

# Lekmetingen van zuurkasten

A.W. Zwaard<sup>1</sup>, M. van der Steeg<sup>2</sup> en A.G. Kroes<sup>3</sup>

## Summary

The performance of several fume cupboards was investigated using slightly modified versions of standardized containment tests (described in the German standard DIN 12924 and the British standard BS 7258).

The containment measurements give insight in the performance of the fume cupboards in practice. The results are related to those of measurements of air velocities. It is shown that for different fume cupboards there is no general relation between air velocities and the containment value.

Of the fume cupboards investigated the protection offered is

strongly effected by the position of the cupboards in the laboratory and by the location where make up air enters the laboratory. The results described show that compliance with the DIN-standard is relatively easy, the modified British standard however is more strict.

An improvement of the British containment test used is possible by increasing the sampling time. Furthermore the results obtained suggest that the used concentration limits should be increased.

## Inleiding

Zuurkasten zijn standaardvoorzieningen in laboratoria. Als integraal onderdeel van de laboratoriumventilatie vormen zij de belangrijkste hulpmiddelen om de inhalatoire blootstelling van werknemers aan toxische stoffen te beheersen.

Voor het goed functioneren van een zuurkast zijn verschillende aspecten van belang: de constructie van de kast, de plaatsing in de werkruimte en de luchtverplaatsing (Zwaard en Kroes, 1988; IAVM, 1989). In een bestaande situatie wordt de werking van de zuurkast veelal gecontroleerd door de luchtverplaatsing te meten of – eenvoudiger – door de snelheid van de lucht in de raamopening te bepalen. In Nederland wordt als minimale waarde voor de zogenoemde lineaire raamsnelheid van zuurkasten met een *by pass* veelal de waarde 0,25 m/s gehanteerd (Arbeidsinspectie, 1988). In veel buitenlandse richtlijnen worden van oudsher grotere advieswaarden voor de raamsnelheid geadviseerd (Hughes, 1980). In verschillende publikaties is benadrukt dat de raamsnelheid slechts een beperkt (en soms onjuist) beeld geeft van de beschermende werking die de zuurkast biedt (IAVM/NVVK, 1990).

Reeds geruime tijd geleden zijn standaard-lektesten ontwikkeld waarmee de beschermende werking van een

zuurkast direct kan worden bepaald. In deze benaderingen laat men een testgas (veelal zwavelhexafluoride; SF<sub>6</sub>) op een nauwkeurig omschreven manier vrijkomen in de zuurkast en meet men aan de voorzijde in (of vlak voor) het raamvlak de concentratie van het gas. De bekendste methoden zijn omschreven in de Duitse norm DIN 12924 en de Britse tegenhanger BS 7258. Een variant op de laatstgenoemde methode (Bicen, 1991) maakt een meer flexibele toepassing in praktijksituaties mogelijk. Met de testen is reeds ervaring opgedaan onder gecontroleerde condities. Er zijn echter nog weinig resultaten gepubliceerd van toepassing onder praktijkomstandigheden. In dit artikel wordt beschreven hoe enkele lekmetingen zijn uitgevoerd in een onderzoek naar het functioneren van een aantal zuurkasten in de praktijk binnen enkele grote laboratoria.

## Methode

De meting van luchtsnelheden werd uitgevoerd met een Dantec 54N50 Low Velocity Flow Analyzer of een Disa Low Speed Anemometer.

De luchtsnelheid werd bepaald in twaalf punten van een denkbeeldig rooster in het raamvlak (volgens BS 7258) als een gemiddelde waarde over 1 minuut. Bij het schuifraam in werkstand werd alleen op de onderste acht meetpunten van het rooster gemeten.

De verschillende lekmetingen werden uitgevoerd aan een aantal zuurkasten, gebruik makend van twee gestandaardiseerde methoden. De metingen vonden plaats onder praktijkomstandigheden waarin werkzaamheden werden verricht binnen de werkruimte maar niet in de betreffen- ►

1. Gorlaeus Laboratoria, Rijksuniversiteit Leiden, Postbus 9502, 2300 RA Leiden.

2. Dienst voor Veiligheid en Milieu, Rijksuniversiteit Leiden, Postbus 9500, 2300 RA Leiden.

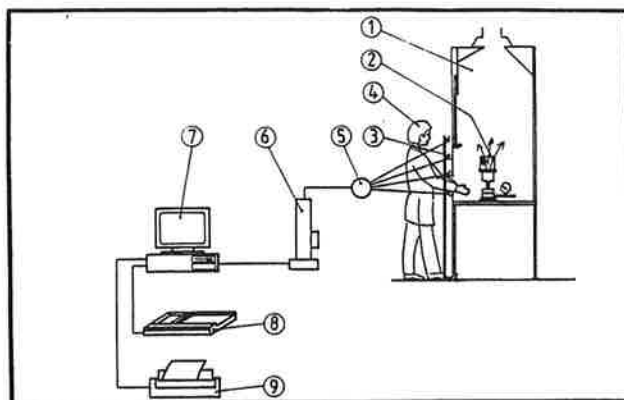
3. Koninklijke/Shell-Laboratorium Amsterdam, Postbus 38000, 1030 BN Amsterdam

de zuurkast. Tijdens de metingen waren de toegangsdeuren van de laboratoria gesloten.

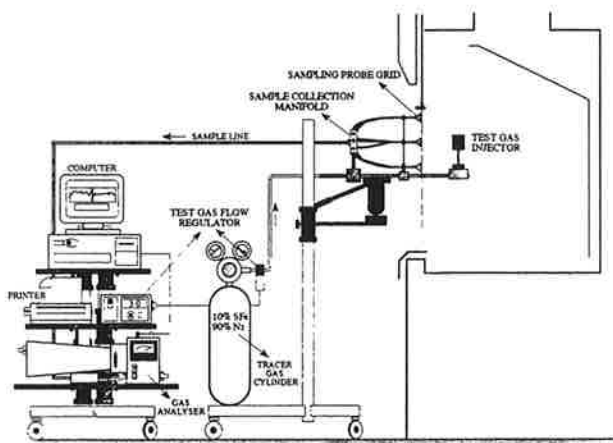
De uitvoering van het eerste type lekmeting is vastgelegd in de Duitse norm DIN 12924. De meetopstelling is schematisch weergegeven in figuur 1. Hierbij werd gebruik gemaakt van een B&K gasmonitor 1302 (gebaseerd op fotoakoestische infrarood absorptiespectrometrie). Als testgas werd een mengsel van 10% SF<sub>6</sub> en 90% stikstof gebruikt dat vrijkomt met een snelheid van 3,33 B liter per minuut, waarin B de breedte van de kast in meter is. Karakteristiek voor de DIN-test is dat de beoordeling plaatsvindt onder zowel stationaire als niet-stationaire condities. In de stationaire test wordt de gemiddelde concentratie over het raamoppervlak bepaald bij drie verschillende standen van het raam. In de niet-stationaire test wordt onderzocht hoe snel een stationaire toestand wordt bereikt na een verstoring die bestaat uit het op een voorgeschreven manier openen en weer sluiten van het raam.

De tweede methode betreft een recent door Invent UK ontwikkelde lekttest, die is afgeleid van de Britse norm BS 7258. De meetopstelling is weergegeven in figuur 2. De emissiesnelheid van het testgas (10% SF<sub>6</sub>, 90% N<sub>2</sub>) bedraagt 3 l/min. Een belangrijk kenmerk van deze methode is het feit dat de emissiebron en de aanzuigpunten zich gefixeerd op één 'probe' bevinden (zie figuur 3). De methode die werd gebruikt in het hier beschreven onderzoek wijkt af van de oorspronkelijke methode door een kortere meettijd; per meetpunt wordt 240 s (4 min) gemeten waarvan 180 s wordt bemonsterd. In BS 7258 wordt 13 minuten gemeten waarvan 10 minuten (600 s) wordt bemonsterd.

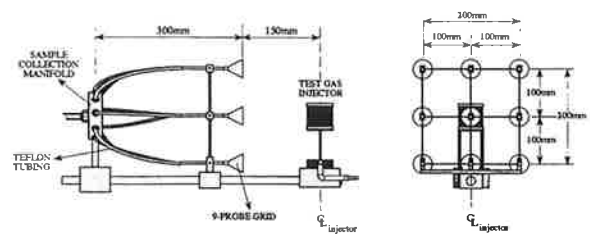
**Figuur 1. Schematische weergave van de meetopstelling volgens DIN 12924**



**Figuur 2. Schematische weergave van de meetopstelling volgens de aangepaste methode uit BS 7258**



**Figuur 3. Constructie van de 'probe' die wordt gebruikt in de aangepaste methode uit BS 7258**



De metingen volgens DIN 12924 werden uitgevoerd aan twee zuurkasten van verschillende typen (A en B). Daarnaast werden enkele metingen uitgevoerd om de effectiviteit en bescherming van afgezogen laboratoriumtafels te onderzoeken. Deze tafels (van twee typen: a en b) zijn voorzien van glazen omkasting en schuifraam aan de voorzijde en verschillen met name van (conventionele) zuurkasten door het ontbreken van stromingsschotten. De metingen volgens de (aangepaste) Britse norm werden uitgevoerd in een groot laboratorium aan 16 willekeurig gekozen zuurkasten, die zijn onder te verdelen in vier typen (C-F).

#### Zuurkasttypen:

Alle onderzochte zuurkasten bezitten een zogenaamde *by pass* en zijn voorzien van stromingsschotten. De zuurkasten bezitten geen air foil.

#### Type A: 1 zuurkast

Deze zuurkast is een middenkast van een aan de wand opgestelde rij van zes zuurkasten die in open verbinding staan met elkaar. De luchttoevoer vindt plaats via een geperforeerd plafond vlak voor de zuurkast.

#### Type B: 1 zuurkast

Deze zuurkast is dwars op de wand geplaatst tegenover een andere zuurkast op een afstand van 1,5 m. De toegevoerde lucht moet driemaal een hoek van 90° maken alvorens in de zuurkast te verdwijnen.

#### Type C: 6 zuurkasten

Deze zuurkasten staan opgesteld aan de wand van een ruimte van 450 m<sup>3</sup>. De luchttoevoer vindt plaats via het geperforeerde plafond aan de andere zijde van de ruimte.

#### Type D: 3 zuurkasten

De constructie van deze zuurkasten is gelijk aan die van type C. De kasten zijn geplaatst aan de wand van een grote (6 m hoge) ruimte met een volume van 1630 m<sup>3</sup>. De luchttoevoer vindt plaats via het geperforeerde plafond. De afzuigcapaciteit van deze zuurkasten kan worden vergroot.

#### Type E: 4 zuurkasten

Deze zuurkasten worden gekarakteriseerd door een hoog eindigend stromingsschot aan de achterzijde van de kast. De kasten zijn aan de hoofden van laboratoriumtafels geplaatst, twee aan twee ruggelings tegen elkaar. De luchttoevoer vindt vrij dicht bij de kast plaats via het plafond.

#### Type F: 3 zuurkasten

Deze kasten hebben een moderne constructie vergeleken met de andere typen zuurkasten. Zij zijn opgesteld aan de wand van een ruimte van 150 m<sup>3</sup>. De luchttoevoer vindt gedeeltelijk dwars op de kasten plaats en gedeeltelijk via het geperforeerde plafond.

#### Labtafels:

De afgezogen labtafels zijn gewone laboratoriumtafels die aan vijf zijden zijn omsloten door glazen schermen. De schermen langs de lange zijden ('voor en achter') bestaan uit horizontaal verschuifbare panelen.

In de ruimten waar de afgezogen labtafels zich bevinden, staan ook laboratoriumtafels zonder omkasting waaraan enige oriënterende metingen zijn verricht. De laborator-

umtafel a\* en b\* hebben geen omkastings maar zijn overigens gelijk aan en bevinden zich in dezelfde ruimte als de afgezogen labtafels a resp. b. De tafels a en a\* bevinden zich in een ruimte waaruit de lucht via afzuigkappen boven de tafels wordt afgezogen en waarbij een lokaal ventilatievoud van 10 h<sup>-1</sup> heerst. De tafels b en b\* bevinden zich in een ruimte met een ventilatievoud van 20 h<sup>-1</sup> zonder dergelijke afzuigkappen.

## Resultaten

### Luchtsnelheden

De gemiddelde raamsnelheid van de zuurkasten A en B is relatief hoog, ook in de werkopening van de afgezogen labtafels werden vrij hoge luchtsnelheden gemeten. De gemiddelde raamsnelheid van de zestien onderzochte zuurkasten van type C-F varieert van 0,21 tot 0,46 m/s. Van twee kasten is de gemiddelde raamsnelheid kleiner dan 0,25 m/s.

De resultaten van de luchtsnelheidsmetingen zijn samengevat in tabel 1.

**Tabel 1. Gemiddelde luchtsnelheid over de werkopening [ $v_{gem}$ ] en afwijking (standaardafwijking/gemiddelde) voor de onderzochte zuurkasten en afgezogen labtafels**

type	[ $v_{gem}$ ] (m/s)	afwijking	opm.
A (n=1)	0,40		schuifraam geopend
A (n=1)	0,50		schuifraam werkstand
B (n=1)	0,50		schuifraam geopend
B (n=1)	0,60		schuifraam werkstand
a (n=1)	0,30		één zijde open
b (n=1)	0,40		één paneel open
b (n=1)	0,20		één zijde open
C (n=6)	0,21 - 0,44	8-26%	schuifraam geopend
C (n=6)	0,32 - 0,58	5-11%	schuifraam werkstand
D (n=3)	0,27 - 0,33	9-19%	schuifraam geopend
E (n=4)	0,21 - 0,36	17-23%	schuifraam geopend
F (n=3)	0,25 - 0,46	7-13%	schuifraam geopend

Bij de meeste zuurkasten is de snelheid onder in het raamvlak lager dan boven in het raamvlak. Dit geldt met name voor de kasten van het type E. Dit blijkt duidelijk wanneer per zuurkast de gemiddelde luchtsnelheid wordt berekend over vier punten boven in het raamvlak ( $v_{gem}$  (boven)) en over vier punten onder in het raamvlak ( $v_{gem}$  (onder)). In tabel 2 is het verschil tussen deze twee gemiddelden weergegeven. Per type zuurkast is het gemiddelde en de range van het verschil getabelleerd.

### Lektsten

De zuurkasten van type A en B en de labtafels van type a en b werden onderzocht volgens de methode die is beschreven in DIN 12924 (zonder gebruik te maken van een pop voor de zuurkast en een opstelling in de kast). Hierbij werd in de stationaire metingen gedurende 75 s gemeten. Voor elke raamstand geeft tabel 3 de gemiddelde concentratie van SF<sub>6</sub> voor het raamvlak.

Bij de dynamische verstoringen conform DIN 12924 bleek dat voor zuurkast A direct na de verstoringen een stationaire situatie wordt bereikt. Voor zuurkast B werd binnen 375 s geen stationaire situatie bereikt, bij labtafel a duurde het bereiken van een stationaire situatie langer dan 525 s.

Enkele proeven met rook lieten zien dat voor zuurkast B sprake is van een zeer turbulent luchtstromingspatroon, vooral indien het raam zich in gesloten stand bevindt.

**Tabel 2. Verschil tussen de gemiddelde luchtsnelheid boven in het raamvlak en onder in het raamvlak voor de verschillende typen zuurkasten C-F**

zuurkast	[ $v_{gem}$ (boven) - $v_{gem}$ (onder)] gem	(m/s) range
C (n=6)	0,02	-0,01 - 0,06
D (n=3)	0,03	0,02 - 0,05
E (n=4)	0,08	0,05 - 0,10
F (n=3)	0,04	0,00 - 0,10

**Tabel 3. Gemiddelde concentratie van SF<sub>6</sub> (over de werkopening) voor de onderzochte zuurkasten en afgezogen labtafels volgens DIN 12924**

kast/tafeltype	raamstand	[ $c$ ] <sub>gem</sub> (ppm)
A	gesloten	0,000
A	werkstand	0,004
A	open	0,005
B	gesloten	0,69
B	werkstand	0,88
B	open	0,57
a	gesloten	0,000
a	open <sup>1</sup>	0,75
b	gesloten <sup>2</sup>	0,26
b	open <sup>1</sup>	0,53

1. één zijde open.
2. één paneel open.

Ter vergelijking zijn dezelfde statische metingen uitgevoerd aan de gewone ('open') laboratoriumtafels a\* en b\* die niet zijn voorzien van een omkastings. De ruimteventilatie zorgt hier voor de afvoer van het testgas. In deze metingen werden voor de tafels concentraties SF<sub>6</sub> gemeten van 0,66 ppm (tafel a\*) en 1,75 ppm (tafel b\*).

Bij het uitvoeren van concentratie-metingen conform de (aangepaste) Britse testmethode bleek dat bij normale raamstand en normale afzuigcapaciteit voor de meeste (15 van de 16) zuurkasten van het type C-F op een aantal van de zes meetposities in het raamvlak (veelal gedurende korte tijd) de waarde van 2 ppm wordt overschreden, meestal vooral onder in het raamvlak.

Daar het meetbereik van de apparatuur tot 2 ppm loopt, kon in deze gevallen niet (over de meettijd) worden gemiddeld per meetpunt, en dus ook niet over het raamvlak. Als het schuifraam zich in werkstand bevond of de afzuigcapaciteit werd verhoogd, bleven de concentraties wél voldoende laag en kon worden gemiddeld. De resultaten van deze metingen zijn, samen met de meetresultaten van één zuurkast waarbij wél lage concentraties werden gemeten (zuurkast 9), samengevat in tabel 4.

Een indicatie van de maximale (gemiddelde) waarde die de concentratie SF<sub>6</sub> bereikt (bij overschrijding van de waarde 2 ppm), werd verkregen door de emissiesnelheid van het testgas te verlagen. Bij het verlagen van de emissiesnelheid tot de helft of tot één-derde van de normale waarde (3 l/min), werden veelal concentraties gemeten binnen het meetbereik van de apparatuur op elke plaats in het raamvlak.

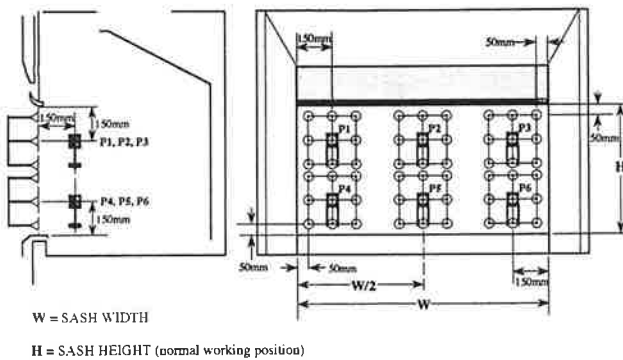
Tabel 5 illustreert voor enkele zuurkasten dat de SF<sub>6</sub>-concentraties die in het raamvlak werden gemeten, aan de onderkant (meetpunten P4 - P6) gemiddeld hoger zijn dan aan de bovenkant (meetpunten P1 - P3). Dit verschijnsel ►

**Tabel 4. Gemiddelde luchtsnelheid over het raamvlak [ $v_{gem}$ ]: gemiddelde en range van de over de meetperiode gemiddelde  $SF_6$ -concentratie, bepaald volgens de (aangepaste) Britse norm**

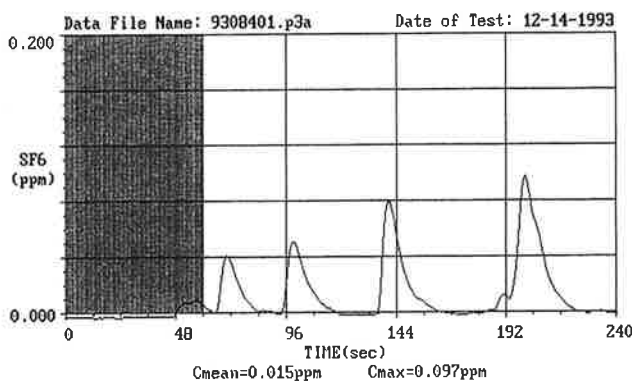
zuurkast	$[v_{gem}]$ (m/s)	$[c_{gem}]_{gem}$ (ppm)	range $c_{gem}$ (ppm)
schuifraam werkstand (Type C)			
1	0,32	0,41	0,005 - 1,2
2	0,37	0,0540	018 - 0,102
3	0,39	0,0090	007 - 0,010
4	0,39	0,0080	004 - 0,010
5	0,39	0,0030	001 - 0,008
6	0,58	0,0020	002 - 0,003
schuifraam geopend (Type D)			
7	0,27	> 0,37	
8	0,30	> 0,72	
9	0,33	0,15	0,002 - 0,53
7 <sup>1</sup>	0,40	0,0170	000 - 0,079
9 <sup>1</sup>	0,50	0,0160	001 - 0,036

1. verhoogde capaciteit;  $c_{gem}$ : gemiddelde concentratie over de meetperiode;  $[c_{gem}]_{gem}$ : gemiddelde van  $c_{gem}$  over raamvlak

**Figuur 4. Rooster van meetpunten (P1 - P6) volgens BS 7258**



**Figuur 5. Typisch resultaat van een lekmeting volgens de aangepaste methode uit BS 7258**



is vooral duidelijk zichtbaar bij de zuurkasten van het type F en het minst nadrukkelijk bij de zuurkasten van het type D.

Wanneer in de Britse meetmethode de aanzuigpunten worden verplaatst vanuit het raamvlak naar een positie voor het raamvlak, blijken de concentraties sterk af te nemen. Karakteristiek is een afname van de gemiddelde concentratie van 0,1 ppm tot 0,001 ppm wanneer een aanzuigpunt vanuit het raamvlak wordt verplaatst naar een positie 5 cm voor de kast.

Wanneer de concentraties in het raamvlak worden gemeten, gebruik makend van een (vast opgestelde) emissiebron

**Tabel 5. Gemiddelde concentratie  $SF_6$  voor drie zuurkasten (en gemiddelde luchtsnelheid voor zuurkast 9) over de meetperiode op verschillende punten in het raamvlak**

meet-punt <sup>5</sup>	zuurkast 7 <sup>1</sup> $c_{gem}$ (ppm)	zuurkast 10 <sup>2</sup> $c_{gem}$ (ppm)	zuurkast 9 <sup>3,4</sup> $c_{gem}$ (duplo) (ppm)	zuurkast 9 <sup>3</sup> $v_{gem}$ (duplo) (m/s)
P1	0,003	0,029	0,004 (0,009)	0,30 (0,30)
P2	0,017	0,085	0,005 (0,020)	0,29 (0,30)
P3	0,002	0,037	0,006 (0,010)	0,34 (0,34)
P4	0,079	>1,5	0,000 (0,058)	0,30 (0,29)
P5	0,000	>1,9	0,059 (0,002)	0,28 (0,28)
P6	0,007	>2,0	0,152 (0,015)	0,33 (0,33)

1. Type D, verhoogde capaciteit.
2. Type F.
3. Type D.
4. emissiesnelheid verlaagd tot 1,5 l/min.
5. zie figuur 4.

conform DIN 12924, worden in zuurkasten van het type D concentraties gemeten tot ongeveer 0,1 ppm; de over het raamvlak gemiddelde waarden liggen rond 0,01 ppm  $SF_6$ .

## Discussie en conclusies

### Zuurkasten

De gemiddelde luchtsnelheden die in de raamopeningen van de zuurkasten zijn gemeten, voldoen veelal aan de veel gehanteerde richtlijn van 0,25 m/s. De reproduceerbaarheid van de gemiddelde snelheid per punt in het raamvlak is goed (zie ook tabel 5). De verschillen in luchtsnelheid over het raamvlak en de verschillen tussen de gemiddelde snelheid boven en onder in het raamvlak zijn het grootste voor de zuurkasten van het type E (tabel 1 en 2). Dit hangt waarschijnlijk samen met het feit dat bij dit type zuurkast de toevoer van lucht vrij dicht bij de kast plaatsvindt en de stromingsschotten vrij hoog eindigen, waardoor een minder effectieve afzuiging van het werkblad plaatsvindt.

De zuurkast van type A voldoet ruimschoots aan de criteria uit DIN 12924, zuurkast B niet. Het is duidelijk dat zuurkast B slechter functioneert dan A, ondanks de grotere luchtsnelheden. Vooral wanneer het raam is gesloten, biedt zuurkast B minder bescherming door het optreden van te hoge luchtsnelheden. Dit illustreert het feit dat grotere luchtsnelheden niet altijd meer (en soms zelfs minder) bescherming bieden en dat bij (te) hoge luchtsnelheden het sluiten van het raam een negatieve invloed heeft op de beschermende werking van de zuurkast. Met name een ongelukkige afstemming van de lokatie van de zuurkast op die van de toegevoerde lucht (zoals bij zuurkast B) kan het functioneren van de zuurkast negatief beïnvloeden (Caplan en Knutson, 1982).

De goede bescherming die wordt geboden door de afgezogen labtafels, is opvallend. Met één paneel of zijde geopend, blijven de concentraties in de werkopening onder de grenswaarden die in de DIN-norm worden gehanteerd. Overigens blijkt de ventilatie bij de (open) laboratoriumtafel a\* zo goed te functioneren, dat een omkasting hier nauwelijks een betere situatie oplevert. Dat geldt wél voor tafel b\* waar de concentratie daalt door de omkasting en de afgezogen labtafel b evenveel bescherming lijkt te bieden als de in dezelfde ruimte opgestelde zuurkast B (beide met open raamstand). Het verschil in bescherming tussen de (afgezogen) tafel a(\*) en de zuurkast A in dezelfde ruimte is veel groter. In deze ruimte biedt de zuurkast een factor 100 meer bescherming dan de (geventileerde) labtafel.

De zuurkasten van type C-F hebben een redelijke raamsnelheid. Op twee uitzonderingen na voldoet deze aan de in de praktijk veel gehanteerde norm van minimaal 0,25 m/s, gemiddeld over het raamvlak (Arbeidsinspectie, 1988). Op grond van eerder uitgevoerde experimenten met oplosmiddelen (Zwaard en Verschoor, 1991) mag van deze zuurkasten een goede bescherming worden verwacht bij het uitvoeren van veel voorkomende laboratoriumexperimenten. Van de zestien onderzochte zuurkasten (typen C-F) bleek er echter slechts één te voldoen aan de 'containment requirements' uit de Britse norm. Deze norm gaat uit van een maximaal toegestane gemiddelde concentratie van 0,2 ppm SF<sub>6</sub> in elk meetpunt van het raamvlak. Bovendien mag de concentratie in geen enkel meetpunt en op geen moment de waarde 0,4 ppm overschrijden. Slechts bij het voor de helft sluiten van het raam of het vergroten van de afzuigcapaciteit bleken veel zuurkasten aan de norm te kunnen voldoen (zie tabel 4).

De resultaten van de metingen met verlaagde emissiesnelheid suggereren dat bij de gebruikelijke SF<sub>6</sub>-emissie en bij geopend raam waarschijnlijk concentratiepieken tot circa 5 ppm optreden in het raamvlak en per meetpunt gemiddeld concentraties tot circa 1 ppm.

Volgens tabel 4 blijkt uit de metingen aan zuurkasten met half geopend raam (type C) en geopend raam (type D) een zekere correlatie tussen de luchtsnelheid en de gemeten concentratie, beide over het raamvlak gemiddeld. Hoe groter de gemiddelde raamsnelheid, des te kleiner de gemiddelde concentratie. Daarnaast blijkt dat voor de meeste zuurkasten boven in het raamvlak de luchtsnelheid groter is en de SF<sub>6</sub>-concentratie lager is dan onder in het raamvlak.

Toch blijkt er in het algemeen geen goede overeenkomst tussen het luchtsnelheidspatroon en het patroon van SF<sub>6</sub>-lek. Zo zijn de verschillen in (gemiddelde) luchtsnelheid over het raamvlak het grootste voor de zuurkasten van type E (tabel 1 en 2), maar is de spreiding in (gemiddelde) concentraties het grootste voor zuurkasten van type F. Ook de concentraties voor zuurkast 9 (zie tabel 5) zijn in dit opzicht illustratief. De slechte correlatie lijkt een gevolg van de sterke fluctuaties in de gemiddelde SF<sub>6</sub>-concentraties (over drie minuten); de gemiddelde luchtsnelheden (over 1 minuut) fluctueren minder en blijken goed reproduceerbaar.

Een opvallend verschil werd verder aangetoond tussen het functioneren van zuurkasten van het type F en het type D. Het eerst genoemde type zuurkast is relatief nieuw en bedoeld voor het werken met hoog-toxische stoffen, de laatst genoemde kasten zijn bijna dertig jaar geleden ontworpen en geïnstalleerd in een gebouw voor studenten-practica. Deze oude zuurkasten blijken bij verhoogde afzuigcapaciteit een betere bescherming te bieden dan de nieuwere zuurkasten. Illustratief zijn de gegevens van de zuurkasten 7 en 10 in tabel 5. Hoewel de gemiddelde luchtsnelheid voor beide zuurkasten vergelijkbaar is (0,40 resp. 0,46 m/s voor zuurkast 7 en 10), biedt zuurkast 7 een veel betere bescherming.

De oorzaak van het slechter functioneren van de zuurkasten van het type F is waarschijnlijk gelegen in de positie van de luchttoevoer. Deze vindt bij deze zuurkasten dichtbij en (gedeeltelijk) dwars op de zuurkasten plaats en vindt bij de zuurkasten van type D plaats via een (hoog) geperforeerd plafond waardoor een veel gelijkmatiger luchtstromingspatroon wordt verkregen.

De resultaten van de experimenten aan de zuurkasten van type D met de vast opgestelde emissiebron (conform DIN 12924) suggereren overigens dat deze zuurkasten gemakkelijk voldoen aan de in de Duitse norm genoemde criteria. Volgens de criteria mag de concentratie 10 cm voor de kast maximaal 0,5 ppm (gemiddeld over het raamoppervlak)

bedragen. De metingen suggereren dat de waarde hier enkele orden van grootte onder ligt (zelfs in het raamvlak wordt de waarde van 0,01 ppm niet overschreden).

#### Lektesten

In het hier beschreven onderzoek is gebruik gemaakt van twee onderling sterk verschillende lektestmethoden die varianten zijn op respectievelijk de Duitse norm DIN 12924 en de Britse norm BS 7258. Niet alleen het type injector verschilt voor beide methoden, de Duitse norm bevat ook als opvallend aspect een aantal statische (pop, opstelling) en dynamische (openen en sluiten van het raam) verstoringen.

De DIN-test is niet ontworpen voor het testen van zuurkasten in praktijksituaties maar voor beproeving van zuurkasten in een nauwkeurig omschreven testruimte. Desalniettemin wordt de testmethode regelmatig gebruikt voor het onderzoeken van de werking van zuurkasten 'op lokatie'. De (variant op de) Britse methode met één handzame 'probe' leent zich beter voor toepassing in de praktijk.

In tabel 6 zijn enkele karakteristieke verschillen tussen beide methoden samengevat:

**Tabel 6. Enkele karakteristieke verschillen tussen de lektest conform DIN 12924 en de aangepaste lektest volgens BS 7258**

DIN 12924	variant BS 7258
injector 20 cm in kast sampler 10 cm voor raamvlak sampler middelt over raamvlak	injector 15 cm in kast sampler in raamvlak
emissie afhankelijk breedte kast injector op vast punt in kast pop en opstelling dynamische verstoring	sampler geeft afzonderlijke concentraties emissie constant (3 l/min) injector gefixeerd t.o.v. sampler geen pop of opstelling geen dynamische verstoring

De uitvoering van de DIN-test blijkt goed reproduceerbaar, behalve voor zuurkast B bij gesloten stand van het raam. In deze laatste situatie is echter sprake van een zeer turbulent luchtstromingspatroon, zoals onder meer blijkt uit resultaten van de rookproeven.

De eisen die DIN 12924 stelt aan de resultaten van de stationaire metingen zijn samengevat in tabel 7. Voor de resultaten van de dynamische verstoringen geldt dat een stationaire situatie moet worden bereikt binnen 120 s resp. 240 s.

De Britse test biedt een aantal interessante mogelijkheden. Daartoe behoort het feit dat de concentraties worden bepaald op verschillende punten in het raamvlak. Dit maakt het in principe mogelijk om een meer gedetailleerd beeld te verkrijgen van het functioneren van een zuurkast. Dit voordeel kan in de praktijk onvoldoende worden benut vanwege de sterk fluctuerende concentraties. Zo blijkt een specifieke zuurkast bij één meetserie vooral links onder lek te vertonen, terwijl het testgas in een tweede experiment juist rechtsonder uit de kast treedt.

De slechte reproduceerbaarheid hangt waarschijnlijk nauw samen met de korte meettijd die in de aangepaste test wordt gehanteerd. Uit eerder onderzoek (Bicen, 1991) is gebleken dat het karakter van de lek uit een zuurkast een intermitterend karakter kan vertonen. In het raamvlak van een zuurkast worden dan concentratiepieken waargenomen met tussenpozen die kunnen oplopen tot



**Tabel 7. Samenvatting van enkele eisen die in DIN 12924 worden gesteld aan de resultaten van de stationaire metingen**

raamstand	gemiddelde concentratie	standaard-afwijking	maximum gemiddelde
< gesloten	< 0,2 ppm	< 0,06 ppm	< 0,6 ppm
werkstand	< 0,5 ppm	< 0,15 ppm	< 1,5 ppm
open	< 0,8 ppm	< 0,24 ppm	< 2,4 ppm

300 s. Reproduceerbare resultaten zijn in zo'n situatie pas te verwachten indien de meetperiode aanzienlijk langer is dan deze tijd (bijvoorbeeld minimaal 600 s). Mogelijk geldt dat ook voor de hier onderzochte zuurkasten. De in dit onderzoek toegepaste tijd van 240 s is derhalve mogelijk te kort. Het is duidelijk dat het opvoeren van de tijd de Britse test onaantrekkelijker maakt voor toepassing in de praktijk.

Het feit dat bij toepassing van de Britse test veel hogere concentraties worden gemeten dan bij de DIN-methode wekt geen verwondering. In de Britse methode bevindt de emissiebron zich dicht bij de plaats waar de concentraties worden gemeten dan in de Duitse methode.

In de literatuur is eerder beschreven dat gemeten concentraties sterk veranderen bij kleine veranderingen in de geometrie van de meetopstelling (Mikell en Hobbs, 1981). In de DIN-test bevindt de emissiebron zich 20 cm achter het raamvlak op een vaste positie en wordt 10 cm voor de kast bemonsterd. In de Britse variant bevindt de emissiebron zich voortdurend op een afstand van 15 cm van de plaats waar wordt gemeten en wordt bemonsterd in het raamvlak. Bovendien wordt in de Duitse test direct gemiddeld over het raamvlak terwijl in de Britse test per positie in het raamvlak wordt gemeten.

Uit de beschreven resultaten blijkt dat het voldoen aan de criteria van de Duitse norm in de praktijk vrij gemakkelijk is maar dat het voldoen aan de Britse norm met de huidige grenswaarden vrij moeilijk is. Daarbij moet men bedenken dat de in de DIN-norm gehanteerde concentraties aanzienlijk groter zijn dan de eerder in een ontwerp-norm genoemde waarden.

Ten aanzien van de dynamische verstoringen moet overigens worden opgemerkt dat de hier gebruikte gasmonitor (die middelt over een periode van 45 s) minder geschikt is om deze verstoringen te onderzoeken.

Het uitvoeren van lekmetingen geeft een beter beeld van het functioneren en de beschermende werking van zuurkasten dan het meten van alleen luchtsnelheden. In dit artikel zijn diverse voorbeelden genoemd van aspecten van de beschermende werking van zuurkasten die afwijken van (of zelfs in tegenspraak zijn met) conclusies die men zou trekken op grond van alleen luchtsnelheden. Bovendien blijkt dat het uitvoeren van lekmetingen op lokatie met name de grote invloed van de toegevoerde lucht op de beschermende werking van de zuurkasten toont. Het spreekt vanzelf dat dit niet aan het licht komt

wanneer de lektetesting alleen wordt toegepast in een type-keuring van de zuurkasten.

Een aantrekkelijk aspect van het uitvoeren van lekmetingen is dat de resultaten bruikbaar zijn in een risico-inventarisatie en -evaluatie. Daarbij kan men bedenken dat de gebruikelijk emissiesnelheid van SF<sub>6</sub> in de lektesten, wat de orde van grootte betreft, overeenkomt met de emissiesnelheid die optreedt bij veel voorkomende werkzaamheden met vluchtige oplosmiddelen in chemische laboratoria. Zo komt etherdamp op een stoombad vrij met een snelheid van circa 5 l/min en geldt voor het overschenken van vluchtige oplosmiddelen bij kamertemperatuur een emissiesnelheid van enkele liters per minuut (Zwaard en Verschoor, 1991).

Overigens blijkt de gemiddelde concentratie van vluchtige oplosmiddelen in de ademhalingszone van gebruikers van zuurkasten veelal laag (Zwaard en Verschoor, 1991).

#### Naschrift

De medewerking van de firma Van Schaik en Berghuis (Rotterdam) en het bureau Cauberg-Huygen (Maastricht) bij het uitvoeren van de lektesten werd zeer op prijs gesteld.

Een gedeelte van de financiële middelen voor dit onderzoek werd verkregen uit het project verbetering arbeidsomstandigheden van het A&O fonds (Arbeidsmarkt- en Opleidingenfonds) van de overheid.

#### Literatuur

- Arbeidsinspectie, Laboratoria: bouw en inrichting. CP 16-1, Voorburg, 1988.
- Bicen, A.F.; BS type-test methodology and examples, A short course on fume cupboard standards testing and control. Imperial College of Science, Technology and Medicine, Londen, 1991
- BS 7258, Laboratory fume cupboards. Part 4: Method for determination of the containment value of a fume cupboard, British Standards Institution, 1994.
- Caplan, K.J. en Knutson, G.W.; Influence of room air supply on laboratory hoods. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 43, 738 (1982).
- DIN 12924, Teil 1, Abzüge für Allgemeinen Gebrauch, Deutsches Institut für Normung, 1991.
- Hughes, D.; A Literature Survey and Design Study of Fumecupboards and Fume Dispersion Systems. Science Reviews Ltd, Londen, 1980.
- IAVM/NVVK; Normering voor zuurkasten, ook in Nederland?. Verslag van IAVM/NVVK studiedag op 27 november 1990 in Amsterdam.
- Interuniversitaire Adviescommissie voor Veiligheids- en Milieuwetgeving (IAVM); De zuurkast nader beschouwd. IAVM-rapport nr. 17, 1989.
- Kroes, A.G.; Zuurkasten in laboratoria, HVK-scriptie. Veiligheidsinstituut, Amsterdam, 1982.
- Mikell, W.G. en Hobbs, R.L.; Laboratory hood studies. *J. Chem. Educ.* 58, A165 (1981).
- Zwaard, A.W. en Kroes, A.G.; Zuurkasten in laboratoria: vals gevoel van veiligheid?. *Maandblad voor Arbeidsomstandigheden* 64, 615 (1988).
- Zwaard, A.W. en Verschoor, C.F.; Inhalatoire blootstelling aan organische oplosmiddelen in laboratoria. *Tijdschrift voor Toegepaste Arbowedenschap*, 4, 99 (1991).