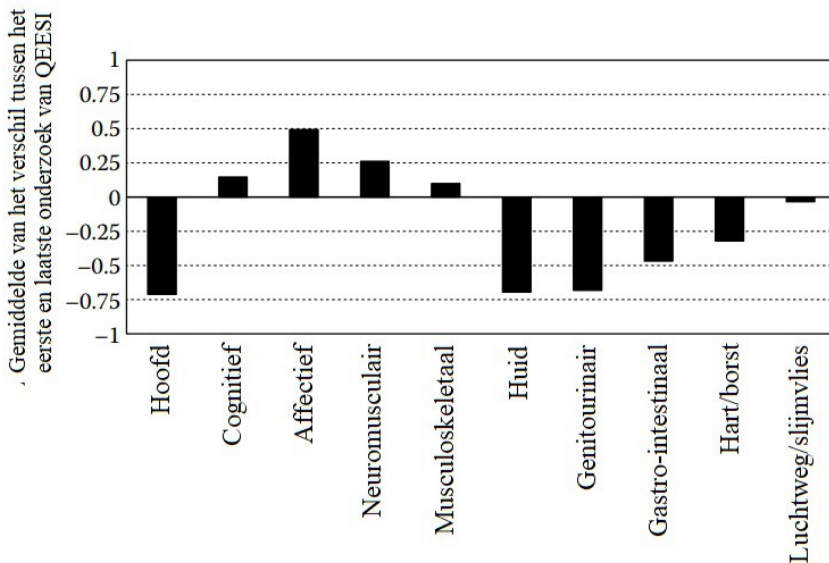
af. Er zijn echter twee huizen met stippellijnen, die alleen bij de tweede en laatste meting een toename van formaldehyde vertonen. Bewoners van een ervan hebben nieuwe meubels geplaatst. Het andere is een meetresultaat in een kast zonder ventilatie. De TVOC concentratie neemt opmerkelijk af naarmate de ouderdom van het gebouw toeneemt. Hoge TVOC concentraties werden ontdekt in de huizen waar de concentratie *p*-dichloorbenzeen zoals tussen haakjes in de figuur staat, het grootste deel van de TVOC concentratie uitmaakt. In deze huizen werden mottenkristallen gebruikt voor kleding.



FIGUUR 15.6 Verband tussen de jaarlijkse verandering van de TVOC-concentratie en de ouderdom van het gebouw (of de jaren na de verbouwing).

15.2.2.2 Jaarlijkse veranderingen van de symptomen van de bewoners

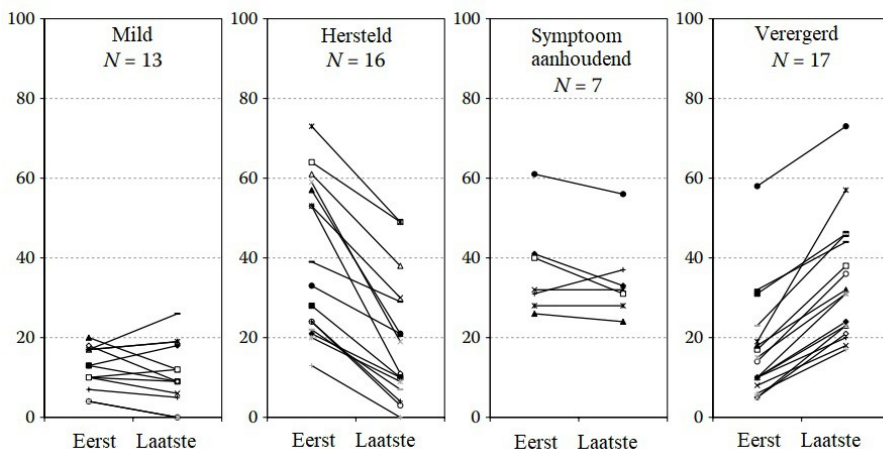
[184] **Figuur 15.7** toont het verschil in ernst van 10 symptomen tussen het eerste en het laatste QEESI® onderzoek.



FIGUUR 15.7 Verschillen in ernst van de door QEESEI® gediagnosticeerde symptomen.

De verandering in symptomen van 56 SHS bewoners in 30 huizen werd onderzocht aan de hand van de vragenlijst, die gedurende de onderzoeksperiode verschillende keren werd afgenomen. Een afname van de scores, wat herstel van de symptomen betekent, werd gevonden voor vijf symptomen, waaronder hoofd-gerelateerde, huid-, urogenitale, gastro-intestinale, en hart/borst-gerelateerde symptomen. Omgekeerd werd een toename gevonden in affectieve en neuromusculaire symptomen. Er was geen verandering in cognitieve, musculoskeletale, en luchtweg/slijmvliesen symptomen.

Figuur 15.8 toont de symptoomscores voor elke bewoner bij de eerste en de laatste vragenlijst.



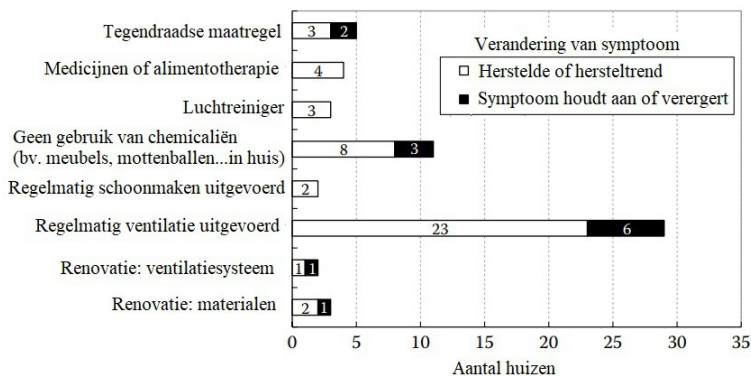
FIGUUR 15.8 Jaarlijkse veranderingen van het symptoom van de bewoners.

De bewoners werden in vier groepen verdeeld. "Mild" duidt op een groep bewoners met een QEESI® symptoomscore van minder dan 20 punten op beide vragenlijsten. [185] "Hersteld" duidt op de groep bewoners bij wie de symptoomscore van de eerste tot de laatste vragenlijst met 10 punten afnam. "Symptoom aanhoudend" duidt op de groep bewoners met een symptoomscore van meer dan 20 punten op beide vragenlijsten. "Slechter" geeft de groep bewoners aan met een symptoomscore die van de eerste tot de laatste vragenlijst met 10 punten toenam.

15.2.3 Verandering van symptomen en concentraties van chemische stoffen

15.2.3.1 Verandering van symptomen als reactie op tegenmaatregelen tegen de beperking van SHS

Figuur 15.9 toont de verandering van symptomen in 36 *sick houses* als reactie op de genomen tegenmaatregelen tegen de beperking van SHS. De resultaten zijn afkomstig van langdurige observaties van 30 huizen en telefonische vervolgonderzoeken bij 18 huizen in 2006- 2007. [186]



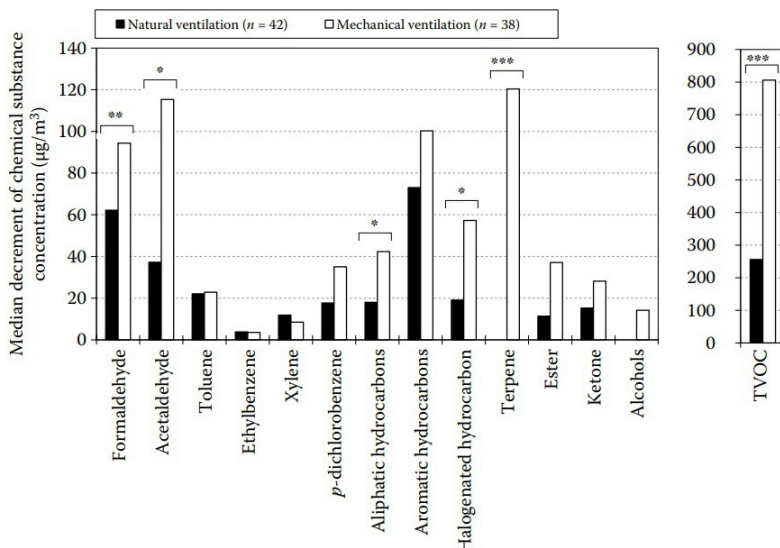
FIGUUR 15.9 Resultaat van vervolgonderzoek naar metingen van chemische stoffen tegen gezondheidsproblemen en verandering van symptomen.

De bewoners in 36 van de 48 huizen werden ervan verdacht SHS te hebben. De "Hersteltrend" in Figuur 15.9 betekent "hersteld van een deel van de symptomen" of "begin van een hersteltrend". Men ziet dat in 29 huizen veelvuldig werd geventileerd en dat in 11 huizen geen chemische producten werden gebruikt of producten met een laag chemisch gehalte voor meubels, mottenballen, enzovoort. Ook bleek dat 23 van de 29 huizen (ventilatie vaak) en 8 van de 11 huizen

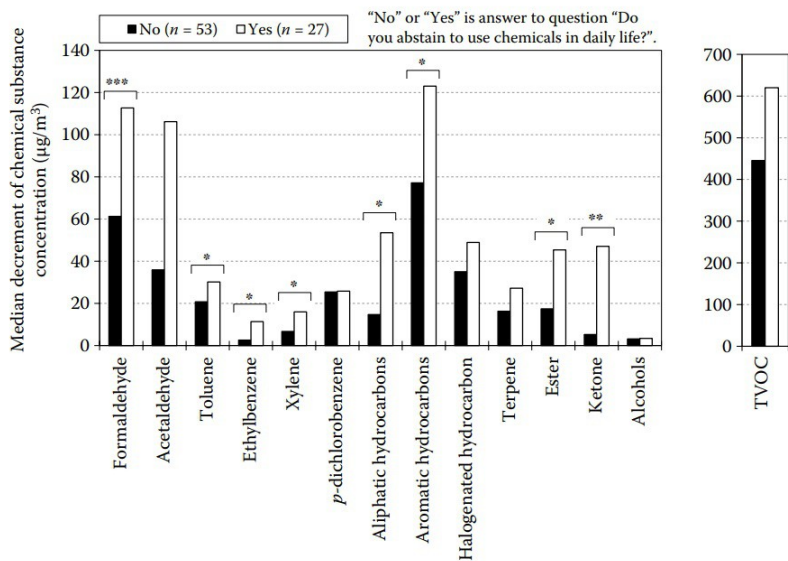
(geen gebruik van chemische producten of gebruik van producten met een laag chemisch gehalte) "Hersteld of Hersteltrend" waren.

15.2.3.2 Afname van de concentratie chemische stoffen als reactie op tegenmaatregelen tegen *sick houses*

Figuur 15.10 toont een afname van de concentratie chemische stoffen tussen de eerste meting en de laatste in het geval van twee tijdmetingen of een afname tussen de eerste meting en de andere waarbij de hoogste waarde werd waargenomen in het geval van meer dan twee tijdmetingen voor twee groepen huizen: de ene heeft natuurlijke ventilatie, en de andere heeft een mechanisch ventilatiesysteem.



FIGUUR 15.10 Afname van de concentratie van chemische stoffen op basis van de soort ventilatie.



FIGUUR 15.11 Afname van de concentratie chemische stoffen op basis van bezorgdheid over de effecten van chemische stoffen op het leven (b.v. meubels, mottenballen).

Er werd een Mann-Whitney test uitgevoerd. Figuur 15.11 toont dezelfde resultaten voor twee groepen huizen: de bewoners maken zich zorgen over de effecten van chemicaliën op het leven (b.v. meubels, mottenballen), en de andere maken zich daar geen zorgen over. Uit figuur 15.10 bleek dat het huis met een mechanisch ventilatiesysteem een grotere afname van de concentratie vertoont dan huizen met natuurlijke ventilatie, vooral voor formaldehyde, acetaldehyde, TVOCs, alifatische koolwaterstoffen, gehalogeneerde koolwaterstoffen, en terpenen. Ook een andere analyse in verband met ventilatie toont aan dat huizen met een hogere ventilatiegraad een sterk verlaagde tolueenconcentratie heb-

ben. In huizen waar bewoners vaak ventileerden, werd een afname gevonden van de tolueen-, ethylbenzeen-, xyleen-, en ketonconcentraties. [187]

Anderzijds was de afname van terpeen zeer groot in huizen waar geen aandacht aan ventilatie werd besteed, omdat in deze groep ook nieuw gebouwde huizen zaten waar terpeen aanzienlijk vrijkwam uit nieuwe bouwmaterialen. Figuur 15.11 laat zien dat in huizen waar de bewoners het gebruik van chemicaliën in het dagelijks leven vermeden, de afname van de concentraties formaldehyde, tolueen, ethylbenzeen, xyleen, alifatische koolwaterstoffen, esters en ketonen zeer groot is.

15.2.4 Conclusies Op basis van het negen jaar durende veldonderzoek naar *Sick Houses* werden de volgende resultaten gevonden:

1. De concentratie van chemische stoffen nam in het algemeen met de tijd af, maar het gehalte aan p-dichloorbenzeen en formaldehyde kon toenemen door het gebruik van mottenballen of het plaatsen van nieuw meubilair.
2. Van de 10 symptomen werd een toename van de ernstscore tussen het eerste en het laatste onderzoek gevonden in affectieve en neuromusculaire symptomen.
3. In huizen waar de ernst van de symptomen afnam, namen de concentraties van TVOC's af.
4. Frequent ventileren en het niet gebruiken van producten waarin chemicaliën verwerkt waren, waren doeltreffend zowel in vermindering van de concentraties van chemische stoffen als in herstel van de ernst van de symptomen.

EINDNOTEN

1. Yoshino H, Nakamura A, Ikeda K, Nozaki A, Kakuta K, Hojo S, Amano K, Ishikawa S. Field survey on IAQ and occupant's health in sick houses. Field survey on 62 houses in Miyagi prefecture. *Journal of Environmental Engineering (Transaction of AIJ)* 74(641):803–809. (In Japanese)
2. Yoshino H, Nakamura A, Ando N, Ikeda K, Nozaki A, Kakuta K, Hojo S, Amano K. Field survey about IAQ and occupant's health of sick house. Long-term field survey about IAQ and occupant's health of 30 house in Miyagi. *Journal of Environmental Engineering (Transaction of AIJ)* 75(654):705–712. (In Japanese)
3. Hojo S, Yoshino H, Kumano H, Kakuta K, Miyata M, Sakabe K, Matsui T, Ikeda K, Nozaki A, Ishikawa S. 2005. Use of QEESI© questionnaire for a screening study in Japan. *Toxicology and Industrial Health* 21:113–124.
4. Miller CS, Prihoda TJ. 1999. The environmental exposure and sensitivity inventory (EESI): A standardized approach for measuring chemical intolerances for research and clinical applications. *Toxicology and Industrial Health* 15:370–385.

HOOFDSTUK – 16

Rondetafelgesprek

*Yukio Yanagisawa, voorzitter, professor emeritus 1
en directeur 2 1Universiteit van Tokio 2Kaisei
Academy Junior and Senior High School*

16.1 DE HUIDIGE SITUATIE VAN LUCHTVERONT- REINIGING BINNENSHUIS

Y. Yanagisawa:

We hebben de problemen van het sick-house syndroom en chemische gevoeligheid al lang bestudeerd. Ik zou de toestand in het beginstadium van deze problemen willen vergelijken met de huidige toestand. Wat voor verandering ontstond er? Dr. Yoshino, spreek alsjeblieft vanuit het gebied van de bouw. H. Yoshino: De grootste oorzaak van het vroege *Sick Houses* probleem was formaldehyde. Na het uitbrengen van een richtlijn van het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn voor de bouwnijverheid, nam de bezorgdheid over formaldehyde toe. De bouwnijverheid kwam er toen toe af te zien van het gebruik van formaldehyde. Uit onderzoek van het Ministerie van Land, Infrastructuur en Vervoer bleek dat de concentratie formaldehyde geleidelijk afnam. Dit is een schets van de vroege stadia van het *Sick Houses* probleem in de bouwnijverheid.

In het volgende stadium werd het probleem van de kamerluchtverontreiniging goed, waarbij ongeveer 13 stoffen die formaldehyde bevatten in de richtlijn van het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn verschenen. Anderzijds worden bij analyse van de totale vluchtige organische stoffen (TVOC's), waarbij de specifieke stoffen niet worden gespecificeerd, vaak zeer hoge concentraties waargenomen. TVOC's omvatten niet alleen de 13 chemische stoffen, maar ook alle VOC's. Een waarde hoger dan 1000 µg/m³ kan in het gebouw onmiddellijk na de bouw worden waargenomen. Ik denk dat de laatste tijd nieuwe stoffen, andere dan de 13 stoffen, de binnenlucht vervuilen. Het vervuilingsprobleem door deze nieuwe stoffen werd ook waargenomen in de geïmproviseerde huizen na een grote aardbeving in Oost Japan in 2011.

Y. Yanagisawa:

Hoor ik dat het TVOC gehalte hoog is in een geïmproviseerd huis?

H. Yoshino:

Ja, het geïmproviseerde huis demonstreert de typische tendens van de nieuwste woning.

Y. Yanagisawa:

Wat voor verandering heeft zich aan de kant van de patiënt voorgedaan als reactie op een verandering van zulke chemische stoffen voor binnenluchtverontreiniging?

S. Ishikawa:

[190] Toen de concentratie van chemische stoffen als formaldehyde, toluen en p-dichloorbenzeen hoog was, bestond er een dosis-respons relatie tussen de concentratie en het symptoom. Nu werd de concentratie van chemische stoffen, zoals formaldehyde, laag. Het lijkt erop dat het verband tussen de TVOC-concentratie en het symptoom gerealiseerd werd, omdat de concentratie binnenshuis van de 13 richtstoffen daalde.

Behalve de TVOC concentratie is ook een afzonderlijke chemische stof als ftalaatester van belang als binnenverontreiniging. Deze stof heeft in de Verenigde Staten de aandacht getrokken. Er wordt gemeld dat voorzichtigheid geboden is met betrekking tot concentraties binnenshuis in scholen en ziekenhuizen. Ik denk dat de methode om zowel een individuele stof als TVOC te regelen doeltreffend is.

Y. Yanagisawa:

Dr. Miyata, u behandelt nu patiënten. Wat vindt u van de nieuwste tendens?

M. Miyata:

De belangrijkste toestand in het beginstadium van een *Sick Houses* probleem was de prikkelingstoestand van de membranen. De vroege symptomen waren flikkerende ogen, jeukende keel, en hoofdpijn. Dit waren bijna vergiftigingsverschijnselen. Tegenwoordig wordt zo'n heftig symptoom niet meer waargenomen. In plaats daarvan hebben de patiënten, voordat ze hun ziekte duidelijk begrijpen, al het *Sick Hou-*

ses syndroom. Hoewel er in het beginstadium van een *Sick Houses* probleem veel patiënten waren die een ziekte doormaakten uit nieuwe woonhuizen, komen veel patiënten tegenwoordig uit de verbouwde en herbouwde woningen. Momenteel doet de aandoening zich niet alleen in woonhuizen voor, maar ook in kantoren. De situatie is vergelijkbaar met het sickbuilding syndroom dat in de jaren '80 in Europa en de Verenigde Staten voorkwam.

Y. Yanagisawa:

Als het voorgaande wordt samengevat, is de nieuwste tendens niet in de situatie waarin alleen de specifieke chemische stof het sickhouse probleem heeft doen ontstaan. In de binnenlucht worden verschillende chemische stoffen waargenomen. Het is moeilijk voor iemand die een sick-house syndroom ervaart om te herkennen dat het symptoom aan een specifieke chemische stof te wijten is. Hoewel aandacht moest worden besteed aan 13 specifieke stoffen waarvoor de richtwaarde werd vastgesteld, zijn er de laatste tijd verschillende chemische stoffen bij betrokken. Bovendien heeft het sick-house probleem zich, zoals gezegd, niet alleen in woonhuizen maar ook in kantoren voorgedaan.

Het sick-building probleem van het onlangs voltooide kantoorgebouw van de leden van het Huis van Raadsleden is een goed voorbeeld. Direct na de oplevering waren de TVOC-niveaus hoog. Het belangrijkste gebouw van een land is een *sick building*.

Lezers die dit boek gebruiken om het sick-house syndrome

en chemische gevoeligheid te bestuderen, nemen twee soorten gevallen waar: die in de vroege staat in Japan en die in de nieuwste staat.

16.2 MEDISCHE CORRELATIES IN JAPAN

S. Ishikawa:

[191] Ik had het belastingonderzoek waarbij een dosis-respons relatie onderzocht werd in de begintijd niet gedaan omdat er in de begintijd specifieke symptomen verschenen na blootstelling aan een bepaalde chemische stof. Bijvoorbeeld, oogsymptomen door formaldehyde waren flikkeren, pijn en tranen. Keelsymptomen die door formaldehyde veroorzaakt werden, waren scherpte en pijn. Zo was duidelijk een eenvoudig membraanprikkel-symptoom ontstaan.

Als iemand enkele uren doorbrengt in een schone kamer waar de VOC concentratie heel laag gehouden wordt, zal maskering de persoon van de effecten scheiden. Maskeren is een verschijnsel waarbij het lichaam van een persoon zich aanpast aan de VOC concentratie in de lucht die de persoon inademt. Door aanpassing kan de progressie naar symptomen van het sick-house syndroom en een chemische gevoeligheid afzwakken.

Daarom kan ik, zelfs als een belastingsonderzoek wordt gedaan in de toestand waarin maskering is opgetreden, geen precieze dosis-respons relatie verduidelijken. Als de clean room apparatuur gereed kan zijn en de invloed van maskering kan worden opgeheven, zal de precieze dosis-respons

relatie voor een bepaalde chemische stof duidelijk zijn.

Tegenwoordig zijn de symptomen echter ingewikkeld geworden. Zo zijn er bijvoorbeeld symptomen aangetoond die ook met psychische stoornissen te maken hebben. Als de bekwame arts een mondeling consult zorgvuldig uitvoert, kan hij onderscheiden of de patiënt lijdt aan een geestesziekte of aan een *Sick Houses syndroom*. Het kan echter onmogelijk zijn om dit onderscheidingsvermogen van alle artsen te eisen. Het werd zelfs voor mij erg moeilijk om patiënten met chemische gevoeligheid te onderzoeken, want tegenwoordig is het niet meer zo dat de concentratie van een bepaalde chemische stof hoog is. De patiënt kan aan verschillende soorten chemische stoffen blootgesteld zijn geweest, en er kunnen symptomen optreden. Het is nodig een bevestigde diagnose uit te voeren, afgeleid uit objectieve tests.

Y. Yanagisawa:

Ik vraag Dr. Miyata. Wat voor symptomen vertonen de laatste patiënten?

M. Miyata:

De meeste symptomen van de patiënten zijn vermoeidheid en hoofdpijn. Eén patiënt met een duidelijke milieu-aandoening vertoonde symptomen van het sick-house syndroom. Maar hoewel deze patiënt als kind al symptomen kreeg, neemt het aantal patiënten bij wie een milieu-aandoening niet duidelijk is de laatste tijd toe. Omdat niet kan worden aangegeven wanneer de symptomen zich ontwikkelden, kan ik misschien niet duidelijk oordelen over een oorzaak-ge-

volg verband. Het is moeilijk om een mondeling consult en een voldoende gedetailleerd medisch onderzoek bij een kind uit te voeren. Het is erg moeilijk om in korte tijd de medische voorgeschiedenis en de leefomgeving van een patiënt te onderzoeken.

Y. Yanagisawa:

De typische symptomen van het *Sick Houses syndroom* zijn aanhoudende vermoeidheid, hoofdpijn, en slechte concentratie. Zulke algemene lichamelijke klachten komen niet alleen bij het sick-house syndroom specifiek voor. Interpretatie van zulke niet-specifieke symptomen is subjectief. Wat voor objectieve diagnostische methode is er voor het sick-house syndroom?

M. Miyata:

[192] De subjectieve index die door mondeling overleg verkregen wordt is het belangrijkste bij de diagnose van het sick-house syndroom. Vooral informatie over het punt waarop de toestand verergert is van belang. Kenmerken van het huis of gebouw kunnen leiden tot specificatie van de chemische stof die de aandoening verergert. Omdat een algemene lichamelijke klacht geen symptoom is dat alleen bij het sick-house syndroom specifiek voorkomt, moet men vaststellen of de aandoening het sick-house syndroom is. Daarom is het nodig objectieve onderzoeksgegevens te gebruiken. De details van de objectieve onderzoeksmethode besprak ik in hoofdstuk 5 van dit boek.

Y. Yanagisawa:

Als het voorgaande samengevat wordt, werden in de jaren '90 in Japan grote aantallen huizen gebouwd waarin de concentratie formaldehyde, toluen, of p-dichloorbenzeen hoog is. *Sick Houses syndroom* en chemische gevoeligheid kwamen in zulke huizen vaak voor. Het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn en het Ministerie van Land, Infrastructuur en Transport besloten tot tegenmaatregelen.

Het Ministerie van Gezondheid, Arbeid en Welzijn bepaalde als eerste de richtwaarde van formaldehyde in 1997, en de richtwaarde van in totaal 13 stoffen in 2002. Het ministerie van Land, Infrastructuur en Vervoer herzag de wet op de bouwnormen in 2005. De herziene wet op de bouwnormen beperkte het gebruik van bouwmaterialen die formaldehyde verspreiden en verbood het gebruik van chloorpyrifos als termietenbestrijdingsmiddel.

16.3 OVERHEIDSMAATREGELEN

S. Ishikawa:

Dr. Yanagisawa heeft toegestemd deel te nemen aan het comité dat een richtwaarde onderzoekt, en besloot de richtwaarde van formaldehyde als eerste richtwaarde te nemen. Vervolgens werd de richtwaarde van koolwaterstofsysteemen, zoals toluen en styreen, vastgesteld. De concentraties in de binnenlucht begonnen te dalen.

Het aantal patiënten daalde echter helemaal niet door het instellen van een richtwaarde. Ik voerde een onderzoek uit van

de chemische stoffen van een koolwaterstofsysteem, en daarna van een organofosfor pesticide. Ik onderzoek chloorpyrifos (CP). Veel CP's worden zelfs in de Verenigde Staten gebruikt. Men zegt dat in de Verenigde Staten een derde van de mensen die gevoelig reageren op een chemische stof, organofosfor landbouwchemicaliën moeten verdenken. Hoewel er ook een afwijkende mening was, beweerde ik dat het gebruik van CP absoluut moet stoppen.

H. Yoshino:

Ik denk dat de herziening van de wet op de bouwnormen een grote weerspiegeling is van een verandering in de pathologische toestand van een patiënt. Toen in een landelijk onderzoek aandacht werd besteed aan formaldehyde, bleek dat 27,3% van de woningen de richtwaarde overschreed. Op grond van deze resultaten werd, om het aantal slachtoffers van het sick-house syndrome te verminderen, de Building Standards Act in 2002 herzien. [193] De chemische verbindingen die in de Bouwnormenwet als controle-onderwerp werden aangewezen zijn formaldehyde en chloorpyrifos. Formaldehyde wordt gebruikt voor lijmen, zoals in triplex, en chloorpyrifos wordt gebruikt voor het uitroeien van termieten. Het gebruik van chloorpyrifos wordt verboden bij de herziening van de Bouwnormenwet. Wat formaldehyde betreft, werd de hoeveelheid in de gebruikte bouwmaterialen beperkt naar gelang van de mate van diffusie.

In de herziene Bouwnormenwet werd een reservering van 0,5 maal of meer luchtverversing en de installatie van apparatuur voor machineventilatie verplicht gesteld. Maar als het

werkelijk 0,5 maal meet, wordt de hoeveelheid ventilatie niet noodzakelijk opgevuld. Hoewel de installatie van een ventilator niet verplicht is, is de luchtverversing van geïmproviseerde huizen die na een grote aardbeving in Oost-Japan gebouwd zijn onvoldoende. Zelfs als een ventilator geïnstalleerd is, zal de bewoner hem in veel gevallen niet gebruiken. Tenzij een bewoner gewetensvol is, is het mogelijk dat er niet voldoende geventileerd wordt, ook al is er ventilatieapparatuur aanwezig. Bovendien, zelfs als de ventilator in werking is, hoopt zich geleidelijk stof op in het filter en wordt de ventilatie onvoldoende. Onderhoud van een ventilator is erg belangrijk.

Door herziening van de Bouwnormenwet daalde de concentratie van 13 stoffen die als richtwaarden waren opgegeven, zoals formaldehyde. Stoffen die niet gespecificeerd waren, kwamen echter als alternatieve materialen in gebruik. Wanneer de TVOC-concentratie binnenshuis wordt gemeten, zijn er eigenlijk veel gevallen waarin zeer hoge concentraties worden aangegeven. De TVOC-concentratie kan worden verlaagd als de hoeveelheid ventilatie in een huis wordt vergroot.

De tekortkomingen van de maatregel tegen het sick-house syndrome in Japan zijn dat de TVOC concentratie in alternatieve materialen hoog is, en dat het reserveren van een luchtverversingsgraad niet volledig wordt uitgevoerd. Deze informatie zou van nut moeten blijken bij het nemen van maatregelen tegen *Sick Houses* in de landen van de lezers voortaan.

16.4 SCHADELOOSSTELLING VAN PATIËNTEN

M. Miyata:

Het is erg moeilijk voor iemand met het sick-house syndroom om een veroorzaker aan te wijzen en in een rechtszaak te winnen. Een patiënt kan bijvoorbeeld een leraar zijn in een school waar onvoldoende geventileerd wordt. Zo'n school wordt een *sick school* genoemd. Er zijn veel werkplekken waar in de winter onvoldoende geventileerd wordt. Wanneer in zo'n kantoor symptomen ontstaan, kan het moeilijk zijn om een oorzakelijk agens te bewijzen.

Y. Yanagisawa:

Wanneer mensen een sick-house syndroom of een chemische gevoeligheid ontwikkelen, vraagt een patiënt de rechter om verlichting. In de logica van een rechtbank moet een eiser echter een oorzakelijk agens ophelderen. Dat wil zeggen, er moet een wetenschappelijk oorzakelijk verband worden aangetoond tussen een oorzakelijk agens en een symptoom. In de huidige omstandigheden van het binnenmilieu is het moeilijk om een wetenschappelijk oorzakelijk verband te verduidelijken.

Omdat de TVOC concentratie, dat is de totale hoeveelheid van een vluchtige organische verbinding, hoog is, is het moeilijk om het oorzakelijk verband tussen een bepaalde chemische verbinding en een symptoom te verduidelijken.

S. Ishikawa:

[994] In organofosfor bestrijdingsmiddelen werd de richtwaarde vastgesteld voor diazinon en dichloorvos (DDVP) als vertegenwoordigers. Een richtwaarde werd echter niet gegeven voor de andere organofosforpesticiden.

De richtwaarde van een neonicotinoïde insecticide of een thiocarbamaat herbicide werd niet onderzocht. De richtwaarde van slechts 13 stoffen werd bepaald voor 5 jaren van 1997 tot 2002. Een chemische stof waarvoor de richtwaarde werd bepaald, wordt niet meer gebruikt omdat een bouwmetaal met dezelfde functie werd ontwikkeld met behulp van een alternatieve chemische verbinding. Zo werden landbouwchemicaliën, zoals een neonicotinoïde insecticide, ontwikkeld ter vervanging van organofosforpesticiden. Oplosmiddelen uit aromatische reeksen, zoals toluen, worden niet meer gebruikt. In plaats daarvan kwamen veel alifatische oplosmiddelen in gebruik.

Y. Yanagisawa:

Het gevolg was dat, hoewel de TVOC's niet afnamen, de concentraties van 13 stoffen waarin de richtwaarde bepaald werd, daalden. De situatie veranderde daardoor.

Wat zijn de meest doeltreffende tegenmaatregelen? De verontreinigingssituatie van de binnenlucht en de symptomen van de *sick houses* patiënt werden ingewikkeld omdat de administratieve maatregelen, zoals het vaststellen van richtwaarden, vorderden.

H. Yoshino:

Omdat de alternatieve chemische verbinding gebruikt werd en de verontreinigingssituatie ingewikkeld werd, is het belangrijk een luchtverversingsgraad van 0,5 aan te houden, zoals bepaald in de herziening van de Bouwnormenwet.

Y. Yanagisawa:

Naast de 13 stoffen waarvoor de richtwaarde werd bepaald, heeft het Ministerie van Volksgezondheid, Arbeid en Welzijn als 14e de voorlopige gewenste waarde van TVOC bepaald. TVOC is de totale concentratie van VOC's. De TVOC waarde werd dus niet noodzakelijkerwijs bepaald door de beoordeling van het risico voor de gezondheid zoals een richtwaarde stof.

Vanuit de logica van een wetenschappelijk oorzaak-gevolg verband is niet bewezen dat de TVOC concentratie het sick-house syndrome veroorzaakte. Zelfs als een klagende patiënt beweert dat de oorzaak van het sick-house syndrome een hoge TVOC concentratie was, kan de klager in een rechtszaak niet winnen. Voor de rechter moet de eiser bewijzen welke stof in TVOC het sick-house syndrome veroorzaakte.

TVOC is geen bruikbare index als zo'n logica gevolgd wordt. Er is een voorbeeld van een zaak die in een proces beslecht werd en waarin de logica die toegepast werd om tot een uitspraak te komen, verschilde van een wetenschappelijk oorzaak-gevolg verband. De rechtbank oordeelde dat het plichtsverzuim van een veiligheidsmanager was dat leidde tot het ontstaan van het sick-house syndrome bij een werk-

nemer die werkte in een kantoor waar de TVOC concentratie hoog was. Omdat het een schending van een veiligheidsplicht was, moest de veiligheidsmanager de schade vergoeden.

H. Yoshino:

De waarde $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die een voorlopige gewenste waarde van TVOC's is, is zo'n lage waarde voor bouwbedrijven dat realisatie moeilijk is.

Y. Yanagisawa:

[197] Deze proef betrof een situatie waarin de persoon die onmiddellijk na de bouw in het tijdelijke kantoor werkte, blootgesteld werd aan een hoge TVOC concentratie en het sick-house syndrome ontwikkelde. Het bureau van deze persoon bevond zich op de tweede verdieping van het tijdelijke kantoor. Alle verontreinigde lucht op de eerste verdieping steeg naar de tweede verdieping. De persoon die werkte in de ruimte waar de verontreinigde lucht van de eerste verdieping naar doordrong, had symptomen van het sick-house syndrome vertoond. Als gevolg daarvan beschouw ik het oordeel over TVOC als een schending van een veiligheidsplicht als één nieuwe norm.

Japan kent ook schadevergoeding via werknemerscompensatie. Tegenwoordig kan iemand die het sick-house syndrome ontwikkelt echter nauwelijks nog een arbeidersvergoeding krijgen.

S. Ishikawa:

Mogelijk veranderde het regeringsbeleid in minder steun voor SHS patiënten door het systeem van arbeiderscompensatie.

M. Miyata:

De patiënt moet op eigen kosten een chemische verontreiniging meten. Maar omdat met meten begonnen wordt nadat een patiënt getroffen is door het sick-house syndrome, is er al heel wat tijd verstreken. Als daarom onmiddellijk na het einde van de bouw of de verbouwing een verplichting wordt opgelegd om TVOC te meten, zal de oorzaak van het sick-house syndrome gemakkelijk te bewijzen zijn.

Y. Yanagisawa:

Wel, ik had een ervaring waarbij TVOC van nieuwbouw of een verbouwingswoning voortdurend gemeten werd. Als 3 tot 6 maanden voorbijgaan nadat de bouw voltooid is, wordt het TVOC niveau meestal 400 µg/ m³ of minder.

Voordat een patiënt zijn toestand als *sick houses syndroom* of chemische gevoeligheid herkent, duurt het van 3 tot 6 maanden. Hoewel de symptomen van het *sick houses syndroom* zich manifesteren als de TVOC concentratie hoog is, is de TVOC concentratie laag op het moment dat de ziekte herkend wordt. Als een arts een patiënt met het sick-house syndroom diagnosticeert, is de TVOC concentratie gedaald.

H. Yoshino:

Is TVOC gemakkelijk te meten?

Y. Yanagisawa:

De standaardmethode is nog niet vastgesteld. Omdat T het totaal uitdrukt, is het moeilijk hoe de componenten van TVOC te bepalen. Er moet eerst een standaardmethode ontwikkeld worden om TVOC te meten. Daarna wordt TVOC gemeten onmiddellijk na nieuwbouw of reparatie, en is registratie ervan wenselijk. Ik denk dat een eerlijk proces plaats zal vinden als er een registratie is. Op dit moment is, onmiddellijk na de bouw, meting van de concentratie van formaldehyde, toluen, xyleen, ethylbenzeen, en styreen verplicht volgens de wet die de kwaliteit van huizen waarborgt. TVOC's vallen er echter niet onder.

Hoewel luchtverontreiniging door een chemische verbinding tot nu toe het onderwerp was, reken ik ook de vochtigheid van een woning mee.

16.5 VOCHTIGE GEBOUWEN

H. Yoshino:

[196] Hoewel de definitie van het woord "vochtig gebouw" nogal moeilijk is, is een gemakkelijke definitie een vochtig bedompt gebouw. Dit probleem trok in het begin van de jaren 2000 in Europa de aandacht. Nadat tegenmaatregelen tegen het formaldehyde verontreinigingsprobleem werden genomen en de in de richtwaarde gegeven VOC concentratie daalde, ontstond het probleem van schimmeligroei in een be-

dompt gebouw. Men vermoedde een verband tussen allergische aandoeningen bij kinderen en schimmel, en er werden veel onderzoeken gedaan.

Het woord "vochtig gebouw" kwam zelfs in gebruik bij de Wereldgezondheidsorganisatie. Zelfs in Japan werd er aandacht aan besteed en vele gebouwen werden onderzocht op het verband tussen schimmel en allergie. In een gebouw waarin zich schimmel ontwikkelde of dat watervlekken had, werd waargenomen dat veel kinderen last hadden van allergische aandoeningen zoals astma. Dit verband was statistisch significant.

Y. Yanagisawa:

Schimmel groeit in woningen die vochtig zijn en waar dauwcondensatie voorkomt, en er wordt een allergisch onderwerp gemeld. Zijn er wisselwerkingen tussen het sick-house syndroom en de symptomen van de vochtige gebouwpatiënt? S. Ishikawa: Ik zal een persoonlijke ervaring vertellen. Ik ging naar het appartement van een geleerde in een vooraanstaand zenuwonderzoekscentrum in een grote stad in de V.S.. Het gebouw was wat men noemt een luxe appartement met dikke muren. Ik werd uitgenodigd om de achterkant van een bedompte ruimte te bekijken. Ik zag een grote hoeveelheid schimmel die een dikke laag werd. Er zijn appartementen waarin de schimmel met schrikwekkende kracht groeit.

Het weer van New York City is droog vergeleken met dat van Tokio. Daarom was het gebouw in New York City niet

onderhevig aan een zomer met een hoge luchtvochtigheid zoals Japan. Toch ontstond er vochtigheid in het gebouw en men nam aan dat er niet veel schimmel groeit. Noord-Europeanen worden ook nerveus over vochtige gebouwen. Ik denk dat gezien de hoge luchtvochtigheid van Japan in een regenseizoen het in een zwaardere vochtigheidstoestand verkeert dan het Westen. Hoe beoordeelt Dr. Miyata de jongste situatie van schimmel in Japan?

M. Miyata:

Lang geleden groeide er schimmel in het hele oppervlak van een tatami tijdens het regenseizoen van Japan. Tenzij de tatami twee of drie keer afgeveegd werd, konden mensen de kamer niet bewonen. Het schijnt echter dat er in die tijd niet veel allergische personen waren.

Ik denk dat het eerder zeldzaam is om allergisch te worden uitsluitend door schimmel. Natuurlijk is dempen niet goed. Florence Nightingale benadrukte het belang van ventilatie. Onderzoek ontbreekt nog naar het verband tussen een chemische gevoeligheid en een allergie die aan schimmel toe te schrijven is. Allergieën kunnen echter ook verergeren door blootstelling aan een chemische verbinding.

Y. Yanagisawa:

[197] Alleen een hoge luchtvochtigheid veroorzaakte geen vermeerdering van schimmel. Het is ook de reden dat men gestopt is met het gebruik van lijmen die formaldehyde bevatten. Formaldehyde heeft steriliserende eigenschappen en vermeerdering van schimmel wordt verhinderd.

Vóór het gebruik van lijmen die formaldehyde bevatten, werd behang gespannen met lijmen die zetmeel bevatten. Wanneer het met zetmeellijm opgespannen behang verwijderd werd, groeide er schimmel en was de achterkant van het behang diepzwart. Zetmeel was voedsel voor de schimmel.

Vermeerdering van schimmel wordt echter niet waargenomen als lijmen met formaldehyde worden gebruikt. Dat komt omdat formaldehyde uit de ureum formaldehyde lijmen diffundeert. Als de lijmen die formaldehyde bevatten water opnemen, treedt hydrolyse op. Formaldehydegas wordt uitgestoten door hydrolyse. Het verspreide formaldehyde onderdrukt eerst de vermenigvuldiging van schimmels en vervuult dan de binnenlucht.

16.6 COMPROMISSEN

S. Ishikawa:

Maar terwijl schimmel en allergie onderdrukt worden, treedt bij formaldehyde een chemische gevoeligheid op. Het gaat om antimoon.

Y. Yanagisawa:

De methode om de vermeerdering van schimmel te onderdrukken zonder een chemische verbinding te gebruiken is het droog maken. Schimmel vermeerdert zich waar dauwcondensatie ontstaat in een vochtig gebouw. Dauwcondensatie ontstaat bij een verschil in temperatuur en een hoge

luchtvochtigheid. Om dit te voorkomen is luchtcirculatie in een huis nuttig, om geen afgesloten ruimte te scheppen waar schimmel kan groeien.

Als bijvoorbeeld de deur van een kast of een meubel een beetje opengezet wordt, gaat de lucht circuleren en wordt het moeilijk voor dauwcondensatie om op te treden en is er geen geur van schimmel meer. Welke luchtvochtigheid binnenshuis is wenselijk?

H. Yoshino:

Volgens de Building Standards Act of de Act on Maintenance of Sanitation in Buildings, zou een aanvaardbare luchtvochtigheid 40% tot 70% zijn. Er staat echter geen richting voor een lagere grens in een norm van de Amerikaanse maatschappij (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers [ASHRAE]). Ik denk dat een luchtvochtigheid van meer dan 70% aanzienlijk hoog is.

Y. Yanagisawa:

Ik denk er net zo over. Een luchtvochtigheid van 70% is te hoog.

H. Yoshino:

In Hokkaido wordt in de winter vaak een luchtvochtigheid binnenshuis van 30% of 20% waargenomen. Er is ook onderzoek dat suggereert dat het wenselijker is de bij wet bepaalde ondergrens van de luchtvochtigheid 40% of lager te maken. Aan de andere kant zegt een arts dat 40% of minder niet goed is om verkoudheid en griep te voorkomen.

S. Ishikawa:

Er is een gezegde, "Droog de binnenkant van een kamer niet te veel". Bij verwarming in de winter is ongeveer 40% gewenst, en in de lente en de herfst ongeveer 50% vochtigheid. In sommige gevallen wordt gezegd dat 60% geschikt is voor de huid.

Y. Yanagisawa:

[198] Hoewel gezegd wordt dat een hogere luchtvochtigheid effectief is bij het voorkomen van griep, wat is jouw mening? In Noord-Europa zijn er veel huizen met een luchtvochtigheid van ongeveer 5% in de winter. In zo'n huis verspreidt de griep zich echter niet zo sterk.

Is een hoge luchtvochtigheid doeltreffend bij de preventie van influenza? De hoge luchtvochtigheid is comfortabeler voor een patiënt die aan influenza lijdt.

M. Miyata:

Toegegeven wordt dat een hogere luchtvochtigheid wenselijk is ter preventie van influenza. De bevolkingsdichtheid is verschillend tussen Noord-Europa en Japan. In het dichtbevolkte Japan komen veel mensen in nauw contact met grieppatiënten door woon-werkverkeer en zo meer. In Noord-Europa is de situatie anders. Y. Yanagisawa: Als een woning vochtig is, zal er schimmel groeien, maar griep wordt voorkomen. Wat is je mening over het antischimmelmiddel dat de vermenigvuldiging van schimmel tegengaat? M. Miyata: Er is een geval bekend van een patiënt die een chemische gevoeligheid kreeg na gebruik van het antischimmelmiddel.

Als je binnenshuis een chemisch middel gebruikt, besef dan dat er een risico is op het krijgen van een chemische gevoeligheid.

Y. Yanagisawa:

Omdat een antischimmelmiddel door een spray verspreid wordt, ademt een gebruiker nevel via de longen in. Het chemische bestanddeel van het antischimmelmiddel gaat vanuit de longen over in het bloed. Het chemische bestanddeel van een antischimmelmiddel komt in het lichaam zonder ontgifting te ondergaan. Anderzijds wordt een stof die via de mond wordt ingenomen door de lever ontgift. De invloed op de gezondheid is zeer intens als nevel wordt ingeademd. Bij het verstrooien van een chemische verbinding door een nevel, moet de aandacht gevestigd worden op mogelijke nadelige gezondheidseffecten.

M. Miyata:

Ik ben het helemaal met je opmerking eens. Bij het inademen van nevel in vergelijking met vervluchtigde verbindingen neemt de hoeveelheid absorptie sterk toe. Ook sproei-middelen zoals een insecticide of een waterafstotende spray zijn erg gevaarlijk.

Y. Yanagisawa:

De noodzaak van het gebruik van waterdichtingsspray buitenshuis werd duidelijk aangetoond. Een persoon stierf bij gebruik van de waterafstotende spray binnenshuis. Ventilatie is belangrijk om de nevel van een chemische verbinding niet in te ademen. Hoewel een chemisch middel handig is, is het

belangrijk goed te begrijpen dat er ook bijwerkingen zijn en het voorzichtig te gebruiken.

Y. Yanagisawa:

We hebben de vrijheid om zelf een comfortabele levensstijl te kiezen. Om een comfortabel leven te hebben, moeten we meer begrijpen van de neveneffecten van onze handelingen. Te veel gebruik van chemische middelen wekt meer ongewenste neveneffecten op. Een spreekwoord zegt dat de laatste druppel de beker doet overlopen; het is te veel van het goede. Minder is meer.

Dr. Ishikawa, Dr. Miyata, en Dr. Yoshino spraken vanuit het gezichtspunt van specialisten over het sick-house syndroom, chemische gevoeligheid, en afwegingen.

We hopen dat dit boek zal dienen als een bron van nuttige informatie om mensen te helpen een beter en gezonder leven te leiden. Dank je wel.

Epiloog

[199] Er zijn twee hoofdoorzaken van het sick-house syndrome en meervoudige chemische gevoeligheid. Ten eerste zijn er allerlei chemische stoffen gaan zitten in bouwmaterialen, installaties en apparatuur, huishoudelijke artikelen, geurstoffen, insectenwerende middelen, landbouwchemicaliën, enzovoort. Ten tweede zijn de luchtdichtheid van gebouwen verbeterd en is de natuurlijke ventilatie ontoereikend. Bovendien varieert het effect van chemische stoffen op mensen sterk, afhankelijk van genetische factoren, constitutie, eetgewoonten, milieuomstandigheden in vroegere woonplaatsen en andere gebieden, enzovoort.

Sommige mensen ondervinden geen nadelige gevolgen en anderen worden ziek na blootstelling aan dezelfde concentratie van de chemische stof.

Om de ziekte doeltreffend aan te pakken is het nodig de veroorzakende chemische stoffen zoveel mogelijk te elimineren en actief te ventileren, en ook medische behandeling te zoeken en weerstand te ontwikkelen door betere voedingsgewoonten en matige lichaamsbeweging.

Het belangrijkste doel van dit boek is methoden te beschrijven om het *sick-building syndroom* en chemische gevoeligheid te voorkomen en te behandelen. Het boek geeft een samenvatting van onderzoek dat meer dan 10 jaar beslaat, zo-

als de geschiedenis van de ziekte, de leefomstandigheden van de patiënten, diagnose en behandeling van de ziekte, evaluatie en indicatie van de chemische emissie van bouwmaterialen, meting van de concentratie chemische stoffen, het huidige binnenmilieu in *sick buildings*, en architectonische preventiemethoden. Men kan zeggen dat het boek onderzoeksprestaties presenteert die uitvoerig aangepakt zijn door deskundigen in de medische wetenschap, de farmacie, de scheikunde, de bouwkunde, en andere gebieden.

Om deze gezondheidsproblemen aan te pakken werd in 2003 de wet op de bouwnormen ter voorkoming van het *sickhouse syndroom* in Japan herzien en gehandhaafd; de wet beperkt het gebruik van bouwmaterialen die formaldehyde bevatten en schrijft de installatie van ventilatieapparatuur voor. Hoewel het aantal patiënten bijgevolg daalde, zijn er nog steeds mensen die aan deze ziekten lijden. Wat betreft de 13 chemische stoffen, waaronder formaldehyde, waarvoor het Ministerie van Volksgezondheid, Arbeid en Welzijn richtlijnen heeft uitgevaardigd, is de concentratie binnenshuis in nieuwe woningen de laatste jaren lager, maar er zijn veel gevallen waarin de totale concentratie vluchtige organische stoffen hoger is dan $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en sommige mensen worden ziek. Ook is het aantal chemische stoffen 70 miljoen of meer en neemt het nog steeds toe. De kans bestaat dat er in de toekomst nieuwe chemische stoffen opduiken die gezondheidsproblemen veroorzaken. Daarom wordt verwacht dat de in het boek aangegeven diagnostische methoden, behandeling, concentratie-meetmethode, preventieve maatregelen enzovoort niet alleen een antwoord zullen

geven op de verschillende problemen die samenhangen met het huidige *sickhouses syndroom* en *chemische gevoeligheid*, maar ook zullen dienen als een recept voor onbekende ziekteoorzaken.

Hiroshi Yoshino

Dr. van Ingenieur, Professor Emeritus en
President Benoemd Buitengewoon
Hoogleraar, Tohoku Universiteit